

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ



ВІСНИК

Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Випуск 36

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

В І С Н И К
Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

За загальною редакцією проф. О. М. ПШІНЬКА

Засновано в 2003 році

Випуск 36

Дніпропетровськ
2011

УДК 625.1+626.2
ББК 39.2
В 53

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

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна від 30.11.2010 р., протокол № 5*

Редакційна колегія:

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

Члени редакційної колегії:

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

Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 36. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2011. – 324 с.
ISSN 1993-9175

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

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

**УДК 625.1+626.2
ББК 39.2**

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

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

ISSN 1993-9175

© Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн.
трансп. ім. акад. В. Лазаряна, оригінал-макет, 2011

ЗМІСТ

ГАЛУЗЬ ТЕХНІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ»

В. Л. ГОРОБЕЦ (ДИИТ), Н. П. СНИТКО (Министерство инфраструктуры, Киев), А. Д. ЛАШКО (Укрзалізниця, Киев) УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГАШЕНИЕМ ЭНЕРГИИ КОЛЕБАНИЙ.....	7
П. В. ДЯЧЕНКО (Черкаський державний технологічний університет) МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ НА ДЕМПФУВАННЯ КОЛИВАНЬ У ЗАЧЕПЛЕННІ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС.....	16
С. В. МЯМЛІН (ДІТ), Л. М. ДЕГТЯРЬОВА (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Луганськ) МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ КОНТРІГРЕБЕНЯ.....	25
В. А. ПОЛЯКОВ, Н. М. ХАЧАПУРИДЗЕ (Институт транспортных систем и технологий НАН Украины, Днепропетровск) ПОСТРОЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА КАК МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ	29

РОЗДІЛ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ»

А. АЛЬ-АММОРИ (НТУ, Киев), Х. АЛЬ-АММОРИ (Киевский национальный университет технологий и дизайна) ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА ПОЛИФАКТОРНОСТИ В ЛЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	34
В. В. АРТЕМЧУК (ДІТ) СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ АМОРФНИХ ДЕТОНАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА	39
В. Н. ГОРЯЧКИН, А. В. ИВАЩЕНКО (ДИИТ) ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	45
С. В. МЯМЛІН (ДІТ), Д. М. БАРАНОВСЬКИЙ (КНУ ім. М. Остроградського, Кременчук) ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ ТРИБОСИСТЕМ ДИЗЕЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО САМОХІДНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЇХ ЗНОСУ	50
В. В. МЯМЛИН, А. А. БОСОВ, С. В. МЯМЛИН (ДИИТ) ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПО ДВУМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ПРИ ВЫБОРЕ ГИБКОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ВАГОНОВ.....	54

РОЗДІЛ «ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ»

В. А. БРАТАШ, Т. И. ЕФИМОВА, Ю. В. ПОВОЛОЦКАЯ (Днепропетровский НПК «Электровозостроение») ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗГРУЗОК (ДОГРУЗОК) КОЛЕС И ПРОГИБОВ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ЧЕТЫРЕХОСНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ДСЗ С ТЯГОВОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ВТОРОГО РОДА ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИЛ ТЯГИ ОТ ТЕЛЕЖЕК К КУЗОВУ ПРИ ПОМОЩИ НАКЛОННЫХ ТЯГ	58
М. Г. ВІСІН, Д. О. ЗАБАРИЛО (ДІТ) ШЕСТИВІСНИЙ МАГІСТРАЛЬНИЙ ВАНТАЖНИЙ ЕЛЕКТРОВАЗ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРАНСФОРМАТОРА З ВИСОКОЧАСТОТНОЮ РОЗВ'ЯЗКОЮ ТА АСИНХРОННИМИ ТЯГОВИМИ ДВИГУНАМИ	64
Г. К. ГЕТЬМАН, В. Е. ВАСИЛЬЕВ (ДИИТ) АНАЛИЗ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ КАРЬЕРНЫХ ПОЕЗДОВ	70

М. О. КОСТИН, О. О. МАРЕНИЧ (ДПТ) ІМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧНОЇ НАДІЙНОСТІ СИЛОВИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОНТАКТОРІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ.....	75
Р. В. КРАСНОВ (ДПТ) ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕГРІВУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА (ДК-409) КОМПРЕСОРА (ЭК-7Б) ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ (ЭР-1, ЭР-2) ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ.....	79
В. Г. КУЗНЕЦОВ, О. М. ПОЛЯХ, А. О. ПОЛЯХ (ДПТ) ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ТЯГОВІЙ МЕРЕЖІ.....	84
Т. М. МІЩЕНКО, А. І. КІЙКО (ДПТ) МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМІ ЗМІННОГО СТРУМУ «ТЯГОВА МЕРЕЖА – ЕЛЕКТРОВОЗ». 1. ВМІКАННЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЕЛЕКТРОВОЗА В РЕЖИМІ ХОЛОСТОГО ХОДУ; ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ.....	88
А. М. МУХА (ДПТ) НОМІНАЛЬНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ТЯГОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ.....	93
 РОЗДІЛ «ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»	
І. О. БОНДАРЕНКО (ДПТ) РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ НИЖНЬОЇ БУДОВИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ.....	100
В. В. РИБКІН, К. Л. КАЛЕНИК (ДПТ) НОРМАТИВИ УТРИМАННЯ БОКОВОГО НАПРЯМКУ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ПО ШИРИНІ КОЛІЇ ТА ЗА НАПРЯМКОМ У ПЛАНІ.....	104
В. В. РИБКІН (ДПТ), М. П. СИСИН, О. С. НАБОЧЕНКО (Львівська філія ДПТУ) МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ У КРИВИХ РАДІУСОМ МЕНШЕ 350 м.....	111
 РОЗДІЛ «ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО»	
А. П. ПРИХОДЬКО, Е. С. ХАРЧЕНКО (ПГАСА, Днепропетровск) ВЛИЯНИЕ ТИПА МОДИФИКАТОРА И ЕГО КОЛИЧЕСТВА НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ РЕМОНТА ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ.....	117
О. М. ПІШНЬКО, В. П. ЛИСНЯК, А. М. ЗІНКЕВИЧ (ДПТ) ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ МІЦНОСТІ БЕТОНУ, ОТРИМАНИХ ДЕКІЛЬКОМА СПОСОБАМИ.....	121
О. Г. КЕСАРІЙСЬКИЙ (ТОВ «Лабораторія комплексних технологій»), Ю. Л. ЗАЯЦЬ, П. О. ПІШНЬКО (ДПТ) ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНО-ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ.....	124
А. В. РАДКЕВИЧ (ДПТ), Т. В. ТКАЧ (ПДАБА, Дніпропетровськ) МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ.....	133
А. С. РАСПОПОВ, В. Е. АРТЕМОВ, С. П. РУСУ (ДИИТ) ВЛИЯНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО МОСТА И ЛОКОМОТИВА.....	137
 РОЗДІЛ «ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ»	
Н. Н. БЕЛЯЕВ, Е. Ю. ГУНЬКО, Т. П. РЕШЕТНЯК (ДИИТ) ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТЕКАНИЯ ТОКСИЧНОГО ГАЗА В ПОМЕЩЕНИЕ ПРИ АВАРИИ НА ПРОМІПЛОЩАДКЕ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА.....	141
М. М. ВІЛІАІЕВ, Р. S. KIRICHENKO (ДПТ, Dnipropetrovs'k, Ukraine) NUMERICAL SIMULATION OF THE BLACK SEA POLLUTION FOR THE CASE OF THE MINE WATERS DISCHARGE.....	147

Ю. В. ЗЕЛЕНЬКО (ДІТ), С. В. БОЙЧЕНКО, Ю. В. БЛОКОПИТОВ (НАУ, Київ), А. Л. ЛЕЩИНСЬКА (ДІТ)	
СУЧАСНІ ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ СТАНОМ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В ПРОЦЕСАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	152

РОЗДІЛ «АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»

В. І. ЩЕКА (ДІТ), О. В. ЗАВГОРОДНІЙ (Придніпровська залізниця, Дніпропетровськ)	
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ РЕЙКОВИХ КІЛ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ СУМІЖНОЇ КОЛІЇ	156

РОЗДІЛ «МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ»

В. А. АНДРЮЩЕНКО, В. М. ИЛЬМАН, В. И. ШИНКАРЕНКО (ДИИТ)	
КОНСТРУКТИВНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МУЛЬТИГРАФОВ	161
А. А. БОСОВ, О. В. ГОРБОВА (ДІТ)	
ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ НА ОСНОВІ ПАСИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ	167
Ю. М. ІВЧЕНКО (ДІТ), В. Г. ІВЧЕНКО, О. М. ГОНДАР (ІОЦ Придніпровської залізниці, Дніпропетровськ)	
СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ КОРПОРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ	171
Н. А. КЕКИШ (БелГУТ, Гомель, Беларусь)	
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВАГОНПОТОКОВ ПО СИСТЕМЕ ВЗАИМОУВЯЗАННЫХ ГРУППОВЫХ ПОЕЗДОВ	175
О. Ф. КІР'ЯНОВ, Г. Г. ПЕРЕВЕРЗЄВА (Кременчуцький державний університет ім. М. Остроградського)	
НАПРЯМКИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ ВДМ.....	181
А. В. КРАСНЮК, Т. В. УЛЬЧЕНКО (ДІТ)	
МОДУЛЬНА СИСТЕМА ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРИ ВИВЧЕННІ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ СТУДЕНТАМИ ТЕХНІЧНИХ ВНЗ.....	185
А. С. ОГАРКОВ, Е. Г. ВАСЕЦЬКИЙ, Г. Л. МОРОЗОВ, С. В. КУХЛІВСЬКИЙ (ДІТ)	
ПРИМУСОВА АВТОРИЗАЦІЯ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ	189
Л. О. ПАНИК (ДІТ)	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЛАНУВАННЯ НЕОДНОРІДНИХ ДИНАМІЧНИХ ПОТОКІВ У ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ	194
С. Р. РАХМАНОВ (НМетАУ, Днепропетровск)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СТЕРЖНЯ ОПРАВКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО СТАНА	198
Р. В. САВЧУК (НМетАУ, Дніпропетровськ)	
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ІНДИКАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РЕГІОНАЛЬНИМИ ІННОВАЦІЙНИМИ ПРОЕКТАМИ	203
Н. Ю. ШРАМЕНКО (ХНАДУ, Харків)	
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТЕРМІНАЛЬНИХ СИСТЕМ	208
Ю. В. ЧИБІСОВ (ДІТ)	
ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ ПОЇЗДОПОТОКУ ПО ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТАХ.....	212

РОЗДІЛ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

І. О. ВАКУЛЕНКО (ДІТ), Б. І. КІНДРАЦЬКИЙ (Інститут інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка»), С. О. ЯКОВЛЄВ, І. Є. КРАМАР, О. І. ШАПТАЛА (ДІТ)	
ВПЛИВ СТРУКТУРНОГО СТАНУ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ НА ПРОЦЕС УТВОРЕННЯ АУСТЕНИТУ ПРИ НАГРІВІ В ДВОФАЗНУ ($\alpha + \gamma$)-ОБЛАСТЬ.....	218

ГАЛУЗЬ ЕКОНОМІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «ЕКОНОМІКА ТРАНСПОРТУ»

В. В. БОБИЛЬ, Г. О. СТОРОЖИК (ДІТ) СЕК'ЮРИТИЗАЦІЯ БАНКІВСЬКИХ АКТИВІВ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ	222
Ю. А. БУРДУЖА (ДУЕП, Дніпропетровськ) ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ СУТНОСТІ ПОНЯТТЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ	226
О. Г. ДЕЙНЕКА (УкрДАЗТ, Харків), А. Р. БОЖОК (Донецький інститут залізничного транспорту) ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ПОДОЛАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ	229
Д. Г. ЕЙТУТІС (Укрзалізниця, Київ) УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМЕРЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЦЬ ПО УПРАВЛІННЮ ПАРКОМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ	234
К. В. ЖИЖКО (ДНУ ім. О. Гончара, Дніпропетровськ) ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ МУЛЬТИПЛІКАТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОСТКРИЗОВОГО КОЕФІЦІЄНТА	240
В. О. ЗАДОЯ (ДІТ) ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ВИТРАТ І ДОХОДІВ ПАСАЖИРСЬКИХ КОМПАНІЙ У ЗАЛІЗНИЧНИХ ПРИМІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ	248
В. А. ЗОВА (ДонІЗТ УкрДАЗТ, Донецьк) СОЦІАЛЬНИЙ ТА ЕТИЧНИЙ ВПЛИВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ЗАГАЛЬНИЙ СОЦІАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ДЕРЖАВИ	254
О. М. ЛУК'ЯНОВА (УкрДАЗТ, Харків) ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЛІЗИНГУ ТА ЙОГО АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ	260
О. П. ПІНЧУК (ДІТ) ВИСВІТЛЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В НАУКОВИХ ПРАЦЯХ	267
А. Н. ПШИНЬКО, В. В. МЯМЛИН, С. В. МЯМЛИН (ДІИТ) ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ СИСТЕМНОСТИ ЭКОНОМИКИ – ОСНОВНОЙ ПУТЬ ВЫХОДА ИЗ КРИЗИСА	275
О. Г. ХАРЧУК (Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ) РОЛЬ І ЗНАЧЕННЯ ВАГОННИХ ДІЛЬНИЦЬ В ОБСЛУГОВУВАННІ ПАСАЖИРІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ	284
О. А. ХОДОСКИНА (БелГУТ, Гомель, Беларусь) СТАБИЛЬНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК КАК ЦЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	289
І. П. САДЛОВСЬКА, В. В. СОКОЛОВА (НАУ, Київ) УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ТА ЯКІСТЮ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	294
О. М. СИНКОВА, О. Г. ДИКОЛЕНКО (УкрДАЗТ, Харків) АКТИВІЗАЦІЯ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ЯК ПЕРЕДУМОВА РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ	303
Н. С. СОКОЛОВА (ВАТ «КВБЗ», Кременчук), Т. Г. СОКОЛОВА (КДПУ ім. М. Остроградського, Кременчук) СУТНІСТЬ ТА ЗМІСТ ПОНЯТТЯ «ГРОШОВІ ПОТОКИ»	306
Т. В. ТЕСЛЕНКО (ДІТ) ПОБУДОВА СУЧАСНОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ВАНТАЖНОГО ГОСПОДАРСТВА В УМОВАХ РЕФОРМУВАННЯ ГАЛУЗІ	310
Т. Ю. ЧАРКІНА (ДІТ) ЕКОНОМІЧНИЙ КРИТЕРІЙ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПОСЛУГ, ЩО НАДАЮТЬСЯ ПАСАЖИРСЬКИМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ	314
С. А. ШИГІДА, І. М. ЛОМТЄВА, М. П. СНАЧОВ (ДІТ) ЕВОЛЮЦІЯ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ОБЛІКУ ВИТРАТ	318

В. Л. ГОРОБЕЦ (ДИИТ), Н. П. СНИТКО (Министерство инфраструктуры, Киев),
А. Д. ЛАШКО (Укрзалізниця, Киев)

УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГАШЕНИЕМ ЭНЕРГИИ КОЛЕБАНИЙ

В статті запропоновано приблизну класифікацію методів гасіння коливань складних механічних систем, а також наведено підхід адаптивного управління розсіюванням енергії коливань елементів залізничного рухомого складу.

Ключові слова: тяговий рухомий склад, система управління, гасіння коливань, динамічні характеристики

В статье предложена приблизительная классификация методов гашения колебаний сложных механических систем, а также приведен подход адаптивного управления рассеиванием энергии колебаний элементов железнодорожного подвижного состава.

Ключевые слова: тяговый подвижной состав, система управления, гашение колебаний, динамические характеристики

In the paper an approximate classification of methods of damping oscillations for complex mechanical systems is offered as well as the approach of an adaptive control by dissipation of the vibration energy of the railway rolling stock devices is presented.

Keywords: tractive rolling stock, control system, damping of oscillations, dynamic characteristics

Традиционно, железнодорожный подвижной состав (ПС) оснащается разнообразными устройствами подавления нежелательных колебаний и вибраций [1] – гасителями колебаний.

В настоящее время в различных областях техники, и, в первую очередь, в области высокоскоростного транспорта, всё более часто находят применение системы автоматического управления характеристиками подвешивания элементов ходовой части ПС. Типы таких систем управления и способы регулирования, очевидно, определяются динамическими свойствами самих объектов управления, а также характеристиками приложенных к ним возмущающих воздействий.

В данной работе поставлена цель – добиться улучшения показателей динамики тягового подвижного состава (ТПС) без существенного изменения конструкции его экипажной части.

Эта задача особенно актуальна при проведении глубоких модернизаций подвижного состава, так как позволяет не только повысить его технологический уровень и улучшить ремонтные показатели, но и, при достаточно умеренных дополнительных затратах добиться существенного улучшения эксплуатационных характеристик и ресурса несущих конструкций (НК).

Приблизительная классификация методов улучшения показателей динамических систем приведена на рис. 1.

По виду управления методы можно разделить на:

- активные, когда функционирование системы связано с целенаправленным изменением координат состояния объекта управления;
- пассивные, при этом орган управления, направленно влияющий на движение системы, как таковой, отсутствует.

По фактору управления методы делятся по принципу возможных способов изменения траектории движения системы.

По способу функционирования системы управления, их можно разделить на следующие:

- отсутствие принципа управления, когда система работает как набор независимых элементов, выполняющих свои функции (например, гашение колебаний);
- классический принцип управления, представленный широким спектром известных систем автоматического управления;
- принципы оптимального управления, когда на основе некоторых predetermined данных об объекте управления, вырабатывается управление, обеспечивающее необходимые критерии качества системы;



Рис. 1. Обзор методов улучшения показателей качества динамических систем

- адаптивные и нежесткие алгоритмы – при отсутствии априорных знаний об объекте управления (принципы адаптивного управления, робастные алгоритмы, алгоритмы нечеткой логики и др.).

Некоторые характерные примеры использования систем управления для улучшения динамики механических систем приведены ниже:

1. Непосредственное применение систем автоматического регулирования для получения требуемых траекторий движения объекта регулирования (вид – активная, фактор – усилие, жесткость, рассеивание энергии, принцип работы системы – любой).
2. Управление свойствами и параметрами источников силовых возмущений с целью улучшения характеристик динамических систем (вид – активная, фактор – источник возмущения, принцип работы – любой).
3. Использование систем нерегулируемых гасителей колебаний (вид – пассивная, фактор – рассеивание энергии, принцип работы – отсутствует).
4. Применение элементов конструкции с внутренним рассеиванием энергии – инерционно-диссипативное гашение ко-

лебаний (вид – пассивная, фактор – рассеивание энергии, принцип работы – отсутствует).

5. Контрафазное силовое возмущение (вид – пассивная, фактор – рассеивание энергии, принцип работы – отсутствует).
6. Селективное частотное подавление колебаний (вид – активная, фактор – усилие, жесткость, рассеивание энергии, принцип работы системы – любой).
7. Адаптивное управление движением или рассеиванием энергии в конструкции (вид – активная, фактор – усилие, жесткость, рассеивание энергии, принцип работы системы – оптимальное управление или адаптивный).

*Непосредственное использование систем автоматического регулирования для улучшения их динамических характеристик в области железнодорожного транспорта может быть, например, представлено активной подвеска подвижного состава [2] (опубликовано по материалам Н. Siebald *et al.*, Glasers Annalen, Tagungsband 2002, S. 154-160).*

Примером активной подвески подвижного состава может служить регулируемая пневматическая подвеска поезда ICE1, блок схема которой приведена на рис. 1.

Система управления первой ступени рессорного подвешивания 4 состоит из регулятора 1; активатора 2; датчика рассогласования 3 и опорного датчика 5.

От активатора 2 в систему поступают динамические силы для компенсации колебаний. Электродинамический активатор должен обеспечивать пассивное следование за всеми изменениями длины пружин рессорного подвешивания, и, с другой стороны, обеспечивать гашение колебаний во всех нагрузочных режимах, в том числе и при движении вагона в кривых.

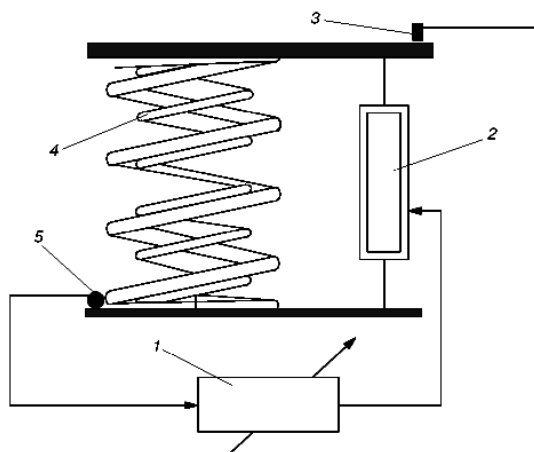


Рис. 1. Блок-схема активной подвески поезда ICE1 [2]

Для оценки рассогласования установлены датчики ускорения на раме тележки (опорный датчик 5 непосредственно над рессорами первой ступени подвешивания) и датчик рассогласования 3 в нижней части кузова вагона. С помощью сигналов, получаемых от датчиков, регулятор 1 управляет активаторами таким образом, что передача вибраций в кузов вагона значительно уменьшается. Недостатком системы можно считать необходимость дополнительного силового воздействия на элементы подвешивания.

Управление свойствами и параметрами источников силовых возмущений может быть проиллюстрировано системой активного гашения колебаний моторных осей, описанной в [3] (опубликовано по материалам Н.-Р. Beck, Elektrische Bahnen, 1999, N 12, S. 393-401), где для регулирования силы сцепления, применяется принцип активного гашения статьи колебаний с учетом негативной роли, которую в процессах износа играют переменные составляющие сил и моментов на полом валу современного тягового привода. Для активного подавления переменных составляющих тяговых моментов большой амплитуды предлагаются раз-

личные регуляторы частоты вращения. Как показали исследования [3], наилучшие результаты дает регулятор состояния, регулирование с помощью которого выполняется на основе набора переменных состояния системы тягового привода.

Ко второму классу методов улучшения динамических показателей систем можно также отнести регулирование тяги с использованием сил сцепления [3] (опубликовано по материалам статьи B. Engel *et al.*, Elektrische Bahnen, 1998, N 6, S. 201-209), основано на совмещении двух способов снижения колебаний – их активном подавлении и одновременном регулировании сил сцепления, что позволяет улучшить динамические показатели электровозов высокой мощности. Предложенная система управления позволяет добиться [3] существенного увеличения ресурса тягового привода (рис. 2).



Рис. 2. Влияние метода регулирования на срок службы тягового привода [3]

К группе методов, подразумевающих использование нерегулируемых гасителей колебаний, можно отнести практически все реализации конструкторских решений, применяемые на текущий момент для подвижного состава железных дорог Украины, не зависимо от вида и принципов работы гасителей, применяемых для уменьшения колебаний ПС. Обычно, для гашения колебаний применяются вертикальные гасители колебаний, и наклонные, обеспечивающие демпфирование одновременно вертикальных и горизонтальных колебаний.

Достаточно интересный метод гашения колебаний (инерционно-диссипативное гашение колебаний), достойный выделения в отдельную категорию, представлен на рис. 3, где η – возмущение; K – упругий элемент; B – диссипативный элемент; m – массивное тело. Гашение колебаний при этом обеспечивается рассеиванием энергии внутренними диссипативными свойствами такой системы.

Может быть, не вполне исчерпывающим примером такого гасителя можно считать вторую ступень подвешивания ПС, когда усилия в

упруго-диссипативных связях уравниваются силами инерции части его кузова. Недостаток – необходимость наличия массивного тела, которое не всегда может являться полезным элементом динамической системы.

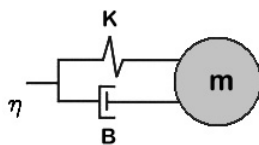


Рис. 3. Инерционно-диссипативный гаситель колебаний

Наименование группы методов гашения колебаний *контрафазным силовым возмущением* предложено авторами в связи со спецификой его действия, заключающегося в возбуждении силового воздействия (чаще импульсного), уменьшающего колебания конструкции и прикладываемого в противофазе к циклам ее колебаний. Представителями данного класса можно считать ударный виброгаситель и дульный тормоз (воен.).

Основу ударного виброгасителя [5 – 7] составляет массивное тело m (рис. 4) с элементом демпфируемой системы A , колебания которого следует уменьшить. Наибольшее распространение получили плавающие ударные гасители, которые настраивают на режим двух поочередных соударений тела о каждый ограничитель за период движения, дающий для таких устройств наибольший эффект.

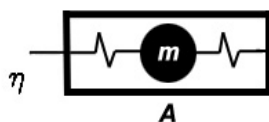


Рис. 4. Ударный гаситель колебаний

Принцип действия дульного тормоза [8] состоит в изменении направления и скорости движения части пороховых газов, истекающих из канала ствола после вылета снаряда. Это приводит к появлению силы, направленной противоположно движению откатных частей и тормозящих его.

Селективное частотное подавление колебаний (напр., [9]), основанное на принципах оптимального (или иных методов) управления, выделено здесь в отдельный класс методов в связи с тем, что в отличие от обычных, классических методов, частотная область используется не на этапе проектирования и определения параметров системы управления, а непосредственно

в процессе управления динамическим объектом. Некоторым недостаткам данного типа управления можно считать достаточно большой объем вычислительной работы (при использовании цифровых регуляторов), что для систем большой сложности может вызвать трудности его реализации в реальном масштабе времени.

Адаптивное управление движением или рассеиванием энергии в конструкции является, пожалуй, наиболее перспективным методом построения систем гашения нежелательных колебаний в транспортных конструкциях.

Например, система слежения за положением кузова [11] позволяет добиться увеличения показателей устойчивости и скоростей движения ПС в кривых.

В данной работе рассматривается бортовая система активного гашения колебаний тележек локомотивов (БСГК), представляющая собой систему автоматического управления (САУ), состоящей из аппаратной и программной части, которая выполняет прием и обработку информации от датчиков, определяющих параметры динамических процессов в экипажной части локомотива. На основании полученной информации синтезирует управление рабочим органом (РО) системы с целью улучшения динамических характеристик локомотива.

Общая структурная схема БСГК приведена на рис. 4.

В данной структурной схеме используются следующие функциональные блоки.

Блок датчиков (БД) – набор стандартных датчиков, которые собраны в едином конструктивном блоке и предназначены для

- измерение относительных перемещений рабочего органа (РО);
- измерение абсолютного ускорения элементов РО;
- измерение относительной скорости движения РО.

Дополнительное требование к датчиковой аппаратуре заключается в их достаточном ресурсе с целью обеспечения длительного функционирования системы, возможности их самого тестирования и обеспечения нанесенных показателей точности измерения.

Блок связи с объектом (БСО) – блок предназначен для сочетания аналоговой (датчики, РО) части системы и состоит из аналого-цифровых (АЦП) и цифро-аналоговых (ЦАП) преобразователей.

Рабочий орган (РО) – управляемый гаситель колебаний, который осуществляет регулирующее влияние на объект управления (ОУ).

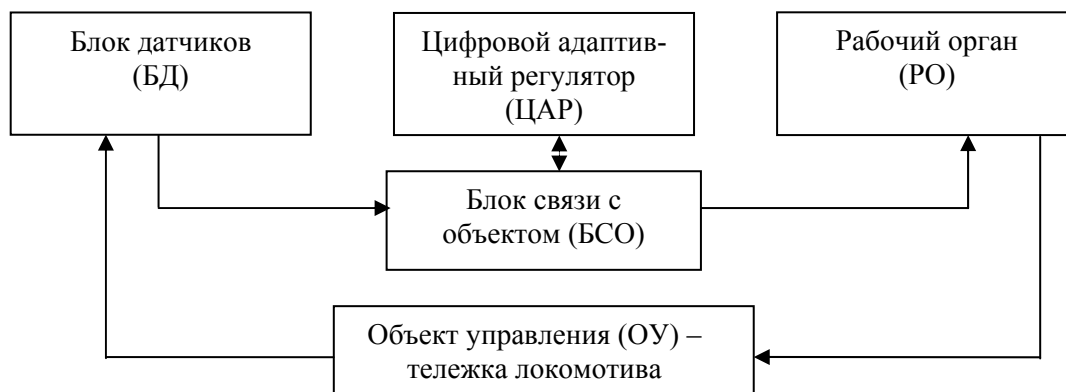


Рис. 4. Структурная схема бортовой системы активного гашения колебаний тележек локомотивов

Цифровой адаптивный регулятор (ЦАР) – программа реального масштаба времени, что выполняет формирование исходного сигнала (влиянию управления) на РО и выполняет необходимые для работы системы сервисные функции, связанные с контролем работы БД и самой системы.

Объектом управления (ОУ) являются рамы тележек локомотива, а именно, их подвешивания и узлов опирания кузова.

Основными целями, которые достигаются при использовании БСГК, являются:

- улучшение показателей динамики локомотива в вертикальном направлении за счет введения управляющих воздействий на элементы его подвешивания.
- улучшение показателей динамики локомотива в поперечном горизонтальном направлении за счет введения управляющих влияний в узлах опирания тележек на кузов

Основными требованиями к системе являются:

- работа системы и управляющие воздействия на локомотив не должны допускать возникновения ситуаций, которые противоречат требованиям ПТЭ [12] по обеспечению безопасности движения поездов.
- локомотив должен работать при отключенной БСГК, при этом показатели его динамичности и устойчивости движения должны быть не хуже, чем у локомотива, который не оборудован указанной системой.

Основными характеристиками системы БСГК являются:

- показатели качества работы системы;
- надежность системы;
- агрегатная структура;

- унификация системы;
- автономность системы.

Показатели качества работы системы определяется как отношение среднеквадратичных отклонений локомотива при использовании БСГК и без нее, определенные на участке колеи, которая имеет достаточную длину для получения представительских оценок показателей динамики локомотива [13]. При определении показателей качества работы системы в части поперечной динамики показатель качества работы системы определяется как отношение амплитуд поперечных (рамных сил) которые возникают при прохождении локомотивом кривых.

Влияние управления, которое БСГК прикладывает к несущим конструкциям (НК) и элементам всех ступеней подвешивания, не должно приводить к потере прочности и устойчивости этих элементов и конструкции в целом. При отключении БСГК локомотив должен сохранять свои естественные характеристики и параметры. Может быть рассмотрен вариант оснастки указанной системы встроенным датчиком устойчивости локомотива от вкатывания колеса на рельс и датчиками динамики длительного действия. Результаты съема информации с указанных датчиков могут вводиться в ЦАРЬ с целью текущего контроля качества работы системы в целом и оценки динамических показателей локомотива, и т.п.

Архитектура системы (с точки зрения изменения ее параметров) должна быть построена так, чтобы позволять осуществлять как можно более легкое изменение объема, мощности и функциональных возможностей системы. БСГК выполняется в виде автономных напольных модулей, которые состоят из БД и РО, которые потом соединяются в систему через один БСО модулем ЦАР.

Система должна быть спроектирована с максимальным использованием стандартных элементов, средств измерительной и компьютерной техники. Нестандартные детали и элементы должны быть сопровождаемые объемом конструкторской документации (КД).

Сформулируем **конечную цель работы** БСГК как максимально возможное приближение состояния локомотива к точке его естественного равновесия при действии на него неравенств колеи в вертикальном и поперечном горизонтальном направлении. Математически это может быть записано как

$$\int_{t-\tau}^t F_i^2 dt \rightarrow \min, i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где t – текущее время;

τ – промежуток времени, определяющий чувствительность системы управления;

F – динамическая составляющая усилия, перемещения, или скорости в элементах подвешивания;

n – количество контролируемых динамических показателей.

Учитывая то, что в процессе эксплуатации локомотивов БСГК не должна вмешиваться в существующую кинематическую и электрическую схемы локомотива, она должна быть предельно компактной и отделенной (за исключениями РО и цепей питания системы) от них.

Возможности использования физических параметров для как входных данных системы выглядят, как указано в табл. 1. а пригодность измеряемых величин для построения критериев качества работы системы (целевых функций) – в табл. 2.

На основании анализа динамических показателей локомотива ЧС4 были разработаны его упрощенные математические модели, которые описывают колебание электровоза отдельно в вертикальном и поперечном направлениях. Схемы указанных моделей приведены на рис. 5.

Колебания масс тележек и кузовов описываются системами дифференциальных уравнений (2) и (3) соответственно для его вертикальных и поперечных колебаний.

$$\begin{cases} \ddot{v}_1 = m_{v1}^{-1} (S_1 - S_2); \\ \ddot{v}_2 = m_{v2}^{-1} (S_2); \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \ddot{u}_1 = m_{u1}^{-1} (T \cdot \sin(\alpha) + (F_1 - F_2)); \\ \ddot{u}_2 = m_{u2}^{-1} (F_2); \end{cases} \quad (3)$$

где v_1, v_2 – вертикальные перемещения соответственно в первой и второй степени подвешивания (часть рамы тележки, часть кузова);

m_{v1}, m_{v2} – массы частей рамы тележки и кузова, что принимают участие в вертикальных колебаниях;

S_1, S_2 – вертикальные усилия в первой и второй степени подвешивания;

u_1, u_2 – горизонтальные перемещения соответственно в первой и второй степени подвешивания (часть рамы тележки, часть кузова);

m_{u1}, m_{u2} – массы частей рамы тележки и кузова, что принимают участие в горизонтальных колебаниях;

F_1, F_2 – горизонтальные поперечные усилия в первой и второй степени подвешивания;

T – сила тяги локомотива;

α – угол набегания колеса на рельс.

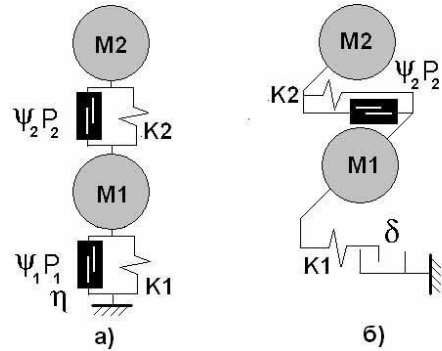


Рис. 5. Схемы упрощенных моделей электровоза:

а) модель вертикальных колебаний;

б) модель поперечных колебаний

Усилия взаимодействия частей подвешивания определяются на основании выражений (4) – (5):

$$S_1 = -K_1 (v_1 - \eta) - \psi_1(t) p_1 \operatorname{sgn}(\dot{v}_1 - \dot{\eta});$$

$$S_2 = -K_2 (v_2 - v_1) - \psi_2(t) p_2 \operatorname{sgn}(\dot{v}_2 - \dot{v}_1); \quad (4)$$

$$F_1 = \begin{cases} 0 & \uparrow |u_1| < \delta; \\ -K_1 (|u_1| - \delta) \operatorname{sgn}(u_1) & \uparrow |u_1| \geq \delta; \end{cases}$$

$$F_2 = -K_2 (u_2 - u_1) - \psi_2(t) p_2 \operatorname{sgn}(\dot{u}_2 - \dot{u}_1), \quad (5)$$

Таблица 1

Физические характеристики динамики локомотива и возможность их использования

№ п/п	Название характеристики	Колебание		Примечание
		Вертикальные	Поперечные	
1	2	3	4	5
1	Относительное перемещение РО	+	+	
2	Относительная скорость РО	+	+	Вычисление за значениями абсолютной скорости мест крепления РО
3	Относительное ускорение РО	+	+	То же
4	Усилие в подвешивании, или усилие взаимодействия «колесо-рельс»	+	+	Вычисление за величиной давления в рабочей зоне РО, соединенное с сжатием пружин подвешивания
5	Абсолютное перемещение РО		+	Назначается по данным датчика поперечного перемещения буксы относительно рельса
6	Абсолютная скорость РО	+	+	
7	Абсолютное ускорение РО	+	+	

Таблица 2

Пригодность динамических показателей для построения целевых функций системы БСГК

№ п/п	Наименование динамического показателя	Прогнозируемый результат использования показателя в качестве целевой функции	Выводы относительно пригодности
1	2	3	4
1	Относительное перемещение РО	Уменьшение дисперсии относительного перемещения РО должно привести к полному блокированию упругого элемента (заклинивание), что является тривиальным решением задачи	Непригодно
2	Относительная скорость перемещения РО	В указанном случае дисперсия относительной скорости стремится к минимуму, если функция взаимного перемещения тождественна нулю	Непригодно
3	Относительное ускорение РО	Уменьшение дисперсии относительного ускорения РО имеет такие же последствия, как оба предыдущих случая	Непригодно
4	Усилие в подвешивании	Уменьшение дисперсии силы в связи является основной целью работы системы. Однако, сложности корректной регистрации этой величины принуждает искать более пригодные показатели	Пригодно
5	Абсолютное перемещение РО	Данный показатель является достаточно нетехнологическим с точки зрения его регистрации	Пригодно условно
6	Абсолютная скорость РО	Для вертикальных колебаний такой показатель не может быть зарегистрирован с пригодной точностью	Непригодна
7	Абсолютное ускорение РО	Считая на наличие широкой номенклатуры акселерометра, в том числе тех, которые работают в диапазоне инфранизких частот, абсолютное ускорение может быть применено для построения целевых функций БСГК. К тому же, акселерометр легко размещается в одном блоке конструктива РО	Пригодно

где K_1, K_2 – жесткости соответственно в первой и второй степени подвешивания для вертикальных или горизонтальных колебаний;

$\eta = \eta(t)$ – геометрическая неровность пути [14];

$\psi_1(t), \psi_2(t)$ – коэффициенты трения в управляемых гасителях колебаний (РО), соответственно в первой и второй степени подвешивания;

p_1, p_2 – силы нормального давления фрикционной связи соответственно в первой и второй степени подвешивания;

\dot{v}_1, \dot{v}_2 – скорость масс части рамы тележки и кузова электроваза;

$\dot{\eta}$ – производная геометрической неровности пути [14].

Учитывая отсутствие в модели угла поворота тележки, угол набегания колеса на рельс α определяется приближенно как отношение скорости поперечного движения массы тележки к скорости движения локомотива с помощью выражения (6):

$$\alpha = \frac{u_1}{V}, \quad (6)$$

где V – скорость движения локомотива.

Исследование динамики локомотива ЧС4 показывает достаточно слабую зависимость показателей его динамики от характеристик гасителей колебаний с постоянными коэффициентами сопротивления. При этом было определено оптимальными значение условной силы давления и коэффициенту трения как $p = 50$ кН при $\psi = 0,1$.

Далее рассматриваются результаты, полученные для упрощенной модели локомотива с неуправляемыми гасителями колебаний и локомотива, оснащенного БСГК. На диаграммах введены обозначения: сист. V – система БСГК моделью ЦАР условного типа a); сист. D – система БСГК с моделью ЦАР условного типа b).

Были проведены опыты по численному моделированию реакции указанных выше моделей на прохождение резонанса путем подачи на модель гармонического возбуждения переменной частоты таким образом, чтобы обеспечить нахождение модели в области резонансных колебаний 2 с (быстрое прохождение резонансной зоны) и 20 с (медленное прохождение резонансной зоны).

Результаты моделирования приведены на рис. 6 и 7, соответственно, для моделирования

быстрого и медленного резонанса модели, где сравниваются среднеквадратичные отклонения величин усилий в первой и второй степенях подвешивания локомотива ЧС4.

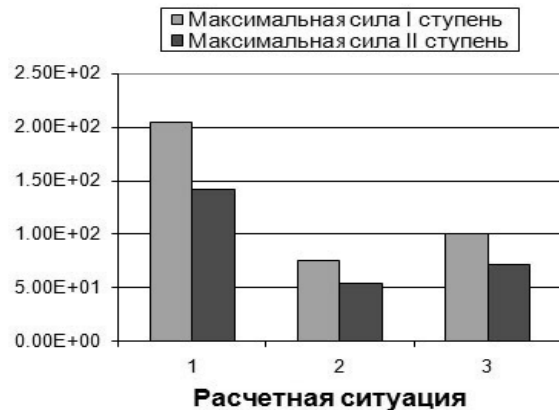


Рис. 6. Результаты моделирования резонансных колебаний. Быстрый резонанс. Расчетные ситуации: 1 – без БСГК; 2 – с БСГК типа a); 3 – с БСГК типа b)

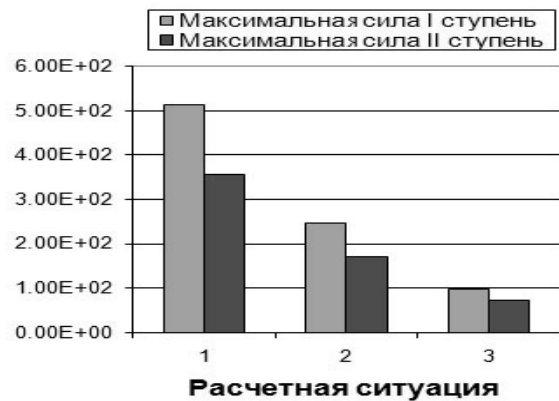


Рис. 7. Результаты моделирования резонансных колебаний. Медленный резонанс. Расчетные ситуации: 1 – без БСГК; 2 – с БСГК типа a); 3 – с БСГК типа b)

Выводы

1. Проведен обзор публикаций и предложен вариант бортовой системы активного гашения колебаний тележек локомотивов.
2. Проведенные на упрощенной модели локомотива ЧС4 расчеты по моделированию работы предложенной системы показывают возможность улучшения его динамических характеристик.
3. Внедрение в локомотивном хозяйстве бортовой системы активного гашения колебаний тележек локомотивов должно базироваться на минимальном объеме дополнительного оборудования, которое выполняет функции указанной системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Манашкин, Л. Гасители колебаний и амортизаторы ударов рельсовых экипажей [Текст] / Л. Манашкин, С. Мямлин, В. Приходько. – Д., 2007. – 196 с.
2. Активное гашение вибраций на поезде ICE1 [Текст] // Железные дороги мира. – 2004. – № 5.
3. Активное гашение колебаний моторных осей [Текст] // Железные дороги мира. – 2000. – № 7.
4. Регулирование тяги с высоким использованием сил сцепления [Текст] // Железные дороги мира. – 1999. – № 2.
5. Крупенин, В. Л. Ударные и виброударные машины и устройства [Текст] / В. Л. Крупенин // Вестник научно-технического развития. – 2009. – № 4 (20).
6. Дукарт, А. В. Задачи теории ударных гасителей колебаний [Текст] / А. В. Дукарт. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 208 с.
7. Вибрации в технике: Справ. в 6 тт. – 2-е изд. – Т. 6. Защита от вибрации и ударов [Текст]. – М.: Машиностроение, 1995. – 456 с.
8. Сергеев, М. М. Теория и расчет дульного тормоза [Текст] / М. М. Сергеев. – М.: Оборонгиз, 1939. – 139 с.
9. Зуев, А. Л. Управление упругими колебаниями с использованием канонической формы [Текст] / А. Л. Зуев // Динамические системы: Межвед. сб. науч. тр. – 2006. – Вып. 20. – С. 27-34.
10. Егоров, А. И. Точечное управление колебаниями: Краевые задачи для дифференциальных уравнений в частных производных [Текст] / А. И. Егоров, В. Е. Капустян. – Кишинев: Штиинца, 1981. – С. 34-41.
11. Grajonert, J. Podstawy teorytyczno-doświadczane projektowania zawiaszeń pneumatycznych [Text] / J. Grajonert. – Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 1996. – 180 с.
12. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]. – К.: Транспорт України, 1995. – 256 с.
13. Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм [Текст]. – М.: МПС РФ, ВНИИЖТ, 1998. – 145 с.
14. Диментберг, М. Ф. Нелинейные стохастические задачи механических колебаний [Текст] / М. Ф. Диментберг. – М.: Наука, 1980. – 368 с.

Поступила в редколлегию 06.11.2010.

Принята к печати 11.11.2010.

П. В. ДЯЧЕНКО (Черкаський державний технологічний університет)

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ НА ДЕМПФУВАННЯ КОЛИВАНЬ У ЗАЧЕПЛЕННІ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

На основі динамічної схеми зубчастого зачеплення створено математичну модель дослідження впливу конструкційних параметрів підшипників опор, таких як коефіцієнт тертя, приведені маси та жорсткості, на демпфування коливань у зубчастій передачі. Розв'язок моделі отримується з використанням імітаційного моделювання у середовищі Simulink, з контролем достовірності результатів у системі MathCad. Наводяться осцилограми досліджуваних коливань та висновки на основі їх аналізу.

Ключові слова: динамічна схема зубчастого зачеплення, конструкційні параметри підшипників опор, підшипник кочення, демпфування коливань, імітаційне моделювання, Simulink, MathCad

На основе динамической схемы зубчатого зацепления создана математическая модель исследования влияния конструкционных параметров подшипников опор, таких как коэффициент трения, приведенные массы и жесткости, на демпфирование колебаний в зубчатой передаче. Решение модели получено с использованием имитационного моделирования в среде Simulink, с контролем достоверности результатов в системе MathCad. Приводятся осциллограммы исследуемых колебаний и выводы на основе их анализа.

Ключевые слова: динамическая схема зубчатого зацепления, конструкционные параметры подшипников опор, подшипник качения, имитационное моделирование, Simulink, MathCad

On the base of dynamic scheme of tooththing, a mathematical model for study of the influence of constructive parameters of radial bearings such as a factor of friction, reduced masses and stiffnesses on damping the vibrations in gearing is developed. The solution for the model is obtained using a simulation modeling in the Simulink environment with checking the validity of results in the system MathCad. The oscillograms of the vibrations under investigation and the conclusions on the base of their analysis are presented.

Keywords: dynamic scheme of tooththing, constructive parameters of radial bearings, antifriction bearing, simulation modeling, Simulink, MathCad

Постановка проблеми

У зубчастих передачах, що належать до класу складних технічних систем, основним і найбільш відповідальним вузлом є кінематична пара з ділянками валів, що обертаються на опорах з зосередженими або розподіленими масами різного функціонального призначення, в залежності від типу зубчастої передачі.

Точність, динамічна навантаженість, ресурс, продуктивність, надійність зубчастих передач, перш за все залежить від рівня коливань валів і динамічних зусиль на опорах. При цьому опорні підшипники кочення або ковзання є найбільш інформативним елементом, що сприймає весь спектр коливального процесу і технічного стану зубчастої передачі.

Розробка математичних моделей дослідження впливу підшипників кочення на демпфування коливань у зубчастій передачі вимагає врахування специфічних особливостей і сучасних тенденцій розвитку засобів комп'ютерного моделювання та класифікації зубчастих передач за частотним діапазоном.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

При традиційному дослідженні динаміки зубчастих передач основна увага приділяється

визначенню амплітуд коливань зубчастих коліс, однак найбільший практичний інтерес являють динамічні навантаження на опорах. Опори з підшипниками кочення або ковзання здійснюють додатковий вплив на коливання зубчастих коліс [1, 2], зокрема, самі підшипники кочення є джерелами вібрацій і шуму. Коливання підшипників кочення виникають у результаті відхилення форми доріжок і тіл кочення. Відхилення форм кілець і тіл кочення підшипників впливають на довжину хвилі, а відповідно і на частоту коливань. При цьому розрізняють [2]:

- коливання великої довжини хвилі (до 10-ти коливань за один оберт внутрішнього кільця), із-за ексцентриситету у посадці внутрішнього кільця на вал ротора, з частотою коливань, що дорівнює частоті обертів радіального биття кілець, з амплітудою до 15 мкм;
- коливання середньої довжини хвилі (10...60 коливань за один оберт внутрішнього кільця), із-за хвилястості доріжок кочення, з амплітудою ~ 1 мкм;
- коливання з малою довжиною хвилі (більше 60-ти коливань за один оберт внутрішнього кільця), із-за впливу мікронерівностей з амплітудою ~ 0.1 мкм.

Вплив коливань зовнішнього кільця підшипника, головним чином викликане циклічною зміною його навантаження. У зв'язку з наявністю пружних властивостей і зміни жорсткості підшипників кочення при обертанні, їх резонансні частоти лежать в області 1...100 Гц [3]. Вимірювання вібрацій підшипників зазвичай виконують у радіальному напрямі, при неперушному зовнішньому кільці, і внутрішньому, що обертається.

Дослідження підшипників кочення в якості опор валів зубчастих передач показало [3], що частота основного резонансу валу лежить в межах 200...800 Гц, а спектр вібрацій підшипника значно ширший – 20 Гц...10 кГц. Експериментальні дані показують [3], що максимум інтенсивності частот спектрів підшипників зосереджено у діапазонах частот 600...700, 1400...1500, 7200 Гц. Найбільше зниження вібрацій відбувається для високочастотної складової спектру 400...900 Гц. Спектр частот у низькочастотній області у межах 50...150 Гц майже однаковий для всіх підшипників. Таке протікання динамічного процесу дало змогу визначити методику виявлення дефектів підшипни-

ків кочення у системі при занижених швидкостях обертання і виявити частоти, викликані дефектами у дорезонансній зоні з наступним їх аналізом.

Метою статті є дослідження динамічного стану зубчастого зачеплення, в залежності від масо-жорсткісних та демпфуючих параметрів підшипників опор, та виявлення найбільш несприятливих режимів його роботи.

Основна частина

На рис. 1.1 обертальна система пари зубчастих коліс подана у вигляді мас m_1, m_2 , що рухаються поступально на жорсткостях зачеплення C_1, C_2 і опор C . Дану схему можна подати у вигляді еквівалентної схеми (рис. 1.2), де приведена маса частин підшипника m_{2np} , що обертаються, і приведена маса шестерні m_{1np} здійснюють коливання відносно нерухомого перерізу, що проходить через вузол коливань a , зображений на схемі рис. 1.1.

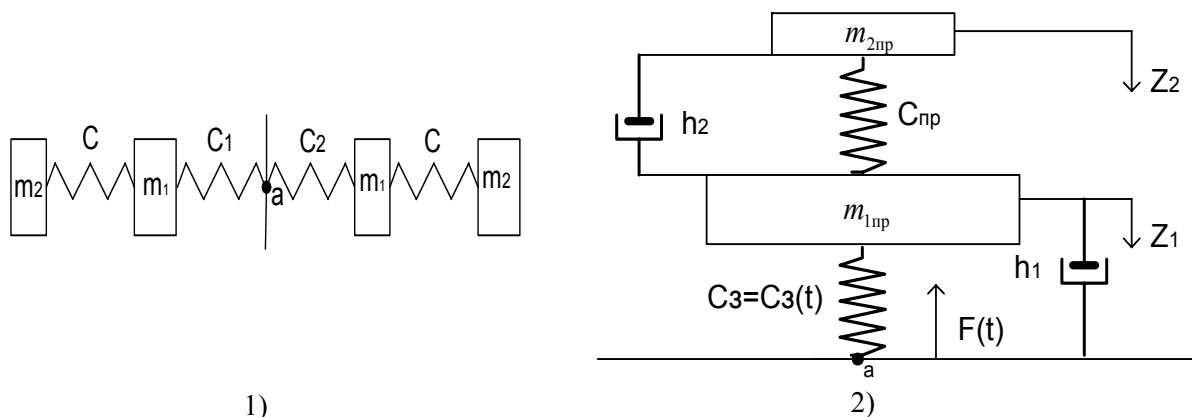


Рис. 1. Динамічна схема зубчастого зачеплення з урахуванням піддатливості опор:

1) основна схема, 2) еквівалентна схема

Наведена схема дозволяє розглядати коливальний процес зубчастої передачі у вигляді коливань механічного демпфера, у якому фун-

кцію демпфуючого елемента виконує сам підшипник. Диференціальні рівняння, що описують коливальний процес, мають вигляд:

$$m_{1np}\ddot{z}_1 + C_3(t)z_1 + C_{np}(z_1 - z_2) + h_1\dot{z}_1 + h_2(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) = F(t);$$

$$m_{2np}\ddot{z}_2 + C_{np}(z_2 - z_1) + h_1\dot{z}_1 + h_2(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) = 0. \quad (1)$$

Прийняті позначення:

C_1, C_2 – лінійні жорсткості зубців першого і другого коліс, що залежать від їх крутильної жорсткості k_1, k_2 ;

$$C_3 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \text{ – приведена жорсткість зачеплення, що є періодичною функцією часу або}$$

кута повороту $C_3 = C_3(t)$ або $C_3 = C_3(\varphi)$. Змінну жорсткість зачеплення можна подати на схемі у вигляді декількох пружин (особливо для косо-зубого зачеплення), пар зубців, що послідовно вступають у зачеплення при поступальному переміщенні основи;

C_{np} – приведена жорсткість підшипників;

$F(t) = \sum_i F_i \sin(\omega_i t + \beta_i)$ – збурююча сила;

h_1, h_2 – коефіцієнти демпфування у зачепленні й опорах;

z_1, z_2 – переміщення центрів мас шестерні й підшипника.

За спрощуючих умов, система рівнянь (1) має аналітичний розв’язок, у загальному випадку розв’язок отримується шляхом комп’ютерного моделювання. Такий розгляд підшипника

як демпфера, особливо у випадку порожнистих тіл кочення у підшипнику, дає змогу керувати вібраційним процесом і намітити шляхи нормування підшипників залежно від вібраційних режимів.

Для створення електронної моделі розв’язування запишемо систему рівнянь (1) відносно старших похідних \ddot{z}_1, \ddot{z}_2 :

$$\begin{aligned}\ddot{z}_1 &= -\frac{h_1 + h_2}{m_{1np}} \dot{z}_1 + \frac{h_2}{m_{1np}} \dot{z}_2 - \frac{C_3 + C_{np}}{m_{1np}} z_1 + \frac{C_{np}}{m_{1np}} z_2 + \frac{1}{m_{1np}} F(t); \\ \ddot{z}_2 &= \frac{h_2 - h_1}{m_{2np}} \dot{z}_1 - \frac{h_2}{m_{2np}} \dot{z}_2 + \frac{C_{np}}{m_{2np}} z_1 - \frac{C_{np}}{m_{2np}} z_2.\end{aligned}\quad (2)$$

Введемо такі позначення:

$$\frac{C_3}{m_{1np}} = \omega_1^2; \frac{C_{np}}{m_{1np}} = \omega_{1np}^2; \frac{h_1}{m_{1np}} = n_{11}; \frac{h_2}{m_{1np}} = n_{21}; \frac{C_3}{m_{2np}} = \omega_2^2; \frac{C_{np}}{m_{2np}} = \omega_{2np}^2; \frac{h_1}{m_{2np}} = n_{12}; \frac{h_2}{m_{2np}} = n_{22}.$$

Система рівнянь набуває вигляду, зручного для побудови структурної схеми її розв’язування.

$$\begin{aligned}\ddot{z}_1 &= -(n_{11} + n_{21}) \dot{z}_1 + n_{21} \dot{z}_2 - (\omega_1^2 + \omega_{1np}^2) z_1 + \omega_{1np}^2 z_2 + \frac{1}{m_{1np}} F(t); \\ \ddot{z}_2 &= -n_{22} \dot{z}_2 + (n_{22} - n_{12}) \dot{z}_1 + \omega_{2np}^2 z_1 - \omega_{2np}^2 z_2.\end{aligned}\quad (3)$$

Завдання на аналогове програмування рішення системи рівнянь (3) передбачає такі початкові дані [6]:

- систему диференціальних рівнянь;
- початкові умови;
- значення постійних коефіцієнтів рівнянь;
- інтервал розв’язку задачі;
- орієнтовні граничні значення змінних для розрахунку масштабів;
- перелік вхідних змінних і бажаний спосіб їх реєстрації;

- додаткові відомості, що впливають зі специфіки задачі і програми передбачуваних досліджень.

Частина вхідних даних може уточнюватись у процесі розв’язування задачі (наприклад, граничні значення змінних, інтервал розв’язку тощо).

Блок-схема розв’язування системи рівнянь (3) будується за правилами, прийнятими у аналоговому моделюванні [6], і зображена на рис. 2. Блоки, що використовуються для її побудови, наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Блоки для побудови схеми розв’язування системи рівнянь (3)

Блок	Призначення блоку
	– блок множення на постійний коефіцієнт (може бути константа або вираз);
	– зміна знаку вхідної величини на протилежний;
	– обчислення оберненої величини;
	– суматор вхідних величин;
	– інтегратор вхідної величини.

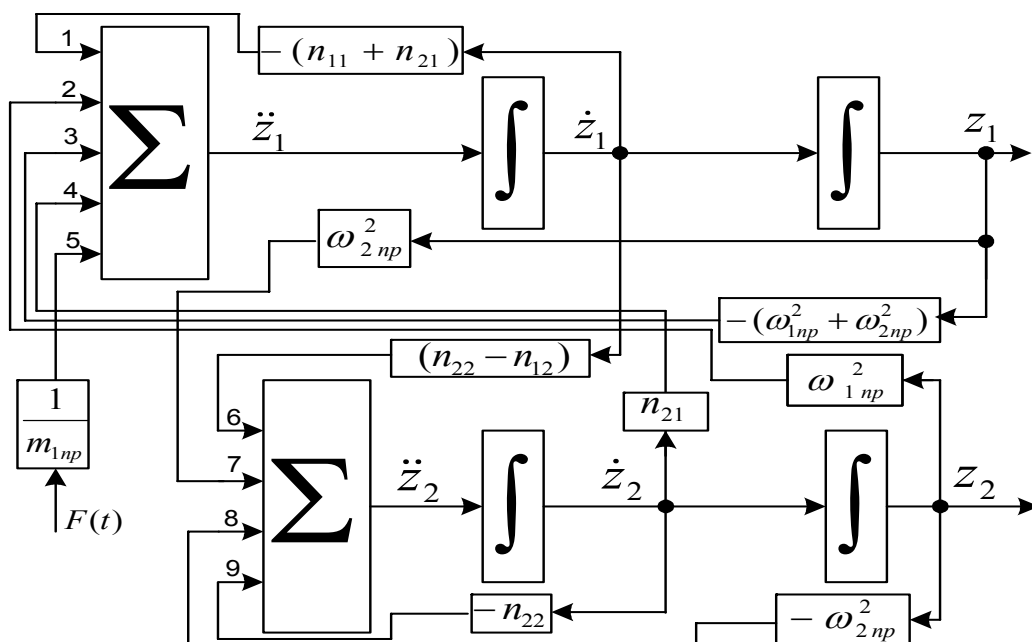


Рис. 2. Блок-схема моделювання системи рівнянь (3)

Для переходу до структурної схеми розв'язування системи рівнянь (2) необхідно ввести у розгляд вхідні, вихідні та проміжні параметри моделі. Вхідними параметрами є: h_1 , h_2 , m_{1np} , m_{2np} , C_3 , C_{np} , $F(t)$; вихідними – z_1 , z_2 .

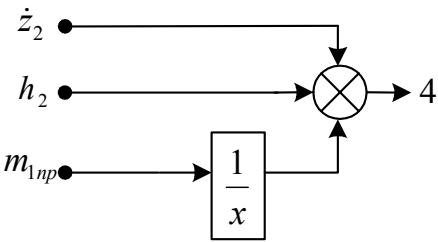
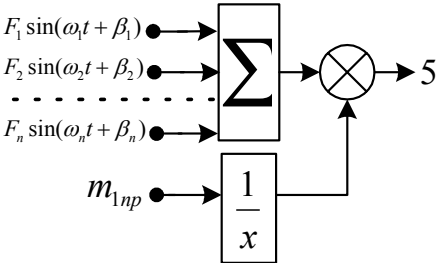
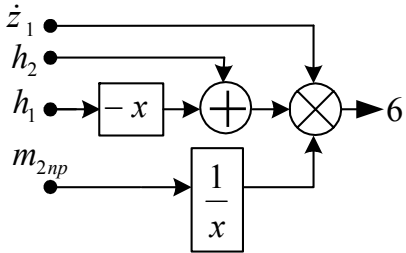
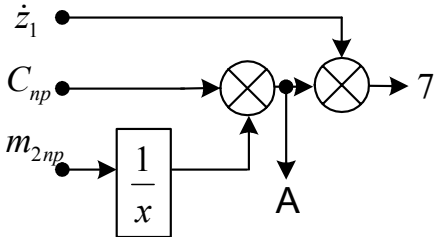
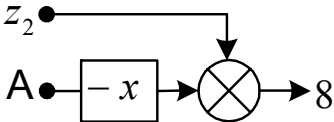
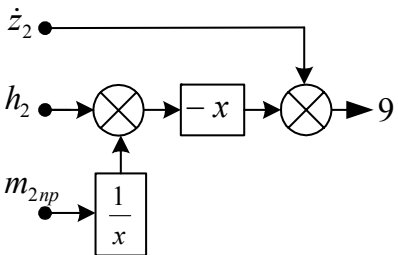
Проміжні параметри моделі, точки блок-схеми, у яких вони діють та схеми їх реалізації, наведені у табл. 2. У наведених у таблиці схемах реалізації, крім введених раніше, використовуються блоки: \oplus – додавання, \otimes – множення.

Таблиця 2

Обчислювальні операції та схеми їх реалізації

Точка схеми	Обчислювальна операція	Схема реалізації
1	2	3
1	$-(n_{11} + n_{21})\dot{z}_1 = -\frac{h_1 + h_2}{m_{1np}}\dot{z}_1$	
2	$\omega_{1np}^2 z_2 = \frac{C_{np}}{m_{1np}} z_2$	
3	$-(\omega_1^2 + \omega_{1np}^2)z_1 = -\left(\frac{C_{np}}{m_{1np}} + \frac{C_3}{m_{1np}}\right)z_1$	

Таблиця 2 (закінчення)

1	2	3
4	$n_{21}\dot{z}_2 = \frac{h_2}{m_{1np}}\dot{z}_2$	
5	$\frac{1}{m_{1np}} \sum_i F_i \sin(\omega_i t + \beta_i) = \frac{F(t)}{m_{1np}}$	
6	$(n_{22} - n_{12})\dot{z}_1 = \frac{h_2 - h_1}{m_{2np}}\dot{z}_1$	
7	$\omega_{2np}^2 z_1 = \frac{C_{np}}{m_{2np}} z_1$	
8	$-\omega_{2np}^2 z_2 = -\frac{C_{np}}{m_{2np}} z_2$	
9	$n_{22}\dot{z}_2 = -\frac{h_2}{m_{2np}}\dot{z}_2$	

На основі системи рівнянь (2), з використанням функціональних блоків обчислювальних операцій (табл. 2), створюємо структурну схему моделювання цієї системи (рис. 3). Реалізація наведеної на рис. 3. структури може бути здійснена у моделюючому середовищі Matlab-

Simulink [5]. Створена на її основі імітаційна модель (рис. 4) забезпечує можливість введення числових значень вхідних параметрів; гармонічного та імпульсного збудження коливань у динамічній системі; візуальне спостереження коливань вихідних параметрів за допомогою

віртуального приладу «осцилограф». Відтворення змінної жорсткості зачеплення забезпечується використанням послідовно з'єднаних

генератора синусоїдального сигналу та обмежувача амплітуди (рис. 4).

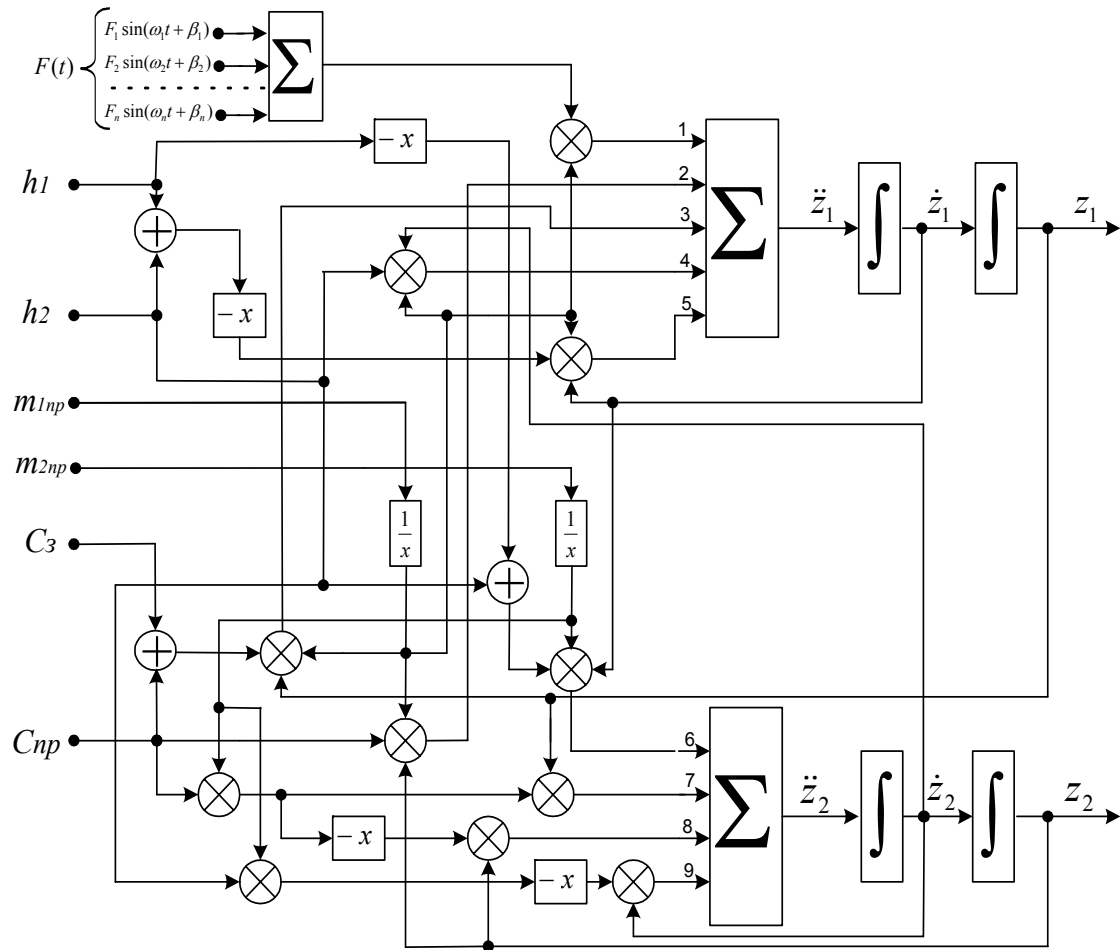


Рис. 3. Структурна схема моделювання системи рівнянь (2)

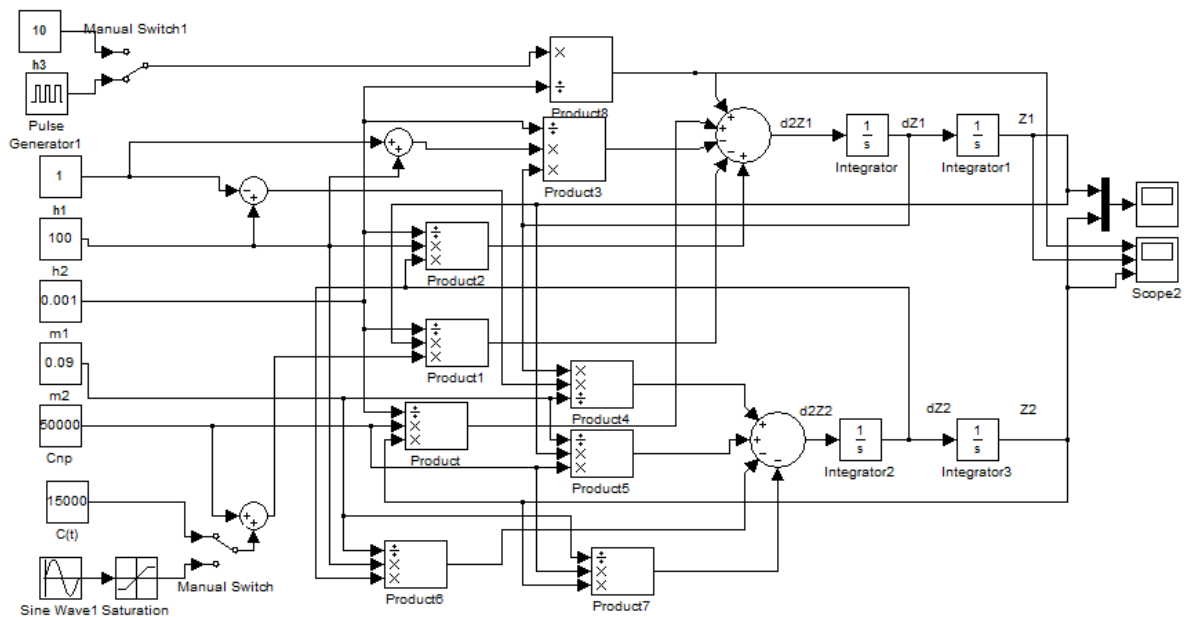


Рис. 4. Імітаційна модель рішення системи рівнянь (2)

Створена імітаційна модель (рис. 4) доповнюється засобами перевірки її достовірності. Ефективним методом такої перевірки є співставлення отриманих осцилограм коливального процесу, що відбувається при однакових умовах у імітаційній, та створеній окремо, альтернативній їй моделі. У якості альтернативної використовується створена засобами MathCad математична модель, на основі системи рівнянь

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2; \\ \dot{x}_2 &= -\frac{h_1 + h_2}{m_{1np}} x_2 + \frac{h_2}{m_{1np}} x_4 - \frac{C_3 + C_{np}}{m_{1np}} x_1 + \frac{C_{np}}{m_{1np}} x_3 + \frac{1}{m_{1np}} F(t); \\ \dot{x}_3 &= x_4; \\ \dot{x}_4 &= \frac{h_2 - h_1}{m_{2np}} x_2 - \frac{h_2}{m_{2np}} x_4 + \frac{C_{np}}{m_{2np}} x_1 - \frac{C_{np}}{m_{2np}} x_3.\end{aligned}\quad (4)$$

У середовищі MathCad система (4) має вигляд:

$$F(t, x) := \begin{bmatrix} x_2 \\ \frac{-(h_1 + h_2) \cdot x_2 + h_2 \cdot x_4 + (-c_3 + c_{pr}) \cdot x_1 - c_{pr} \cdot x_3 + f}{m_1} \\ x_4 \\ \frac{(h_2 - h_1) \cdot x_2 - h_2 \cdot x_4 + c_{pr} \cdot x_1 - c_{pr} \cdot x_3}{m_2} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Для проведення модельного експерименту задаємось початковими числовими значеннями вхідних параметрів: $h_1 = 1 \text{ н·м·с/рад}$; $h_2 = 100 \text{ н·м·с/рад}$; $m_{1np} = 0,1 \text{ кг}$, $m_{2np} = 1,8 \text{ кг}$, $C_3 = 15000 \text{ н·м/рад}$; $C_{np} = 80000 \text{ н·м/рад}$; $F(t) = 10 \text{ н}$. Для отримання розв'язку системи (5) у MathCad використовуємо вбудовану функцію $rkfixed(x, t1, t2, n, F)$, параметрами якої є: x – ім'я змінної системи рівнянь; $t1 = 0$, $t2 = 2$ – часовий інтервал розв'язку системи рівнянь; $n = 50000$ – кількість точок розв'язку; F – ім'я функції, визначеної користувачем. Розв'язок системи відшукується при нульових початкових умовах, для цього у MathCad задається вектор початкових значень змінних $x = (0, 0, 0, 0)$.

Метою проведення модельного експерименту є встановлення закономірності впливу конструкційних параметрів підшипника (m_{2np} , h_2 , C_{np}) на демпфування коливань у зубчастій передачі. Суть експерименту полягає у тому, що змінюючи значення конструкційних параметрів підшипника (кожного окремо, при решті незмінних), фіксується значення коефіцієнта динамічності K_d коливного перехідного процесу

(2). Для отримання альтернативної моделі необхідно систему двох диференціальних рівнянь другого порядку (2) перетворити на систему чотирьох рівнянь першого порядку. Використовуючи метод заміни змінних [6], введемо для системи рівнянь (2) такі позначення: $z_1 = x_1$, $\dot{z}_1 = x_2$, $z_2 = x_3$, $\dot{z}_2 = x_4$. Система (2) набуде вигляду:

зміни вихідної величини z_2 . Коефіцієнт динамічності K_d визначається з виразу $K_d = A_{\max}/A_{уст}$, де A_{\max} – максимальне значення переміщення центру мас шестерні, $A_{уст}$ – його усталеного значення. У процесі проведення модельного експерименту числові значення вхідних параметрів будемо змінювати у межах $\pm 100 \%$ від початкових, з кроком $\Delta = 10 \%$. Отримані осцилограми коливань зубчастої передачі наведені на рис. 5.

Висновки

1. Осцилограми коливань центрів мас елементів зубчастої передачі, отримані на імітаційній Simulink-моделі, повністю ідентичні відповідним графікам, отриманим у системі MathCad, що підтверджує достовірність створених моделей.

2. Відношення амплітуд коливань центрів мас колеса і підшипника для всіх режимів складає $z_2/z_1 = 0,004/0,00075 \approx 5,3$.

3. Частота коливань зубчастого колеса залежить тільки від масо-жорсткісних параметрів самого колеса. Зміна конструкційних параметрів підшипника на частоту коливань колеса не впливає.

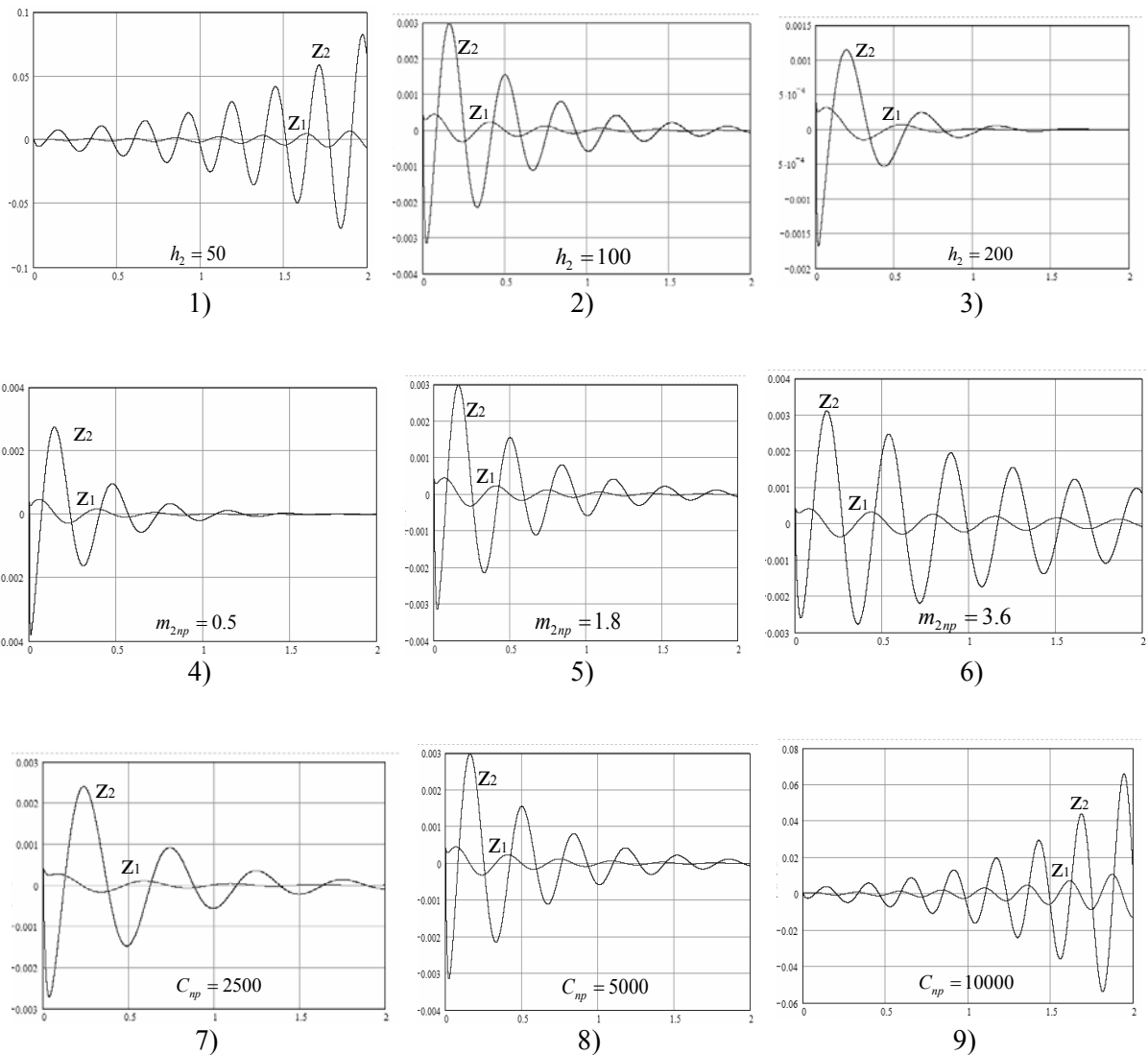


Рис. 5. Осцилограми коливань центрів мас підшипника (z_1) та шестерні (z_2):

1, 2, 3 – при $m_{2np} = 1,8$, $C_{np} = 5000$, $h_2 = 50, 100, 200$;

4, 5, 6 – при $h_2 = 100$, $C_{np} = 5000$, $m_{2np} = 0,5; 1,8; 3,6$;

7, 8, 9 – при $h_2 = 100$, $m_{2np} = 1,8$, $C_{np} = 2500; 5000; 10000$

4. Аналіз осцилограм 1 – 9 (рис. 5.) вказує на те, що:

- збільшення значення коефіцієнта демпфування підшипника h_2 призводить до зменшення коефіцієнта динамічності коливань зубчастого колеса (осц. 3, рис. 5), що відповідає зменшенню часу затухання коливань. При збільшенні h_2 удвічі, від 100 до 200 (осц. 2, 3, рис. 5), зменшення коефіцієнта динамічності складає – $K_d = 0,003/0,0012 = 2,5$ рази. Відповідно час затухання коливного процесу зменшився у $2/1,5 \approx 3$ рази (осц. 2, 3, рис. 5). При змінюванні значення h_2 у широких межах, можна виділити ділянки нестійкого, коливального та стійкого (аперіодичного) режиму роботи зубчастого

зачеплення. Вказані ділянки позначені відповідно як 1, 2, 3 на графіках (рис. 6). Залежність коефіцієнта динаміки K_d від параметра h_2 , границі ділянок режимів роботи зубчастої передачі, та відповідні їм значення K_d і h_2 відображені у табл. 3 та проілюстровані графіком 1 (рис. 6);

- збільшення приведеної маси підшипника m_{2np} , веде до збільшення значення коефіцієнта динамічності коливань зубчастого колеса (осц. 4, 5, 6, рис. 5), відповідно збільшується і час затухання коливного процесу. Збільшення значення параметра m_{2np} вдвічі викликає збільшення коефіцієнта динамічності у $\sim 1,1$ разів. При зменшенні m_{2np} до

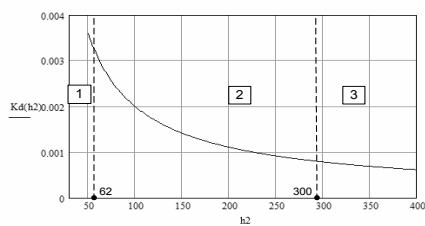
- нуля стійкого режиму роботи зубчастої передачі не спостерігається (графік 2, рис. 6.);
- збільшення приведеної жорсткості підшипника C_{np} призводить до збільшення коефіцієнта динамічності коливань зубчастого колеса (осц. 7, 8, 9, рис. 5). При збільшенні C_{np} удвічі зростання K_d складає

$0,003/0,0023 \approx 1,3$ рази (осц. 7, 8, рис. 5). Графік залежності $K_d(C_{np})$ наведено на рис. 6.3. Дані розподілу значень C_{np} між ділянками режимів роботи зубчастої передачі, його граничні значення, та відповідні значення K_d зведені у табл. 3.

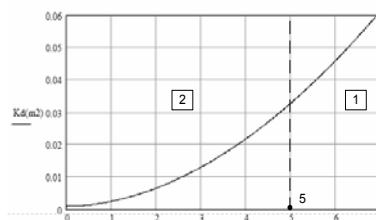
Таблиця 3

Залежність режиму роботи зубчастої передачі від параметрів підшипника

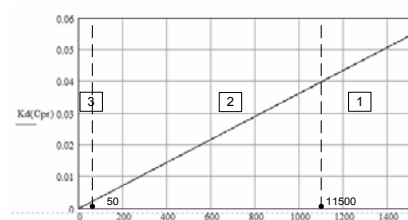
Конструкційний параметр підшипника	Режим роботи зубчастого зачеплення та відповідне йому значення параметра		
h_2	Стійкий	Коливальний	Нестійкий
	≥ 300	$300 \dots 52$	< 52
	Значення коефіцієнта динамічності – K_d		
	$< 8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4} \dots 3,5 \cdot 10^{-4}$	$> 3,5 \cdot 10^{-4}$
m_{2np}	—	< 5	≥ 5
	—	$< 0,032$	$\geq 0,032$
C_{np}	< 50	$50 \dots 11500$	≥ 11500
	$< 5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3} \dots 4 \cdot 10^{-2}$	$\geq 0,04$



1)



2)



3)

Рис. 6. Залежність коефіцієнта динамічності від зміни параметрів підшипника:

1 – від коефіцієнта демпфування $K_d(h_2)$; 2 – від маси $K_d(m_{2np})$; 3 – від жорсткості $K_d(C_{np})$

5. Залежності $K_d(h_2)$, $K_d(m_{2np})$ є нелінійними, $K_d(C_{np})$ – лінійною.

6. Оптимальними, у розумінні найсприятливішого режиму роботи зубчастої передачі, що відповідає ділянці 3 (рис. 6), є такі співвідношення параметрів зубчастого колеса та підшипника: $h_1/h_2 = 1/300 = 0,0033$, $m_{1np}/m_{2np} = 0,1/5 = 0,02$, $C_3/C_{np} = 15000/50 = 300$.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Абрамов, Б. М. Колебания прямозубых зубчатых колес [Текст] / Б. М. Абрамов. – Х.: ХГУ, 1968. – 175 с.
2. Генкин, М. Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов [Текст] / М. Д. Генкин, А. Г. Соколова. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.

3. Галахов, М. А. Динамика шарикового подшипника при радиальной нагрузке [Текст] / М. А. Галахов, В. К. Коршунов // Изв. ВУЗов. Машиностроение. – 1979. – № 8. – С. 12-16.
4. Дьяконов, В. П. Справочник по MathCad PLUS 7.0 PRO. Универсальная система математических расчетов [Текст] / В. П. Дьяконов. – М., 1998.
5. Гульятев, А. Имитационное моделирование в среде MATLAB-5.2. Практическое пособие [Текст] / А. Гульятев. – СПб.: Корона принт, 1999. – 288 с.
6. Виттенберг, И. М. Программирование аналого-цифровых вычислительных систем [Текст] : справочник / И. М. Виттенберг, М. Г. Левин, И. Я. Шор; под ред. И. М. Виттенберга. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.

Надійшла до редколегії 09.11.2010.

Прийнята до друку 24.11.2010.

С. В. МЯМЛІН (ДІТ), Л. М. ДЕГТЯРЬОВА (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Луганськ)

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ КОНТРГРЕБЕНЯ

В статті запропоновано математичний опис взаємодії колеса спеціалізованого вантажного вагона і рейки, при цьому розглядається поверхня кочення колеса особливої конфігурації. З використанням варіанта колісної пари з контргребнем для немагістральних спеціалізованих вантажних вагонів запропоновано результати моделювання руху екіпажу.

Ключові слова: спеціалізовані вантажні вагони, колісна пара з контргребнем, моделювання руху екіпажу

В статье предложено математическое описание взаимодействия колеса специализированного грузового вагона и рельса, при этом рассматривается поверхность катания колеса особой конфигурации. С использованием варианта колесной пары с контргребнем для немагистральных специализированных грузовых вагонов предложены результаты моделирования движения экипажа.

Ключевые слова: специализированные грузовые вагоны, колесная пара с контргребнем, моделирование движения экипажа

In the article a mathematical description of interaction of the special-purpose freight wagon wheel and rail is proposed, in so doing a special configuration of the tread contact surface of wheel is under consideration. The results of simulation of vehicle motion using the variant of wheelset with counterflange for non-mainline special-purpose freight wagons are proposed.

Keywords: special-purpose freight wagons, wheelset with counterflange, simulation of vehicle motion

В класичній моделі взаємодії колісної пари з колією для забезпечення оптимальної взаємодії елементів системи «екіпаж-колія» зазначається, що екіпаж повинен рухатися в рейкової колії прямолінійно, без набіганням гребенями коліс на рейки. Однак під впливом нерівностей на поверхні кочення коліс і верхньої будови колії колісна пара здійснює складні просторові рухи, які через букси, ресори та надресорні балки передаються кузову екіпажу [1 – 5]. Специфічна форма поверхні кочення коліс і рейкової колії, складові якої завдяки своїм геометричним обрисам і підуклонці надійно забезпечують безпеку і поступовий відносно прямолінійний рух екіпажу в прямих ділянках без суттєвого набігання гребеня коліс на рейки. Саме ця форма полегшує вписування екіпажу в криві, компенсує різницю дотичних швидкостей коліс, що котяться по зовнішній і внутрішній рейках [6 – 8]. Але з моменту, коли колесо починає прослизати по рейці, виникають додаткові поперечні, відносно напрямку руху, сили між гребнем колеса і робочою гранню зовнішньої рейки. При збільшенні швидкості руху екіпажів, при умові появи дефектів на профілі колеса або при зношуванні профілю колеса ці сили зростають, внаслідок чого з'являється загроза вкочування колеса на головку рейки і подальшого сходу екіпажу з рейок. Для зменшення

цих сил до мінімуму необхідне створення відповідних профілів поверхні кочення коліс і рейок або використання відповідних запобіжних пристроїв.

При дослідженнях коливань вагони розглядають як механічні системи, що складаються з твердих тіл, з'єднаних жорсткими і пружними елементами, при цьому свобода руху вагонів обмежена зовнішніми направляючими пристроями, які не входять в систему. З'єднані елементи і зовнішні направляючі або утримуючі пристрої вважаються зв'язками, що накладаються на механічну систему.

Відомо, що обриси профілю колеса і рейки істотно впливають на показники контактної взаємодії, динамічні показники руху залізничного екіпажу в цілому і термін служби коліс та рейок. Так, в роботі [9] оптимізація колісних профілів визнається одним з найефективніших засобів поліпшення взаємодії рухомого складу і колії, що сприяють зниженню поперечних сил та напружень у взаємодії колеса і рейки і послаблюють динамічний вплив рухомого складу на колію.

Усередині колії колісні пари одного вагона повинні займати таке положення, яке дозволить їм рухатися в кривій без деформації колії або самої колісної пари.

В якості вантажного вагона в даному випадку наведено розрахунки для порожньої цистерни та цистерни з наливним вантажем підвищеної в'язкості. При розрахунках технічних параметрів можливостей цистерни, обладнаної колісною парою з контргребеннями, було враховано математичний опис просторових коливань досліджуваного рейкового екіпажу при русі залізничною колією в прямих та кривих ділянках. Достовірність отриманих результатів істотно залежить від того, як математичною моделлю описано реальні процеси, що відбуваються в контакті рейкового екіпажу і колії. Враховуючи припущення та спираючись на розрахункові дані, приведено результати порівняльного аналізу руху двох видів цистерн: з контргребеннями та цистерн, оснащених колісними парами зі стандартними суцільнокатаними колесами.

Для оцінки впливу контргребеней на динамічні показники вантажних вагонів були виконані розрахунки, що моделюють рух завантаженої і порожньої цистерни по прямій ділянці колії і кривим ділянкам, радіусами 600 і 300 м. Для виконання теоретичних досліджень спочатку були згенеровані динамічні збурення (нерівності елементів рейкової колії), що діють на вагон з боку колії згідно РД 32.68-96 [10, 11].

Великий вплив на значення геометричних нерівностей має зміна кривизни рейок за рахунок звивистого, близького до синусоїдального, руху рейкового екіпажу та впливання його ходових частин. Нерівність, що з'явилася в результаті взаємодії колеса і рейки, описує зміну прогину вздовж певної ділянки рейкової колії.

Моделювання виконувалося за допомогою комп'ютерного комплексу DynRail, що розроблено в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту ім. академіка В.Лазаряна [11, 12].

Взаємодія рухомого складу з поодинокими нерівностями колії розглядається як основний фактор, що визначає динамічну навантаженість екіпажу при русі рухомого складу в кривих.

В якості збурень задані геометричні нерівності рейок у вертикальній і горизонтальній площинах відповідно до вимог РД 32.68-96. Осцилограми цих нерівностей наведені на рис. 1, 2.

На відміну від вертикальних впливів, горизонтальні збурення не є визначальними в зміні величини та геометрії бічних коливань екіпажів.

На рис. 4 наведено порівнювальне зображення зміненого профілю колеса та класичного суцільнокатаного колеса згідно стандарту [13].

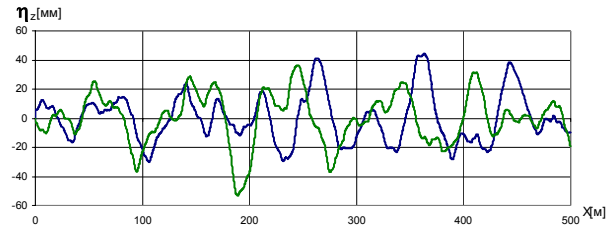


Рис. 1. Вертикальні нерівності рейкової колії під правим та лівим колесом – взаємне положення рейкових ниток по висоті (поперечний рівень)

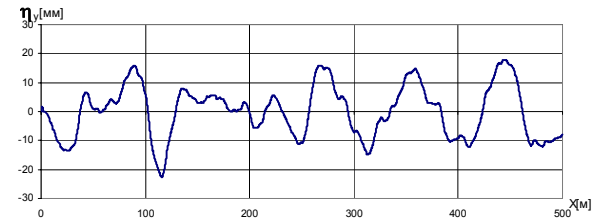


Рис. 2. Горизонтальні кінематичні збурення в напрямку, перпендикулярному осі колії

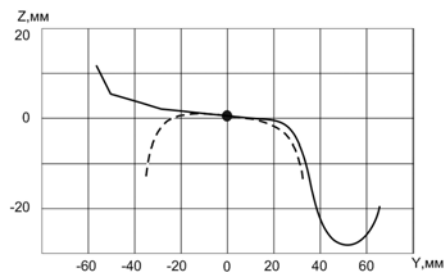


Рис. 3. Взаємне розташування колеса і рейки при одноточковому контакті по колу кочення колеса

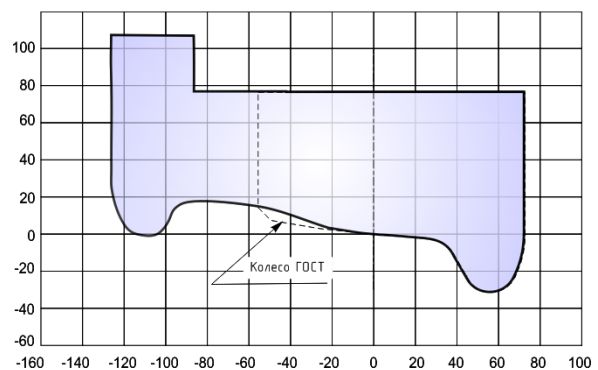


Рис. 4. Порівняльне зображення суцільнокатаного колеса (ГОСТ 9036-76 [11]) та колеса зі змінним профілем кочення

Далі на рис. 5 наведено осцилограми бічного віднесення першої колісної пари. Тут і далі пунктирні лінії відносяться до колеса без контргребеня, а суцільні – до колеса з контргребенем.

Моделювання дозволяє відтворити тільки ті характеристики процесу чи явища, які необхідно дослідити, не відволікаючись на додаткові умови та властивості, що не є важливими у даний проміжок часу.

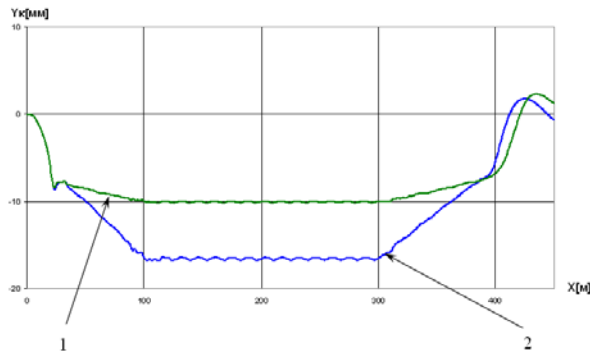


Рис. 5. Бічне віднесення першої колісної пари:

1 – лінія, що на екрані осцилографа відтворює поперечне переміщення колісної пари, не оснащеної контргребенем; 2 – лінія, що на екрані осцилографа відтворює поперечне переміщення колісної пари, оснащеної контргребенем

Наведений рисунок дає наочне уявлення про поперечне переміщення колісної пари. Спочатку, виконуючи рух по перехідній ділянці на вході в криву ($0 < X < 100$ м), ліве колесо поступово наближається і притискається до зовнішньої рейки. Потім, рухаючись по круговій кривій ($100 \text{ м} < X < 300$ м), ліве колесо повністю притиснуто до зовнішньої рейки і продовжує рухатися вліво, укочуючись на рейку. І, нарешті, при виході з кривої ($300 \text{ м} < X < 400$ м) колесо поступово відходить від зовнішньої рейки і відновлює своє стандартне стійке положення відносно колії.

З наведеного рисунка видно, що колесо без контргребеня рухаючись в кривій перемістилося в поперечному напрямі приблизно на 16 мм. При цьому воно займає положення відносно рейки, яке показано на рис. 6.

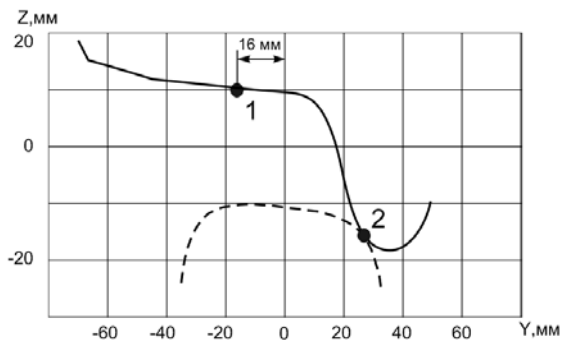


Рис. 6. Положення колеса, не обладнаного контргребенем, відносно рейки при максимальному бічному віднесенні

Точка контакту по стандартному колу кочення позначена цифрою 1, а нова точка контакту між гребенем колеса і бічною поверхнею рейки – цифрою 2. З наведеного рисунка видно, що в цій ситуації ліве колесо знаходиться в критичному положенні і схід більш ніж можли-

вий при виникненні, наприклад, значного бічного вітру назовні кривої або подовжніх стискаючих зусиль в автозчепленнях.

Коли в аналогічній ситуації опинився вагон з обладнаними контргребенями колесами, то максимальна величина бічного віднесення складає приблизно 10 мм. При цьому колесо зайняло відносно рейки положення, що наведено на рис. 7.

Різниця бічних відносів у цих двох ситуаціях, на перший погляд, невелика. Проте, в другому випадку, коли колесо обладнане контргребенем, колісна пара знаходиться в менш небезпечній ситуації. Контакт відбувається в точці (точка 2 на рис. 7), розташований не на кромці поверхні головки рейки, а на її бічній поверхні. І в цій ситуації до повного вкочування колеса на рейку ще є певна відстань.

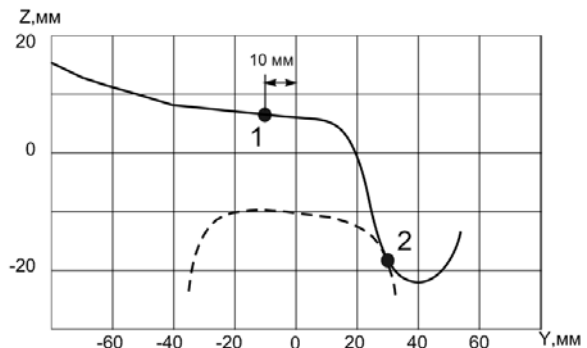


Рис. 7. Положення колеса, обладнаного контргребенем, відносно рейки при максимальному бічному віднесенні

Далі для наочності наведено осцилограми поперечних сил взаємодії лівого і правого колеса першої колісної пари з лівою і правою рейкою відповідно.

На рис. 8 і 9 синім кольором (1) позначені осцилограми для не обладнаної контргребенями колісної пари, зеленим кольором (2) – обладнаної.

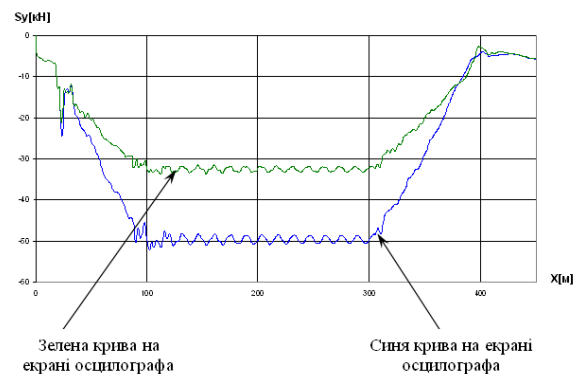


Рис. 8. Поперечна сила взаємодії лівого колеса з лівою рейкою

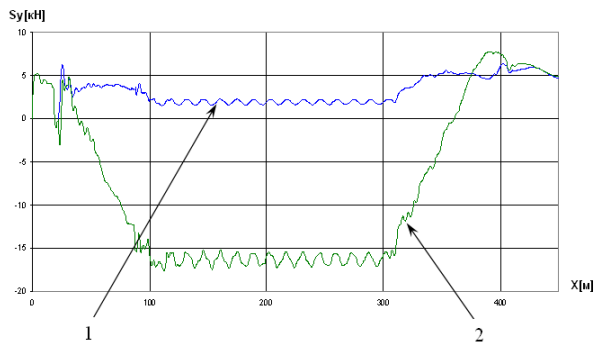


Рис. 9. Поперечна сила взаємодії правого колеса з правою рейкою:

1 – осцилограма для колісної пари, не обладнаної контргребеннями; 2 – осцилограма для колісної пари, обладнаної контргребеннями

З цих рисунків видно, що в першому випадку (тобто, коли колеса без контргребенів) максимальна поперечна сила взаємодії лівого колеса з лівою рейкою більше, ніж в другому (48 кН проти 32 кН) на величину сили взаємодії правого колеса з правою рейкою (зелена лінія на рис. 8). Поперечна ж сила взаємодії правого колеса, обладнаного контргребенем, з правою рейкою більше, ніж відповідна сила для колеса, не обладнаного контргребенем. Це свідчить про те, що додаткова сила (16 кН) і є силою, що протидіє сходу з рейок колісних пар, оснащених контргребеннями.

Не дивлячись на те, що у даному випадку було проаналізовано спрощений випадок і необхідне уточнення математичної моделі взаємодії коліс з контргребенем і рейок, а також вибір параметрів контргребеня (кута нахилу контргребеня і зазору між контргребенем і зовнішньою стороною рейки), з наведених результатів видно, що використання контргребенів приведе до зниження вірогідності уключування колеса на головку рейки. Звичайно, що перетин стрілочних переводів та рейкових з'єднань потребує додаткового вивчення та подальшого удосконалення запропонованого рішення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Четаев, Н. Г. Устойчивость движения [Текст] / Н. Г. Четаев. – М.: Физматгиз, 1965. – 208 с.
2. Вершинский, С. В. Динамика вагона [Текст] : учебник для вузов ж/д трансп. / С. В. Вершинский, В. Н. Данилов, В. Д. Хусидов; под ред.

С. В. Вершинского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.

3. Лазарян, В. А. О стационарных режимах и устойчивости движения рельсовых экипажей в круговых кривых [Текст] / В. А. Лазарян, Н. А. Радченко // Науч. тр. ДИИТ. – 1976. – Вып. 22. – С. 3-14.
4. Вериго, М. Ф. Анализ методов математического моделирования динамических процессов в исследованиях интенсивности развития бокового износа рельсов и гребней колес [Текст] / М. Ф. Вериго // Вестник ВНИИЖТ. – 1997. – № 6. – С. 24-33.
5. Математическое моделирование колебаний рельсовых транспортных средств [Текст] / А. И. Залесский [и др.]; под ред. В. Ф. Ушкалова. – К.: Наук. думка, 1989. – 240 с. – (АН УССР, Ин-т техн. механики).
6. Камаев, А. А. Моделирование воздействия подвижного состава на путь [Текст] / А. А. Камаев. – Брянск: БИТМ, 1988. – 80 с.
7. Кондрашев, В. М. Единые принципы исследования динамики железнодорожных экипажей в теории и эксперименте [Текст] / В. М. Кондрашев. – М.: Интекст, 2001. – 190 с.
8. Радченко, Н. А. Криволинейное движение рельсовых транспортных средств [Текст] / Н. А. Радченко. – К.: Наук. думка, 1988. – 216 с.
9. Калей, С. Улучшение взаимодействия подвижного состава и пути [Текст] / С. Калей, Дж. Сэмюэлс // Железные дороги мира. – 2003. – № 2. – С. 13-16.
10. Руководящий документ. Расчетные неровности железнодорожного пути для использования при исследованиях и проектировании пассажирских и грузовых вагонов: РД 32.68-96 [Текст]. – М.: ВНИИЖТ, 1996. – 17 с.
11. Мямлин, С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей [Текст] / С. В. Мямлин. – Д.: Новая идеология, 2002. – 240 с.
12. Свідомство про реєстрацію авторського права на твір № 7305. Комп'ютерна програма «Dynamics of Rail Vehicles» (DYNRAIL) [Текст] / С. В. Мямлін; зареєстр. 20.03.2003.
13. Колеса цельнокатанные. Конструкция и размеры: ГОСТ 9036-76 [Текст]. – [Действующий от 1976-01-01]. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1976. – 9 с.

Надійшла до редколегії 04.11.2010.

Прийнята до друку 12.11.2010.

В. А. ПОЛЯКОВ, Н. М. ХАЧАПУРИДЗЕ (Институт транспортных систем и технологий НАН Украины, Днепропетровск)

ПОСТРОЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА КАК МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ

Запропоновано методику побудови динаміки магнітолевітуючого поїзда з урахуванням багатозв'язності його розрахункової схеми. Керовані компоненти вектора стану системи розділені на ті, що допускають автономне керування ними й ті, які потребують внутрішньогрупового узгодження. Пропоновану методику наочно геометрично інтерпретовано. Процес синтезу погодженого руху розділений на підзадачі одноканального конструювання агрегованого руху, а також стабілізації відхилень.

Ключові слова: динаміка магнітолевітуючого поїзда, процес синтезу погодженого руху, одноканальне конструювання, стабілізація відхилень

Предложена методика построения динамики магнитолевитирующего поезда с учётом многосвязности его расчётной схемы. Управляемые компоненты вектора состояния системы разделены на допускающие автономное управление ими и требующие внутригруппового согласования. Предлагаемая методика наглядно геометрически интерпретирована. Процесс синтеза согласованного движения разделён на подзадачи одноканального конструирования агрегированного движения, а также стабилизации уклонений.

Ключевые слова: динамика магнитолевитирующего поезда, процесс синтеза согласованного движения, одноканальное конструирование, стабилизация уклонений

The technique of construction of dynamics of magnetic levitated train in view of multiconnectivity of its design scheme is offered. The controlled components of a system's state vector are divided into ones that suppose an independent controlling them and others that demand the intragroup coordination. The offered technique has been evidently geometrically interpreted. A process of agreed motion synthesis has been divided into subtasks of single-channel design of an aggregated motion and stabilization of deviations.

Keywords: dynamics of magnetic levitated train, process of agreed motion synthesis, single-channel design, stabilization of deviations

Адекватная расчетная схема механической подсистемы магнитолевитирующего поезда (МЛП), как правило, неавтономна и многосвязна. Последнее означает, что некоторые фазовые координаты системы неавтономны. Кроме того, конструктивно порождаемая связанность координат может дополняться их связанностью по управлению вследствие наличия дополнительных условий согласования, или координации подсистем, то есть необходимости поддержания заданных функциональных соотношений между несколькими такими управляемыми координатами. При этом, в общем случае, указанные группы координат, оказывающихся связанными вследствие особенностей конструкции управляемого объекта – с одной стороны, а также связываемые с целью соблюдения упомянутой координации – с другой, естественно, могут не совпадать. Описанные факторы многосвязности существенно затрудняют конструирование высококачественных движений рассматриваемых систем, делая малоэффективными традиционные методы такого конструирования [1] и требуя разработки его специализированных методик и средств.

Управляемое возмущённое движение МЛП может быть описано моделью:

$$\begin{aligned} a_{\lambda\mu} \cdot \eta^\mu &= E_\lambda + \Pi_\lambda; \\ a_{\lambda\mu} &= c_{\lambda\mu} \cdot p^{(2)} + (C_{\lambda,\mu\nu} \cdot \eta^\nu + \beta_{\lambda\mu}) \cdot p + l_{\lambda\mu}; \\ p &= \frac{d}{dt} \quad \forall \lambda, \mu, \nu \in [\overline{1, L}], \end{aligned} \quad (1)$$

где $c_{\lambda\mu}$, $C_{\lambda,\mu\nu}$, E_λ , Π_λ $\forall \lambda, \mu, \nu \in [\overline{1, L}]$ – ковариантный метрический тензор агрегата, являющегося расчетной схемой механической подсистемы МЛП, трехиндексный символ Кристоффеля первого рода этого агрегата в координатах $\eta^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1, L}]$, а также обобщённые возмущающие и управляющие силы, сопряженные с этими координатами; $\beta_{\lambda\mu}$, $l_{\lambda\mu}$ $\forall \lambda, \mu \in [\overline{1, L}]$ – диссипативные и квазиупругие коэффициенты модели; L, t – число степеней свободы упомянутого агрегата, а также время. Значения $c_{\lambda\mu}$, $C_{\lambda,\mu\nu}$, $\beta_{\lambda\mu}$, $l_{\lambda\mu}$ $\forall \lambda, \mu, \nu \in [\overline{1, L}]$ зависят от параметров и структуры МЛП. Если уравне-

ния этой модели упорядочены, то коэффициенты $a_{\lambda\lambda} \forall \lambda \in [1, L]$ характеризуют динамические качества каналов системы, соответствующих ее координатам. Коэффициенты же $a_{\lambda\mu} \forall \lambda \neq \mu; \lambda, \mu \in [1, L]$ характеризуют взаимодействие таких каналов. Кроме того, имеют место соотношения:

$$E_{\lambda} = S_{\lambda}^{\alpha} \cdot Q_{\alpha}; \quad \Pi_{\lambda} = S_{\lambda}^{\alpha} \cdot V_{\alpha} \\ \forall \alpha \in [1, N]; \lambda \in [1, L], \quad (2)$$

где $Q_{\alpha}, V_{\alpha} \forall \alpha \in [1, N]$ – векторные (непосредственно реализуемые) возмущающие и управляющие воздействия на МЛП;

$N, S_{\lambda}^{\alpha} \forall \alpha \in [1, N], \lambda \in [1, L]$ – число опорных координат расчётной схемы его механической подсистемы, а также структурная матрица агрегата, принятого в качестве этой схемы.

Поэтому влияние возмущающих $Q_{\alpha} \forall \alpha \in [1, N]$ и управляющих $V_{\alpha} \forall \alpha \in [1, N]$ воздействий на каналы системы также зависит от ее структуры. Таким образом, специфические особенности многосвязной системы, вне зависимости от причины взаимосвязанности ее координат, приводят к недиагональности матрицы $\{a_{\lambda\mu} \forall \lambda, \mu \in [1, L]\}$. Поэтому степень связанности упомянутых координат может эффективно характеризоваться значениями элементов $a_{\lambda\mu} \forall \lambda \neq \mu; \lambda, \mu \in [1, L]$ этой матрицы.

Изложенное свидетельствует о том, что, на первый взгляд, существенное упрощение разрешения задачи конструирования движения МЛП, как многосвязной системы, может быть достигнуто путем автономизации возможно большего числа (в пределе – всех) ее каналов. При этом, однако, должны неукоснительно соблюдаться отмеченные условия необходимого согласования фазовых координат. Следует также учитывать, что автономное, или децентрализованное, управление движением оказывается эффективным [2] лишь при условии автономности сепаратных каналов, их слабой связанности, или возможности, в силу невысоких требований к качеству результирующего движения системы, пренебречь их взаимодействием. Следовательно, принципиально возможным является синтез такого движения с использованием автономных регуляторов сепаратных каналов, построенных традиционными методами теории одноканальных систем. В таком случае, упомянутый синтез должен сопровождаться расчленением исходной

системы на автономные каналы с использованием, например, обратных связей по состоянию [3], наложением координаторов на упомянутые регуляторы [4], или с использованием иных методов декомпозиции и децентрализации. К настоящему времени, однако, такие методы разработаны в основном лишь для линейных стационарных систем, каковыми, в подавляющем большинстве случаев, адекватные расчетные схемы МЛП, безусловно, не являются. В результате, чаще всего (за исключением самых простых, примитивных случаев), регуляторы и компенсаторы, предусматривающие расчленение системы на полностью автономные каналы (то есть полное отсутствие взаимодействия локальных регуляторов в подсистемах) и созданные с использованием методов одноканальных систем, обеспечивают невысокое качество координированных движений, оказываясь, в то же время, слишком сложными и дорогими либо вовсе нереализуемыми [5].

Достижение высокого качества движений МЛП, как неголономных многосвязных нелинейных систем требует, очевидно, использования многоканальных регуляторов, которые, помимо каналов автономного управления, содержат дополнительные внешние перекрестные связи таких каналов. Указанные внешние связи, дополняя имеющиеся внутренние перекрестные связи управляемого объекта, должны создавать достаточные условия для внутригруппового согласования его фазовых координат. Поведение же каждой согласуемой группы таких координат, свобода изменения которых ограничена межканальными связями, должно быть эквивалентно поведению единого канала. Тогда оно может синтезироваться методами, соответствующими лишь требованиям к качеству координированного движения.

Приведенные соображения носят качественный характер. Конкретизируем их. Для этого разделим $2 \cdot L$ управляемых компонентов вектора

состояния системы $\gamma^p = \{\eta^{\lambda}, \dot{\eta}^{\lambda} \forall \lambda \in [1, L]\} \forall p \in [1, 2 \cdot L]$ на две макрогруппы, в первую из которых включим J таких компонентов, допускающих автономное управление ими. Во вторую же из упомянутых макрогрупп включим $K = 2 \cdot L - J$ компонентов, составляющих группы координат, требующих внутригруппового согласования. При этом внутри первой макрогруппы могут встречаться имманентно взаимосвязанные координаты. Стремление к изоляции соответствующих им каналов, стимулируемое желанием упростить управление указанными

координатами, может акцентироваться условиями нежелательности (или даже недопустимости) их взаимовлияния. Тогда разделение может быть достигнуто, например, исходя из следующего. Как показано, условием независимости i -го канала системы относительно j -го является соблюдение соотношения

$$a_{\lambda\mu} \equiv 0; \lambda \neq \mu. \quad (3)$$

Совокупность выражений (1) и (3) позволяет находить для системы структурные и параметрические решения, реализация которых позволяет гарантировать полную сепарацию каналов, взаимодействие которых нежелательно.

Перейдем, далее, к рассмотрению второй из описанных макрогрупп фазовых координат системы. Входящие в эту макрогруппу компоненты фазового вектора, как указано, составляют группы, требующие внутригрупповой координации. Для любой i -ой из этих групп $\gamma_i^\mu \forall \mu \in [\overline{\Phi_i, \Gamma_i}]$ такое требование может быть формализовано соотношениями

$$\begin{aligned} \phi_{ij}(\gamma_i^\mu \forall \mu \in [\overline{\Phi_i, \Gamma_i}]) &= 0 \\ \forall j \in [\overline{1, H_i}]; \Gamma_i - \Phi_i &= G_i, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\phi_{ij} \forall j \in [\overline{1, H_i}]$ – операторы (конечные, дифференциальные, интегро-дифференциальные или иные), действующие на координаты $\gamma_i^\mu \forall \mu \in [\overline{\Phi_i, \Gamma_i}]$;

Φ_i, Γ_i – начальный и конечный порядковые номера таких координат среди $\gamma^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1, 2 \cdot L}]$;

G_i, H_i – числа координат, входящих в i -ую группу, а также ограничений, накладываемых на них условиями согласования.

Выдвинутое требование эквивалентности поведения группы согласуемых координат и единого канала удовлетворимо лишь, если

$$H_i = G_i - 1. \quad (5)$$

Если же фактически для группы координат $H_i < G_i - 1$, то результирующему координированному движению могут быть приданы новые полезные качества путем наложения дополнительных $D_i = G_i - (H_i + 1)$ ограничений на такие согласуемые координаты. Если же, напротив, $H_i > G_i - 1$, то «избыточные» $P_i = H_i - (G_i - 1)$ ограничений должны быть отброшены. Однако, в любом случае, все ограничения (4) должны быть непротиворечивыми.

В противном случае согласованное движение нереализуемо.

Выражения (4) и (5) определяют поведение i -й группы согласуемых координат с точностью до одной управляемой переменной

$$\sigma_i = \sigma_i(\gamma_i^\mu \forall \mu \in [\overline{\Phi_i, \Gamma_i}]), \quad (6)$$

которую назовем агрегированной. Таким образом, построение движения системы в части рассматриваемой группы согласуемых фазовых координат сводится к поддержанию соотношений (4) между ними (при соблюдении равенства (5)), а также управлению агрегированной переменной σ_i . При этом полная задача синтеза движения МЛП, как многосвязной системы, упрощается до независимого управления

$$M = J + \Psi \quad (7)$$

фазовыми координатами, J из которых составляют первую упомянутую макрогруппу компонентов состояния такой системы (допускающих независимое управление ими изначально), а Ψ координат являются агрегированными и определяются соотношениями типа (6). Фактически Ψ – это число групп координат во второй из указанных их макрогруппе, требующих внутригрупповой координации. Поэтому

$$K = G_i \cdot e^i \forall i \in [\overline{1, \Psi}], \quad (8)$$

где $e^i \forall i \in [\overline{1, \Psi}]$ – Ψ -мерный единичный вектор-столбец.

Из принятого принципа разделения фазовых координат системы на описанные макрогруппы следует, что в части, соответствующей первой такой макрогруппе, построение движения может быть с успехом выполнено методами одноканального управления. В части же, соответствующей второй макрогруппе, конструирование высококачественного координированного движения осуществимо путем регулирования агрегированных переменных $\sigma_i \forall i \in [\overline{1, \Psi}]$, а также возникающих при этом ошибок согласования, которые могут быть охарактеризованы матрицей отклонения

$$\begin{aligned} \delta_{ij} &= \{\phi_{ij}(\gamma_i^\mu \forall \mu \in [\overline{\Phi_i, \Gamma_i}])\} \\ \forall i \in [\overline{1, \Psi}], j \in [\overline{1, H_i}]. \end{aligned} \quad (9)$$

В начале движения, при $t = 0$, условия согласования (4) практически всегда нарушены и $\delta_{ij}(0) \neq 0 \forall i \in [\overline{1, \Psi}], j \in [\overline{1, H_i}]$. К аналогичному эффекту приводят и возмущения. Поэтому тре-

бование устойчивости (по Ляпунову, асимптотической, экспоненциальной и т.д.) является одним из основных, в том числе и по отношению к отклонению от агрегированного движения, определяя в значительной степени работоспособность системы.

Соотношения (6) и (9) задают преобразование вектора $\gamma_i^\mu \forall \mu \in [\Phi_i, \Gamma_i]$, характеризующего состояние МЛП в части i -ой группы согласуемых фазовых координат, в агрегированную переменную σ_i , а также вектор отклонения $\delta_{ij} \forall j \in [1, H_i]$. Поэтому всегда, за исключением вырожденных случаев, требования к качеству соответствующего координированного движения могут быть исчерпывающе полно и однозначно трансформированы в требования к агрегированному движению и отклонению от него. Таким образом, каждая из подзадач построения движения МЛП в части, соответствующей группе согласуемых каналов, редуцируется до обеспечения требуемого характера агрегированного движения, а также минимального отклонения таких каналов.

Требуемый закон агрегированного движения в части i -й группы согласуемых координат может обеспечиваться, например, с помощью игровых минимаксных, а также терминальных методов управления, концептуально гарантирующих его качество. При этом, исходя из физических соображений, на значения агрегированной переменной σ_i , и программного управления ею $V_i^p(\bullet)$ должны быть наложены ограничения

$$\sigma_i(t) \in \Sigma_i, V_i^p(t) \in \Lambda_i^p \forall t \in [t_s, \tau]. \quad (10)$$

Терминальной целью этого движения является обеспечение включения

$$\sigma_i(\tau) \in \Theta_i, \quad (11)$$

а непредсказуемые возмущения $w(t)$ стеснены лишь соотношениями вида

$$w(t) \in W \forall t \in [t_s, \tau]. \quad (12)$$

В выражениях (10)–(12) дополнительно обозначено:

Σ_i, Λ_i^p, W – заданные замкнутые множества, ограничивающие допустимые состояния и программы управления подсистемы (соответствующей i -ой группе согласуемых координат), а также возможные реализации её возмущений;

$\Theta_i, [t_s, \tau]$ – целевое множество движения по

i -й агрегированной переменной и его терминальный интервал.

Тогда, исходя из упомянутых игровых и терминальных принципов построения агрегированного движения, стратегия управления им должна определяться из решения игровой минимаксной задачи, задаваемой моделью (1), ограничениями (10)–(12), а также равенством, которое, в применении к данному случаю, может быть записано в виде:

$$I_i^p = \inf_{V_i^p(\bullet)} \sup_{w(\bullet)} \left\{ \int_{t_s}^{\tau} \lambda[V_i^p(\bullet), w(\bullet)] \cdot dt \right\};$$

$$V_i^p(\bullet) \in \Lambda_i^p, w(\bullet) \in W, t \in [t_s, \tau], \quad (13)$$

где I_i^p – показатель качества программного управления $V_i^p(\bullet)$; λ – заданная функция своих аргументов. Здесь везде функция с точкой на месте аргумента означает всю совокупность её возможных значений, как единое целое. Такое программное агрегированное движение $\sigma_i^p(t) \forall t \in [t_s, \tau]$ оптимально по критерию I_i^p при любых возмущениях $w(t) \in W \forall t \in [t_s, \tau]$.

Те же возмущения, помимо дестабилизации программной траектории $\sigma_i^p(t) \forall t \in [t_s, \tau]$, стремятся увести с неё изображающую точку подсистемы, увеличивая отклонения $\delta_{ij} \forall j \in [1, H_i]$. Этому должно препятствовать корректирующее управление V_i^c , реализующее, например, алгоритм аркана [6,7]. В приложении к рассматриваемому случаю, последний алгоритм может быть описан равенствами

$$[\sigma_i(t) - \sigma_i^p(t)]^{(2)} = \kappa_i^{(2)}(t);$$

$$\kappa_i(t) = \varepsilon_i(t) \cdot [a_i + b_i \cdot \exp(-q_i \cdot t) \cdot \sin(k_i \cdot t)];$$

$$\kappa_i(t) \in \Sigma_i \forall t \in [t_s, \tau], \kappa_i(\tau) \in \Theta_i, \quad (14)$$

где $\kappa_i(t)$ – текущее расстояние между программным и фактическим положениями изображающей точки подсистемы;

a_i, b_i, q_i, k_i – подбираемые коэффициенты решаемой задачи.

Для удовлетворения алгоритму (14) изображающая точка такой подсистемы должна совершать затухающие колебания относительно гиперболы радиуса $\varepsilon_i(t)$, центр которой непрерывно отслеживает программное положение этой точки, а ограничиваемый ею гиперкруг на всем терминальном интервале гарантированно не

выходит за пределы области допустимости для упомянутой точки. Подбором значений величин a_i, b_i, q_i и k_i , а также вида функции $\varepsilon_i(t)$, $\kappa_i(t)$ -окрестность может быть сделана сколь угодно близкой к программной траектории на всем интервале управления движением. Если, помимо соотношений (14), на траектории относительного движения соблюдается равенство

$$Z_i^c = \inf_{V_i^c(\bullet)} \sup_{w(\bullet)} \left\{ \int_{t_s}^{\tau} \mu [V_i^c(\bullet), w(\bullet)] \cdot dt : \right. \\ \left. V_i^c(\bullet) \in \Delta_i^c, w(\bullet) \in W, t \in [t_s, \tau] \right\}, \quad (15)$$

где Z_i^c – показатель качества корректирующего управления $V_i^c(\bullet)$;

μ – заданная функция своих аргументов;

Δ_i^c – заданное замкнутое множество, ограничивающее допустимые значения корректирующего управления $V_i^c(t)$, то осцилляции изображающей точки подсистемы относительно её программной траектории гарантированно оптимальны по критерию Z_i^c .

Для одновременной стабилизации программной траектории $\sigma_i^p(t) \forall t \in [t_s, \tau]$ и корректировки относительно нее текущего положения изображающей точки (то есть подавления уклонений $\delta_{ij}(t) \forall j \in [1, H_i], t \in [t_s, \tau]$) к подсистеме должно быть приложено управление

$$V_i(t) = V_i^p(t) + D_i(t) \cdot V_i^c(t) \quad \forall t \in [t_s, \tau], \quad (16)$$

где $D_i(t)$ – матрица коэффициентов, выбор которых должен быть направлен на ограничение наиболее критичных компонентов движения, а также повышение его стойкости по отношению к возмущениям.

Изложенная методика синтеза движения может быть наглядно геометрически интерпретирована. Каждое из скалярных выражений соотношения (4) при соблюдении равенства (5) определяет в пространстве $R^g, g = G_i$ гиперповерхность размерности $G_i - 1$. Пересечением этих гиперповерхностей является линия Ω – многообразие единичной размерности. Поэтому чтобы упомянутые соотношения (4), а, следовательно, и (6) соблюдались, изображающая точка подсистемы, соответствующей согласуемым координатам, должна гарантированно находиться на Ω . Движение же этой точки вдоль указанной кривой должно соответствовать закону, необходимому для удовлетворения тре-

бований к качеству согласованного движения. При этом компоненты вектора $\delta_{ij} \forall j \in [1, H_i]$ характеризуют отклонения изображающей точки от гиперповерхностей (4), а закон

$$\sigma_i(t) = \sigma_i \{ \gamma_i^\mu(t) \quad \forall \mu \in [\overline{\Phi_i}, \overline{\Gamma_i}] \} \quad (17)$$

определяет ее перемещение вдоль кривой Ω . Таким образом, динамика процесса согласования каналов исчерпывающе характеризуется изменением компонентов матрицы (9). Для фазовых траекторий, начинающихся вне Ω ($\delta_{ij}(0) \neq 0 \quad j \in [1, H_i]$), необходимо обеспечить приближение, с течением времени, к этой кривой, то есть $\lim_{t \rightarrow \infty} \delta_{ij}(t) = 0 \quad \forall i \in [1, \Psi], j \in [1, H_i]$.

Тем самым согласование каналов сводится к стабилизации уклонения движения относительно агрегированного.

Применение изложенной методики построения движения МЛП, как многосвязной системы, будет способствовать повышению качества такого движения и при этом позволит существенно упростить процесс упомянутого построения за счет его разделения (для каждой группы согласуемых фазовых координат) на подзадачи одноканального конструирования агрегированного движения, а также подавления уклонений от него.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крутько, П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Линейные модели [Текст] / П. Д. Крутько. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
2. Соболев, О. С. Однотипные связанные системы регулирования [Текст] / О. С. Соболев. – М.: Энергия, 1973. – 297 с.
3. Gilbert, E. G. The decoupling of multivariable systems by state feedback [Text] / E. G. Gilbert // SIAM J. contr. – 1967. – V. 7. – P. 50-63.
4. Boksenbom, A. S. General algebraic method applied to control analysis of complex engine types [Text] / A. S. Boksenbom, R. Hood // NASA tech. report. – 1950. – № 980. – P. 78-83.
5. Рубашкин, И. Б. Адаптивные системы взаимосвязанного управления электроприводом [Текст] / И. Б. Рубашкин. – Л.: Энергия, 1975. – 386 с.
6. Корнев, Г. В. Очерки механики целенаправленного движения [Текст] / Г. В. Корнев. – М.: Наука, 1980. – 192 с.
7. Блохин, Е. П. Целенаправленное движение железнодорожного поезда [Текст] / Е. П. Блохин, В. А. Поляков // Нагруженность и надёжность механических систем: Сб. науч. тр. – К.: Наук. думка, 1987. – С. 76-83.

Поступила в редколлегию 04.11.2010.

Принята к печати 06.11.2010.

А. АЛЬ-АММОРИ (НТУ, Киев), Х. АЛЬ-АММОРИ (Киевский национальный университет технологий и дизайна)

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА ПОЛИФАКТОРНОСТИ В ЛЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

У статті розглядаються питання врахування поліфакторності процесів польоту повітряних суден. Показано необхідність більш повного врахування сукупності взаємодіючих факторів.

Ключові слова: повітряне судно, процес польоту, поліфакторність, взаємодіючі фактори

В статье рассматриваются вопросы учета полифакторности процессов полета воздушных судов. Показана необходимость более полного учета совокупности взаимодействующих факторов.

Ключевые слова: воздушное судно, процесс полета, полифакторность, взаимодействующие факторы

In the paper the issues of taking the poly-factor nature of flight processes of aircrafts into account are under consideration. The necessity of fuller accounting the set of interacting factors is shown.

Keywords: aircrafts, flight process, poly-factor nature, interacting factors

Проблема учета факторов в научных исследованиях всегда занимала центральное место во всех научных разработках в последние два столетия. Переход к научной аналитике факторов – действующих причин, был вызван тем, что общая структура научных исследований не упрощалась, а значительно усложнялась, вызывая значительные организационные трудности в постановке вопроса исследования факторных процессов. Еще в 1930-1938 гг. проводились работы по учету полифакторных структур [1].

Методика анализа заключается в следующем: положим, что некоторая величина есть какая-то неизвестная функция переменных $x, y, z, t \dots$ физических и точно измеряемых и, кроме того, некоторых параметров $\alpha, \beta, \gamma, \delta \dots$, которые точно измерены быть не могут, и про которые нельзя сказать, сохраняют ли они при изменениях переменных свои значения. Таким образом, будет $S = F(x, y, z, t, \dots, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \dots)$, когда ставится вопрос об определении влияния изменения переменной x на изменение величины S , то при достаточной малости этих изменений, математически говоря, требуется определить частную производную $\partial S / \partial t$. Для этого необходимо, чтобы не только все прочие переменные y, z, t, \dots сохраняли неизменными свои значения, но и все параметры $\alpha, \beta, \gamma, \dots$. Относительно переменных y, z, t, \dots , которые физически измеримы, это сделать легко; относительно же параметров, которые точно измерены быть не могут, это практически невоз-

можно, или же требуется значительное число наблюдений, при которых величина x изменялась бы систематически, а случайные изменения α, β, γ исключились бы сами собою вследствие очень большого числа наблюдений. Процессы, с которыми встречаются исследователи, как правило, полифакторные и имеют сферу неопределенности, т.е. при их анализе всегда необходимо решать в частном или в общем виде задачу учета большого количества факторов.

При функционировании воздушных судов пилоты называют эти явления накладками факторов – из-за эффекта одновременного действия совокупности (комплекса, множества, групп и т.д.) факторов, т.е., собственно, эффекта полифакторности. При этом, полифакторность рассматривают или как стратегию работ – учет комплекса действующих факторов (теоретический аспект задачи), или просто как факторные нагрузки или накладки, особенно при использовании множества информационных средств (практический аспект задачи). В настоящее время необходимость рассмотрения логического, статистического и математического решения задачи полифакторности значительно возросла, т.к. факторным процедурам и их учету стали уделять значительное внимание.

Информационно-факторная модель [2] учета взаимодействия факторов и решения задачи учета большого количества факторов показала, что взаимодействие, по своей природе, предельно и гранично, т.е. действительно является *causa finales* (конечной причиной) событий или

явлений, процессов. При этом энтропия процесса $S_j = -\sum_{i=1}^n \tau_{ij} \log \sum_{i=1}^n \tau_{ij}$ достигает максимума в зоне 4...5 взаимодействующих факторов. При определенном количестве одновременно действующих факторов возникает зона терминального эксцесса – область качественного изменения управляющих действий человека-оператора, оказавшегося на информационных пределах и в сфере качественной неопределенности. Следует отметить также, что математическое и статистическое решение задачи учета большого количества факторов позволяет по-новому объяснить природу факторных нагрузок в особо сложных процессах, таких как аварийные или катастрофические ситуации. При этом, безусловно, возникают теоретические предпосылки для качественного изменения доли человеческого фактора (ЧФ) в экстремальных ситуациях, так становится ясной конечная причина таких событий.

Проблема неопределенности так же, как и задача учета большого количества факторов, считается неразрешенной. Принципиальная неразрешимость проблемы неопределенности снимается переходом к анализу процессов, где неопределенность рассматривается как момент перехода от одной стороны процесса к другой.

На практике при применении обобщенных критериев встречаются следующие основные трудности:

- число факторов стремиться к бесконечности;
- факторы взаимосвязаны и не варьируются.

В такой ситуации трудно собрать информацию для принятия решений по заранее заданному критерию, т.е. при подготовке решений возникают затруднения, прежде всего, чисто информационного характера. Преодоление этих трудностей возможно только с помощью решения задачи учета множества факторов, взаимосвязанных между собой. В связи с тем, что затруднения носят информационный характер, они могут быть описаны с использованием понятий: «поток информации» или характеристический параметр потока информации (η).

Тогда, если общий вид критерия $E = \Phi(f_1, f_2, \dots, f_n)$, где f_1, f_2, \dots, f_n – действующие факторы, то затруднения, которые встречаются на практике, описываются следующим образом:

1. Число факторов стремится к бесконечности или практически очень велико $\eta \rightarrow \infty$;

2. Факторы взаимодействуют

$$E = \Phi(f_1 \in f_2 \in \dots \in f_n)_{\eta \rightarrow \infty}.$$

3. Факторы не варьируются

$$f_1, f_2, \dots, f_n - \text{const}.$$

Таким образом, затруднения связаны с тем, что поток информации становится или очень велик, или очень мал ($\eta \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0$), а отсюда сбор данных по критерию становится невозможным. Условия ($\eta \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0$) являются информационными пределами применения любой теории как системы преобразований. Это касается и модели авиационных происшествий (АП) факторной цепи ИКАО. Рассмотрим особенности факторных процедур ИКАО.

Согласно факторной процедуре ИКАО, выделяются 114 факторов, которые создают множество действующих факторов при всех потенциально возможных АП. В Руководстве ИКАО [3] по предотвращению АП подчеркивается, что успешное предотвращение летных происшествий требует не останавливаться на ошибках летного состава, а идти дальше в целях определения факторов, лежащих в основе действий человека. Согласно процедуре факторной цепи, на этом множестве факторов действует любая цепь (группа) факторов длиной в 13 факторов, существующих на протяжении полета и приводящих к так называемой точке неизбежности – пределу способности пилота противодействовать факторным нагрузкам. В результате анализа разрабатываются уведомления об аварийных факторах, рекомендации по обеспечению безопасности полетов (БП), которые рассылаются соответствующим организациям. Очевидно, что позиция ИКАО недостаточно активна, т.к. она направлена на сбор и анализ статистики, а не на предотвращение АП. Кроме того, в упомянутом выше руководстве прямо признается, что последующий прогресс авиационной техники будет сопряжен с появлением новых аварийных факторов, а, следовательно, принципиально невозможно ликвидировать факторные нагрузки на пилотов в процессе полета.

Однако основным итогом недостаточной практической эффективности такого подхода является то, что в процессах предотвращения АП существует рост по гиперболе числа учитываемых факторов. Закономерность обнаружена на основе анализа данных литературы за последние 50 лет. Таким образом, стало ясно, что необходима методологическая доработка

теории БП, которая позволит сначала теоретически, а затем и практически уменьшить долю вины летного состава в АП и ошибки по ЧФ, а также совершить переход от теории опасности к теории безопасности и процессной концепции БП.

Процессная концепция БП учитывает теорию противодействия неожиданным раздражителям и обеспечивает анализ факторных накладок (взаимодействия факторов) в процессах предотвращения АП.

Таким образом, под процессной концепцией БП понимается логико-статистическая научная концепция активизации ЧФ, основанная на общей теории процессов и направленная на защиту пилотов от факторных накладок, организацию противодействия им в структуре антистрессовой подготовки с целью снятия критического уровня БП по ЧФ. При этом, учитывается факторная природа процесса полета, и производится разделение процесса полета на ряд временных зон, в которых задача организации противодействия различна. При этом, решаются следующие задачи БП с учетом ЧФ:

- уменьшение доли аварий по вине ЧФ;
- организация антистрессовой подготовки пилотов;
- переход от системного подхода к процессному подходу и т.д.

Рассмотрим с помощью процессного подхода общую классификацию процесса полета как «положительных и отрицательных процессов» к решению проблем БП (рис. 1).

Существующая теория безопасности полетов, как показал процессный анализ, учитывает только отрицательные полеты и разрабатывает классификации только по отрицательным явлениям (авиапроисшествиям, аварийным факторам, показателям опасности и т.д.). Доля отрицательных полетов, в сущности, составляет 2 % от общей статистики процессов полета.

При этом управление БП сводится, в сущности, к управлению опасностью, и миллионные средства расходуются только на обработку таких отрицательных полетов, включенных в результат полета (замечания, отклонения, нарушения, инциденты, серьезные инциденты, АП без гибели людей, или катастрофы). Уровень такой статистики очень малый – в общем количестве полетов. По такой статистике и проводится вся рекомендательно-профилактическая работа по управлению, которую образно можно назвать работой «по хвостам» – случилась катастрофа, авария – принимай меры.

С точки зрения процессного анализа, нужно обработать всю статистику полетов, разделив на статистику положительных полетов (полетов без замечаний) и статистику отрицательных полетов (полетов с замечаниями, отклонениями ... катастрофами). Таким образом, производится исследование вопросов безопасных полетов по общей теории процессов.

К сожалению, анализ состояния теории и практики показал, что, фактически управление положительными полетами в целях безопасности выпало из сферы управления безопасностью. Появилась необходимость разработки классификации положительных полетов для управления безопасностью. При этом, основная статистика – полеты без замечаний.

Классификация положительных полетов позволила производить управление безопасностью не апостериорно, а *apriori*, т.е. до совершения отрицательных явлений. Процессная классификация разделяет положительные полеты по уровню неопределенности на факторно-безопасные (ФБ), относительно факторно-безопасные (ОФБ) и предельно факторно-неопределенные (ПФН) (рис. 2).

Разделение нормальных полетов (без замечаний) на три категории и выделение категории неопределенных полетов прогнозирует и моделирует процесс развития аварийной или катастрофической до того, как она возникла. Нельзя не отметить, что авиакатастрофа – это предельно неопределенный полет по своим этапам, фазам, моментам и обычно она возникает из определенно нормального полета. Нормальный полет может содержать в зародыше катастрофу в виде факторных неопределенностей, т.е. неопределенных изменений параметров, этапов полета.

Нормальные факторно-неопределенные полеты – это источник будущих катастроф и аварий, именно они при увеличении числа факторов, воздействующих на экипажи, переходят в аварии и катастрофы. Поэтому пилоты должны знать о потенциально опасных, но пока нормальных полетах, и тогда они смогут своевременно учесть их и принять меры для недопущения аварийных и катастрофических ситуаций в полетах. Перспективным методом анализа является использование модели информационно-факторного анализа [2], для учета полифакторности процесса полета с позиции процессного подхода.



Рис. 1. Процессный анализ проблемы безопасности полетов

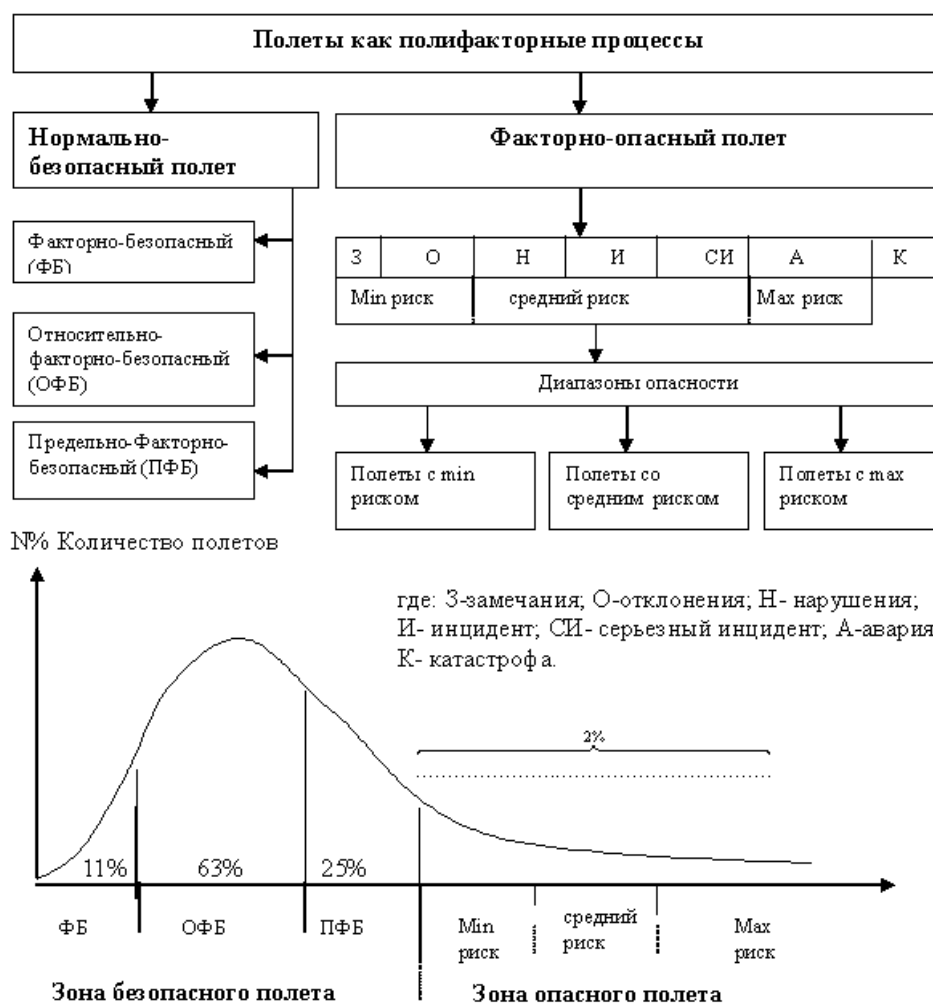


Рис. 2. Анализ полетов как полифакторных процессов и выделение зон опасности и безопасности полетов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крылов, А. Н. Мои воспоминания [Текст] / А. Н. Крылов. – Л.: Судостроение, 1984. – 480 с.
2. Аль-Аммори, А. Информационно-факторный анализ как новая информационная технология [Текст] / А. Аль-Аммори // Вісник НАУ. – К., 2010. – № 2. – С. 101-106.

3. Doc. 6920-AN/835/4. Руководство по расследованию авиационных происшествий [Текст] / Межд. организация гражд. авиации. – 4-е изд. – Монреаль: ИКАО, 1993. – 676 с.

Поступила в редколлегию 15.11.2011.
Принята к печати 24.11.2011.

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ АМОРФНИХ ДЕТОНАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА

У статті розглянуті структура та властивості шаруватих аморфізованих покриттів, отриманих в умовах газотермічного напилення. Наведено порівняльний аналіз покриттів зі сплавів на основі заліза. Показано фактори, що впливають на утворення аморфної структури в детонаційних покриттях з металевих сплавів. Експериментально показано вплив структури покриттів на зносостійкість та витривалість відновлених деталей.

Ключові слова: шаруваті аморфізовані покриття, аморфна структура, детонаційні покриття

В статье рассмотрены структура и свойства слоистых аморфизированных покрытий, полученных в условиях газотермического напыления. Приведен сравнительный анализ покрытий из сплавов на основе железа. Показаны факторы, которые влияют на образование аморфной структуры в детонационных покрытиях из металлических сплавов. Экспериментально показано влияние структуры покрытий на износостойкость и выносливость восстановленных деталей.

Ключевые слова: слоистые аморфизированные покрытия, аморфная структура, детонационные покрытия

The structure and properties of the stratified amorphous coatings obtained in the conditions of thermal spraying are considered in the article. The comparative analysis of coatings from iron-based alloys is presented. The factors influencing the formation of amorphous structure in detonation coatings from metallic alloys are shown. The influence of structure of coatings upon the wear resistance and endurance of the recovered details is experimentally shown.

Keywords: stratified amorphous coatings, amorphous structure, detonation coatings

Відновлення деталей рухомого складу є необхідною складовою ремонтного виробництва залізниці. У той же час є необхідним не тільки відновлювати зношені деталі, а добиватися збільшення їх ресурсу по відношенню до нових. Одним із таких шляхів є відновлення деталей газотермічним напиленням, а саме детонаційним, шаруватим, аморфним покриттів.

Аморфний стан газотермічних покриттів із сплавів, що містять бор на основі заліза привертає до себе увагу завдяки високому рівню експлуатаційних характеристик. Висока міцність зчеплення, твердість, зносостійкість при низькій вартості дозволяють розглядати їх як перспективні матеріали для отримання зносостійких покриттів на зношених деталях рухомого складу [1, 2].

У даній роботі представлені результати дослідження структури та деяких властивостей детонаційних покриттів з $\text{Fe}_{61}\text{B}_{27}\text{C}_2$ і сплаву аналогічного складу з добавкою титану. Дані сплави схилі до аморфізації при надшвидкому охолодженні з розплавленого стану [1].

Для напилення застосовували порошок розміром 5...40, 50...63, 63...100 і 100...160 мкм. Покриття наносили на зразки із сталі 45 на автоматичному детонаційному комплексі «ПЕРУН-С» [3] із застосуванням ацетилен-кисневої і пропан-бутан-кисневої сумішей. Витрату напилюваного матеріалу на кожен пост-

ріл підтримували у всіх дослідах постійним (товщина за постріл складала 8...10 мкм). Напилення та дослідження покриттів проводили в інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України.

Фазовий склад покриттів визначали рентгенографічним методом на установці ДРОН-1.5 у випромінюванні $\text{Fe}_{\text{K}\alpha,\beta}$ без фільтру. Аналіз металографії шліфів проводили на мікроскопі «Неофот-32» та «МІМ-8», мікротвердість вимірювали на приладі ПМТ-3 при навантаженні 0,49 Н. Міцність зчеплення покриттів (товщиною 400...500 мкм) з основою визначали за методикою конусного штифта.

Триботехнічне випробування покриттів проводили в умовах граничного тертя з обмеженим мастилом [4] при швидкості ковзання 1 м/с і питомих навантаженнях 5,1 та 10,2 МПа. Матеріалом контртіла служила сталь 40Х.

Наведені в табл. 1 дані відбивають зміну характеристик покриттів залежно від складу детонаційної суміші.

З таблиці видно, що використання ацетилен-кисневої суміші, що має вищі енергетичні характеристики (температуру нагріву та швидкість їх руху [4]) забезпечують підвищення ступеня деформації напилюваного матеріалу, і відповідно, приводить до збільшення аморфної фази.

На рис. 1 для випадку напilenня при стехіометричних співвідношеннях двох типів детона-

ційної суміші показано вплив розміру часток на кількість аморфної фази, що утворилася.

Таблиця 1

Вплив складу детонаційної суміші на характеристики детонаційних покриттів із сплаву

Склад детонаційної суміші \ Характеристика покриття	Зміст аморфної фази, %	Міцність зчеплення, МПа	Пористість, %	Мікротвердість, МПа
$C_3H_8 + 3,5O_2$	60	65	1,5	7500
$C_2H_2 + O_2 + N_2$	80	70	1,0	8200

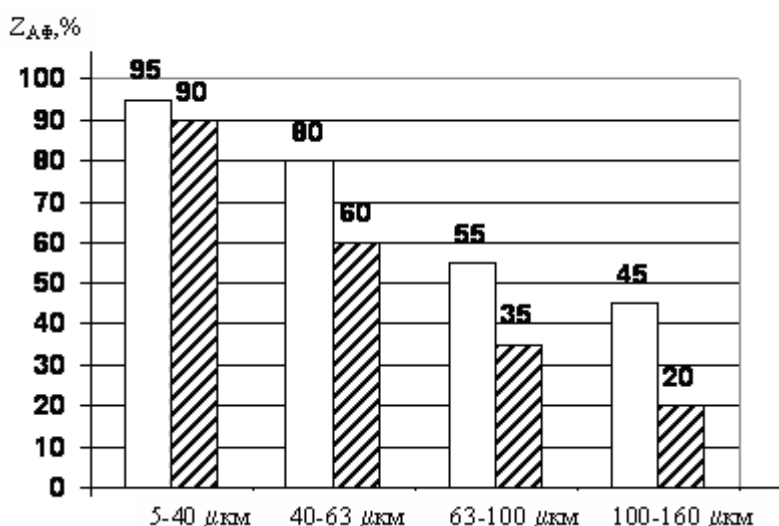


Рис. 1. Вплив розміру частинок порошку із сплаву FeBC на об'ємний зміст аморфної фази

під час детонаційного напilenня сумішами: □ – ацетилен-кисень; ▨ – пропан-бутан-кисень

Наведені на рис. 1 дані вказують, що з погляду аморфізації покриттів застосування пропан-бутан-кисневої детонаційної суміші ефективно для порошоків з розміром частинок до 40 мкм.

Разом з тим деякі з цих віддзеркалень співпадають з найбільш сильними лініями бороцементата Fe(B,C), що дозволяє припустити його присутність у порошок в дуже малих кількостях.

Напilenі покриття з порошоків сплаву $Fe_{61}B_{37}C_2$ мають аморфно-кристалічну структуру: на рентгенограмі (рис. 2, б) видно два розмиті максимуми характерних для розплавів і аморфних сплавів [2], на фоні яких спостерігаються інтенсивні лінії кристалічних фаз, присутніх в початкових порошках.

Введення в сплав $Fe_{61}B_{37}C_2$ титану перешкоджає утворенню бориду заліза. На рентгенограмах порошоків (рис. 3, а) сплаву $Fe_{67}Ti_7B_{24}C_2$ ідентифікація FeB, Fe_2B , Fe_3B

ускладнена, при цьому найбільшу інтенсивність мають лінії α -Fe.

На рентгенограмах напilenого сплаву $Fe_{67}Ti_7B_{24}C_2$ (рис. 3, б) також присутні розмиті дифракційні максимуми, на фоні яких розміщені піки кристалічних фаз. На відміну від порошоків ідентифікація фаз TiC, B_4C , Ti_2B_5 та графіту ускладнена. В порівнянні з покриттями із сплаву $Fe_{61}B_{37}C_2$ дифузні максимуми від аморфної фази в даному випадку мають велику інтенсивність. Це свідчить про збільшення об'ємного змісту аморфної фази у разі покриття із сплаву, що містить титан.

Аналіз мікроструктур початкових порошоків та порівняння їх рентгенограм з рентгенограмами напilenих покриттів показують, що в результаті напilenня в обох сплавах виявляються істотні структурні зміни. На рентгенограмах порошоків сплаву $Fe_{61}B_{37}C_2$ (рис. 2, а) найбільшу інтенсивність мають лінії монобориду заліза FeB. Рентгенографічні також реєструються лінії α -Fe. Дифракційні віддзеркалення, відповідні

напівбориду заліза Fe_2B , мають слабкішу інтенсивність, на рентгенограмах помітні тільки найбільш сильні його лінії. Слід зазначити, що ряд дифракційних віддзеркалень ідентифікувати складно з-за їх дуже слабкої інтенсивності.

На рис. 4 представлено структуру покриття із сплаву $\text{Fe}_{61}\text{B}_{37}\text{C}_2$. Чітко виявляється моноборид заліза FeB у вигляді сірих включень округ-

лої форми в матриці $\alpha\text{-Fe}$. Мікротвердість FeB досягає 1650...1700 МПа. Між моноборидом заліза розміщені області фази Fe_2B і мілкодисперсні включення, якими, можливо, є Fe_3B та $\text{Fe}_3(\text{B,C})$. Покриття мають шарувату будову, характерну для напилених структур.

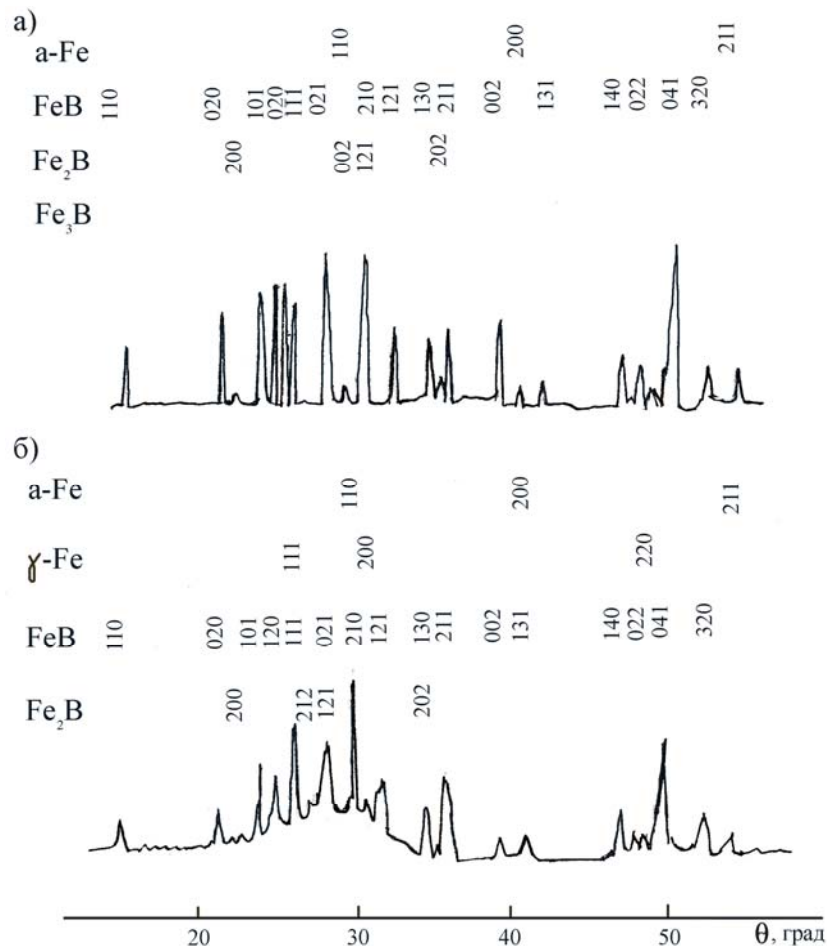


Рис. 2. Рентгенограми порошку (а) і покриття (б) із сплаву $\text{Fe}_{61}\text{B}_{37}\text{C}_2$

Шаруватість структури напиленого покриття із сплаву $\text{Fe}_{67}\text{Ti}_7\text{B}_{24}\text{C}_2$ (рис. 4, з) у порівнянні із структурою покриття із сплаву $\text{Fe}_{61}\text{B}_{37}\text{C}_2$ виражена чіткіше. При цьому вона відрізняється меншою пористістю. В межах шарів можна відрізнити дві складові: світла непротравлена матриця (аморфна фаза з включеннями $\alpha\text{-Fe}$) має мікротвердість 11 000...14 000 МПа та виділення, що відносяться в основному до TiB_2 .

На підставі результатів триботехнічних випробувань встановлено, що аморфні детонаційні покриття з евтектичних сплавів на основі заліза нікелю за зносостійкістю в умовах граничного тертя і тертя без мастила істотно перевершують конструкційні та інструментальні

сталі після термічної та хіміко-термічної обробки, а не рідко не поступаються детонаційним покриттям з твердих сплавів типу ВК (WC-Co). Так, наприклад, при терті без мастила і з мастилом при поворотно-поступальному ході на машині торцевого тертя детонаційні покриття із сплавів системи Fe-B-C з переважно аморфною структурою мають в 1,7...2,8 разів менші значення лінійного зносу в порівнянні з цементованою сталлю 20Х (рис. 5).

Під час дослідження детонаційних покриттів із евтектичного сплаву системи Fe-B-C, що містять близько 70 % аморфскладаючої, також встановлено [4], що їх зносостійкість близька до такої для сплаву ВК-15.

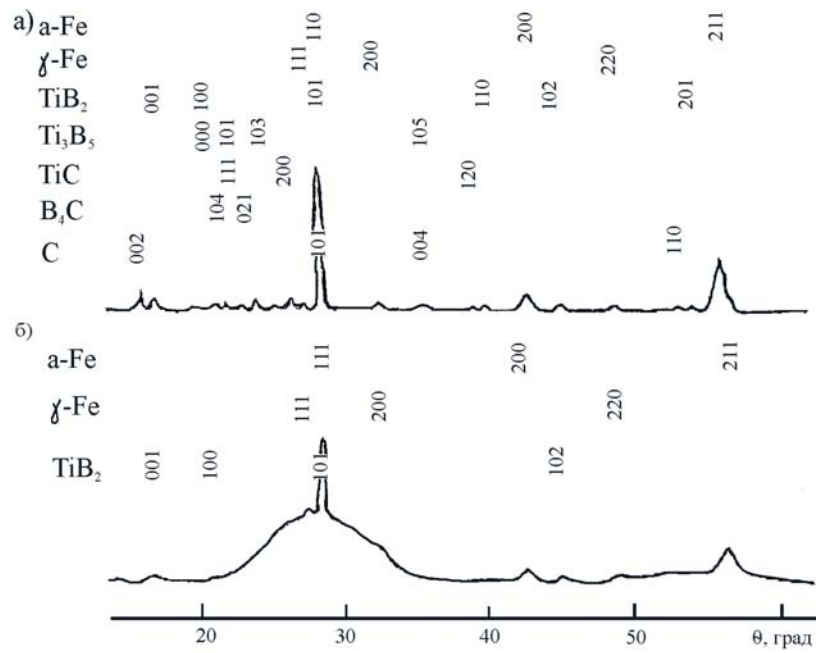


Рис. 3. Рентгенограми порошку (а) та покриття (б) із сплаву $\text{Fe}_{67}\text{Ti}_7\text{B}_{24}\text{C}_2$

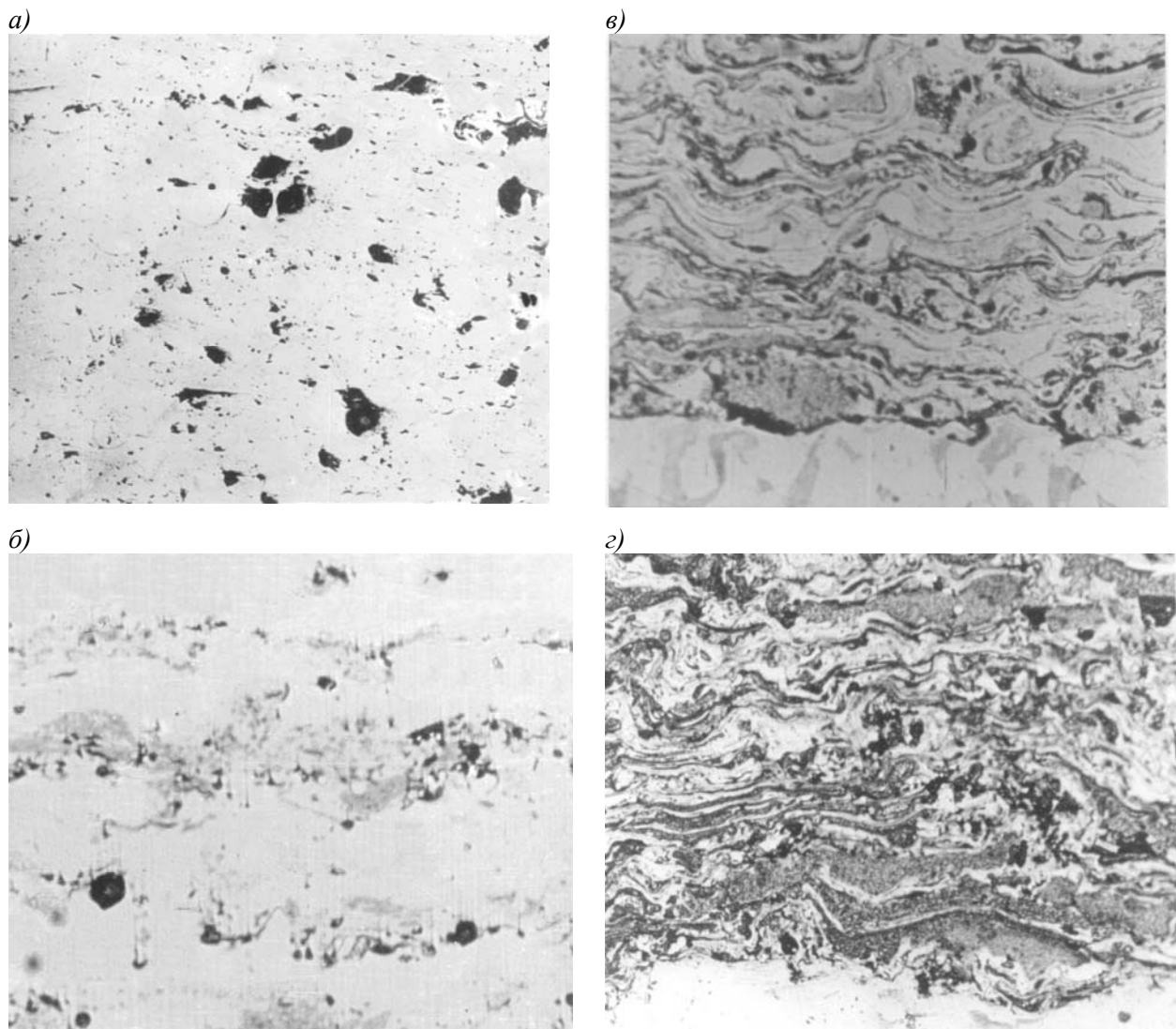


Рис. 4. Мікроструктура покриття із сплаву $\text{Fe}_{61}\text{B}_{37}\text{C}_2$ (а, в) та сплаву $\text{Fe}_{67}\text{Ti}_7\text{B}_{24}\text{C}_2$ (б, г)

Характерною особливістю аморфних детонаційних покриттів є той факт, що вони сприяють підвищенню межі витривалості основи в обмеженому та необмеженому діапазонах. Цей факт представляє інтерес у зв'язку з тим, що в більшості випадків газотермічні покриття призводять до зниження цієї характеристики. Випробування зразків конструкційних сталей з аморфними детонаційними покриттями із спла-

вів Fe-B-C та Fe-Ti-B-C, в умовах скручування на вигин, показали підвищення межі витривалості в порівнянні із сталлю без покриття в середньому на 25...45 % залежно від складу покриття та його товщини. Детонаційний метод порівняно з іншими методами газотермічного напilenня забезпечує найбільш високий рівень межі витривалості (рис. 6) [2].

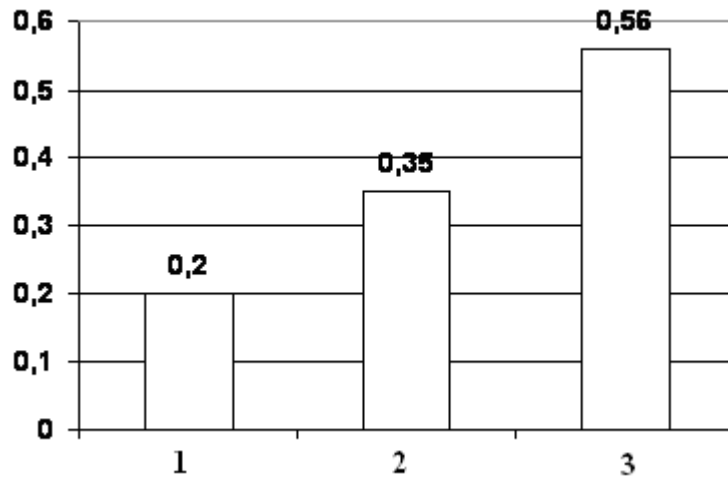


Рис. 5. Інтенсивність зношування аморфних покриттів із сплавів системи Fe-B-C (1-2) і цементованої сталі 20X (3) при терті з обмеженим мастилом (поворотно-поступальний хід, амплітуда 61 мм, швидкість ковзання – 0,023 м/с, питоме навантаження – 110 МПа, контртіло – цементована сталь 20X):
1 – Fe-B-C; 2 – Fe-Ti-B-C, 3 – сталь 20X

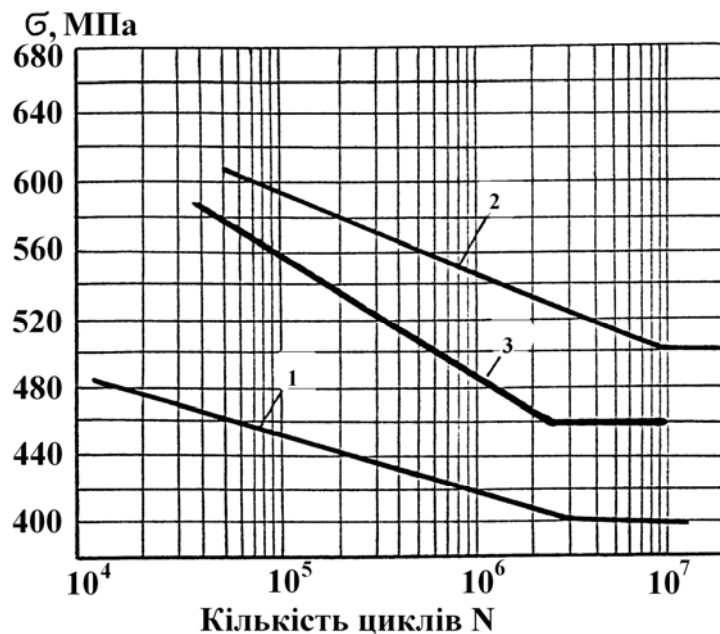


Рис. 6. Графіки Велера для сталі 45 (1) з аморфними детонаційними (2) та плазовими (3) покриттями із сплаву Fe-B-C

Таким чином, в результаті дослідження зносостійкості аморфізованих покриттів встановлено, що найбільш переважним варіантом покриття з погляду забезпечення максимальної

зносостійкості можуть бути щільні однорідні покриття, структура яких представлена аморфною матрицею з незначними мікрокристалічними включеннями твердих фаз.

Що стосується досягнення максимальної міцності зчеплення при детонаційному напilenні, то очевидно, вона відповідає режиму, що забезпечує максимальний зміст аморфної фази і мінімальному змісту розчинених газів.

Висновки:

1. Дані приведені на рис. 1 указують, що з погляду аморфізації покриттів застосування пропан-бутан-кисневої детонаційної суміші ефективне для порошків з розміром частинок до 40 мкм.

2. На підставі результатів триботехнічних випробувань в умовах поворотно-поступального ходу встановлено, що аморфізовані покриття із сплавів на основі заліза та нікелю за зносостійкістю при граничному терті та терті без мастила істотно перевершують конструкційні й інструментальні сталі після термічної та хіміко-термічної обробки, а у багатьох випадків також не поступаються детонаційним покриттям з твердих сплавів типа ВК WC-Co. Так, наприклад, при терті без мастила та з мастилом на машині торцевого тертя детонаційне покриття із сплавів системи Fe-Ti-B-C переважно з аморфною структурою мають у 1,7...2,8 рази менше значення лінійного зносу в порівнянні з цементованою сталлю 20Х.

3. Встановлено, що аморфні детонаційні покриття сприяють підвищенню межі витривалості основи. Випробування зразків конструк-

ційних сталей з аморфними детонаційними покриттями із сплавів Fe-Cr-B-Ni-C, Fe-Ni-B, Fe-Ni-Cr-Mo-B, Fe-Cr-Mo-B, проведені на втомній машині Schenck типу Punp в умовах скручування на вигин, показали підвищення межі витривалості порівняно зі сталлю без покриття на 20...25 % залежно від складу покриття та його товщини.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Куницкий, Ю. А. Некристаллические металлические материалы и покрытия в технике [Текст] / Ю. А. Куницкий, В. И. Коржик, Ю. С. Борисов. – К., Техника, 1988, – 198 с.
2. Егоров, М. Д. Исследование структуры и свойств борсодержащих сплавов [Текст] / М. Д. Егоров, Ю. Л. Сапожников, Р. М. Кацель, Ю. В. Шахазаров // Композиционные покрытия: Тезисы 3й науч.-техн. конф. – Житомир: Житомирский фил. КПИ, 1985. – С. 36-37.
3. Астахов Е. А. Детонационный комплекс «Перун-С» для нанесения защитных покрытий [Текст] / Е. А. Астахов // Автоматическая сварка. – 2003. – С. 38-43.
4. Астахов, Е. А. Детонационное напыление аморфных и микрокристаллических покрытий [Текст] / Е. А. Астахов, В. И. Коржик, А. В. Чернышев. – К. Брошюра общества «Знание», СССР, 1990. – 20 с.

Надійшла до редколегії 11.10.2010.

Прийнята до друку 14.10.2010.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Проведені дослідження пов'язані з переведенням дизельних двигунів на біодизельне паливо. Наведено методику та результати експериментального дослідження теплофізичних та фізико-хімічних властивостей біодизельного палива, а також сумішей біодизельного палива з нафтовим.

Ключові слова: біодизель, ріпакова олія, горіння, властивості

Проведенные исследования связаны с переводом дизельных двигателей на биодизельное топливо. Приведены методика и результаты экспериментального исследования теплофизических и физико-химических свойств биодизельного топлива, а также смесей биодизельного топлива с нефтяным.

Ключевые слова: биодизель, рапсовое масло, горение, свойства

The conducted researches are related to transfer of diesel engines to biodiesel fuel. The technique and results of an experimental research of thermo-physical and physical-and-chemical properties of biodiesel fuel as well as mixes of biodiesel fuel with the petroleum one are presented.

Keywords: biodiesel, rape oil, burning, properties

Введение

Повышение стоимости нефти и нефтепродуктов, рост мощности эксплуатируемых двигателей, приводящий к увеличению вредных выбросов в атмосферу, делают актуальными разработки связанные с поиском альтернативных видов топлива и повышением эффективности его использования.

Данная работа посвящена исследованию возможности конвертации дизельного топлива (ДТ) на альтернативный вид топлива на основе растительных масел с целью экономии нефтяного топлива, снижения негативного теплового воздействия двигателей внутреннего сгорания на окружающую среду и сложностям, возникающим в связи с этим.

Для Украины наиболее перспективным является применение в качестве биотоплива рапсового масла (РМ) либо смеси (ТС) рапсового масла с дизельным топливом [1, 2]. Применение биотоплива не требует внесения существенных изменений в конструкцию двигателей, что является важным фактором, способствующим переходу на альтернативное топливо.

Постановка задачи исследования

Целью исследований являлось экспериментальное определение теплофизических и физико-химических свойств топливной смеси, влияющих на работу дизельного двигателя, в частности на подачу топлива в цилиндры, качество горючей смеси, мощность двигателя, а

также получение на основании этих данных эмпирических зависимостей, которые могли бы быть использованы при математическом моделировании работы двигателя на топливной смеси.

Известны результаты экспериментальных исследований [3] в которых свойства топливных смесей определялись по отношению к чистому дизельному топливу, чистому рапсовому маслу и их смесям с метиловыми эфирами рапсового масла. Однако специфика этих исследований позволяет определить закономерности физико-химических и теплофизических свойств только для соответствующих условий.

Таким образом, основными задачами исследований были:

- экспериментальное определение плотности, вязкости, поверхностного натяжения рапсового масла, дизельного топлива и их смесей в зависимости от температуры;
- экспериментальное определение фракционного состава рапсового масла, дизельного топлива и их смесей;
- построение эмпирических зависимостей исследованных свойств в зависимости от доли рапсового масла в топливе.

Методика и результаты исследований

Плотность. Экспериментальное определение плотности рапсового масла, дизельного топлива и их смесей проводилось двумя способами.

Плотность при 20 °С определялась при помощи нефтенсимиетра АНТ-2, представляющего собой стеклянную цилиндрическую емкость, в нижней части которой располагается балласт в виде свинцовой дроби. Градуировка нефтенсимиетра выполнена с ценой деления 0,001 кг/м³. Диапазон допустимых значений температуры топлива и точность измерительных приборов (нефтенсимиетра и термометра) приведены в [4–6].

Стеклянный цилиндр наполнялся исследуемым топливом, температура которого регулировалась при помощи электроподогревателя, подогревающего ванну с водой. Температура топлива поддерживалась равной 20 °С и контролировалась термометром. Плотность исследуемого топлива определялась по шкале нефтенсимиетра.

Подогревать топливо в нефтенсимиетре выше 20 °С не представляется возможным, поскольку будет происходить расплавление свинцового балласта. В связи с этим, для определения плотности топлива при температуре до 70 °С, близкой к температуре воспламенения [7], использовался пикнометр ПЖ-2а-50, представляющий собой стеклянный сосуд емкостью 50 мл с шлифованной пробкой и кольцевой меткой на горловине для точного заполнения исследуемым топливом.

Емкость предварительно взвешенного с точностью до 0,0005 г пикнометра наполнялась исследуемым топливом и помещалась в ванну с водой, температура которой контролировалась с помощью электроподогревателя. Затем для определения массы топлива пикнометр снова взвешивался. Плотность топлива (кг/м³) определяется по формуле:

$$\rho^t = \frac{m}{V},$$

где m – масса топлива, кг; V – объем топлива в емкости пикнометра, м³.

На основании полученных экспериментальных данных определялась относительная плотность топлива

$$d_4^t = \frac{\rho^t}{\rho_4},$$

где t – температура топлива, °С; ρ_4 – плотность воды при 4 °С.

Экспериментальные значения относительной плотности исследуемого топлива при температуре отличной от 20 °С сравнивались с

расчетными, которые определялись по формуле:

$$d_4^t = d_4^{20} + \beta(20 - t), \quad (1)$$

где d_4^{20} – относительная плотность исследуемого топлива при температуре 20 °С; β – коэффициент температурного расширения, 1/°С.

Так, в [8] коэффициент температурного расширения в зависимости от температуры, для сложных углеводородов, имеет практически линейную зависимость. Содержание рапсового масла в дизельном топливе незначительное, то можно предположить, что значение коэффициента температурного расширения слабо изменяется, и по результатам обработки экспериментальных данных может быть принят $\beta \approx 0,622$ 1/°С. Для относительной плотности при 20 °С была получена линейная зависимость

$$d_4^{20} = 0,838 + 0,08\gamma,$$

где γ – доля рапсового масла в топливе.

Результаты расчета плотности топливной смеси в зависимости от температуры и доли рапсового масла и их сравнение с экспериментальными данными показаны на рис. 1.

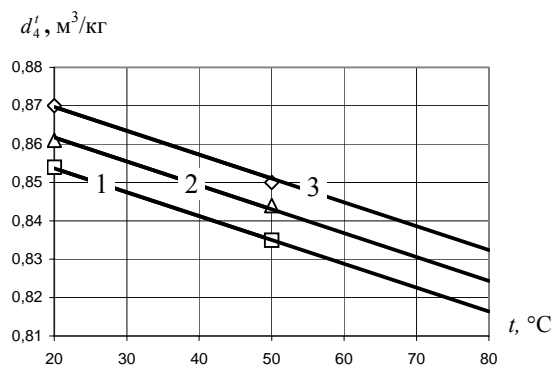


Рис. 1. Плотность топливной смеси:
1 – 20 % РМ, 80 % ДТ; 2 – 30 % РМ, 70 % ДТ;
3 – 40 % РМ, 60 % ДТ

Погрешность расчета по формуле (1) не превышает 0,2 %.

Вязкость. Для определения вязкости топлива использовался вискозиметр типа ВУ, который состоит из резервуара с исследуемым топливом, ванны с водой для поддержания требуемой температуры топлива при помощи электроподогревателя мощностью 500 Вт, а также термометра для измерения температуры жидкости. При достижении температуры топлива 50 °С осуществлялся выпуск 200 мл исследуемого топлива. Время истечения отсчитывалось секундомером.

Условная вязкость топлива определялась по формуле:

$$BV_t = \frac{T_t}{T_{20}^{H_2O}},$$

где $T_{20}^{H_2O}$ – время вытекания из вискозиметра 200 мл дистиллированной воды при температуре 20 °С; T_t – время вытекания из вискозиметра 200 мл исследуемого топлива при температуре 50 °С.

Кинематическая вязкость топлива (мм²/с) определялась по формуле

$$\nu = 7,41BV_t.$$

Результаты экспериментальных исследований вязкости топливной смеси в зависимости от температуры показаны на рис. 2.

Для обработки экспериментальных исследований была использована эмпирическая формула [8] для сложного углеводородного топлива

$$\lg \lg(10\nu + 1,7) = a \lg(t + 73,3) + b, \quad (2)$$

где ν – кинематическая вязкость, мм²/с; a , b – эмпирические постоянные, определяемые по экспериментальным значениям вязкости.

На основании полученных экспериментальных данных эмпирические коэффициенты были аппроксимированы линейными зависимостями $a = -0,596\gamma - 0,2607$ и $b = 1,549\gamma + 0,0451$. Как следует из сравнения расчетных и экспериментальных данных, погрешность формулы (2) не превышает 14 %.

Поверхностное натяжение. Для определения коэффициента поверхностного натяжения топлива использовался стагмометр, который включает в себя колбу с исследуемым топливом и термометр для измерения температуры исследуемого топлива.

Температуру топлива регулировалась путем подогрева электроподогревателем. Кроме того, использовалась капиллярная трубка и аналитические весы, на которые устанавливалась чаша с топливом.

Исследуемое топливо наливалось в стеклянную колбу, и после достижения заданной температуры закачивалось в капилляр. Из капилляра выдавливалось несколько капель топлива в чашу, после чего проводилось их взвешивание на аналитических весах.

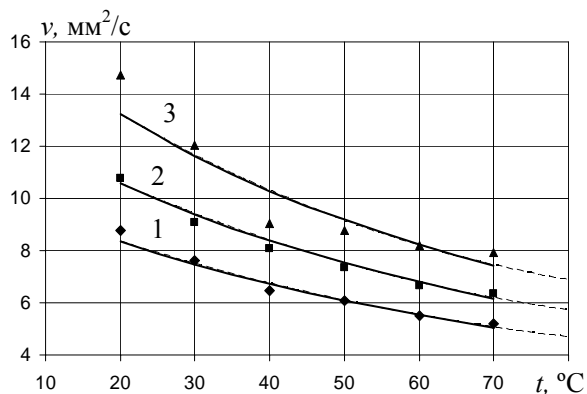


Рис. 2. Вязкость топливной смеси:
1 – 20 % РМ, 80 % ДТ; 2 – 30 % РМ, 70 % ДТ;
3 – 40 % РМ, 60 % ДТ

Радиус капилляра (м) определялся по формуле:

$$R = \frac{m_b g}{2\pi\sigma_{ст}},$$

где m_b – масса дистиллированной воды, кг; $\sigma_{ст} = 72,75 \cdot 10^{-3}$ Н/м – коэффициент поверхностного натяжения дистиллированной воды при температуре 20 °С, $g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения.

Коэффициент поверхностного натяжения исследуемого топлива, Н/м

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi R},$$

где m – масса исследуемого топлива, кг.

Результаты экспериментальных исследований коэффициента поверхностного натяжения топливной смеси в зависимости от доли рапсового масла в дизельном топливе при 20 °С, представлены на рис. 3.

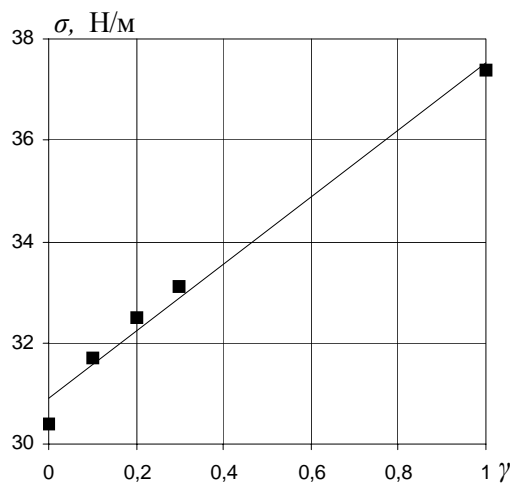


Рис. 3. Зависимость поверхностного натяжения от доли рапсового масла в смеси

Согласно [8], коэффициент поверхностного натяжения индивидуальных углеводородов и моторных топлив зависит от относительной плотности d_4^{20} линейно. Поскольку зависимость d_4^{20} от доли γ также линейная, то в качестве эмпирической формулы для поверхностного натяжения может быть использована линейная зависимость

$$\sigma = A\gamma + B. \quad (3)$$

После обработки экспериментальных данных были получены значения $A = 7,05$, $B = 30,6$. Погрешность расчетных значений по полученной формуле, как показано на рис. 3 не превышает 2,5 %.

Фракционный состав. Экспериментальная установка для определения фракционного состава топлива состояла из колбы для перегонки топлива, горелки, тепловая мощность которой обеспечивала перегонку топлива с заданной скоростью, охлаждающей бани для конденсации топлива, а также измерительного цилиндра, служащего для определения количества топлива, прошедшего перегонку. Температура топлива в колбе измерялась термометром. В колбу наливалось 100 мл исследуемого топлива, после чего проводился розжиг горелки.

Результаты экспериментального определения фракционного состава топливных смесей, дизельного топлива и рапсового масла, представлены на рис. 4. Температура 10 % перегонки топливных смесей изменялась в незначительных пределах. Для чистого рапсового масла в сравнении с дизельным топливом она отличается на 102°C , что свидетельствует о малом количестве в нем низко кипящих фракций. Температура перегонки рапсового масла из-за наличия большого количества тяжелых фракций остается практически постоянной и равной 335°C .

Низшая теплота сгорания топливной смеси в соответствии с формулой, предложенной в [9], определяется как

$$Q_H^p = Q_{\text{ндт}}^p \gamma + Q_{\text{нрм}}^p (1 - \gamma),$$

где $Q_{\text{ндт}}^p$, $Q_{\text{нрм}}^p$ – низшая теплота сгорания дизельного топлива и рапсового масла соответственно, кДж/кг.

Экспериментальное определение низшей теплоты сгорания проводилось в соответствии с ГОСТ 145-95 (ISO 1928-76). Результаты экспериментального определения теплоты сгорания топливной смеси в зависимости от доли

рапсового масла и их сравнение с расчетными данными, показаны на рис. 5.

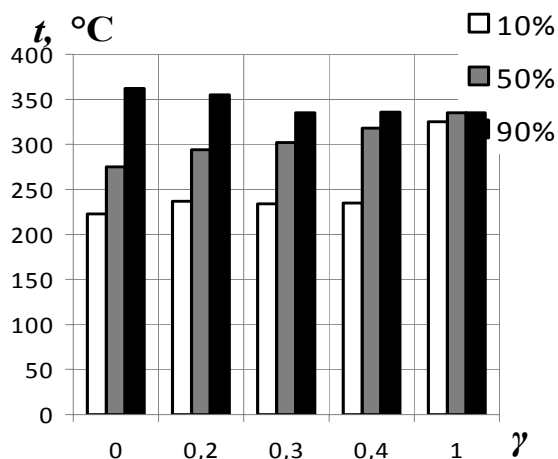


Рис. 4. Фракционный состав топливных смесей рапсового масла и дизельного топлива

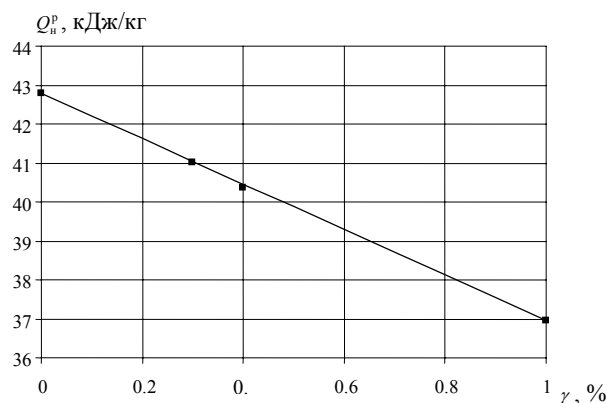


Рис. 5. Теплота сгорания топливной смеси

Выводы

1. В результате проведенных экспериментальных исследований были получены плотность, вязкость, поверхностное натяжение, фракционный состав и теплота сгорания топливных смесей, состоящих из дизельного топлива и рапсового масла, в зависимости от температуры и состава. На основании этих данных построены эмпирические зависимости, которые могут быть использованы при математическом моделировании процессов впрыска и сгорания топливных смесей в цилиндре дизеля.

2. Изменение вязкости и плотности топливных смесей в зависимости от доли рапсового масла может привести к изменению размера и формы образующегося топливного факела и размера капель топлива. Поскольку эти параметры могут существенно влиять на работу двигателя, то они требуют дополнительного изучения.

3. Увеличение доли рапсового масла в топливной смеси приводит к замедлению начала

процесса перегонки, вместе с тем температура 90 % перегонки снижается. Более узкий фракционный состав, при соответствующем выборе конструкции камеры сгорания, будет способствовать более равномерному горению топлива, однако возможно усложнение пуска двигателя.

4. Наблюдаемое снижение теплоты сгорания топливных смесей, вызванное более низкой теплотой сгорания рапсового масла, может привести к уменьшению мощности двигателя и увеличению удельного расхода топлива.

5. Из проведенного анализа теплофизических и физико-химических свойств топливных смесей следует, что конвертация дизельного двигателя на биотопливо, которое состоит из смеси дизельного топлива и рапсового масла, возможна. Однако для оптимизации работы двигателя необходимо дополнительное проведение исследований влияния этих свойств на рабочий процесс, в том числе при помощи математического моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Білодід, В. Д. Деякі розрахунки щодо енергетичної ефективності біопалив [Текст] / В. Д. Білодід, П. В. Тарасенко // Проблеми загальної енергетики. – 2008. – № 18. – С. 34-39.
2. Оценка влияния состава топлива на экономические показатели дизеля [Текст] / В. Г. Семёнов [и др.] // Авиационно-космическая техника и технология. – 2008. – № 10 (57). – С. 136-139.
3. Семенов, В. Г. Биодизель. Физико-химические показатели и эколого-экономические характеристики работы дизельного двигателя [Текст] / В. Г. Семенов. – Х.: НТУ ХПИ, 2002. – 276 с.
4. Термометры ртутные стеклянные лабораторные. Технические условия: ГОСТ 215-73 [Текст]. – Госстандарт СССР, 1973. – 9 с.
5. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности: ГОСТ 3900-85 [Текст]. – Госстандарт СССР, 1985. – 36 с.
6. Ареометры и цилиндры стеклянные. Общие технические условия: ГОСТ 18481-81 [Текст]. – М. Стандарт форма, 2007. – 23 с.
7. Васильев, И. П. Результаты испытаний в дизельном двигателе смесей топлив растительного происхождения [Текст] / И. П. Васильев // Эко-технологии и ресурсосбережение. – 2007. – № 2. – С. 3-11.
8. Дубовкин, Н. Ф. Справочник по углеводородным топливам и их продуктам [Текст] / Н. Ф. Дубовкин. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 288 с.
9. Тепловой расчет котельных агрегатов [Текст] / под ред. Н. В. Кузнецова. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.

Поступила в редколлегию 09.11.2010.

Принята к печати 12.11.2010.

С. В. МЯМЛІН (ДПТ), Д. М. БАРАНОВСЬКИЙ (КНУ ім. М. Остроградського, Кременчук)

ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ ТРИБОСИСТЕМ ДИЗЕЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО САМОХІДНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЇХ ЗНОСУ

Теоретично доведено, що інтенсивність зносу трибосистем дизелів спеціального самохідного рухомого складу залізниць при лазерному модифікуванні буде зменшуватись при зростанні концентрації надлишкових вакансій у поверхневих шарах. При цьому буде спостерігатись процес вакансійно-дислокаційного переповзання у сполучених поверхневих шарах трибосистем дизелів, тобто протікання процесів самоорганізації. Останнього можна досягти при застосуванні дискретного лазерного модифікування робочих поверхонь трибосистем дизелів з основним елементом вуглецем у вигляді вуглекислого газу чи природного графіту з ніобієм.

Ключові слова: спеціальний самохідний рухомий склад залізниць, трибосистеми дизелів, сполучені поверхневі шари

Теоретически доказано, что интенсивность износа трибосистем дизелей специального самоходного подвижного состава железных дорог при лазерной модификации будет уменьшаться при росте концентрации избыточных вакансий в поверхностных слоях. При этом будет наблюдаться процесс вакансионно-дислокационного переползания в сопряженных поверхностных слоях трибосистем дизелей, т.е. протекание процессов самоорганизации. Последнего можно достичь при применении дискретной лазерной модификации рабочих поверхностей трибосистем дизелей с основным элементом углеродом в виде углекислого газа или природного графита с ниобием.

Ключевые слова: специальный самоходный подвижной состав железных дорог, трибосистемы дизелей, сопряженные поверхностные слои

It is proved in a theory that the wear intensity of tribosystem of diesels of the special-purpose self-propelled railway rolling stock at laser modification will diminish at growth of concentration of surplus vacancies in superficial layers. Thus there will be the process of crawling over the vacancies and dislocations in the adjacent superficial layers of diesel tribosystems, i.e. running the processes of self-organization. The latter can be achieved at application of discrete laser modification of working surfaces of diesel tribosystems with carbon as a basic element in the form of carbon dioxide or natural graphite with niobium.

Keywords: special-purpose self-propelled railway rolling stock, tribosystems of diesels, adjacent superficial layers

Вступ

Проблема підвищення довговічності дизелів спеціального самохідного рухомого складу (ССРС) залізниць є актуальною [1], оскільки єдине рішення цієї проблеми ще не обґрунтовано.

На довговічність дизелів основний вплив здійснює зносостійкість їх відповідальних трибосистем (ТС), якими виступають ТС циліндропоршневої групи (ЦПГ) та кривошипношатунного механізму (КШМ) [2, 3].

Серед відомих і ефективних способів підвищення зносостійкості поверхонь тертя багато з них не застосовуються для зміцнення сполучень ТС ЦПГ і КШМ з причини високої вартості та масштабного фактора. При виборі методу зміцнення робочих поверхонь деталей ЦПГ і КШМ дизелів потрібно виходити з виробничого масштабу та враховувати техніко-економічну доцільність цього зміцнення. Тому, існуючі методи підвищення зносостійкості по-

верхонь тертя не можуть бути застосовані до дизелів ССРС у повному обсязі.

У роботі [4] запропоновано лазерне модифікування відповідальних ТС дизелів та проведення теоретичне обґрунтування його доцільності. Проведемо аналіз досліджень впливу лазерного модифікування на інтенсивність зносу ТС дизелів ССРС.

Аналіз попередніх досліджень

Виходячи з теорій термодинаміки та еволюції систем Пригожина-Гленсдорфа, було теоретично встановлено [5], що для зменшення інтенсивності зношування ТС дизелів ССРС залізниць необхідно забезпечити на їх контактуючих поверхнях тертя протікання процесу самоорганізації за рахунок градієнтів хімічних потенціалів та густини дислокацій взаємодіючих матеріалів.

Для протікання процесу самоорганізації без

зносy потрібно на одному з контактуючих тіл довести структуру матеріалу до максимальної кількості рухомих дислокацій, тим самим зменшити кількість нерухомих. На вторинних структурах, які можна заздалегідь утворити (існує багато методів) або які самі утворюються, повинні утворюватися вільні місця – вакансії,

$$I = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{\lambda^*}{T\nu} \sum_{i=0}^k a_i \delta^i} \left(\frac{(kP\nu)^2}{\lambda} - \left(\frac{\chi^2 q_0^2 K_n^2 m^2}{\eta^2 \bar{m}^2 b^2 \lambda^2 k_0^2 \left(1 - \frac{2,5kT}{Gb^3} \ln \frac{\dot{\epsilon}_0}{\dot{\epsilon}_i} \right)^2} \left\{ \frac{1+\mu}{3\chi\sqrt{\pi\chi t}} {}_2F_1\left(\frac{3}{2}; 2; \frac{5}{2}; -\frac{1}{4k_0\chi t}\right) - \sqrt{\frac{t}{\chi\pi}} \times \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. \times \frac{2k_0}{1+4k_0\chi t} - \frac{\mu-1}{2\chi} \left[\sqrt{\pi k_0} - \frac{1}{\sqrt{\pi\chi t}} {}_2F_1\left(\frac{1}{2}; 1; \frac{3}{2}; -\frac{1}{4k_0\chi t}\right) \right] \right\}^2 v_{gs} - \rho_s \cdot v_{sg} \right) \text{grad} \rho \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

де T – абсолютна температура;

μ_i – хімічні потенціали;

ρ – потенціал щільності дислокацій;

λ – теплопровідність;

k – коефіцієнт тертя;

P – сила тиску в контактї;

$n = dN/dV$ – об'ємна концентрація частинок;

dV – нескінченно малий об'єм;

I – інтенсивність зношування;

ν – швидкість ковзання;

$A_{\text{зн}}$ – площа зносу;

D^* – коефіцієнт квазидифузії;

ρ_s та ρ_g – середні за об'ємом щільності нерухомих та рухомих дислокацій;

v_{sg} , v_{gs} – середні швидкості ковзання дислокацій;

χ, λ – коефіцієнти температуропровідності і теплопровідності;

r, Z – радіус і глибина зони впливу;

K_n – коефіцієнт поглинання;

∇ – оператор Гамільтона;

k_0 – коефіцієнт, $k_0 = 8/d^2$;

d – ширина лазерної доріжки;

T – абсолютна температура;

q_0 – густина потужності лазерного випромінювання, що падає на поверхню матеріалу ТС;

m – коефіцієнт, $m = \alpha(1+\mu)/(1-\mu)$;

α – коефіцієнт температурного лінійного розширення;

μ – коефіцієнт Пуассона;

$m_0 = \frac{4}{d} {}_1F_1(\alpha, \beta, \gamma)$ – гіпергеометрична функція;

для виходу рухомих дислокацій на поверхню цих вторинних структур [4]. При цьому, було отримано вираз для інтенсивності зношування ТС дизелів ССРС з урахуванням залежності густини рухомих дислокацій на поверхні матеріалу та параметрів лазерного модифікування:

E – модуль Юнга.

Отриманий вираз вказує на те, що при лазерному модифікуванні поверхонь ТС дизелів ССРС можна досягти проходження процесів самоорганізації у їх сполученні і досягти зниження інтенсивності зносу.

Також, відомо, що лазерне опромінення приводить до утворення надлишкових вакансій в матеріалі [5], які в свою чергу приводять до виникнення поля напружень. Розподіл таких вакансій є нестійким. Вони рухаються в створеному додатковому полі напружень.

Метою роботи є уточнення впливу модифікування ТС дизелів ССРС на інтенсивність їх зносу з урахуванням утворення вакансійного механізму.

Результати досліджень

Спробуємо отримати залежність напружень від концентрації надлишкових вакансій. Для цього використаємо найпростішу модель «обірваних зв'язків» [5], в яких враховується тільки взаємодія між сусідніми атомами. В моделі розглянемо три кристалічні площини металу: $i-1$, i , $i+1$.

При зміщенні кристалічних площин напруження в середній площині можна оцінити за виразом [5]:

$$\sigma_i = KC_o(y_{i+1} + y_{i-1} - 2y_i), \quad (2)$$

де C_o – поверхнева щільність атомів в кристалічній площині;

K – жорсткість одного зв'язку;

y_{i-1} , y_i , y_{i+1} – відповідні зміщення площин кристалічної ґратки.

Вважаючи, що наявність вакансій в одній з

площин приводять до зменшення зв'язків між цією площиною і сусідніми на одиницю, маємо:

$$\sigma = K(C_o - C_i - C_{i+1})(y_{i+1} - y_i) + K(C_o - C_i - C_{i-1})(y_{i-1} - y_i), \quad (3)$$

де C_{i-1} , C_i , C_{i+1} – відповідні поверхневі концентрації вакансій в досліджуваних площинах.

Після розкладу C_{i-1} і C_{i+1} в ряд Тейлора і переходу до об'ємних концентрацій вакансій отримаємо вираз для напружень, обумовлених наявністю вакансій у випадку неоднорідного їх розподілу:

$$\sigma' = A' \left(C + b \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{b^2}{4} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \right), \quad (4)$$

де b – відстань між кристалічними площинами металу;

$$I = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{\lambda^*}{T_v} \sum_{i=0}^k a_i \delta^i} \left(\frac{(kPv)^2}{\lambda} + \frac{\chi^2 q_0^2 K_n^2 m^2}{\eta^2 \bar{m}^2 b^2 \lambda^2 k_0^2 \left(1 - \frac{2,5kT}{Gb^3} \ln \frac{\dot{\epsilon}_0}{\dot{\epsilon}_i} \right)^2} \cdot \left\{ \frac{1+\mu}{3\chi\sqrt{\pi\chi t}} {}_2F_1\left(\frac{3}{2}; 2; \frac{5}{2}; -\frac{1}{4k_0\chi t}\right) - \sqrt{\frac{t}{\chi\pi}} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \frac{2k_0}{1+4k_0\chi t} - \frac{\mu-1}{2\chi} \left[\sqrt{\pi k_0} - \frac{1}{\sqrt{\pi\chi t}} {}_2F_1\left(\frac{1}{2}; 1; \frac{3}{2}; -\frac{1}{4k_0\chi t}\right) \right] \right\}^2 v_{gs} - \rho_s \cdot v_{sg} \right) D \left(1 - \frac{A'C\psi}{k_b T} \right) \frac{\partial C}{\partial x} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (7)$$

Отриманий вираз (7) свідчить про наступне. Інтенсивність зносу ТС дизелів ССРС при лазерному модифікуванні буде зменшуватись при зростанні концентрації надлишкових вакансій у поверхневих шарах.

Для встановлення кількісних показників поверхонь ТС дизелів при модифікуванні з подачею вуглекислого газу та природного графіту у зону лазерного опромінення були проведені експериментальні дослідження.

Для модифікування гільз циліндрів дизелів у режимі безперервного випромінювання на довжині хвилі 10,6 мкм було використано модернізований лазерний технологічний модуль «Комета-2». Принципова технологічна схема модифікування наведена у роботі [4].

Після модифікування поверхонь ТС дизелів визначали розмір блоків мозаїки і величину мікроспотворень решітки методом моментів другого порядку.

Результати вимірювань щільності дислокацій та розмірів блоків кристалічної ґратки чавуну наведені в табл. 1.

Значення щільності дислокацій, розміру блоків та мікроспотворень кристалічної ґратки модифікованих поверхонь ТС дизелів мають

A' – параметр, що характеризує пружні властивості матеріалу.

Потоки вакансій можна визначити через градієнт густини дислокацій у наближенні їх однорідного розподілу:

$$\text{grad } \rho = -D \left(1 - \frac{A'C\psi}{k_b T} \right) \frac{\partial C}{\partial x}. \quad (5)$$

Якщо функція концентрації вакансій не зменшується, а зростає, то у випадку, коли вихідна дифузія менша нуля, то має місце умова:

$$A'\psi C > k_b T. \quad (6)$$

Об'єднавши рівняння (1) та (5), отримаємо залежність інтенсивності зношування модифікованих ТС дизелів ССРС залізниць лазерним випромінюванням:

нелінійні залежності від режимів лазерного модифікування.

Таблиця 1

Характеристики поверхонь зразків при лазерному модифікуванні

Поверхня ТС	Концентрація вакансій, $\times 10^{14}, \text{ м}^{-2}$	Розмір блоків, $\times 10^{-5}, \text{ м}$	Щільність дислокацій, $\times 10^{14}, \text{ м}^{-2}$
Модифікована з введенням природного графіту ($P = 1000 \text{ Вт}$; $d = 6 \text{ мм}$; $v = 15 \text{ мм/с}$)	210	107	285
Модифікована з введенням вуглекислого газу ($P = 800 \text{ Вт}$; $d = 8 \text{ мм}$; $v = 15 \text{ мм/с}$)	215	101	293

Використавши експериментальні дані, що отримані у роботі [4] при модифікуванні ТС дизелів, розрахуємо інтенсивність їх зношування за виразом (7) та представимо результати у вигляді діаграм (рис. 1, 2).

Порівняємо теоретичні результати з практичними, що отримані при експлуатації дизелів

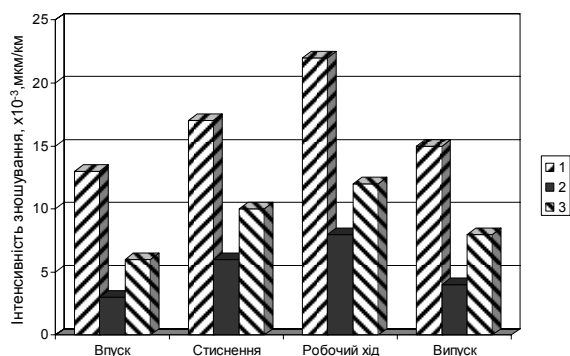


Рис. 1. Теоретична залежність інтенсивності зношування ТС «гільза циліндрів – компресійне кільце» дизеля ЯМЗ-238 Б при номінальних режимах роботи для різних тактів роботи при оливі М10Г₂К: 1 – базовий варіант; 2 – модифікованих з введенням вуглекислого газу у зону опромінення; 3 – модифікованих з подачею природного графіту у зону опромінення

ССРС залізниць, та узагальнимо їх у вигляді подовження ресурсу (рис. 3).

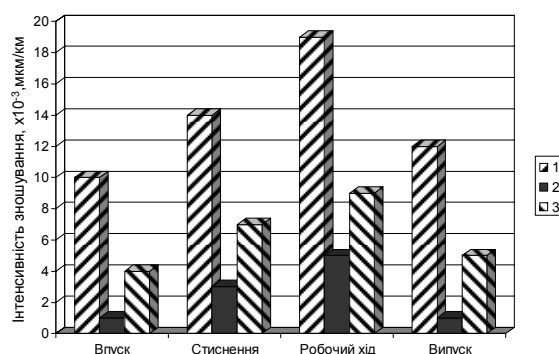


Рис. 2. Теоретична залежність інтенсивності зношування ТС «колінчастий вал – корінний вкладиш» дизеля ЯМЗ-238 Б при номінальних режимах роботи для різних тактів роботи при оливі М10Г₂К: 1 – базовий варіант; 2 – модифікованих з введенням вуглекислого газу у зону опромінення; 3 – модифікованих з подачею природного графіту в зону опромінення

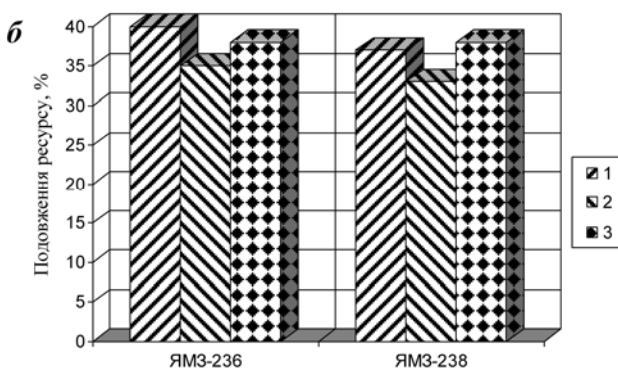
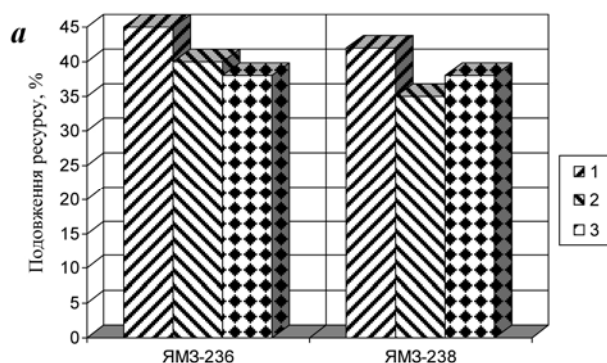


Рис. 3. Подовження ресурсу ТС дизелів ССРС залізниць «гільза циліндрів – компресійне кільце» (а) та «колінчастий вал – корінний вкладиш» (б), модифікованих лазерним випромінюванням: 1 – з подачею вуглекислого газу; 2 – з подачею природного графіту; 3 – теоретичне усереднене значення

Висновки

Застосування дискретного лазерного модифікування робочих поверхонь ТС дизелів з основним елементом вуглецем у вигляді вуглекислого газу та природного графіту забезпечує протікання процесу вакансійно-дислокаційного механізму переповзання у сполучених поверхневих шарах. Дослідження доводять доцільність застосування лазерного модифікування, оскільки ресурс дизелів збільшується до 40 %.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Барановський, Д. М. Проблема довговічності дизелів засобів транспорту [Текст] / Д. М. Барановський // Вісник Кременчуцького держ. політехн. ун-ту ім. М. Остроградського. – 2009. – Вип. 5/2009 (58), ч. 1. – С. 96-99.
2. Барановський, Д. М. Загальний підхід до оцінки та прогнозування ресурсу дизелів засобів транспорту [Текст] / Д. М. Барановський // Вос-

- точно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 4/10(40). – С. 49-52.
3. Барановський, Д. М. Прогнозування довговічності, технічного обслуговування та ремонту дизелів за експлуатаційними характеристиками [Текст] / Д. М. Барановський // Вісник Кременчуцького держ. політехн. ун-ту ім. М. Остроградського. – 2010. – Вип. 2 (61). – С. 95-100.
4. Барановський, Д. М. Теоретичне обґрунтування зниження зносу трибосистем дизелів при лазерному модифікуванні [Текст] / Д. М. Барановський // Проблеми машиностроения. – 2010. – № 2. – С. 25-31.
5. Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций [Текст] / П. Гленсдорф, И. Пригожин. – М.: Мир, 1973. – 273 с.

Надійшла до редколегії 30.08.2010.
Прийнята до друку 06.09.2010.

ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПО ДВУМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ПРИ ВЫБОРЕ ГИБКОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ВАГОНОВ

Наведено математичний опис алгоритму рішення задачі векторної оптимізації за двома показниками стосовно до наукового обґрунтування гнучкого потоку ремонту вагонів.

Ключові слова: векторна оптимізація, ремонт вагонів, гнучкий потік

Приведено математическое описание алгоритма решения задачи векторной оптимизации по двум показателям применительно к научному обоснованию гибкого потока ремонта вагонов.

Ключевые слова: векторная оптимизация, ремонт вагонов, гибкий поток

The mathematical formulation of solution algorithm for a vector optimization problem on two indices with regard to scientific substantiation of a flexible line of car repair is presented in the paper.

Keywords: vector optimization, car repair, flexible line

При решении технических, технологических и организационных задач постоянно возникает необходимость выбора конкретных вариантов из числа возможных. Как правило, выбор осуществляется с учетом технических, организационных и экономических критериев. И, несмотря на многофакторность исследуемых задач, представляется целесообразным свести их решение к решению задачи векторной оптимизации по двум основным показателям. Причем выбор этих основных показателей или параметров может осуществляться методом экспертных оценок. Например, при рассмотрении задач, связанных с совершенствованием технологии ремонта подвижного состава железных дорог, это могут быть такие параметры как время нахождения в ремонте (время простоя) и себестоимость ремонта. Ранее различными авторами затрагивался вопрос о решении подобных задач, когда необходимо определить совокупность значений определенной функции, которые бы удовлетворяли особым условиям [1, 2], но эти методы применялись либо к неопределенным функциям [1], либо к параметрам конструкций [2]. Применение методологии, основанной на использовании векторной оптимизации, при обосновании гибкой поточной технологии ремонта вагонов на потоке является актуальной научно-прикладной проблемой для железнодорожного транспорта [3-5], особенно в условиях рыночных отношений и ограниченности материальных и финансовых ресурсов. Далее предложено математическое описание алгоритма решения задачи векторной оптимизации по двум показателям при обосновании выбранной технологии ремонта вагонов.

Рассматривается задача векторной оптимизации по двум показателям

$$\begin{aligned} F_1(\gamma) &= \sum_{\theta \in \gamma} f_1(\theta); \\ F_2(\gamma) &= \sum_{\theta \in \gamma} f_2(\theta), \end{aligned} \quad (1)$$

где $\gamma = [\theta_{1j_1}, \theta_{2j_2}, \dots, \theta_{nj_n}]$, причем каждая компонента селектора принимает дискретные значения из соответствующих множеств

$$\Xi_i = \{\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{ik_i}\}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Обозначим через Γ набор всевозможных селекторов γ . Очевидно, что множество Γ состоит из конечного числа вариантов селекторов γ в числе

$$|\Gamma| = \prod_{i=1}^n k_i, \quad (3)$$

и рассматривается задача векторной оптимизации, символическая запись которой представляет собой [6]

$$\begin{pmatrix} F_1(\gamma) \\ F_2(\gamma) \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (4)$$

при условии $\gamma \in \Gamma$.

Инженерно-экономический смысл сформулированной задачи состоит в том, что некоторый технологический процесс ремонта вагонов на потоке разбит на m последовательных позиций (фаз). В каждой фазе имеется набор операций Ξ_i , $i = \overline{1, n}$ в количестве k_i . Каждой опе-

рации θ_{ij} сопоставляется два числа $f_1(\theta_{ij})$, $f_2(\theta_{ij})$. Например, затраты средств и времени на реализацию операции θ_{ij} .

Тогда селектор γ представляет один из возможных вариантов реализации процесса, а желание сделать $F_1(\gamma)$ и $F_2(\gamma)$ как можно меньше в математическом плане приводит к задаче векторной оптимизации (4).

Отметим, что решить задачу (4) означает найти также множество $\Gamma^* \subseteq \Gamma$, что любое $\gamma \in \Gamma^*$ является эффективным, а любая пара γ_1 и γ_2 из Γ^* между собой несравнимы.

Не ограничивая общности рассмотрения, считаем, что в каждой фазе операции упорядочены таким образом, что имеет место

$$\begin{aligned} f_1(\theta_{i1}) &< f_1(\theta_{i2}) < \dots < f_1(\theta_{ik_i}); \\ f_2(\theta_{i1}) &> f_2(\theta_{i2}) > \dots > f_2(\theta_{ik_i}). \end{aligned} \quad (5)$$

Теорема. Для того, чтобы селектор γ был бы эффективным, необходимо и достаточно, чтобы при $\lambda \geq 0$ значение операции в любой фазе выбиралось из следующего условия:

$$f_1(\theta_{ij_0}) + \lambda f_2(\theta_{ij_0}) = \min_{1 \leq j \leq k_i} (f_1(\theta_{ij}) + \lambda f_2(\theta_{ij})), \quad (6)$$

$$i = \overline{1, n}.$$

Доказательство. Вначале рассмотрим необходимость, т.е. считаем, что γ является эффективным селектором, тогда если $\tilde{\gamma}$ вариация селектора γ , то имеет место

$$\begin{aligned} &\begin{pmatrix} F_1(\tilde{\gamma}) - F_1(\gamma) > 0 \\ F_2(\tilde{\gamma}) - F_2(\gamma) < 0 \end{pmatrix}, \\ \text{или} \quad &\begin{pmatrix} F_1(\tilde{\gamma}) - F_1(\gamma) < 0 \\ F_2(\tilde{\gamma}) - F_2(\gamma) > 0 \end{pmatrix}. \end{aligned} \quad (7)$$

С учетом (1) в каждой фазе из соотношения (7) при условии, что $\tilde{\gamma}$ отличается от γ операций в i -й фазе получим:

$$\begin{aligned} &\begin{pmatrix} f_1(\theta_{ij}) - f_1(\theta_{ij_0}) > 0 \\ f_2(\theta_{ij}) - f_2(\theta_{ij_0}) < 0 \end{pmatrix}, \\ \text{или} \quad &\begin{pmatrix} f_1(\theta_{ij}) - f_1(\theta_{ij_0}) < 0 \\ f_2(\theta_{ij}) - f_2(\theta_{ij_0}) > 0 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Независимо от того, какой из этих случаев реализуется, всегда можно указать такое число $\lambda > 0$, что имеет место

$$f_1(\theta_{ij}) - f_1(\theta_{ij_0}) \geq -\lambda (f_2(\theta_{ij}) - f_2(\theta_{ij_0})), \quad (8)$$

или

$$f_1(\theta_{ij}) + \lambda f_2(\theta_{ij}) \geq f_1(\theta_{ij_0}) + \lambda f_2(\theta_{ij_0}) \quad (9)$$

для любого $1 \leq j \leq k_i$, но это и означает, что имеет место (6)

Достаточность. Пусть имеет место (6), т.е. имеет место (9), из которого получаем (8), что влечет за собой соотношения (7) и, тем самым имеем, что γ - эффективный селектор.

Вывод: 1) Перебирая $0 \leq \lambda$, получаем параметрическое определение эффективных селекторов.

2) При формировании набора операций в любой фазе должны выполняться соотношения (5), которые представляют собой несравнимость операций.

Однако, условия (5) можно рассматривать как необходимые условия формирования набора операций в той или иной фазе.

Может оказаться, что некоторая операция не участвует в построении эффективных селекторов, для выяснения этой ситуации полезной будет следующая.

Лемма. Пусть имеется последовательность чисел

$$\begin{aligned} a_1 &< a_2 < \dots < a_n; \\ b_1 &> b_2 > \dots > b_n, \end{aligned}$$

на которых определена функция

$$\psi(\lambda) = \min_{1 \leq j \leq n} (a_j + \lambda b_j), \quad \lambda \geq 0.$$

Тогда чтобы в определении этой функции участвовали все a_i и b_i , необходимо и достаточно чтобы

$$\frac{a_{i+1} - a_i}{b_i - b_{i+1}} < \frac{a_{i+2} - a_{i+1}}{b_{i+1} - b_{i+2}}, \quad i = \overline{1, n-2}.$$

Доказательство. Рассмотрим совокупность функций

$$\psi_i(\lambda) = a_i + \lambda b_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

Тогда функция $\psi(\lambda)$ является огибающей функций $\psi_i(\lambda)$ (рис. 1).

Как следует из рис. 1,

$$\lambda_1 = \frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2}; \quad \lambda_2 = \frac{a_3 - a_2}{b_2 - b_3}.$$

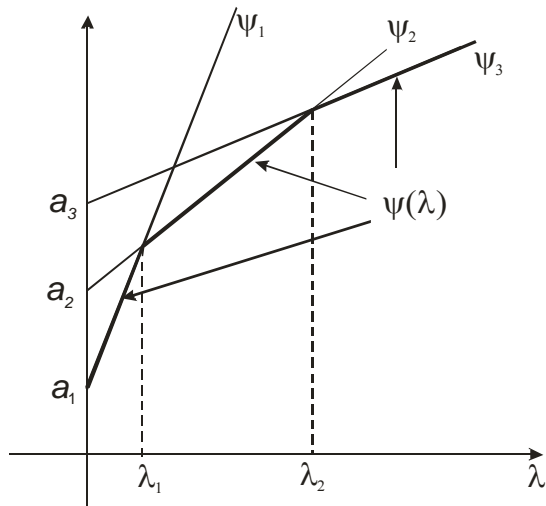


Рис. 1. $\psi(\lambda)$ для $n=3$

Очевидно, что условие $\lambda_1 < \lambda_2$ является необходимым и достаточным, чтобы в определении $\psi(\lambda)$ участвовали все три функции.

Если окажется, что $\lambda_2 < \lambda_1$, то приходим к ситуации, представленной на рис. 2. Тогда функция ψ_2 в определении $\psi(\lambda)$ при $\lambda \geq 0$ не участвует.

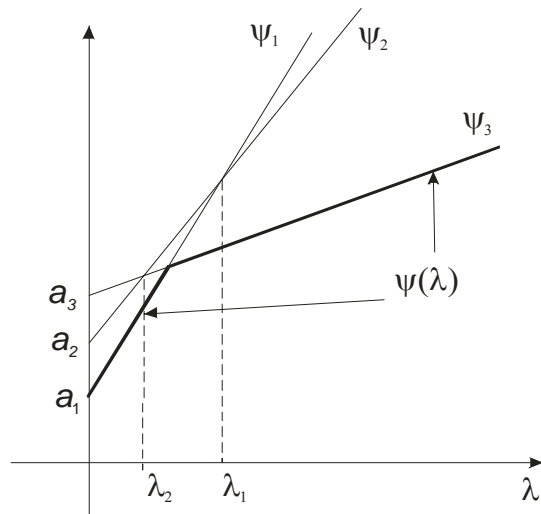


Рис. 2. $\lambda_2 < \lambda_1$, ψ_2 в определении $\psi(\lambda)$ при $\lambda \geq 0$ не участвует

Таким образом, данная лемма позволяет определить такие a_i и b_i , которые не участвуют в определении функций $\psi(\lambda)$ и они могут быть исключены. Применительно к операциям в некоторой фазе полагая

$$a_j = f_1(\theta_{ij}); \quad b_j = f_2(\theta_{ij}), \quad j = \overline{1, k_i},$$

с помощью данной леммы можем указать номера операций, которые можно исключить из рассмотрения.

Пример. Пусть рассматривается $m=5$ фаз, затраты средств по каждой фазе представляют собой

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 0 & 0 \\ 4 & 7 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 8 & 10 & 20 & 50 \\ 17 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 5 & 9 & 15 & 0 \end{bmatrix},$$

а затраты времени следующие:

$$T = \begin{bmatrix} 10 & 6 & 5 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2,5 \\ 1,7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 2,5 & 2,1 & 1,5 & 0 \end{bmatrix}.$$

В первой фазе $k_1=3$ операции, во второй $k_2=2$, в третьей $k_3=5$, в четвертой $k_4=1$ и в пятой $k_5=4$ операции. Таким образом всего можно построить $|\Gamma|=170$ селекторов.

В соответствии с условиями леммы, вторая операция в третьей фазе не участвует, т.к. нарушают условия леммы.

Отобразив в пространство функционалов множество селекторов Γ по формулам (1), получим 170 точек (рис. 3), где по горизонтали откладывается суммарное время, а по вертикали соответствующие затраты средств для того или иного селектора $\gamma \in \Gamma$.

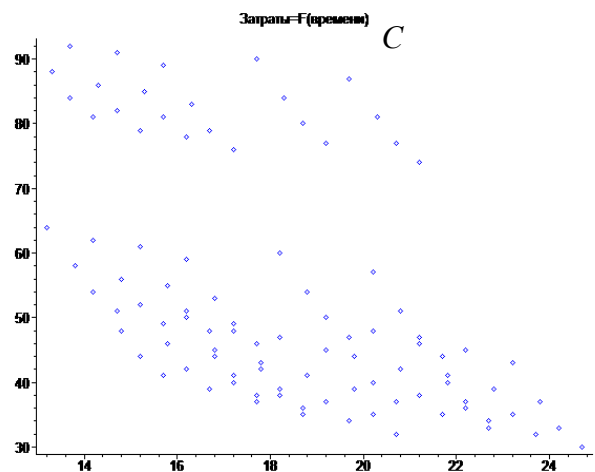


Рис. 3. Представление селекторов из Γ в пространстве функционалов

Воспользовавшись теоремой и следствием из нее, множество вариантов эффективных и

несравнимых между собой представлено на рис. 4, которые определяются по алгоритму работы [7].

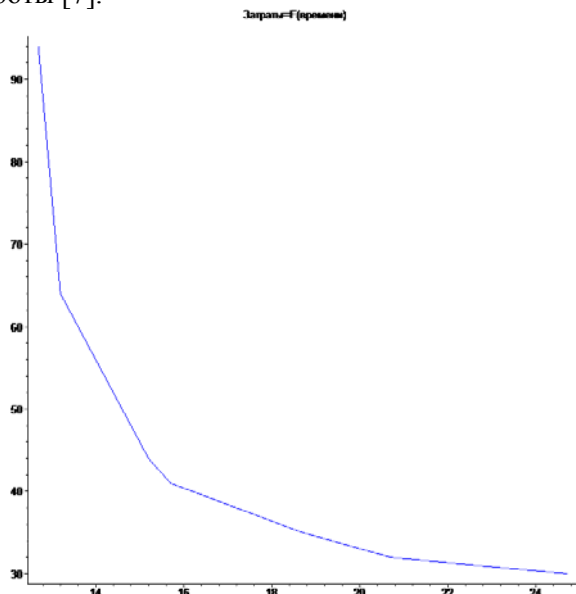


Рис.4. Взаимосвязь между затратами и времени по множеству Γ^* – решению задачи векторной оптимизации

Совмещая рис. 3 и рис. 4, убеждаемся, что предложенный алгоритм представляет решение задачи векторной оптимизации (рис. 5).

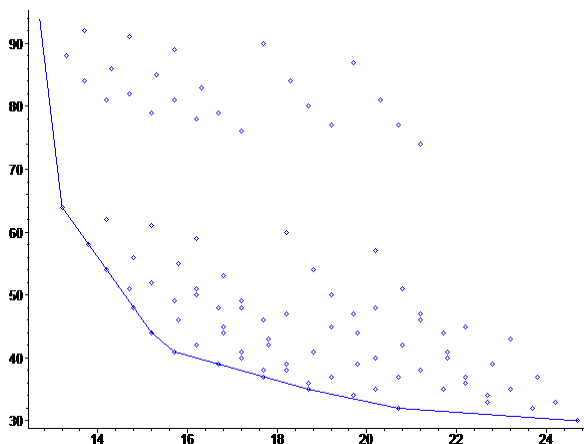


Рис. 5. Расположение решения задачи векторной оптимизации по отношению ко всем возможным селекторам

Таким образом, предложено математическое описание алгоритма решения задачи векторной оптимизации по двум показателям применительно к научному обоснованию гибкой технологии ремонта грузовых вагонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Босов, А. А. Функции множества и их применение [Текст] / А. А. Босов. – Днепродзержинск: Изд. дом «Андрей», 2007. – 182 с.
2. Blokhin, Y. P. Optimization of parameters of spring suspension of the freight car three-piece bogie [Text] / Y. P. Blokhin, O. M. Pshin'ko, S. V. Myamlin // Proc. of the 5th Int'l Conf. on Railway Boggies and Running Gears. – Budapest: BUTE, 2001. – P. 84-86.
3. 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.
4. Мямлин, В. В. Анализ основных параметров асинхронного гибкого потока ремонта вагонов и методы их расчёта [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 28-33.
5. Мямлин, В. В. Компонировочные решения организационно-технологических структур перспективных вагоноремонтных депо с асинхронными гибкими потоками ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 55-62.
6. Машунин, Ю. К. Методы и модели векторной оптимизации [Текст] / Ю. К. Машунин. – М.: Наука, 1986. – 141 с.
7. Босов, А. А. Векторная оптимизация по двум показателям [Текст] / А. А. Босов, Г. Н. Кодола, Л. Н. Савченко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – № 17. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 134-138.

Поступила в редколлегию 05.10.2010.

Принята к печати 18.10.2010.

В. А. БРАТАШ, Т. И. ЕФИМОВА, Ю. В. ПОВОЛОЦКАЯ (Днепропетровский
НПК «Электровозостроение»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗГРУЗОК (ДОГРУЗОК) КОЛЕС И ПРОГИБОВ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ЧЕТЫРЕХОСНОГО ЭЛЕКТРОВО- ЗА ДСЗ С ТЯГОВОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ВТОРОГО РОДА ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИЛ ТЯГИ ОТ ТЕЛЕЖЕК К КУЗОВУ ПРИ ПОМОЩИ НАКЛОННЫХ ТЯГ

У статті представлено розрахункові формули для визначення розвантажень (довантажень) коліс і прогинів ресорного підвішування чотиривісного електровоза ДС 3 з тяговою передачею другого роду при передачі сил тяги від візків до кузова за допомогою похилої тяги. Виконано чисельні розрахунки на прикладі магістрального вантажопасажирського електровоза ДС 3.

Ключові слова: колісна пара, підвіска, ресорні комплекси, візок, статичний прогин

В статье представлены расчётные формулы для определения разгрузок (догрузок) колес и прогибов ресорного подвешивания четырехосного электровоза ДС 3 с тяговой передачей второго рода при передаче сил тяги от тележек к кузову при помощи наклонных тяг. Выполнены численные расчёты на примере магистрального грузопассажирского электровоза ДС 3.

Ключевые слова: колесная пара, подвеска, рессорные комплексы, тележка, статический прогиб

In the article the calculation formulas for determination of unloadings (finishings loadings) of wheels and bendings of a spring suspension of 8-wheel electric locomotive DS 3 with the hauling transmission of the second kind at the transmission of tractive forces from the bogies to the body through sloping tractions are presented. Numerical calculations are executed on the example of mainline freight-and-passenger electric locomotive DS 3.

Keywords: wheelpair, pendant, spring complexes, bogie, static bending

Магистральний грузопассажирський електро-
воз ДС 3 виробництва ГП «НПК «Електро-
возостроєння» експлуатується на магістралях
українських залізничних дорогах з януаря
2005 року. Інвентарний парк цих електро-
возів складає 18 одиниць і продовжує попов-
нюватися. Результати шестигодичного опыта ек-
сплуатації показали [1], що для умов дійс-
твюючого графіка руху поїздів і устано-
влених норм їх маси і складу конструкція
окремих вузлів ДС 3 може удосконалю-
ватися. Поєтому нижче приведені варіанти та-
кої модернізації окремих вузлів механіче-
ської частини електровоза.

При передачі вращающего момента от тяго-
вых двигателей (закрепленных на раме тележ-
ки) на колесные пары при помощи редукторов,
одной стороной установленных на оси колес-
ной пары, а другой – подвешенных к раме те-
лежки (тяговая передача второго рода), в зубча-
том зацеплении возникают силы Z_K и $Z_{ш}$ (рис.
1) равные по величине, но противоположные по
направлению

$$|Z_{к1}| = |Z_{ш1}| = |Z_{к2}| = |Z_{ш2}| = F \cdot D_{ХК} / D_{ЗК}, \quad (1)$$

где F – сила тяги, реализуемая одной колесной парой;

$D_{ХК}$, $D_{ЗК}$ – диаметры ходового и зубчатого колеса соответственно.

В подвесках тяговых редукторов также воз-
никают усилия $\Delta q_{1ПР}$ и $\Delta q_{2ПР}$ равные по вели-
чине, но противоположные по направлению

$$|\Delta q_{1ПР}| = |\Delta q_{2ПР}| = F \cdot D_{ХК} / 2\ell_{ПР}, \quad (2)$$

где $\ell_{ПР}$ – расстояние от оси колесной пары до
оси подвески редуктора к раме тележки.

В результате действия сил $\Delta q_{РП}$ возникает
момент, который догружает рессорный ком-
плект передней колесной пары и разгружает
задний

$$\begin{aligned} |\Delta q_{1ПР}| &= |\Delta q_{2ПР}| = \\ &= F \cdot D_{ХК} \cdot (\ell_T - 2\ell_{ПР}) / (2\ell_{ПР} \cdot \ell_T), \end{aligned} \quad (3)$$

где ℓ_T – база тележки.

Под действием сил в зубчатом зацеплении
редукторов по их продольной оси производится
разгрузка передней по ходу колесной пары и
догрузка задней, величины которых равны

$$|\Delta q'_1| = |\Delta q'_2| = F \cdot D_{ХК} / 2\ell_{ПР}. \quad (4)$$

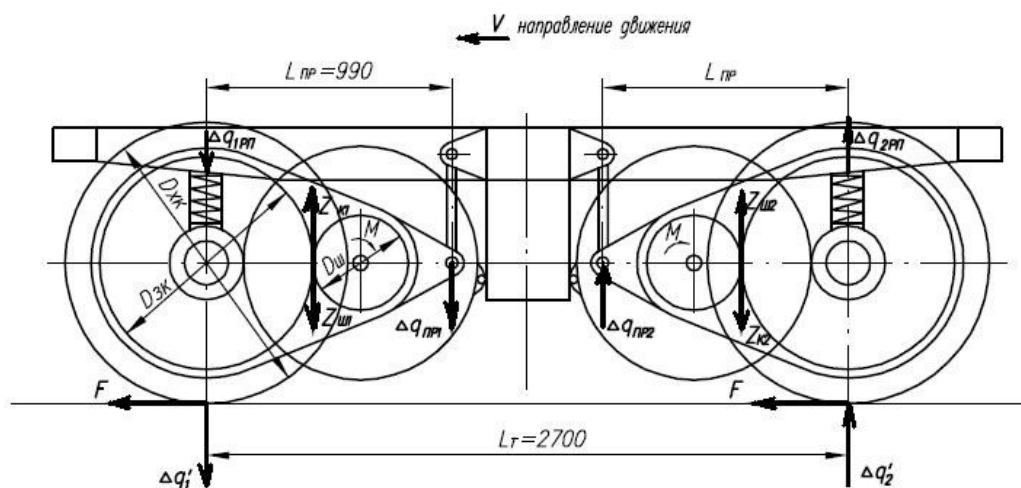


Рис. 1

Однако при одностороннем расположении редукторов на колесных парах эти разгрузки (догрузки) по колесам правой и левой стороны не одинаковы

$$\Delta q'_{1П} = \Delta q'_{2Л} = F \cdot D_{жк} \cdot (B_K + B_{ПР}) / (4 \ell_{ПР} \cdot B_K), \quad (5)$$

$$\Delta q'_{1Л} = \Delta q'_{2П} = F \cdot D_{жк} \cdot (B_K - B_{ПР}) / (4 \ell_{ПР} \cdot B_K), \quad (6)$$

где B_K – поперечное расстояние между кругами катания колес;

$B_{ПР}$ – расстояние между подвесками редукторов в поперечном направлении тележки.

Поскольку подвески редукторов первой и второй колесных пар разнесены на расстоянии $B_{ПР}$ (рис. 2) возникает момент, который догружает рессорные комплекты правой стороны тележки и разгружает левую сторону

$$|\Delta q_{ППТ}^П| = |\Delta q_{ППТ}^Л| = F \cdot D_{жк} \cdot B_{ПР} / (2 \cdot \ell_{ПР} \cdot B_{ПП}), \quad (7)$$

где $B_{ПП}$ – расстояние между рессорным подвешиванием в поперечном направлении тележки.

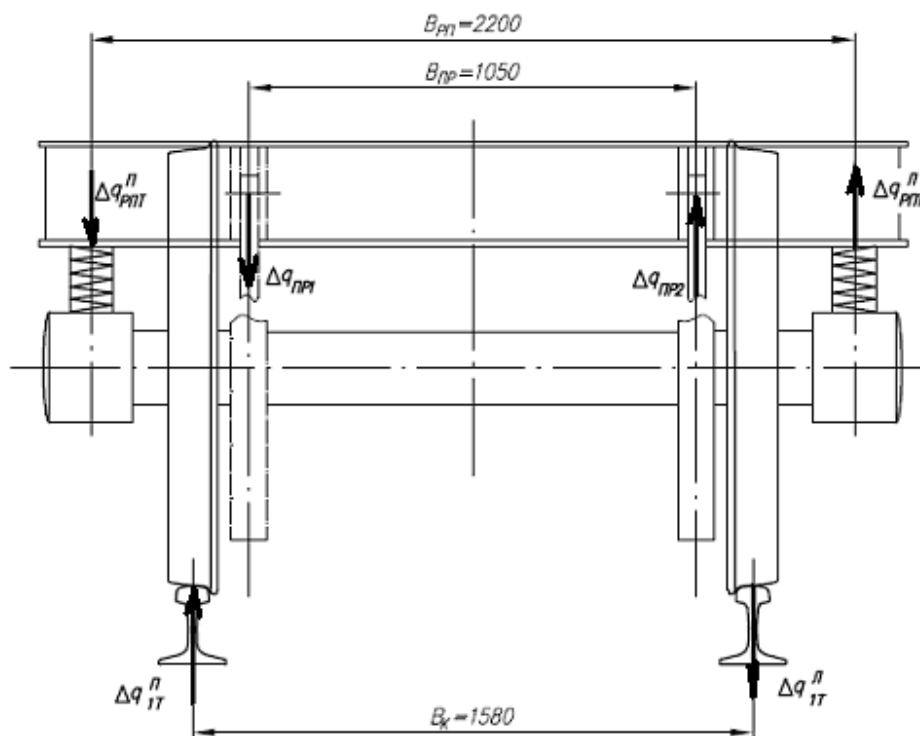


Рис. 2

При этом колеса правой по ходу стороны тележки догружаются, а левой стороны разгружаются

$$|\Delta q_{1T}^{\text{II}}| = |\Delta q_{1T}^{\text{I}}| = F \cdot D_{\text{ХК}} \cdot B_{\text{ПР}} / (2 \cdot \ell_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{К}}) \quad (8)$$

При передаче силы тяги от тележки на кузов при помощи наклонной тяги на раму тележки действует момент, который догружает переднюю по ходу колесную пару и разгружает заднюю (рис. 3)

$$\Delta q_1^{\text{II}} = 2F \cdot (\ell_T + b_T) \cdot \text{tg} \alpha / \ell_T; \quad (9)$$

$$\Delta q_2^{\text{II}} = 2F \cdot b_T \cdot \text{tg} \alpha / \ell_T, \quad (10)$$

где b_T – расстояние от точки крепления наклонной тяги до оси передней колесной пары;

α – угол наклона тяги к уровню головки рельсов.

Одновременно действует опрокидывающий момент $2F \cdot h_0$. С учетом этого момента

$$\Delta q_1^{\text{II}} = 2F \cdot [(\ell_T + b_T) \cdot \text{tg} \alpha - h_0] / \ell_T; \quad (11)$$

$$\Delta q_2^{\text{II}} = 2F \cdot (b_T \cdot \text{tg} \alpha - h_0) / \ell_T, \quad (12)$$

где h_0 – высота крепления тягового устройства к раме тележки.

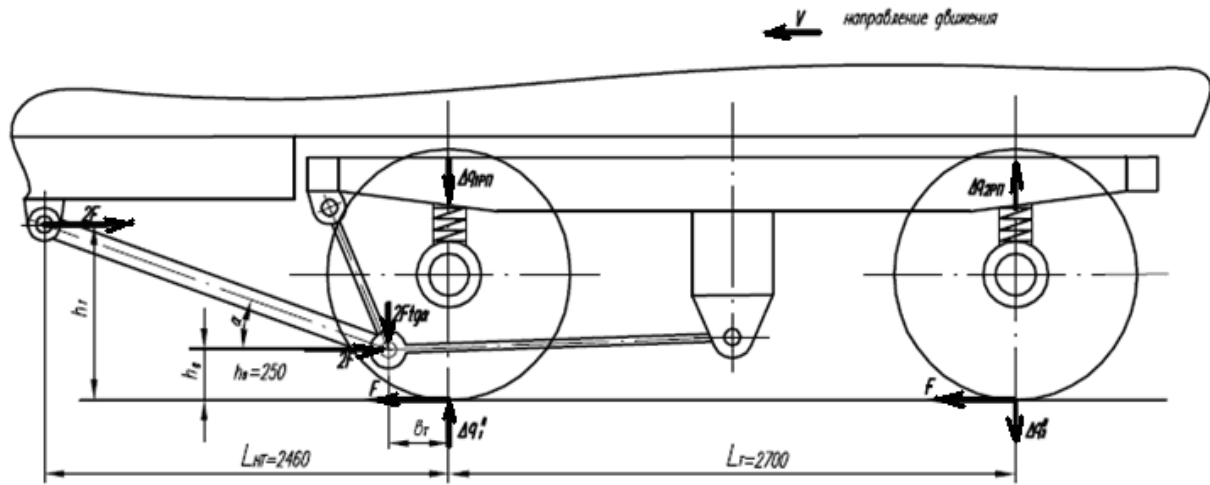


Рис. 3

При ведении поезда суммарная сила тяги $4F$ (рис. 4) передается на уровне оси автосцепки H в результате чего образуется момент $4F \cdot H$, который разгружает колесные пары передней по ходу тележки $\Delta q_1^{\text{III}} = \Delta q_2^{\text{III}}$, а догружает колесные пары задней тележки $\Delta q_3^{\text{III}} = \Delta q_4^{\text{III}}$

$$\Delta q_1^{\text{III}} = \Delta q_2^{\text{III}} = 4F \cdot H / LK; \quad (13)$$

$$\Delta q_3^{\text{III}} = \Delta q_4^{\text{III}} = 4F \cdot H / LK. \quad (14)$$



Рис. 4

Для удобства последующих расчетов изменения нагрузок на колесные пары электровоза, а также изменения прогиба пружин рессорного подвешивания будем принимать догрузки со знаком “+”, а разгрузки со знаком “-”. Суммарные изменения нагрузок на колеса первой по ходу тележки электровоза составят:

- первая по ходу колесная пара

$$\Delta q_1^{\text{Л}} = \frac{\Delta q_{1\text{РП}}}{2} - \Delta q'_{1\text{П}} + \frac{\Delta q_{1\text{Т}}^{\text{П}}}{2} + \frac{\Delta q_1''}{2} - \frac{\Delta q_1'''}{2} = F \cdot \left[\frac{(\ell_{\text{Т}} + b_{\text{Т}}) \cdot \text{tg}\alpha - h_0}{\ell_{\text{Т}}} - \frac{D_{\text{ХК}}}{2\ell_{\text{Т}}} - \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (15)$$

$$\Delta q_1^{\text{П}} = \frac{\Delta q_{1\text{РП}}}{2} - \Delta q'_{1\text{Л}} + \frac{\Delta q_{1\text{Т}}^{\text{П}}}{2} + \frac{\Delta q_1''}{2} - \frac{\Delta q_1'''}{2} = F \cdot \left[\frac{(\ell_{\text{Т}} + b_{\text{Т}}) \cdot \text{tg}\alpha - h_0}{\ell_{\text{Т}}} - \frac{D_{\text{ХК}}}{2\ell_{\text{Т}}} - \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (16)$$

- вторая по ходу колесная пара

$$\Delta q_2^{\text{Л}} = -\frac{\Delta q_{2\text{РП}}}{2} + \Delta q'_{2\text{П}} + \frac{\Delta q_{2\text{Т}}^{\text{П}}}{2} - \frac{\Delta q_2''}{2} - \frac{\Delta q_2'''}{2} = F \cdot \left[-\frac{(\ell_{\text{Т}} + b_{\text{Т}}) \cdot \text{tg}\alpha - h_0}{\ell_{\text{Т}}} + \frac{D_{\text{ХК}}}{2\ell_{\text{Т}}} - \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (17)$$

$$\Delta q_2^{\text{П}} = -\frac{\Delta q_{2\text{РП}}}{2} + \Delta q'_{2\text{Л}} - \frac{\Delta q_{2\text{Т}}^{\text{П}}}{2} - \frac{\Delta q_2''}{2} - \frac{\Delta q_2'''}{2} = F \cdot \left[-\frac{(\ell_{\text{Т}} + b_{\text{Т}}) \cdot \text{tg}\alpha - h_0}{\ell_{\text{Т}}} + \frac{D_{\text{ХК}}}{2\ell_{\text{Т}}} - \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]. \quad (18)$$

Аналогично определяются изменения нагрузок на колеса второй по ходу электровоза тележки. При этом

$$\Delta q_{3\text{РП}} = \Delta q_{1\text{РП}}; \quad (19)$$

$$|\Delta q_3''| = |\Delta q_2''|; \quad (20)$$

$$\Delta q'_{3\text{П}} = \Delta q'_{1\text{П}}; \quad (20)$$

$$\Delta q'_{3\text{Л}} = \Delta q'_{1\text{Л}}; \quad (21)$$

$$\Delta q_{2\text{Т}}^{\text{П}} = \Delta q_{1\text{Т}}^{\text{П}}; \quad (22)$$

$$\Delta q_{2\text{Т}}^{\text{Л}} = \Delta q_{1\text{Т}}^{\text{Л}}; \quad (23)$$

$$\Delta q_{4\text{РП}} = \Delta q_{2\text{РП}}; \quad (24)$$

$$|\Delta q_4''| = |\Delta q_1''|; \quad (25)$$

$$\Delta q'_{4\text{П}} = \Delta q'_{2\text{П}}; \quad (26)$$

$$\Delta q'_{4\text{Л}} = \Delta q'_{2\text{Л}}. \quad (27)$$

С учетом изложенного, получим:

$$\Delta q_3^{\text{Л}} = F \cdot \left[\frac{b_{\text{Т}} \cdot \text{tg}\alpha - h_0}{\ell_{\text{Т}}} - \frac{D_{\text{ХК}}}{2\ell_{\text{Т}}} + \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (28)$$

$$\Delta q_3^{\text{П}} = F \cdot \left[\frac{b_{\text{Т}} \cdot \text{tg}\alpha - h_0}{\ell_{\text{Т}}} - \frac{D_{\text{ХК}}}{2\ell_{\text{Т}}} + \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (29)$$

$$\Delta q_4^{\text{Л}} = F \cdot \left[-\frac{(\ell_{\text{Т}} + b_{\text{Т}}) \cdot \text{tg}\alpha - h_0}{\ell_{\text{Т}}} + \frac{D_{\text{ХК}}}{2\ell_{\text{Т}}} + \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (30)$$

$$\Delta q_4^{\text{П}} = F \cdot \left[-\frac{(\ell_{\text{Т}} + b_{\text{Т}}) \cdot \text{tg}\alpha - h_0}{\ell_{\text{Т}}} + \frac{D_{\text{ХК}}}{2\ell_{\text{Т}}} + \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]. \quad (31)$$

Принимая, что жесткость рессорных комплектов каждого колеса электровоза одинаковые, изменения их прогибов будет пропорционально изменению нагрузок ΔP на них.

$$\Delta P_1^{\text{Л}} = (\Delta q_{1\text{РП}} + \Delta q_{\text{РПТ}}^{\text{Л}} + \Delta q_1'' - \Delta q_1''')/2 = F \cdot \left[\frac{D_{\text{ХК}} \cdot (\ell_{\text{Т}} - 2\ell_{\text{ПР}})}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot \ell_{\text{Т}}} + \frac{D_{\text{ХК}} \cdot B_{\text{ПР}}}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{ПР}}} + \frac{\text{tg}\alpha \cdot (\ell_{\text{Т}} + b_{\text{Т}}) - h_0}{\ell_{\text{Т}}} - \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (32)$$

$$\Delta P_1^{\text{П}} = (\Delta q_{1\text{РП}} - \Delta q_{\text{РПТ}}^{\text{П}} + \Delta q_1'' - \Delta q_1''')/2 = F \cdot \left[\frac{D_{\text{ХК}} \cdot (\ell_{\text{Т}} - 2\ell_{\text{ПР}})}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot \ell_{\text{Т}}} - \frac{D_{\text{ХК}} \cdot B_{\text{ПР}}}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{ПР}}} + \frac{\text{tg}\alpha \cdot (\ell_{\text{Т}} + b_{\text{Т}}) - h_0}{\ell_{\text{Т}}} - \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (33)$$

$$\Delta P_2^{\text{Л}} = (-\Delta q_{2\text{РП}} + \Delta q_{\text{РПТ}}^{\text{Л}} - \Delta q_2'' - \Delta q_2''')/2 = F \cdot \left[-\frac{D_{\text{ХК}} \cdot (\ell_{\text{Т}} - 2\ell_{\text{ПР}})}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot \ell_{\text{Т}}} + \frac{D_{\text{ХК}} \cdot B_{\text{ПР}}}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{ПР}}} - \frac{\text{tg}\alpha \cdot b_{\text{Т}} - h_0}{\ell_{\text{Т}}} - \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (34)$$

$$\Delta P_2^{\text{П}} = (-\Delta q_{2\text{РП}} - \Delta q_{\text{РПТ}}^{\text{П}} - \Delta q_2'' - \Delta q_2''')/2 = F \cdot \left[-\frac{D_{\text{ХК}} \cdot (\ell_{\text{Т}} - 2\ell_{\text{ПР}})}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot \ell_{\text{Т}}} - \frac{D_{\text{ХК}} \cdot B_{\text{ПР}}}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{ПР}}} - \frac{\text{tg}\alpha \cdot b_{\text{Т}} - h_0}{\ell_{\text{Т}}} - \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (35)$$

$$\Delta P_3^{\text{Л}} = (\Delta q_{3\text{РП}} + \Delta q_{\text{РПТ}}^{\text{Л}} + \Delta q_3'' + \Delta q_3''')/2 = F \cdot \left[\frac{D_{\text{ХК}} \cdot (\ell_{\text{Т}} - 2\ell_{\text{ПР}})}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot \ell_{\text{Т}}} + \frac{D_{\text{ХК}} \cdot B_{\text{ПР}}}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{ПР}}} + \frac{\text{tg}\alpha \cdot b_{\text{Т}} - h_0}{\ell_{\text{Т}}} + \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (36)$$

$$\Delta P_3^{\Pi} = (\Delta q_{3\text{РП}} - \Delta q_{3\text{РПТ}}^{\Pi} + \Delta q_3^{\text{II}} + \Delta q_3^{\text{III}}) / 2 =$$

$$= F \cdot \left[\frac{D_{\text{ХК}} \cdot (\ell_{\text{T}} - 2\ell_{\text{ПР}})}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot \ell_{\text{T}}} - \frac{D_{\text{ХК}} \cdot B_{\text{ПР}}}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{ПР}}} + \frac{\text{tg}\alpha \cdot b_{\text{T}} - h_0}{\ell_{\text{T}}} + \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (37)$$

$$\Delta P_4^{\text{I}} = (-\Delta q_{4\text{РП}} + \Delta q_{4\text{РПТ}}^{\text{I}} - \Delta q_4^{\text{II}} - \Delta q_4^{\text{III}}) / 2 =$$

$$= F \cdot \left[-\frac{D_{\text{ХК}} \cdot (\ell_{\text{T}} - 2\ell_{\text{ПР}})}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot \ell_{\text{T}}} + \frac{D_{\text{ХК}} \cdot B_{\text{ПР}}}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{ПР}}} - \frac{\text{tg}\alpha \cdot (\ell_{\text{T}} + b_{\text{T}}) - h_0}{\ell_{\text{T}}} + \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]; \quad (38)$$

$$\Delta P_4^{\Pi} = (-\Delta q_{4\text{РП}} - \Delta q_{4\text{РПТ}}^{\Pi} - \Delta q_4^{\text{II}} + \Delta q_4^{\text{III}}) / 2 =$$

$$= F \cdot \left[-\frac{D_{\text{ХК}} \cdot (\ell_{\text{T}} - 2\ell_{\text{ПР}})}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot \ell_{\text{T}}} - \frac{D_{\text{ХК}} \cdot B_{\text{ПР}}}{4\ell_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{ПР}}} - \frac{\text{tg}\alpha \cdot (\ell_{\text{T}} + b_{\text{T}}) - h_0}{\ell_{\text{T}}} + \frac{H}{L_{\text{К}}} \right]. \quad (39)$$

Определив $\Delta P_{\text{К}}$ каждого колеса и зная жесткость рессорного комплекта на колесо $\mathcal{K}_{\text{К}}$ необходимо определить изменения статических прогибов $\Delta f_{\text{К}} = \Delta P_{\text{К}} / \mathcal{K}_{\text{К}}$, на основании которых определить положение (перекос) кузова в продольном и поперечном направлениях с учетом

изменения статического прогиба люлечных подвешиваний на тележках:

$$\Delta f_{\text{ЛТ}} = \pm \frac{4 \cdot F \cdot H}{L_{\text{К}} \cdot \mathcal{K}_{\text{ЛТ}}}, \quad (40)$$

где $\mathcal{K}_{\text{ЛТ}}$ – жесткость комплекта пружин люлечного подвешивания тележки, знак “-” означает разгрузку, а знак “+” – догрузку.

Используя полученные соотношения, были определены разгрузки (догрузки) колес и прогибы рессорного подвешивания существующего варианта конструкции электровоза ДСЗ и возможных вариантов модернизации, связанных со смещением точек крепления наклонной тяги, в частности:

а) на тележке относительно оси колесной пары:

- исходный вариант – $b_{\text{T}} = -230$ мм;
- модернизация – $b_{\text{T}} = 800$ мм;

б) на реме кузова:

- исходный вариант – $h_{\text{T}} = 440$ мм;
- модернизация – $h_{\text{T}} = 500$ мм;

Расчет выполняется для следующих режимов движения электровоза:

а) расчетный режим с грузовым поездом со скоростью 62,7 км/ч;

б) расчетный режим с пассажирским поездом со скоростью 105 км/ч.

Исходные данные к расчету и его результаты приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Символ	Исходный вариант		Модернизация	
	расчетный режим с грузовым поездом с $V = 62,7$ км/ч	расчетный режим с пассажирским поездом с $V = 105$ км/ч	расчетный режим с грузовым поездом с $V = 62,7$ км/ч	расчетный режим с пассажирским поездом с $V = 105$ км/ч
F , Н	67500	40250	67500	40250
$D_{\text{ХК}}$, м	1,250	1,250	1,250	1,250
$\ell_{\text{ПР}}$, м	0,990	0,990	0,990	0,990
ℓ_{T} , м	2,700	2,700	2,700	2,700
$\ell_{\text{НТ}}$, м	2,470	2,470	2,470	2,470
h_{T} , м	0,440	0,440	0,500	0,500
$B_{\text{К}}$, м	1,580	1,580	1,580	1,580
$B_{\text{РП}}$, м	2,200	2,200	2,200	2,200
$B_{\text{ПР}}$, м	1,088	1,088	1,088	1,088
H , м	1,060	1,060	1,060	1,060
$L_{\text{К}}$, м	8,230	8,230	8,230	8,230
b_{T} , м	-0,230	-0,230	0,230	0,230
h_0 , м	0,250	0,250	0,250	0,250
ζ , Н/м	1327000	1327000	1327000	1327000
$P_{\text{ст}}$, Н	221000	221000	221000	221000
α , рад	0,07	0,07	0,11	0,11
α , град	4,03	4,03	6,37	6,37

Таблица 2

Параметр	Формула	Исходный вариант		Модернизация	
		расчетный режим с грузовым поездом с $V = 62,7$ км/ч	расчетный режим с пассажирским поездом с $V = 105$ км/ч	расчетный режим с грузовым поездом с $V = 62,7$ км/ч	расчетный режим с пассажирским поездом с $V = 105$ км/ч
$\Delta q_{1ПР, Н}$	(2)	42614	25410	42614	25410
$\Delta q_{2ПР, Н}$	(2)	42614	25410	42614	25410
$\Delta q_{1ПП, Н}$	(3)	11364	6776	11364	6776
$\Delta q_{2ПП, Н}$	(3)	11364	6776	11364	6776
$\Delta q'_{1п, Н}$	(6)	35979	21454	35979	21454
$\Delta q'_{2п, Н}$	(5)	6635	3956	6635	3956
$\Delta q'_{1л, Н}$	(5)	6635	3956	6635	3956
$\Delta q'_{2л, Н}$	(6)	35979	21454	35979	21454
$\Delta q''_{1,2Т, Н}$	(8)	29344	17498	29344	17498
$\Delta q''_{1,2Т, Н}$	(8)	29344	17498	29344	17498
$\Delta q''_{1, Н}$	(11)	-3809	-2271	13698	8168
$\Delta q''_{2, Н}$	(12)	-13309	-7936	-6512	-3883
$\Delta q'''_{1, Н}$	(13)	17388	10368	17388	10368
$\Delta q'''_{2, Н}$	(13)	17388	10368	17388	10368
$\Delta q'''_{3, Н}$	(14)	17388	10368	17388	10368
$\Delta q'''_{4, Н}$	(14)	17388	10368	17388	10368
$\Delta q^{\Pi}_{1, Н}$	(16)	-26223	-15637	-17470	-10417
$\Delta q^{\Pi}_{2, Н}$	(18)	13586	8101	10187	6075
$\Delta q^{\Pi}_{3, Н}$	(29)	-13586	-8101	-10187	-6075
$\Delta q^{\Pi}_{4, Н}$	(31)	26223	15637	17470	10417
$\Delta q^{\Pi}_{1, Н}$	(15)	-26223	-15637	-17470	-10417
$\Delta q^{\Pi}_{2, Н}$	(17)	13586	8101	10187	6075
$\Delta q^{\Pi}_{3, Н}$	(28)	-13586	-8101	-10187	-6075
$\Delta q^{\Pi}_{4, Н}$	(30)	26223	15637	17470	10417
$\Delta P^{\Pi}_{1, Н}$	(32)	5621	3352	14374	8571
$\Delta P^{\Pi}_{2, Н}$	(34)	2816	1679	-582	-347
$\Delta P^{\Pi}_{3, Н}$	(36)	18258	10887	21657	12914
$\Delta P^{\Pi}_{4, Н}$	(38)	15454	9215	6700	3995
$\Delta P^{\Pi}_{1, Н}$	(33)	-15454	-9215	-6700	-3995
$\Delta P^{\Pi}_{2, Н}$	(35)	-18258	-10887	-21657	-12914
$\Delta P^{\Pi}_{3, Н}$	(37)	-2816	-1679	582	347
$\Delta P^{\Pi}_{4, Н}$	(39)	-5621	-3352	-14374	-8571
$\Delta Z^{\Pi}_{1, ММ}$	(40)	4,2	2,5	10,8	6,5
$\Delta Z^{\Pi}_{2, ММ}$		2,1	1,3	-0,4	-0,3
$\Delta Z^{\Pi}_{3, ММ}$		13,8	8,2	16,3	9,7
$\Delta Z^{\Pi}_{4, ММ}$		11,6	6,9	5,0	3,0
$\Delta Z^{\Pi}_{1, ММ}$		11,6	6,9	-5,0	-3,0
$\Delta Z^{\Pi}_{2, ММ}$		-13,8	-8,2	-16,3	-9,7
$\Delta Z^{\Pi}_{3, ММ}$		-2,1	-1,3	0,4	0,3
$\Delta Z^{\Pi}_{4, ММ}$		-4,2	-2,5	-10,8	-6,5

Таким образом можно сделать вывод, что для получения минимально возможных догрузок (разгрузок) колесных пар и деформаций пружин первой ступени рессорного подвешивания тележек целесообразно выполнить модернизацию ($b_T = 800$ мм; $h_T = 500$ мм).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гетьман, Г. К. Результати експлуатації електро-
возів ДС 3 на залізницях України [Текст] /

Г. К. Гетьман, Ю. В. Михайленко, С. В. Арпуль
// Матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф. «Елек-
трифікація залізничного транспорту». –
2010. – С. 13-14.

Поступила в редколлегию 17.11.2010.
Принята к печати 23.11.2010.

ШЕСТИВІСНИЙ МАГІСТРАЛЬНИЙ ВАНТАЖНИЙ ЕЛЕКТРОВАЗ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРАНСФОРМАТОРА З ВИСОКОЧАСТОТНОЮ РОЗВ'ЯЗКОЮ ТА АСИНХРОННИМИ ТЯГОВИМИ ДВИГУНАМИ

В роботі запропонована нова перспективна силова схема шестивісного вантажного електровоза подвійного живлення з асинхронними тяговими двигунами із застосуванням проміжного трансформатора з високочастотною розв'язкою. Це дозволить зменшити масу тягового трансформатора в 2,3 рази, усунути проходження імпульсів струму в рейкових колах, а отже вплив на роботу СЦБ і АЛСН. Безпека руху поїздів значно підвищується.

Ключові слова: електровоз подвійного живлення, трансформатор з високочастотною розв'язкою, асинхронний тяговий двигун

В работе предложена новая перспективная силовая схема шестиосного грузового электровоза двойного питания с асинхронными тяговыми двигателями с применением промежуточного трансформатора с высокочастотной развязкой. Это позволит уменьшить массу тягового трансформатора в 2,3 раза, устранить прохождение импульсов тока в рельсовой цепи, а следовательно влияние на работу СЦБ и АЛСН. Безопасность движения поездов значительно повысится.

Ключевые слова: электровоз двойного питания, трансформатор с высокочастотной развязкой, асинхронный тяговый двигатель

Our research offers a new perspective loading pattern of the 12-wheel double-feed freight electric locomotive with the asynchronous tractive motor using an adapter transformer with the high-frequency uncoupler. This will make it possible to decrease the traction-feeding transformer mass 2.3 times, to remove the current pulse advancing on the track circuit and therefore the influence on the work of the ALSE and CBS. So the railway traffic safety will be increased considerably.

Keywords: double-feed freight electric locomotive, transformer with high-frequency uncoupler, asynchronous tractive motor

Останнім часом зафіксовано зростання вантажо- і пасажиропотоку, що вимагає вдосконалення рухомого складу залізниць. З метою підвищення конкурентоспроможності залізниць, у порівнянні з іншими видами транспорту, потрібно підвищувати прискорення і швидкість потягів, для чого необхідно підвищувати потужність електровоза з одночасним зменшенням його маси, для зменшення впливу на колію.

Особливо гостро стоїть вирішення цієї суперечної задачі для електровозів подвійного живлення, які доцільно будувати на залізницях України з метою ліквідації витрат часу при зміні електровозів у місцях стикування контактних мереж постійного струму напругою 3 кВ з мережею змінного струму на 25 кВ, також зменшення експлуатаційних витрат.

В кінці 80-х років спеціальна комісія Міжнародного союзу залізниць (МЗС) дослідила економічну ефективність використання багатосистемного ЕРС Європи і дійшла наступних висновків [1]:

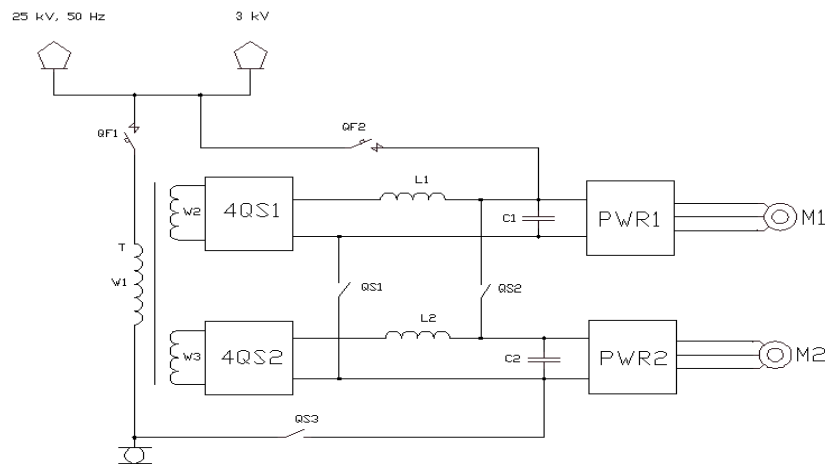
- Економічна ефективність застосування багатосистемного рухомого складу досягається в першу чергу, за рахунок скорочення числа локомотивів в порівнянні з односистемними на 15...20 %;
- Досягається економія за рахунок відмови від зупинок для зміни локомотивів не менше 30 хв;
- Зменшується кількість локомотивних бригад.

Останнім часом НВО «Електровозобудування» випускає чотирьохвісні електровози змінного струму з асинхронними тяговими двигунами (АТД) ДСЗ (рис. 1) [2].

В силових схемах цих електровозів застосовується чотирьох квадрантний випрямляч який являє собою з'єднувальне коло тягового перетворювача з контактною мережею через головний трансформатор.

Напруга проміжного контура вища, ніж напруга вторинної обмотки трансформатора. Це досягається почерговим замиканням вторинної обмотки трансформатора силовими IGBT-

За рахунок високої індуктивності розсіювання трансформатора і частоти пульсація струму згладжується і тим самим, зменшуються пікові значення струму.



Тяговий перетворювач 4QS зменшує паразитні струми додатково тим, що усі 4QS тактуються зі зміщенням. Проте повністю ліквідувати шкідливі пульсації струму на діючому рухомому складі не вдається.

Відомо, що рейкові кола одночасно використовуються в системах автоматики і автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС), а також для пропуску зворотного тягового струму на електрифікованих ділянках залізниць. Тому дія завад, які генерує рухомий склад, не повинна впливати на роботу автоматики і АЛС.

Для того, щоб більш детально розглянути вплив перешкод, що генеруються електрорухомиим складом, на роботу СЦБ необхідно розглянути схему проходження зворотного струму до тягової підстанції (рис. 2).

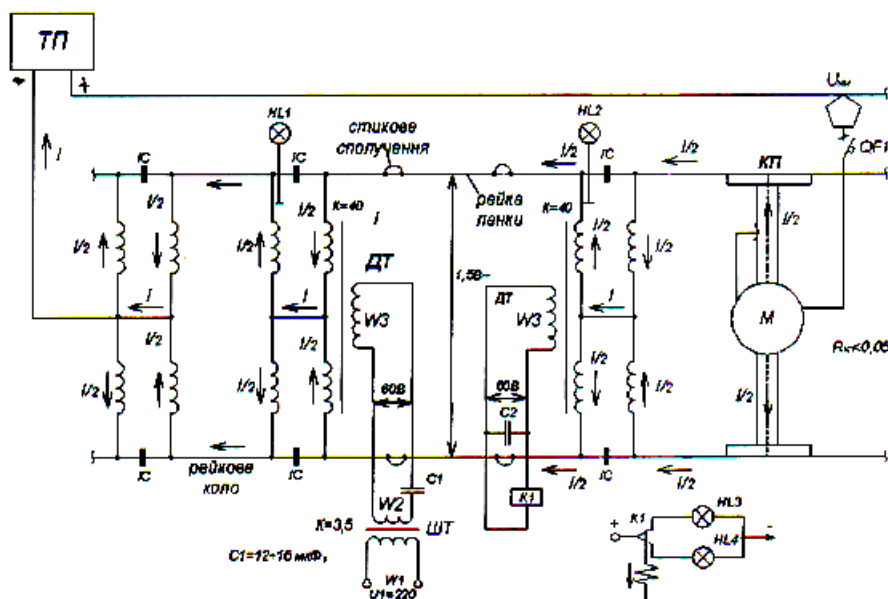


Рис. 2. Схема проходження зворотного струму до тягової підстанції

У рейковому колі можуть бути виділені три складові частини: кінець, на якому знаходиться вся апаратура, що живить рейковий ланцюг і виконує деякі інші функції; рейкова лінія, обмежена по кінцях рейкового кола ізолюючими стиками і використовується для передачі електричного струму від джерела до приймача, тобто рейкова лінія є об'єктом контролю рейкового кола; релейний кінець, де розташовані шляхове реле і інша апаратура, необхідна для роботи шляхового реле.

Напруга з вторинної обмотки трансформатора ШТ подається на додаткову обмотку дросель-трансформатора ДТ. На основній обмотці ДТ індукуються напруга, яка у К раз менше, ніж на додатковій обмотці (відповідно до коефіцієнта трансформації дросель-трансформатора). У контурі, який складається з основних обмоток ДТ живлячого і релейного кінців, а також рейкових ниток, протікає струм. На додатковій обмотці ДТ релейного кінця індукуються напруга, рівна 50-60 В. Шляхове реле притягає сектор у верхнє положення і замикає фронтові контакти.

Замикання фронтів контактів шляхового реле є ознакою вільності шляхової ділянки в межах рейкового кола.

При вступі потягу на ізольовану ділянку, рейкове коло шпунтується. Струм в рейковому колі починає замикатися в основному через колісні пари. В шляховому реле струм різко падає. В результаті рухомий контакт реле, під дією пружини, опускається в нижнє положення, розмикаючи фронтові контакти і замикаючи тилові. Розмикання фронтів контактів шляхового реле є ознакою наявності на рейковому колі перешкоди для руху.

Рейкову лінію використовують для каналізації зворотного тягового струму. Для живлення електродвигунів рухомого складу М електричний струм проходить через струмоприймачі Т. Зворотний тяговий струм протікає з колісних пар в обидві рейкові нитки і проходить по ним до межі рейкового ланцюга - до ізолюючих стиків. На кінці рейкового ланцюга струм з кожної рейкової нитки потрапляє у відповідну напівобмотку дросель-трансформатора ДТ і через середню точку переходить в наступне рейкове коло. У дросель-трансформаторі наступного рейкового кола струм розгалужується в напівобмотці рівними частками і протікає в кожен рейкову нитку. Відведення зворотного тягового струму на тягову підстанцію здійснюється по кабелю, який підключається до шини, що сполучає середні точки дросель-трансформаторів суміжних рейкових кіл.

Струм протікаючи в електричних колах електровоза не являється ідеально синусоїдальним. Струм має пульсації, а отже і має вищі гармоніки.

За дослідними даними було встановлено вплив зворотного тягового струму на електрифікованих ділянках залізниці на роботу автоматики і автоматичної локомотивної сигналізації, а саме вплив різних частот гармонік, що генеруються електрорухомим складом. В результаті було встановлено, які саме частоти є заважаючими, а які небезпечними для роботи СЦБ, а також було визначено допустимий рівень перешкод тягового струму електровоза. Дослідні дані наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Дослідні дані

Частота сигнального струму, Гц	Гранична частота полоси пропускання, Гц	Допустимий рівень перешкод тягового струму електровоза еф, А	Вид заважаючого впливу на рейкові кола
25	19...21	4	заважаючі
	21...29	1	небезпечні
	29...31	4	заважаючі
50	42...46	5	заважаючі
	46...54	1,3	небезпечні
	54...58	3	заважаючі
75	69...71	4	заважаючі
	71...79	1	небезпечні
	79...81	4	заважаючі
175	167...432	0,4	заважаючі

Тобто, найбільш небезпечні перешкоди частотою 50, 75, 100 Гц для коїйного реле пере-
гінного рельсового кола 50 Гц, які можуть при-
звести до його помилкового спрацювання [5].

В результаті проведення дослідів виявлено,
що несинусоїдальність струму в рельсових ко-
лах в значній мірі викликано роботою неліній-
них перетворювачів ЕРС та несинусоїдальністю
напруги в контактній мережі. Наявність тих або

інших вищих гармонік в складі зворотного тя-
гового струму обумовлена алгоритмом керу-
вання інвертором та швидкістю руху локомо-
тива.

Для усунення зазначених недоліків (вплив
шкідливих імпульсів ЕРС, що генеруються, на
роботу СЦБ) запропонована нова перспективна
схема силового кола з АТД (рис. 3).

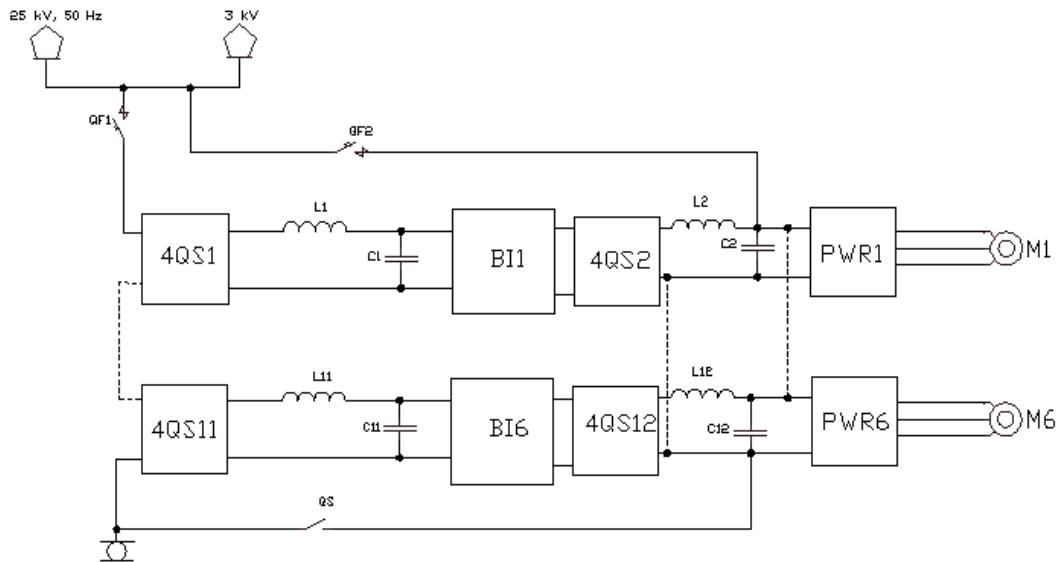


Рис. 3. Силова схема електровоза подвійного живлення з високочастотною розв'язкою трансформатора

Напруга яка поступає від контактної мережі
спочатку випрямляється перетворювачем 4QS1
за допомогою LC згладжується і поступає в
блок інвертора, де вона перетворюється знову в
змінну напругу, але більш високої частоти
(1000 Гц). Блок інвертора складається з пере-
творювача високої частоти і трансформатора.
Для того щоб знизити напругу на елементах
блока інвертора (БІ), необхідно послідовно
включити шість вхідних перетворювачів, кожен

з яких буде жити своє плече тягового пере-
творювача (ТП). Таке включення дає надійність
роботи схеми (при виході з ладу одного плеча
тягового перетворювача, п'ять працюючих да-
дуть змогу локомотиву залишатися в працездат-
ному стані).

Раніше вже була запропонована структурна
схема електровоза подвійного живлення з висо-
кочастотною трансформаторною розв'язкою
(рис. 4) [4].

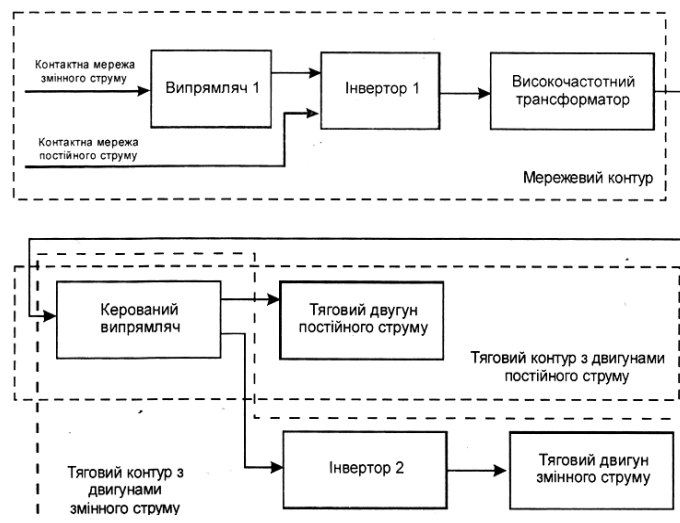


Рис. 4. Структурна схема перспективного електровоза

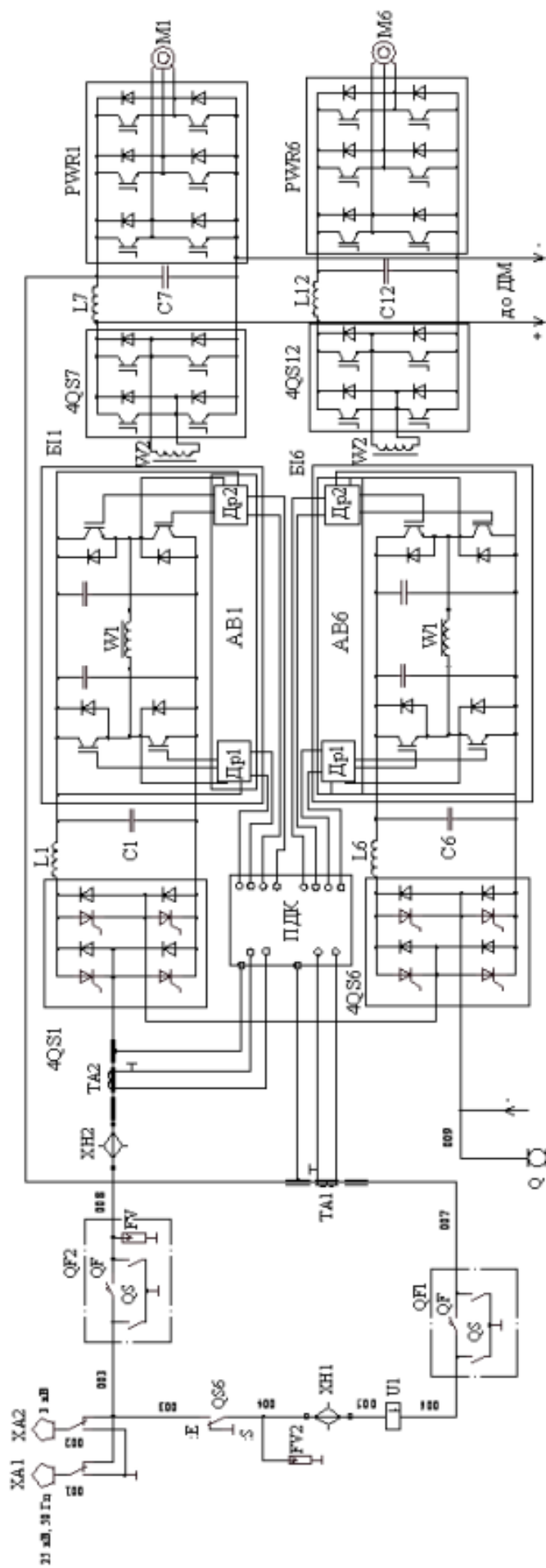


Рис. 5. Силовая схема

Проте пропонована нами принципова схема (див. рис. 3) відрізняється від структурної схеми зображеної на рис. 4 наступними змінами:

- для здійснення рекуперативного гальмування (інвертування) замість вхідного випрямляча В1 встановлюється чотирих квадрантний перетворювач 4QS;

- замість керованого випрямляча КВ встановлюється чотирих квадрантний перетворювач 4QS для підтримання постійності напруги на проміжній ланці постійного струму, а також для здійснення рекуперативного гальмування на електровозі.

Необхідно відмітити, що керований випрямляч (див. рис. 4) необхідний для плавного регулювання випрямленої напруги на колекторних тягових двигунах пульсуючого струму, а не для регулювання напруги на інверторі 2. В теперішній час інвертор 2 автоматично регулює напругу і частоту для живлення асинхронних тягових двигунів в залежності від швидкості руху електровоза.

Крім того, недоцільно подавати напругу 3 кВ на інвертор 1 (див. рис. 4). При застосуванні асинхронних тягових двигунів необхідно відразу подавати 3 кВ на інвертор 2, як це передбачено в запропонованій схемі (див. рис. 3)

Із порівняння вищевказаних схем слідує, що пропонована схема (див. рис. 3) має значні переваги над схемою, зображеною на рис. 4, тому взята за основну як найбільш раціональна.

Як приклад, силова схема шестивісного магістрального вантажного електровоза подвійного живлення із застосуванням проміжного трансформатора з високочастотною розв'язкою

і з асинхронними тяговими двигунами показана на рис. 5.

В порівнянні з діючими силовими схемами електровозів пропонована нова схема (див. рис. 3) має наступні переваги:

1. Відсутні протікання в колі зворотного струму імпульсів струму (перешкод), і завдяки цьому не впливає на роботу СЦБ і АЛСН, що значно підвищує безпеку руху поїздів.

2. Завдяки високій частоті подачі вхідної напруги (1000 Гц замість 50 Гц) масу тягового трансформатора можна знизити в 2,3 рази.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Литовченко, В. В. Современные магистральные электровозы [Текст] / В. В. Литовченко // Локомотив. – 1999. – № 1. – С. 6-12.
2. Чистяк, В. Г. Магістральний вантажо-пасажирський електровоз змінного струму ДС-3 [Текст] / В. Г. Чистяк // Киев. Локомотивинформ. – 2006. – № 1. – С. 14-15.
3. Махмутов, К. М. Устройства интервального регулирования движения поездов на железнодорожном транспорте [Текст] / К. М. Махмутов. – М.: Транспорт, 1986. – 350 с.
4. Дубінець, Л. В. Структурна схема перспективного електровозу подвійного живлення [Текст] / Л. В. Дубінець, Г. М. Чілікін, А. М. Муха. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – 3 с.
5. Миргородская, А. И. Электромагнитная совместимость подвижного состава с рельсовыми цепями [Текст] / А. И. Миргородская, В. И. Гаврилюк // Тезисы 1-й Межд. науч.-практ. конф. – Днепропетровск, 2007.

Надійшла до редколегії 11.10.2010.

Прийнята до друку 14.10.2010.

АНАЛИЗ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ КАРЬЕРНЫХ ПОЕЗДОВ

У статті наведено методику визначення складових витрати електроенергії на тягу кар'єрних потягів, а також проаналізовано ступінь їх взаємозв'язку з режимом руху потягу.

Ключові слова: тяга поїздів, витрата електроенергії, власні потреби, сила опору руху

В статье приведена методика определения составляющих расхода электроэнергии на тягу карьерных поездов, а также проанализирована степень их взаимосвязи с режимом движения поезда.

Ключевые слова: тяга поездов, расход электроэнергии, собственные нужды, сила сопротивления движению

The method of determination of constituents of expense of electric power on traction of quarry trains is resulted in the article, and also the degree of their intercommunication with the mode of train motion is analysed.

Keywords: traction of trains, expense of electric power, own needs, force of resistance to motion

Электрифицированный железнодорожный транспорт предприятий по открытой добыче полезных ископаемых является крупным потребителем электрической энергии, поэтому в связи с удорожанием топливно-энергетических ресурсов в настоящее время возросла актуальность работ по снижению энергоемкости перевозок.

Применительно к магистральному железнодорожному транспорту энергетика движения поезда с целью поиска резервов экономии электроэнергии подвергалась пристальному изучению в течение практически всей истории электрификации железных дорог. В результате получено существенное снижение энергоемкости перевозок на электрифицированных железных дорогах.

Применительно к предприятиям по открытой добыче полезных ископаемых факторы, определяющие соотношение отдельных составляющих затрат энергии на электровозную откатку, не подвергались детальному изучению и в данной статье сделана попытка восполнить этот пробел.

Энергетику движения поезда при электрической тяге можно представить в виде диаграммы, изображенной на рис. 1.

Подведенная к поезду через контактную сеть электрическая энергия A равна сумме механической работы, совершаемой тяговыми двигателями A_F (работа силы тяги), затрат энергии на питание цепей собственных нужд электроподвижного состава $A_{сн}$ и потерь энергии в тяговых электрических цепях электровоза в режиме тяги ΔA_T .

Работа, совершаемая тяговыми двигателями A_F , как показано на рис. 1, расходуется на

преодоление сил сопротивления движению (основного и от кривых пути) A_w , на изменение запаса кинетической A_k и потенциальной энергии поезда $A_{п}$.

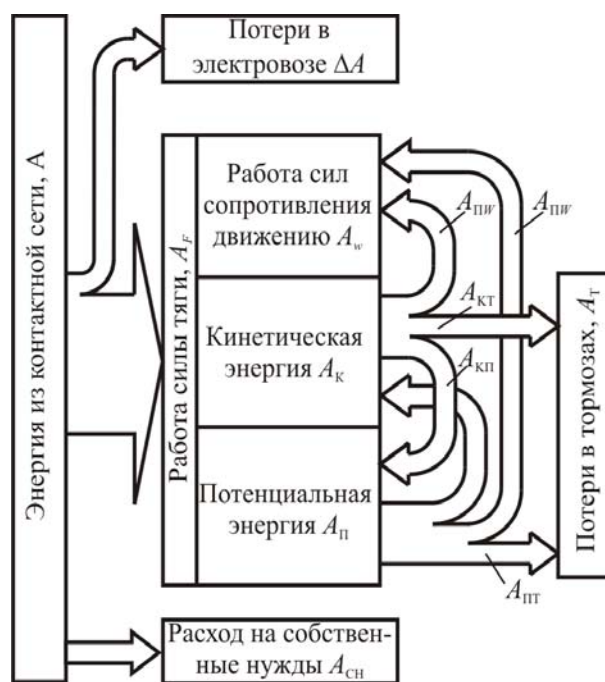


Рис. 1

Потенциальная энергия поезда увеличивается при движении на подъем за счет преобразования части работы силы тяги A_F или части кинетической энергии $A_{кп}$, высвобождаемой при снижении скорости движения.

При движении по спуску высвобождаемая потенциальная энергия превращается в работу по преодолению сил сопротивления движению $A_{пв}$, кинетическую энергию $A_{пк}$ (при увеличении скорости движения) и тепловую энергию

в тормозных устройствах $A_{пт}$ (потери в тормозах) в случае применения торможения.

Кинетическая энергия поезда A_k в зависимости от режима его ведения может превращаться в потенциальную (составляющая $A_{кп}$), расходоваться на преодоление сопротивления движению (составляющая $A_{кв}$) и гаситься в тормозных устройствах ($A_{кт}$).

Движение поезда начинается с трогания и завершается остановкой. Следовательно, суммарный баланс составляющих кинетической энергии за поездку всегда равен нулю. Поэтому уравнение энергетического баланса за поездку, представим как

$$A = A_{w_0} + A_r \pm A_{п} + A_{т} + \Delta A + A_{сн}, \quad (1)$$

где A_r и A_{w_0} – работа сил сопротивления движению соответственно от кривых пути и основного.

Рассмотрим более подробно составляющие расхода электроэнергии и проанализируем степень их взаимосвязи с режимом движения поезда, а также возможные резервы экономии электроэнергии.

Составляющие A_{w_0} , A_t , A_r и $A_{п}$ с достаточной точностью определяются аналитически, что будет показано далее. Потери электроэнергии в силовых цепях в конкретной поездке можно рассчитать, если известна зависимость от времени или пройденного пути параметров, характеризующих режим нагружения тяговых двигателей (тока якоря, частоты вращения, тока возбуждения и др.). Поэтому этот вид потерь целесообразно найти из опытных данных согласно выражению

$$\Delta A = A_0 - A_{w_0} \mp A_{п} - A_{тп} - A_{т}, \quad (2)$$

где A_0 – найденный из опыта расход электроэнергии на тягу без учета затрат энергии на питание цепей собственных нужд.

Механическая работа по преодолению основного сопротивления движению в абсолютных величинах

$$A_{w_0} = 9,81m \int_0^s w_0(s) ds, \text{ Вт} \cdot \text{с}, \quad (3)$$

где m – масса поезда, т;

s – пройденное поездом расстояние (путь), м;

w_0 – основное удельное сопротивление движению, Н/кН.

Удельный (отнесенный к единице перевозочной работы) расход рассматриваемой составляющей расхода электроэнергии

$$a_{w_0} = \frac{A_{w_0}}{3,6sm} = \frac{2,725}{s} \int_0^s w_0(s) ds, \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}}. \quad (4)$$

Определение работы по преодолению основного сопротивления движению по (3) затруднено в связи с зависимостью величины w_0 от скорости движения, являющейся функцией пройденного расстояния s . В ряде случаев это затруднение обходят, считая составляющую A_{w_0} равной работе по преодолению сопротивления движению w_0 , совершаемой при движении с некоторой постоянной скоростью v_c . Тогда выражения для A_{w_0} и a_{w_0} приобретают вид:

$$A_w = 9,81msw_0(v_c), \text{ Вт} \cdot \text{с};$$

$$a_w = 2,725w_0(v_c), \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}}. \quad (5)$$

Для приближенной оценки значений A_w и a_w можно принять в качестве v_c среднюю по времени скорость движения на участке $v_{ср} = s/T$, поскольку время движения на маршруте T можно получить из опыта.

Однако фигурирующая в выражении (5) величина v_c должна представлять не среднюю по времени, а среднюю по пути скорость движения.

Последнее утверждение очевидно из следующего.

Согласно [1] удельное основное сопротивление движению подвижного состава карьерного транспорта представляется линейной функцией скорости движения

$$w_0 = a_0 + a_1v,$$

где a_0 и a_1 – постоянные коэффициенты, а $v = ds/dt$ – скорость движения.

С учетом приведенного выражения определенный интеграл в выражении (4) можно записать как

$$\int_0^s w_0(v) ds = a_0 \int_0^s ds + a_1 \int_0^s v ds$$

$$\text{или} \quad \int_0^s w_0(v) ds = (a_0 + a_1v_{ср})s,$$

где величина

$$v_{cs} = \frac{1}{s} \int_0^s v ds \quad (6)$$

представляет среднее по пути значение скорости движения.

Известно, что $v_{cs} = v_{ct}$ только в случае движения с постоянной скоростью. В реальных условиях скорость движения поезда колеблется относительно среднего значения v_{ct} , что вызывает рост v_{cs} , поэтому практически всегда $v_{cs} > v_{ct}$.

Как показано в [2], минимум работы A_{w_0} реализуется при движении с постоянной скоростью, а любые ее отклонения от среднего значения сопряжены с ростом работы сил сопротивления движению A_w , соответствующей выполнению рейса за заданное время хода.

Отметим, что в ряде работ, например [3], указанный факт для электроподвижного состава магистральных железных дорог объясняется наличием в зависимости $w_0(v)$ составляющей, пропорциональной квадрату скорости движения. Основное сопротивление движению подвижного состава карьерного транспорта на основании (5) можно считать линейной функцией скорости движения. Однако и в этом случае, как можно показать, отклонения скорости движения от её среднего по времени значения сопряжены с ростом работы сил сопротивления движению.

В практических расчетах среднюю по пути скорость движения (6) определяют как

$$v_{cs} = \kappa_n v_{ct}, \quad (7)$$

где так называемый интегральный коэффициент кривой скорости движения [4]

$$\kappa_n = \frac{v_{cs}}{v_{ct}} = \frac{\frac{1}{s} \int_0^s v ds}{v_{ct}}. \quad (8)$$

Приведенные в [4] данные исследований показывают, что для грузовых поездов магистральных железных дорог $\kappa_n = 1,10 \div 1,20$.

Обработка кривых скорости $v(s)$, зарегистрированных в ряде опытных поездок с поездами в составе тягового агрегата ПЭ2^М, показала, что для карьерного электротранспорта интегральный коэффициент кривой скорости $\kappa_n = 1,10 \div 1,15$.

Для оценки степени увеличения механической работы A_{w_0} , обусловленного колебаниями ско-

рости относительно среднего по времени значения, рассчитаны приведенные на рис. 2 графики зависимостей отношения $w_{os}/w_0 = f(v, \kappa_n)$, где $w_{os} = w_0(v_{cs})$, а $w_0 = w_0(v_{ct})$. Можно видеть, что для карьерного транспорта рассматриваемое увеличение A_{w_0} реально не превышает 4...5 %.

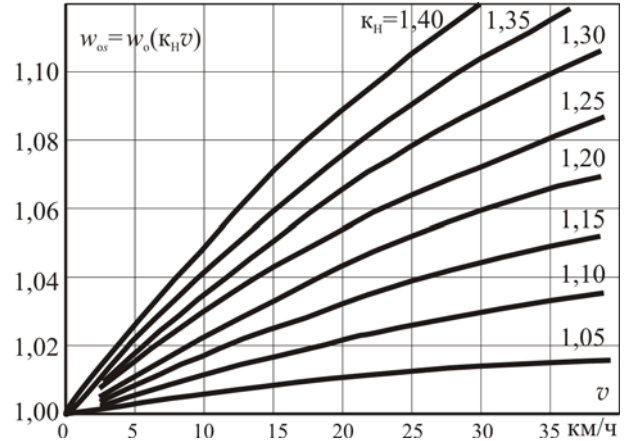


Рис. 2

В случае движения поезда вагонами вперед, он испытывает дополнительное сопротивление движению [1]

$$w_d = (0,15 + 0,001i) w_0, \text{ Н/кН},$$

которое составляет 15...20 % от величины w_0 .

Расход энергии на преодоление сопротивления движению от уклонов и кривых пути определяется массой поезда, профилем и планом пути. Его можно принять независимым от скорости движения и, следовательно, от режима ведения поезда, поскольку рекомендованные Правилами тяговых расчетов расчетные выражения для сопротивления движению от уклонов и кривых пути как для магистрального [5], так и для промышленного [1] транспорта не содержат в качестве переменной скорость движения.

Изменение потенциальной энергии поезда и работу сил сопротивления движению от кривых пути представим как:

$$A_n = 9,81m \int_0^s w_i ds = 9,81m \int_0^s i ds, \text{ Вт} \cdot \text{с}; \quad (9)$$

$$\begin{aligned} A_{rn} &= 9,81m \int_0^s w_r ds = \\ &= 9,81m \sum_{j=1}^n w_{rj} s_{kj}, \quad j = \overline{1, n}, \text{ Вт} \cdot \text{с}, \quad (10) \end{aligned}$$

где w_i – удельное сопротивление движению от уклонов, Н/кН;

i – крутизна уклона, ‰;
 w_{rj} – удельное сопротивление движению от кривых пути, Н/кН;
 s_{kj} – длина j -й кривой, м;
 n – число кривых на маршруте.

Удельный расход электроэнергии на преодоление уклонов и кривых пути в Вт·час / т·км равен:

$$a_n = \frac{2,725}{s} \int_0^s i ds; \quad (11)$$

$$a_r = \frac{2,725}{s} \sum_{j=1}^n \frac{700}{R_{kj}} s_{kj}, \quad (12)$$

где R_k – радиус кривой, м.

При движении по однообразному уклону или кривой, длина которой превышает длину поезда, имеем в Вт·час / т·км:

$$a_n = 2,725i; \quad (13)$$

$$a_r = 2,725 \frac{700}{R_k}. \quad (14)$$

Потери механической энергии при торможении (механическом или электрическом реостатном) определяются выражением [6]

$$A_t = \frac{1000m(1+\gamma)(v_n^2 - v_k^2)}{2 \cdot 3,6^2} - 9,81m \int_0^{s_T} w_k ds, \text{ Вт} \cdot \text{с}, \quad (15)$$

или
$$A_t = 10^{-6} m \left[10,72(1+\gamma)(v_n^2 - v_k^2) - 2,72 \int_0^{s_T} w_k ds \right], \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (16)$$

где v_n и v_k – значения скорости соответственно в начале и конце торможения, км/ч;

w_k – удельное сопротивление движению на участке торможения, Н/т;

s_T – расстояние, проходимое поездом за время торможения (тормозной путь), м;

$(1+\gamma)$ – коэффициент инерции вращающихся масс поезда.

Механическая работа, совершаемая при подтормаживании на вредных спусках, в случае поддержания постоянной скорости определяется как

$$A_{TB} = 9,81m(i - w_o(v))s_B, \text{ Вт} \cdot \text{с}; \quad (17)$$

$$a_{TB} = 2,725(i - w_o(v)), \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}}, \quad (18)$$

где i – уклон на вредном спуске (абсолютная величина);

s_B – протяженность вредного спуска, м.

Для электроподвижного состава с реостатным пуском из потерь в тяговых цепях ΔA при необходимости можно выделить потери в пусковых резисторах

$$A_{rp} = 9,81mk_n \left[\frac{(1+\gamma)v_n^2}{2 \cdot 3,6^2} - \int_0^{s_n} w_k ds \right], \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

или

$$A_{rp} = 2,725 \cdot 10^{-6} mk_n \times$$

$$\times \left[38,6(1+\gamma)v_n^2 - \int_0^{s_n} w_k ds \right], \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (19)$$

где k_n – коэффициент пусковых потерь;

v_n – скорость выхода на автоматическую характеристику, км/ч;

s_n – путь, проходимый поездом за время пуска, м.

Расход энергии на собственные нужды $A_{сн}$ можно рассчитать по приведенной в [1] средней мощности вспомогательных цепей или определить опытным путем, как в данном исследовании.

Об удельном весе составляющих расхода электроэнергии на тягу карьерных поездов можно судить по данным табл. 1. Они соответствуют средним значениям величин, определенным с помощью приведенных выше выражений по результатам трех опытных поездок по полному циклу движения на маршруте протяженностью 12,35 км с разностью высот конечных пунктов 224,4 м. Опыты проводились с тяговым агрегатом ПЭ2^М и составом из 9-и вагонов 2ВС-105 (масса тары поезда $m = 730$ т; расчетная масса груженого поезда $m = 1730$ т).

Анализ приведенных данных и расчетных выражений показывает, что общий расход электроэнергии и удельный вес его составляющих зависит в основном от характеристик маршрута движения (перепад высот расположения конечных пунктов; характеристики путей в местах предусмотренных остановок поезда и количество последних; протяженность участков с движением поезда головой вперед и вагонами вперед; количество и параметры кри-

вых в плане пути; доля протяженности постоянных и передвижных путей; профиль пути в местах погрузки и разгрузки). В рассматриваемом случае наибольший удельный вес в расходе электроэнергии приходится на затраты $A_{\text{п}}$, связанные с преодолением сопротивления движению от уклонов пути. Далее по убыванию

удельного веса следуют затраты на преодоление сил сопротивления движению поезда (основного, от кривых пути и добавочного) – 30,84 %, потери энергии на вредных спусках – 19,27 %, в тяговых цепях – 11,17 % и на собственные нужды – 6,25 %.

Таблица 1

**Составляющие расхода энергии на тягу карьерных поездов
(числитель – в кВт·ч, знаменатель – в % от общего расхода)**

Направление движения I	Составляющие расхода электроэнергии								
	A_o	$A_{\text{сн}}$	$A_{\text{п}}$	A_{w_o}	A_{w_d}	A_t	$A_{\text{тв}}$	A_r	ΔA
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Груженный рейс	$\frac{1730}{100}$	$\frac{113}{6,53}$	$\frac{1076}{62,2}$	$\frac{276}{15,95}$	$\frac{32}{1,85}$	$\frac{22}{1,27}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{60}{3,47}$	$\frac{151}{8,73}$
Порожный рейс	$\frac{190}{100}$	$\frac{7}{3,68}$	$\frac{-442}{-232,7}$	$\frac{136}{71,58}$	$\frac{5,5}{2,89}$	$\frac{25}{13,16}$	$\frac{370}{194,7}$	$\frac{25}{13,16}$	$\frac{63,5}{33,42}$
За цикл	$\frac{1920}{100}$	$\frac{120}{6,25}$	$\frac{634}{33,02}$	$\frac{412}{21,46}$	$\frac{37,5}{1,95}$	$\frac{47}{2,45}$	$\frac{370}{19,27}$	$\frac{85}{4,43}$	$\frac{214,5}{11,17}$

К основным факторам, определяющим структуру расхода электроэнергии по составляющим и энергоёмкости перевозок, следует отнести, в первую очередь, спрямленный уклон маршрута. Увеличение перепада высот, на которых расположены пункты погрузки и разгрузки, при прочих равных условиях приводит к росту энергоёмкости перевозок и росту удельного веса работы по изменению потенциальной энергии поезда $A_{\text{п}}$.

Снижение приведенного уклона пути на маршруте сопровождается уменьшением доли составляющей $A_{\text{п}}$ и возрастанием удельного веса других составляющих.

Определенное влияние оказывает уровень средней скорости движения. С ее уменьшением несколько снижается составляющая A_{w_o} и заметно возрастает (как по абсолютной величине, так и по удельному весу) расход на собственные нужды.

По этой причине в ряде случаев (например, при использовании тяговых агрегатов ПЭЗМ), абсолютная величина и удельный вес составляющих A_{w_o} , ΔA и $A_{\text{сн}}$ зависят от уровня используемого напряжения в системе электропитания тягового подвижного состава.

Из приведенных данных можно заключить, что при действующих схемах транспортировки горной массы независимо от характеристик профиля маршрутов резервы снижения расхода электроэнергии на тягу следует

искать на пути снижения затрат на собственные нужды $A_{\text{сн}}$ и уменьшения потерь энергии в электроподвижном составе ΔA и на вредных спусках $A_{\text{тв}}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила тяговых расчетов для поездной работы промышленных электровозов постоянного тока [Текст] / Госстрой СССР, ПромтрансНИИпроект вып. 4322. 1977. – М.: Транспорт, 1977. – Вып. 578. – С. 57-74.
2. Петров, Ю. П. Оптимальное управление движением транспортных средств [Текст] / Ю. П. Петров. – Л.: Энергия, 1969. – 96 с.
3. Обухов, В. П. Аналитический метод оперативного нормирования расхода электроэнергии на тягу поездов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / В. П. Обухов. – М.: МИИТ, 2002. – 132 с.
4. Бакланов, А. А. Расход энергии на преодоление основного сопротивления движению поезда [Текст] / А. А. Бакланов // Сб. «Исследование работы электрооборудования и вопросы прочности электроподвижного состава». – Омск, 1979. – С. 54-59.
5. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
6. Розенфельд, В. Е. Теория электрической тяги [Текст] / В. Е. Розенфельд, И. П. Исаев, Н. Н. Сидоров. – М.: Транспорт, 1983. – 328 с.

Поступила в редколлегию 14.04.2010.

Принята к печати 27.04.2010.

М. О. КОСТІН, О. О. МАРЕНИЧ (ДІПТ)

ІМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧНОЇ НАДІЙНОСТІ СИЛОВИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОНТАКТОРІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Пропонується імовірнісна модель параметричної надійності силових електромагнітних клапанних контакторів рухомого складу залізниць, використання якої дозволяє визначити ймовірність порушення умови включення контактора (тягова сила протягом усього процесу включення повинна бути більшою за результуючу протидіючу силу).

Ключові слова: імовірнісна модель, силові електромагнітні клапанні контактори, тягова сила, результуюча протидіюча сила

Предлагается вероятностная модель параметрической надежности силовых электромагнитных клапанных контакторов подвижного состава железных дорог, использование которой позволяет определить вероятность нарушения условия включения контактора (тяговая сила на протяжении всего процесса включения должна быть больше результирующей противодействующей силы).

Ключевые слова: вероятностная модель, силовые электромагнитные клапанные контакторы, тяговая сила, результирующая противодействующая сила

The probabilistic model of parametric reliability of power electromagnetic valve contactors of rolling stock which helps to evaluate the probability of failures in condition of switching a contactor (the tractive force during the whole process of operation should be greater than the resulting counteracting force) is proposed in the paper.

Keywords: probabilistic model, power electromagnetic valve contactors, tractive force, resulting counteracting force

Як відомо [1 – 3], однією з необхідних умов справного стану силових електромагнітних контакторів рухомого складу залізниць при нормальних умовах експлуатації є забезпечення нерівності:

$$Q'_\Pi < Q_M, \quad (1)$$

де Q_M – сила тяги електромагнітного приводу;

Q'_Π – результуюча протидіюча сила, приведена до осі дії сили Q_M .

При «справному» стані контактор відповідає усім вимогам нормативних документів.

Нерівність (1) виражає те, що в процесі включення значення протидіючої сили Q'_Π контактора повинно бути менше електромагнітної (тягової) сили Q_M за будь-якого зазору δ між якорем та осердям. При наших дослідженнях маємо на увазі статичну тягову характеристику, яка відповідає сталому значенню струму в котушці електромагнітного приводу.

Кожна із величин Q'_Π та Q_M залежить від багатьох факторів і тому є випадковою. Таким чином, не існує повністю визначених значень Q'_Π та Q_M , які можна було б прийняти для розрахунку надійності контакторів. Тому абсолютна вимога виконання нерівності (1) не має сенсу. Можна лише поставити умову, щоб протя-

гом усього процесу експлуатації воно було виконано з тією або іншою ймовірністю.

Тобто задача оцінки експлуатаційної надійності (і працездатності, як однієї зі сторін надійності) контакторів повинна бути вирішена у ймовірному проектуванні. Застосовуємо для цього класичну модель параметричної надійності.

Класична модель відмов є моделлю типу «навантаження – міцність» [4, 5] і базується на використанні статистичних даних повних (вихідних) випадкових величин. У нашому випадку це випадкові величини Q'_Π та Q_M .

Виходячи із умови (1) введемо величину R , що дорівнює:

$$R = Q_M - Q'_\Pi, \quad (2)$$

яку назовемо «функцією працездатності».

Тоді умовою працездатності контактора буде нерівність

$$R = Q_M - Q'_\Pi > 0. \quad (3)$$

Умова (3) повинна виконуватись і за мінімальної допустимої напруги на котушці контактора.

Оскільки величини Q_M та Q'_Π випадкові, то величина R має також випадковий характер, ймовірний закон розподілу R знайдемо корис-

туючись загальною лемою теорії ймовірності [6]. Остання стверджує, що, якщо $z = \varphi(x, y)$ є функція двох незалежних випадкових величин x та y і якщо y буде взаємно однозначною зворотною функцією z та x , тобто $y = \psi(z, x)$, то густина розподілу величини z визначається як:

$$f(z) = f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi[z, x] f(x) \left| \frac{\partial \psi(z, x)}{\partial z} \right| dx, \quad (4)$$

де $f(x)$, $\varphi[\psi(z, x)]$ – одномірні закони розподілу величин x та y .

З використанням виразів (4) та (2) знайдемо густину розподілу функції R у вигляді:

$$f(R) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi[Q_M(R, Q'_\Pi)] f(Q'_\Pi) \left| \frac{\partial Q_M(R, Q'_\Pi)}{\partial R} \right| dQ'_\Pi, \quad (5)$$

де $\varphi(Q_M)$, $f(Q'_\Pi)$ – густини розподілу величин Q_M та Q'_Π .

Із виразу (2) витікає, що $Q_M = R + Q'_\Pi$.

Тоді $\frac{\partial Q_M}{\partial R} = 1$, внаслідок чого формула (5) закону розподілу величин R спрощується і набуває вигляду (рис. 1):

$$f(R) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(Q_M) f(Q'_\Pi) dQ'_\Pi. \quad (6)$$

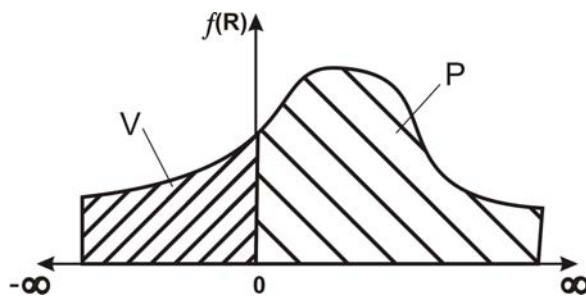


Рис. 1. Розподіл ймовірностей V та P функції $f(R)$

Тоді ймовірність V порушення нерівності (3), тобто порушення справного стану контактора, визначиться як ймовірність попадання величини R на дільницю $[-\infty, 0]$ [6]:

$$V = \int_{-\infty}^0 f(R) dR = \int_{-\infty}^0 \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(Q_M) f(Q'_\Pi) dQ_M dQ'_\Pi, \quad (7)$$

а ймовірність P виконання умови (3), тобто ймовірність справного стану контактора, буде (рис. 1):

$$P = 1 - V = 1 - \int_{-\infty}^0 f(R) dR = \int_0^{\infty} f(R) dR. \quad (8)$$

Введемо величину «коефіцієнт запасу із сили» контактора. При цьому будемо розглядати «дійсний» K_i та «умовний» K_p коефіцієнти, які відповідно дорівнюють:

$$K_i = \frac{Q_{M_{\delta_{\text{кр}}}}}{Q'_{\Pi_{\delta_{\text{кр}}}}}; \quad K_p = \frac{\bar{Q}_{M_{\delta_{\text{кр}}}}}{\bar{Q}'_{\Pi_{\delta_{\text{кр}}}}}, \quad (9)$$

де $\bar{Q}_{M_{\delta_{\text{кр}}}}$, $\bar{Q}'_{\Pi_{\delta_{\text{кр}}}}$ – середньостатистичні значення сил тягової та протидіючої при $\delta = \delta_{\text{кр}}$;

$\delta = \delta_{\text{кр}}$ – повітряний зазор між якорем та осердям в момент дотикання силових контактів.

Задача визначення ймовірностей V та P , а також коефіцієнта K_p спрощується, якщо розподіли $\varphi(Q_M)$, $f(Q'_\Pi)$ відповідають нормальному закону.

Тоді розподіл $f(R)$ в (6) також буде відповідати закону Гауса з центром:

$$\bar{R} = \bar{Q}_M - \bar{Q}'_\Pi \quad (10)$$

і дисперсією (з урахуванням взаємної незалежності Q_M та Q'_Π):

$$D_R = \sigma_R^2 = \sigma_{Q_M}^2 + \sigma_{Q'_\Pi}^2, \quad (11)$$

де σ_{Q_M} , $\sigma_{Q'_\Pi}$ – середньоквадратичні відхилення відповідно величин Q_M та Q'_Π . Ймовірності V та P визначаються через локальну функцію Лапласа $L(\alpha)$ як:

$$\left. \begin{aligned} V &= \frac{1}{2} - L(\alpha); \\ P &= \frac{1}{2} + L(\alpha), \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

де $\alpha = \frac{\bar{R}}{\sigma_R}$ назвемо «характеристикою резерву роботи контактора», що при $\delta = \delta_{\text{кр}}$ дорівнює:

$$\alpha = \frac{\bar{Q}_{M_{\delta_{\text{кр}}}} - \bar{Q}'_{\Pi_{\delta_{\text{кр}}}}}{\sqrt{\sigma_{Q_M}^2 + \sigma_{Q'_\Pi}^2}}. \quad (13)$$

Чисельні значення величин K_p , V , P та α , які визначаються відповідно за виразами (9), (12) та (13), дозволяють судити про ймовірність працездатного стану контакторів.

Чисельний приклад

Спостереження за клапанними контакторами типу МК-310Б в кількості тридцяти екземплярів показали, що шістнадцять з них не ввімкнулись повністю при напрузі кіл керування 35 В. Результати спостережень наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Статистика значень напруги на котушці приводу контактора МК-310Б, за якої контактор надійно вмикається

U , В	30,5	31,5	32,5	33	33,6	34	35,5	36
n_K	2	2	2	3	2	3	1	1
U , В	37	37,5	38,5	39	40	40,5	42	44
n_K	3	3	2	2	1	1	1	1

Кількість контакторів при досліді: $n = 30$.

n_K – кількість контакторів, які надійно вмикались при вказаній напрузі.

Під виразом «не ввімкнулись повністю» розуміємо, що після замикання силових контактів і зупинки якоря між осердям та якорем залишався зазор, який знаходився в межах 2...4,5 мм. Це пояснюється тим, що при критичному зазорі між якорем та осердям нерівність (1) не виконувалась. Такий стан контактора оцінюється як працездатний (силові контакти замикаються), але несправний (не вмикається повністю при напрузі 35 В, що не відповідає вимогам ДСТУ 2773-94 [7] до контакторів з номінальною напругою на котушці приводу 50 В). В результаті обробки статистичних даних по замірах параметрів контакторів отримані наступні значення [8]:

$$\sigma_{Q_M}^2 = 472,524 \text{ Н}^2; \quad \sigma_{Q_{II}} = 2,38 \text{ Н}^2.$$

Середні значення \bar{Q}_M та \bar{Q}'_{II} визначені при середньостатистичних значеннях аргументів функції Q_M та Q'_{II} . Формули для Q_M та Q'_{II} наведені у [8].

$$Q_M = C \frac{U^2 \cdot S_T}{R_K^2 \cdot \delta^2} + 2C \frac{U^2 \sqrt{S_T}}{R_K^2 \cdot \delta}, \text{ де } C = 1,471;$$

$$Q'_{II} = A + C_B K \frac{l_B}{l} + C_K \Delta x_K \frac{l_K}{l}.$$

Відповідно:

$$\bar{Q}_{M_{\delta_{KP}}} = C \frac{\bar{U}^2 \bar{S}_T}{\bar{R}_K^2 \cdot \bar{\delta}_{KP}^2} + 2C \frac{\bar{U}^2 \sqrt{\bar{S}_T}}{\bar{R}_K^2 \cdot \bar{\delta}_{KP}};$$

$$\bar{Q}'_{II_{\delta_{KP}}} = A + \bar{C}_B \bar{K} \frac{l_B}{l} + \bar{C}_K \cdot \Delta \bar{x}_K \frac{l_K}{l}.$$

Значення A приймаємо таким, що дорівнює граничному значенню $\bar{Q}_{M_{\delta_{вдп}}}$, тобто $A \leq \bar{Q}_{M_{\delta_{вдп}}}$.

$$\bar{Q}_{M_{\delta_{вдп}}} = C \frac{\bar{U}^2 \cdot \bar{S}_T}{\bar{R}_K^2 \cdot \bar{\delta}_{вдп}^2} + 2C \frac{\bar{U}^2 \cdot \sqrt{\bar{S}_T}}{\bar{R}_K^2 \cdot \bar{\delta}_{вдп}}.$$

В наведених формулах \bar{U} , \bar{S}_T , \bar{R}_K , $\bar{\delta}_{KP}$, $\bar{\delta}_{вдп}$ – відповідно статичні значення напруги кіл керування, площі поверхні торця осердя, активного опору котушки електромагнітного приводу, критичного (в момент дотикання силових контактів) зазору між якорем та осердям, зазору між якорем та осердям при відпущеному якорі;

\bar{C}_B , \bar{K} , \bar{C}_K , $\Delta \bar{x}_K$ – відповідно середньостатистичні значення жорсткості вимикальної пружини, різниці $(\delta_{вдп} - \delta_{KP}) = K$, жорсткості контактної пружини, початкового (до дотикання головних контактів) стиснення контактної пружини;

l , l_B , l_K – відповідно плечі дії сил тягової Q_M , вимикальної пружини Q_B , контактної пружини Q_K (рис. 2).

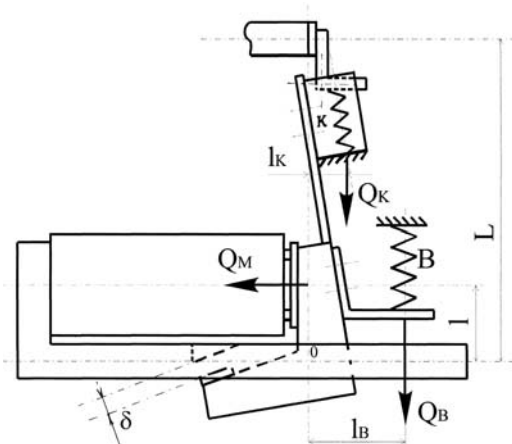


Рис. 2. Кінематична схема контактора МК-310Б

В результаті обробки статистичних даних за замірами значень параметрів – аргументів функцій Q_M та Q'_{II} – отримано:

$$\bar{U} = 37 \text{ В}; \quad \bar{S}_T = 969,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2; \quad \bar{R}_K = 61,9 \text{ Ом};$$

$$\bar{\delta}_{KP} = 3,24 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad \bar{\delta}_{вдп} = 11,48 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\bar{C}_B = 0,963 \text{ Н/мм}; \bar{K} = 8,49 \text{ мм};$$

$$\bar{C}_K = 3,15 \text{ Н/мм}; \Delta \bar{x}_K = 3,38 \text{ мм}; l_B = 73 \text{ мм};$$

$$l = 63 \text{ мм}; l_K = 26 \text{ мм}.$$

Розрахунки показали, що [8]:

$$\sigma_{Q_M}^2 = 472,524 \text{ Н}^2; \sigma_{Q_H}^2 = 2,38 \text{ Н}^2.$$

За вищенаведеними формулами:

$$\bar{Q}_{M_{\delta_{KP}}} = 1,471 \frac{37^2 \cdot 969,1 \cdot 10^{-6}}{61,9^2 \cdot 3,24^2 \cdot 10^{-6}} + 2 \times$$

$$\times 1,471 \frac{37^2 \sqrt{969,1 \cdot 10^{-6}}}{61,9^2 \cdot 3,24 \cdot 10^{-3}} = 58,624 \text{ Н};$$

$$A = \bar{Q}_{M_{\delta_{вдп}}} = 1,471 \frac{37^2 \cdot 969,1 \cdot 10^{-6}}{61,9^2 \cdot 11,48 \cdot 10^{-6}} + 2 \times$$

$$\times 1,471 \frac{37^2 \sqrt{969,1 \cdot 10^{-6}}}{61,9^2 \cdot 11,48 \cdot 10^{-3}} = 6,71 \text{ Н};$$

$$\bar{Q}'_{П_{\delta_{KP}}} = 6,71 + 0,963 \cdot 8,49 \frac{73}{63} +$$

$$+ 3,15 \cdot 3,38 \frac{26}{63} = 20,57 \text{ Н}.$$

Тоді:

$$\alpha = \frac{58,624 - 20,57}{\sqrt{472,524 + 2,38}} \approx 1,75.$$

Відповідно додатку 1 [9] отримуємо значення функції Лапласа: $L(\alpha) = 0,0863$.

Тобто

$$V = \frac{1}{2} - 0,0863 = 0,4137;$$

$$P = \frac{1}{2} + 0,0863 = 0,5863.$$

Умовний коефіцієнт K_P дорівнює:

$$K_P = \frac{58,624}{20,57} = 2,85.$$

Значення $K_P = 2,85$, яке отримане в результаті обробки статистичних даних масиву контакторів, рекомендується забезпечувати при регулюванні контакторів. У теперішній час нормативні документи не передбачають перевірки і забезпечення певного значення цього коефіцієнта при регулюванні контактора після ремонту.

Висновок

1. Запропонована модель параметричної надійності силових електромагнітних контакторів рухомого складу залізниць може застосовуватись для визначення ймовірності справного стану вказаних контакторів.

2. З метою підвищення імовірності справного стану контакторів в експлуатації у діючу нормативну документацію потрібно внести вимогу, щоб після ремонту перевірявся істинний коефіцієнт запасу сили K_i кожного контактора.

Значення K_i при регулюванні клапанних електромагнітних контакторів повинно дорівнювати встановленому в результаті проведених автором досліджень $K_P = 2,85$, або перевищувати його на декілька процентів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Тихменев, Б. Н. Подвижной состав электрифицированных железных дорог [Текст] / Б. Н. Тихменев, Л. М. Трахтман. – М.: Транспорт, 1991. – 471 с.
2. Захарченко, Д. Д. Тяговые электрические аппараты [Текст] / Д. Д. Захарченко. – М.: Транспорт, 1991. – 247 с.
3. Электрооборудование вагонов [Текст] / А. Е. Зорохович [и др.]. – М.: Транспорт, 1982. – 367 с.
4. Болотин, В. В. Статистические методы в строительной механике [Текст] / В. В. Болотин. – М.: Изд-во по строительству, 1965. – 279 с.
5. Гумбель, Э. Статистика экстремальных значений [Текст] / Э. Гумбель. – М.: Мир, 1965. – 451 с.
6. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей [Текст] / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1964. – 576 с.
7. ДСТУ 2773-94 Апарати електричні тягові. Загальні технічні умови [Текст]. – 1996. – 82 с.
8. Маренич, А. А. Метод оценки технологической стабильности [Текст] / А. А. Маренич, Н. А. Костин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 37. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2011. – С. 89-95.
9. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2004. – 404 с.

Надійшла до редколегії 21.10.2010.
Прийнята до друку 27.10.2010.

Р. В. КРАСНОВ (ДІІТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕГРІВУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА (ДК-409) КОМПРЕСОРА (ЭК-7Б) ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ (ЭР-1, ЭР-2) ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ

В статті показано методику дослідження теплових процесів, що протікають у електродвигуні компресора електропоїзда з метою визначення величин перегріву, які в подальшому будуть використані для оцінки ступеню їх впливу на стан ізоляції.

Ключові слова: перегрів електродвигуна компресора, електропоїзд постійного струму, тепла схема заміщення

В статье показано методику исследования тепловых процессов, протекающих в электродвигателе компрессора электропоезда с целью определения значений перегрева, которые в дальнейшем будут использованы для оценки степени их воздействия на состояние изоляции.

Ключевые слова: перегрев электродвигателя компрессора, электропоезд постоянного тока, тепловая схема замещения

The article shows the method of investigation of thermal processes occurring in the electric compressor motor of rolling stock to determine the values of overheating, which will later be used to assess their impact on the state of isolation.

Keywords: overheating of electric compressor motor, DC electric train, thermal circuit of substitution

Статистика виходу з ладу в депо Дніпропетровськ двигунів ДК 409 (електропоїздів ЭР1, ЭР2) показує [1], що кількість виходу з ладу вказаних типів двигунів по роках складає: 2000 р. – 56; 2001 р. – 34; 2002 р. – 42; 2003 р. – 56; 2004 р. – 31; 2005 р. – 32; 2006 р. – 25; 2008 р. – 26; 2009 р. – 15; 2010 р. – 12. Причому «електричні» пошкодження (прогар обмотки якоря та обмотки головного полюса) складають основну масу пошкоджень. Згідно [5] гранично – допустимий перегрів ізоляції класу В електродвигуна компресора для якоря складає 120 °С, а для полюсів – 130 °С. Тому теплову схему заміщення розглянемо відносно якоря двигуна [2, 6].

При створенні теплової схеми прийняті наступні допущення:

- температура усього об'єму міді якоря однакова;
- температура осердя якоря, включаючи й зубці, також однакова у всьому об'ємі;
- відводом тепла через клини, які призначені для закріплення обмотки в пазах, через їх малу теплопровідність, нехтуємо;
- теплопровідність сталевих обмоткотримачів приймаємо рівною безкінечності, що означає – відвід тепла від лобових з'єднань обмотки через обмоткотримачі відбувається без перепаду тепла в них;
- температура повітря, яке охолоджує як зовнішні, так і внутрішні поверхні якоря однакова.

Загальна схема протікання теплових потоків показана на рис. 1.

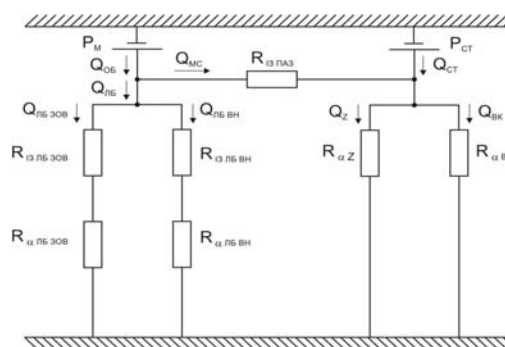


Рис. 1. Еквівалентна тепла схема якоря електродвигуна ДК-409

У колі є два джерела теплових потоків: обмотка якоря з втратами в ній p_M та сталеве осердя якоря із втратами p_{CT} . Як правило, мідь обмотки нагрівається до більш високої температури, ніж сталь осердя.

Тепловий потік $Q_{об} = p_M$ ділиться на два:

$$Q_{об} = Q_{ЛБ} + Q_{МС} \quad (1)$$

Перший з них $Q_{ЛБ}$ передається повітрю, яке охолоджує, через тепловіддаючі поверхні лобових з'єднань обмотки; другий $Q_{МС}$ переходить із міді обмотки через пазову ізоляцію з опором $R_{изпз}$ у сталь осердя якоря.

Потік від лобових з'єднань $Q_{\text{лб}}$ у свою чергу ділиться на два:

$$Q_{\text{лб}} = Q_{\text{лбзов}} + Q_{\text{лбвн}}, \quad (2)$$

де $Q_{\text{лбзов}}$ – потік, який проходить скрізь ізоляційне покриття зовнішньої поверхні лобових з'єднань (тепловий опір $R_{\text{ізлбзов}}$) і який передається з цієї поверхні охолоджуючому повітрю – тепловий опір цієї охолоджуючої поверхні $R_{\alpha\text{лбзов}}$; $Q_{\text{лбвн}}$ – потік, який проходить скрізь ізоляційний шар із внутрішнього боку лобових з'єднань (тепловий опір його $R_{\text{ізлбвн}}$) і передається з нього повітрю, яке охолоджує – тепловий опір цієї охолоджуючої поверхні $R_{\alpha\text{лбвн}}$.

Тепловий потік $Q_{\text{мс}}$, який проходить від міді обмотки в сталеве осердя, складається з власним тепловим потоком якоря $Q_{\text{ст}} = p_{\text{ст}}$. Сумарний тепловий потік $Q_{\text{ст}} + Q_{\text{мс}}$ віддається охолоджуючому повітрю двома шляхами: з поверхні зубців якоря, які мають тепловий опір $R_{\alpha\text{з}}$ у розмірі $Q_{\text{з}}$ та з поверхні внутрішніх вентиляційних каналів, які мають тепловий опір $R_{\alpha\text{вк}}$ у розмірі $Q_{\text{вк}}$. Таким чином,

$$Q_{\text{ст}} + Q_{\text{мс}} = Q_{\text{з}} + Q_{\text{вк}}. \quad (3)$$

Перший з них $Q_{\text{лб}}$ передається повітрю, яке охолоджує, через тепловіддаючі поверхні лобових з'єднань обмотки; другий $Q_{\text{мс}}$ переходить із міді обмотки через пазову ізоляцію з опором $R_{\text{ізпаз}}$ у сталь осердя якоря.

Тепловий опір R_{α} охолоджуючої поверхні дорівнює [2]:

$$R_{\alpha} = \frac{1}{\alpha_v \cdot S}, \quad (4)$$

де α_v – коефіцієнт теплорозсіювання у повітрі, яке рухається, $\text{Вт}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}^2$; S – поверхня нагрітого тіла, з якої відводиться тепло шляхом конвекції, см^2 .

Коефіцієнт α_v можна визначити по емпіричній залежності [2]:

$$\alpha_v = \alpha(1+0,1v), \quad (5)$$

де α – коефіцієнт теплорозсіювання у повітрі, яке не рухається, $\text{Вт}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}^2$; v – швидкість охолоджуючого повітря в $\text{м}/\text{с}$.

Коефіцієнт α_v , який визначає значення сталого перевищення температури:

$$\tau = Q/(\alpha_v \cdot S), \quad (6)$$

що являє собою не фізичний коефіцієнт тепло-розсіювання поверхні, а розрахункову величину, значення якої залежить від вибору значення S при заданих втратах Q , тобто при розрахунках α_v потрібно вказувати, як повинна бути розрахована поверхня охолодження.

По аналогії з формулою закону Ома для електричних кіл вираз (6) запишеться наступним чином:

$$\tau = Q \cdot R_{\alpha}, \quad (7)$$

де R_{α} – тепловий опір охолоджуючої поверхні.

Тепловий опір ізоляції $R_{\text{із}}$ визначається формулою [3]:

$$R_{\text{із}} = \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda \cdot S}, \quad (8)$$

де $\delta_{\text{із}}$ – товщина ізоляції; λ – питома тепло-провідність ізоляційного матеріалу.

Питома теплопровідність теплового кола аналогічна питомій електропровідності електричного кола.

Знаючи розміри і характер тепловіддаючих поверхонь, а також матеріал і товщини ізоляційних покриттів, характер та ефективність системи вентиляції, враховуючи схему теплових потоків в якорі двигуна (рис. 2), використовуючи формули (8) та (4) визначаються значення теплових опорів як тепловіддаючих поверхонь ($R_{\alpha\text{лбзов}}$, $R_{\alpha\text{лбвн}}$, $R_{\alpha\text{з}}$, $R_{\alpha\text{вк}}$), так і теплових опорів шарів ізоляції ($R_{\text{ізпаз}}$, $R_{\text{ізлбзов}}$, $R_{\text{ізлбвн}}$).

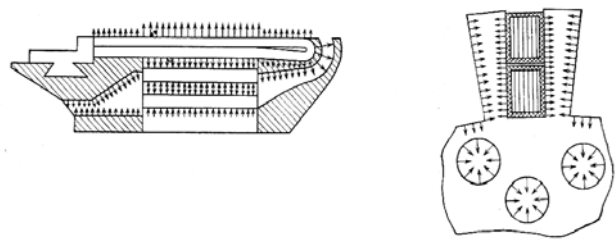


Рис. 2. Схема теплових потоків в якорі електродвигуна ДК-409

Після цього знаходять загальні опори тепловому потоку зовнішньої ($R_{\text{лбзов}}$) та внутрішньої ($R_{\text{лбвн}}$) поверхонь лобових з'єднань:

$$\begin{cases} R_{\text{лбзов}} = R_{\text{ізлбзов}} + R_{\alpha\text{лбзов}} \\ R_{\text{лбвн}} = R_{\text{ізлбвн}} + R_{\alpha\text{лбвн}} \end{cases} \quad (9)$$

Тоді схему на рис. 1 можна представити у наступному вигляді – рис. 3.

Аналогічно, загальний опір тепловому потоку $Q_{CT} + Q_{MC}$, який віддається сталевому осерддю якоря:

$$R_{CT} = \frac{R_{\alpha Z} \cdot R_{\alpha BK}}{R_{\alpha Z} + R_{\alpha BK}}. \quad (11)$$

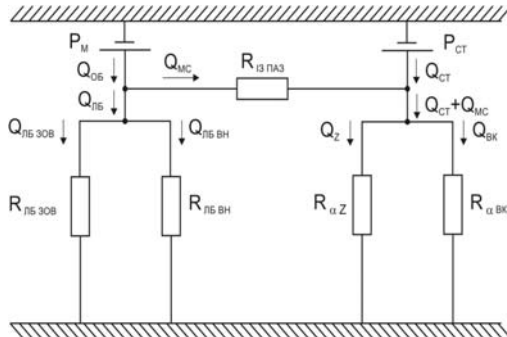


Рис. 3. Еквівалентна теплова схема якоря двигуна ДК-409 (перший етап перетворення)

Тоді теплова схема рис. 3 приймає вигляд – рис. 4.

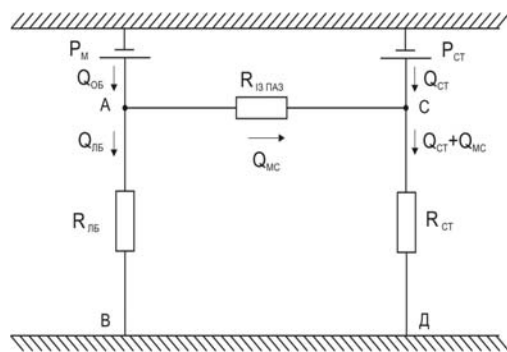


Рис. 4. Еквівалентна теплова схема якоря двигуна ДК-409 (другий етап перетворення)

Відносно схеми приведеної на рис. 4 можна написати наступне. Тепловий потік Q_{LB} , проходячи через тепловий опір R_{LB} , зумовлює перепад температури між обмоткою над температурою охолоджуючого повітря, який дорівнює:

$$\tau_{обм} = Q_{LB} \cdot R_{LB}. \quad (12)$$

Перевищення температури сталі осердя над температурою охолоджуючого повітря дорівнює:

$$\tau_{CT} = (Q_{CT} + Q_{MC}) \cdot R_{CT}. \quad (13)$$

Крім того, спад теплового потенціалу на ділянці АВ дорівнює спаду потенціалу на ділянці СД, тобто:

$$Q_{LB} \cdot R_{LB} = Q_{MC} \cdot R_{\alpha Z} + (Q_{CT} + Q_{MC}) \cdot R_{CT}. \quad (14)$$

Маємо систему із чотирьох рівнянь:

$$\begin{cases} Q_{обм} = Q_{LB} + Q_{MC} \\ \tau_{обм} = Q_{LB} \cdot R_{LB} \\ \tau_{CT} = (Q_{CT} + Q_{MC}) \cdot R_{CT} \\ Q_{LB} \cdot R_{LB} = Q_{MC} \cdot R_{\alpha Z} + (Q_{CT} + Q_{MC}) \cdot R_{CT} \end{cases} \quad (15)$$

У системі (15) маємо чотири невідомих: Q_{LB} , Q_{MC} , $\tau_{обм}$, τ_{CT} . Розв'язок цієї системи дозволяє знайти значення перевищення температури $\tau_{обм}$ та τ_{CT} . Обмежуючим є значення перевищення температури обмотки $\tau_{обм}$ (це значення для ізоляції класу В дорівнює 120 °С).

Для розв'язку системи рівнянь (15) необхідно мати величини теплових опорів R_{LB} , R_{CT} , $R_{\alpha Z}$, а також теплові потоки $Q_{обм} = p_M$ і $Q_{CT} = p_{CT}$.

Знаючи розміри та характер тепловіддаючих поверхонь, матеріал і товщину ізоляційних покриттів, а також характер та ефективність системи вентиляції, використовуючи вирази (4), (8) можливо визначити величини теплових опорів R_{LB} , R_{CT} , $R_{\alpha Z}$.

Втрати в міді обмотки якоря можуть бути отримані з наступної залежності [4, 6]:

$$p_M = \left(\frac{I}{2 \cdot a} \right)^2 \cdot \frac{N \cdot l_{пр}}{4600 \cdot S_{пр}}, \quad (16)$$

де I – струм навантаження, А; a – число пар паралельних віток обмотки; N – число провідників обмотки якоря; $l_{пр}$ – довжина половини витка обмотки, см; $S_{пр}$ – площа поперечного перерізу провідника, мм².

Сумарні втрати в сталі якоря машини при будь-якій частоті та індукції можна виразити у вигляді [4, 6]:

$$p_{CT} = p_{[1/50]} \cdot \left(\frac{f}{50} \right)^\beta \cdot B^2 \cdot G_{CT}, \quad (17)$$

де $p_{[1/50]}$ – питомі втрати при $B=1$ Тл і $f=50$ Гц, Вт/кг; f – частота перемагнічування сталі, Гц; β – показник степені, рівний в середньому для слабо легованих сталей $\beta=1,5$; B – розрахункова індукція в якорі машини, Тл; G_{CT} – маса якоря машини, кг.

Відомо, що методом теплових схем можна підрахувати перегрів тільки в стаціонарних режимах роботи електричної машини, тобто отриманий перегрів обмотки якоря $\tau_{обм}$ в результаті розв'язання системи рівнянь (15) є кін-

цевим при тривалій роботі машини із струмом навантаження I .

Найбільший інтерес представляють перехідні режими роботи двигуна і відповідно характер теплових процесів в цих режимах.

Визначаємо величину перегріву необхідної частини електричної машини за відомий проміжок часу, наприклад в режимі пуску [2, 4]:

$$\tau_t = \tau_{\text{кн}} \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{T_y}\right)} \right) + \tau_0 \cdot e^{-\left(\frac{t}{T_y}\right)}, \quad (18)$$

де $\tau_{\text{кн}}$ – кінцевий перегрів даної частини машини, °C; T_y – постійна часу нагрівання якоря двигуна, хв.; t – час перехідного процесу, хв.; τ_0 – початковий перегрів даної частини машини, °C.

Оскільки розрахунок величини перегріву явірної обмотки електричної машини досить трудомісткий процес, то доцільно його автоматизувати з допомогою спеціальних математичних програм на ЕОМ.

Вихідними даними для розрахунку величин перегріву є значення еквівалентних струмів, що отримані за допомогою раніше створеної математичної моделі [7] і наведені на рис. 5.

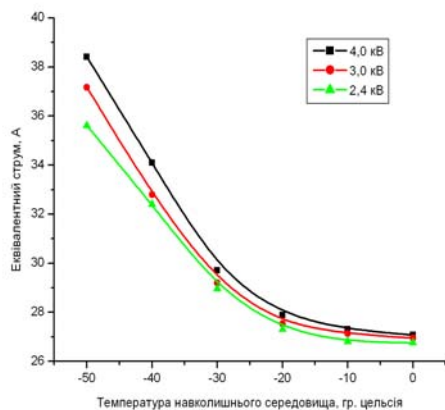


Рис. 5. Залежність величини еквівалентного струму від температури навколишнього середовища при різних значеннях напруги в контактній мережі

Таким чином, кінцевим результатом даного дослідження є отримання значень перегріву ізоляції якоря класу В електродвигуна компресора при різних умовах його пуску – при різній тривалості пуску, при температурі навколишнього середовища від -50 °C до -10 °C та значеннях напруги в контактній мережі – 2,4...3,0 кВ.

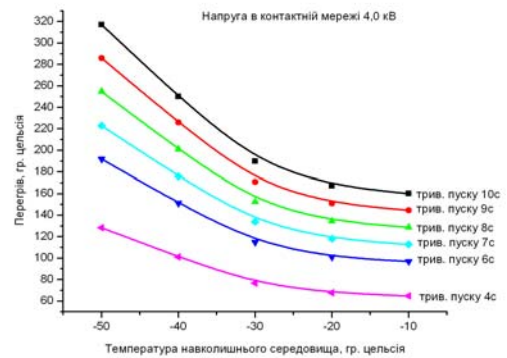


Рис. 6. Залежність величини перегріву ізоляції електродвигуна ДК-406 від температури навколишнього середовища при різній тривалості пуску при напрузі в контактній мережі 4,0 кВ

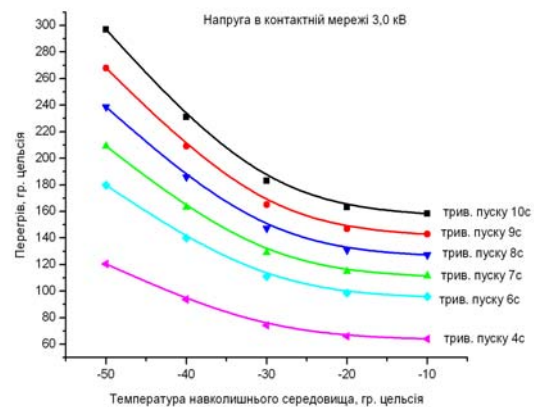


Рис. 7. Залежність величини перегріву ізоляції електродвигуна ДК-406 від температури навколишнього середовища при різній тривалості пуску при напрузі в контактній мережі 3,0 кВ

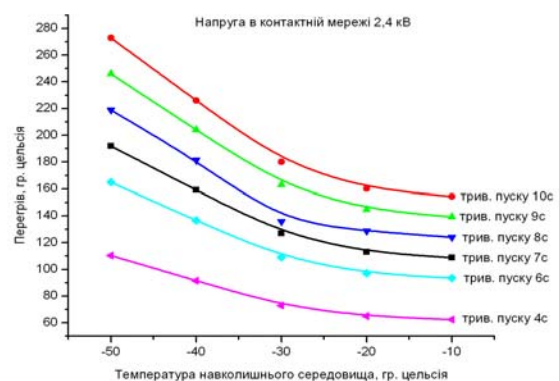


Рис. 8. Залежність величини перегріву ізоляції електродвигуна ДК-406 від температури навколишнього середовища при різній тривалості пуску при напрузі в контактній мережі 2,4 кВ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Вплив умов експлуатації на надійність двигунів компресорів електропоїздів постійного струму [Текст] / Л. В. Дубинець [та ін.] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 29-31.
2. Подвижной состав электрических железных дорог: тяговые электромашины и трансформаторы [Текст] / под общ. ред. Д. Д. Захарченко. – М.: Транспорт, 1968. – 295 с.
3. Копылов, И. П. Проектирование электрических машин [Текст] : учеб. пособие для вузов / И. П. Копылов, Ф. А. Горяинов. – М.: Энергия, 1980. – 496 с.
4. Костенко, М. П. Электрические машины: машины постоянного тока, трансформаторы [Текст] / М. П. Костенко, Л. М. Пиотровский. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 544 с.
5. Правила ремонту электрических машин электро-возов і електропоїздів. ЦТ – 0063 [Текст]: Затв. і введ. в дію: Наказ Мінтрансзв'язку України від 27.02.2003 р. № 53Ц / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2003. – 281 с.
6. Находкин, М. Д. Электрические машины постоянного тока. [Текст] : учеб. пособие для вузов / М. Д. Находкин. – М.: Высш. шк., 1960. – 325 с.
7. Дослідження перехідних процесів при пускові двигуна компресора електропоїзда ЕР2 (ЕР1) постійного струму [Текст] / Л. В. Дубинець [та ін.] // Вісник Нац. техн. ун-ту «Харківський політехн. інт». Зб. наук. пр. Тематичний вип.: проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ «ХПІ», 2008. – № 7. – С. 56-61.

Надійшла до редколегії 22.11.2010.

Прийнята до друку 25.11.2010.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ТЯГОВІЙ МЕРЕЖІ

Виконано дослідження впливу коефіцієнта варіацій міжпоїздного інтервалу на втрати електроенергії в тяговій мережі.

Ключові слова: втрати електроенергії в тяговій мережі, коефіцієнт варіацій міжпоїздного інтервалу

Выполнено исследование влияния коэффициента вариации межпоездного интервала на потери электроэнергии в тяговой сети.

Ключевые слова: потери электроэнергии в тяговой сети, коэффициент вариации межпоездного интервала

The researches of the influence of variation coefficient of inter-train interval on the losses of electric power in traction line are discussed.

Keywords: losses of electric power in traction line, variation coefficient of inter-train interval

Вступ

На сьогоднішній день провідна роль у здійсненні вантажоперевезень належить електрифікованому транспорту. Одним з напрямів удосконалення технології перевізного процесу є визначення раціональних режимів системи тягового електропостачання. Багато учених займалися даною проблемою [2, 8, 3, 1, 5]. Проте питання впливу організації руху поїздів, показників поїздопотоків на енергетичні показники системи тягового електропостачання потребує подальшого вивчення.

Дослідження цих питань вимагає застосування методів розрахунку систем електропостачання, які можуть враховувати характеристики транспортного процесу.

На кафедрі електропостачання ДНУЗТ розроблено метод розрахунку систем тягового електропостачання, де потік поїздів представляється як потік відновлення [7, 6]. Ця методика розрахунку системи електропостачання заснована на представленні потоку поїздів як потоку випадкових подій з обмеженим наслідком, а струмоспоживання електровозів як нестаціонарного випадкового процесу. Вона може бути використана не тільки для вирішення завдання оптимізації, але і як самостійна методика розрахунку системи електропостачання або входити складовою частиною в інші завдання оптимізації системи тягового електропостачання.

Такий підхід дозволяє враховувати вплив нерівномірності потоків поїздів на енергетичні показники системи електропостачання електрифікованого транспорту (перш за все – втрати електроенергії в елементах системи тягового електропостачання).

Мета дослідження

Метою даної статті є дослідження закономірностей впливу показників потоку поїздів на втрати електроенергії в тяговій мережі. Знання цих закономірностей дозволить знайти раціональні режими роботи системи електропостачання електрифікованого транспорту.

Основна частина

Існуючі методи розрахунку мереж базуються на заданих схемах живлення, кількості, розміщення та значень навантажень. Навантаження можуть бути задані у вигляді струмів або потужності. Розрахунок тягової мережі принципово відрізняється від розрахунку стаціонарних мереж. Система тягового електропостачання представляє собою багатовимірну стохастичну нелінійну систему. При виборі методів розрахунків таких систем приходиться знаходити компроміс між: точністю або трудомісткістю.

Найбільш розповсюджені наступні три групи методів розрахунку систем електропостачання, які показано на рис. 1:

- 1) методи розрахунку по заданому графіку руху поїздів;
- 2) методи розрахунку по середніх розмірах руху поїздів;
- 3) методи розрахунку з урахуванням нерівномірності руху поїздів;

Методи розрахунку по заданому графіку руху поїздів

Ці методи розрахунку, засновані на використанні графіка руху поїздів і кривих споживаних струмів, отриманих за наслідками тягових розрахунків.

До цієї групи методів можна віднести: методи рівномірного перетину графіка руху поїздів, характерних перетинів графіка руху поїздів,

безперервного дослідження графіка руху поїздів.

Основною складністю у використанні цих методів є трудомісткість.



Рис. 1. Існуючі методи розрахунку систем електропостачання електричного транспорту

Методи розрахунку по середніх розмірах руху поїздів

Методи розрахунку по середніх розмірах руху поїздів створювалися і розвивалися в 20-і рр. минулого сторіччя.

Ці методи також не враховують коливання числа поїздів. Результати розрахунків в цьому випадку будуть заниженими.

До цієї групи методів можна віднести методи рухомих навантажень, рівномірно розподіленого навантаження, узагальнений аналітичний метод.

Методи розрахунку з урахуванням нерівномірності руху поїздів

До цієї групи методів можемо віднести: методи які базуються на представленні струму і кількості поїздів випадковим розміром, методи які базуються на представленні процесу руху поїздів як потоку випадкових подій.

Розглянемо метод який базуються на представленні процесу руху поїздів як потоку випадкових подій. Якщо розглянути число поїздів у фідерної зоні випадкове із-за випадкового їх розташування в зоні живлення і безперервного руху, це число є основним чинником, що визначає навантаження в системі тягового електропостачання.

Будь-яка випадкова величина якнайповніше характеризується законом її розподілу, який

визначає імовірність знаходження у фідерній зоні конкретного числа поїздів. Тобто ця методика розрахунків буде враховувати нерівномірність навантаження. І цю методику ми використали для дослідження залежності впливу показників транспортного потоку на втрати електроенергії в тяговій мережі.

Зміна положення поїздів при русі по ділянках є стохастичним процесом і неідентичним у просторі та часі. Поїзда в потоці слідують з різними швидкостями на різних відстанях один від одного, таким чином швидкості поїздів та інтервали між ними, зафіксовані у випадкові моменти часу є також випадковими показниками. Отже рух поїздів, маючи детерміновану основу, яка визначається графіком руху, по своїй фізичній природі – процес ймовірнісний. Також слід відрізнити часовий і просторовий процеси руху потоку поїздів [4].

Визначення умовних ймовірностей появи поїздів базується на використанні густини відновлення, яка в теорії надійності відома ще як параметр потоку відмов. Визначається вказаний параметр через густину розподілу міжпоїзних інтервалів шляхом вирішення інтегрального рівняння Вольтерра другого роду:

$$h(t) = f(t) + \int_0^t f(x)h(t-x)dx, \quad (1)$$

де $f(t)$ – густина розподілення міжпоїзних інтервалів;

$h(t)$ – інтенсивність потоку поїздів;

t – час.

Поведінка функції $h(t)$ сильно залежить від коефіцієнта варіації, а також міжпоїзного інтервалу.

Рівняння (1) можемо записати і в іншій формі, якщо потрібно визначити імовірність розподілу:

$$f(t) = h(t) + \int_0^t h(t-x)f(x)dx, \quad (2)$$

При вирішенні рівняння Вольтерра другого роду, і використавши методику розрахунків систем тягового електропостачання, яка розроблена в ДНУЗТ. Ми можемо перейти до знаходження втрат електроенергії в тяговій мережі за наступними формулами.

Інтенсивність потоку поїздів $h(t)$ пов'язана з інтенсивністю потоку $\lambda(l)$ інтегральним рівнянням [4]

$$\lambda(l) = \frac{h(t)}{\vartheta}, \quad (3)$$

де ϑ – середня швидкість руху поїздів.

Середній струм на шинах тягової підстанції [6]:

$$\bar{i}_v = \sum_{v=1}^m \bar{i}_v \cdot \bar{n}_v \cdot \bar{\psi}_{sv}; \quad \bar{n}_v = \lambda_v \cdot l_v, \quad (4)$$

де \bar{i}_v – середній струм зони;

\bar{i}_v – середній струм в тяговій мережі на v -тій секції;

\bar{n}_v – кількість поїздів на v -тій секції;

$\bar{\psi}_{sv}$ – значення функції струмового завантаження перетину „S” при розташуванні поїзда на v -му відрізку.

Середні втрати потужності в тяговій мережі від навантажень поїздів виразимо інтегралом від епюри середнього квадрата струму на розрахунковій ділянці

$$\Delta \bar{p} = \int_0^l \bar{i}_v^2(s) \cdot r_0(s) ds, \quad (5)$$

де $\Delta \bar{p}$ – середні втрати потужності;

l – відстань;

\bar{i}_v – еквівалентний струм;

r_0 – опір.

При струмоспоживанні по кожній та за відсутності зрівняльних струмів запишемо наступний вираз для середніх втрат потужності зони:

$$\Delta \bar{p} = r_3 \cdot (\beta_{I1} \cdot (J_1 + J_2) + \beta_{II1} \cdot (I_1^2 + I_2^2) + \beta_{III2} \cdot I_1 \cdot I_2), \quad (6)$$

де r_3 – опір зони;

J_1, J_2 – квадрат струмів поїздів на першому та другому шляху;

I_1, I_2 – струм поїздів на першому та другому шляху.

Коефіцієнти виразу (6), обчислені підсумовуванням елементів відповідних блоків приведених матриць, дано в табл. 1 [6].

Таблиця 1

Коефіцієнти

Схема живлення	Коефіцієнти					
	β_{I1}	β_{II1}	β_{III2}	β_I	β_{II}	β_{III}
Консольна	0,500	0,161	,	0,500	0,161	0,333
Двобічна	0,166	0,038	,	0,166	0,038	0,083
Вузлова	0,125	0,022	0,062	0,250	0,107	0,166
Трьохвузлова	0,104	0,019	0,078	0,209	0,116	0,166
П'ятивузлова	0,083	0,018	0,093	0,166	0,131	0,166

Розрахуємо втрати електроенергії в тяговій мережі ділянки постійного струму «С2-Ч». Схема заміщення ділянки представлена на рис. 2.

Вихідні дані:

- Пікети тягових підстанцій, а також ППС та ПСК;
- Нормальне положення вимикачів на ППС та ПСК показано на рис. 2;
- Тип контактної підвіски на ділянці М-120+2МФ-100+2А-185, М-120+2МФ-100+А-185.

Нерівномірність потоку поїздів будемо характеризувати коефіцієнтом варіації міжпоїзного інтервалу $K_v = \frac{\sigma}{m}$. Авторами створено

математичну модель в MathCad. Змінюючи K_v , розраховуємо відсоток втрат в тяговій мережі проводячи багатоваріантні розрахунки.

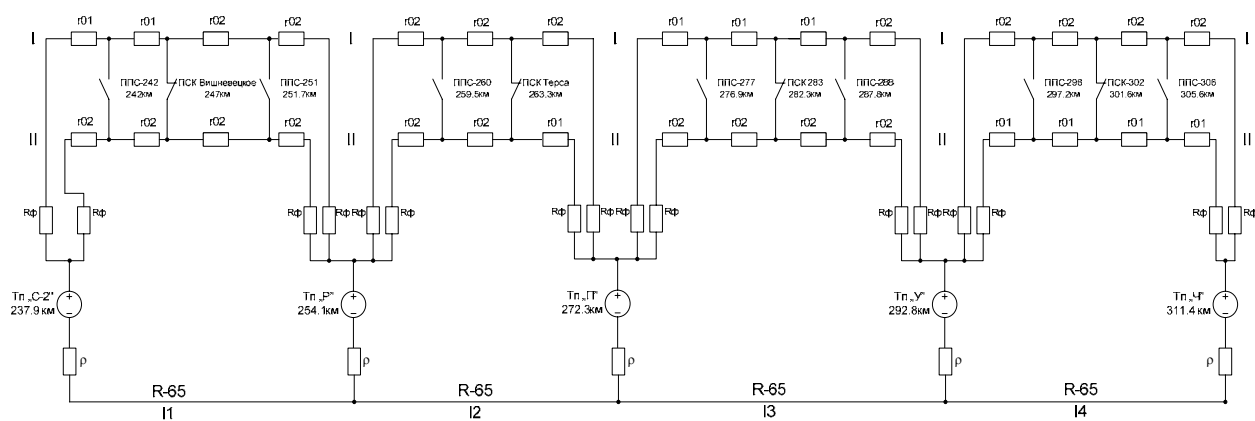


Рис. 2. Схема заміщення дослідної ділянки «С-2 – Ч»:

$r01, r02$ – опір контактної мережі, R_{ϕ} – опір фідера, ρ – опір тягової підстанції, $R-65$ – тип рейок.

Після розрахунків були отримані залежності відсоткових втрат потужності від коефіцієнта варіації міжпоїзного інтервалу на фідерній зоні. Ця залежність показана на рис. 3.

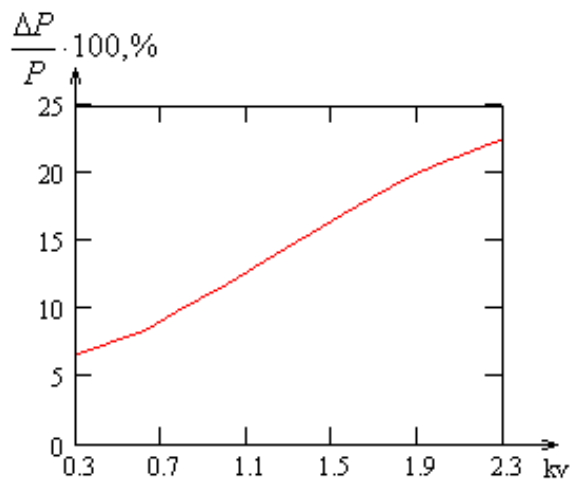


Рис. 3. Залежність відсоткових втрат потужності від коефіцієнта варіації на фідерній зоні

Регресійний аналіз відсотку втрат в тяговій мережі дозволив побудувати наступну залежність

$$\frac{\Delta P}{P} = 3,571 + 8,471 \cdot k_v.$$

Ця залежність дійсна для нашої дослідної ділянки.

Висновки

1. На енергетичні характеристики електропостачання впливає нерівномірність потоку поїздів.
2. Отримано регресійну залежність відсотку втрат у тяговій мережі від коефіцієнта варіації міжпоїзного інтервалу, що може характеризувати нерівномірність транспортного потоку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Доманский, В. Т. Энергооптимальная технология перевозочного процесса [Текст] / В. Т. Доманский, В. П. Кручина, А. П. Юшкевич // Ж/д трансп. – 1993. – № 5. – С. 6-13.
2. Землянов, В. Б. Энергооптимальні технології аналізу та регулювання електроспоживання на тягу поїздів [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.09 / Землянов Володимир Борисович; [ДНУЗТ]. – Д., 2000. – 23 с.
3. Землянов, В. Б. Интегрированная информационная технология перевода тяговых подстанций на многотарифную оплату за потребленную электроэнергию [Текст] / В. Б. Землянов, В. В. Скалозуб, В. В. Доманский // Ж/д трансп. – 2000. – № 3. – С. 41-43.
4. Левин, Д. Ю. Оптимизация потоков поездов [Текст] / Д. Ю. Левин. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.
5. Мирошниченко, Р. И. Режимы работы электрифицированных участков [Текст] / Р. И. Мирошниченко. – М.: Транспорт, 1982. – 207 с.
6. Почаевец, Э. С. Обобщенные методы анализа режимов системы тягового электроснабжения [Текст] : учеб. пособие / Э. С. Почаевец. – Д.: ДИИТ, 1981. – 55 с.
7. Kuznetsov, V. G. Elaboration of methodology for calculation of traction power-supply system with the help of renewal stream theory [Текст] / V. G. Kuznetsov, G. Vaiciunas // Transbaltica 2009. – Proc. of the 6-th Int'l Sci. Conf. – 2009. – Vilnius: Vilnius Gediminas Technical University. – P. 123-128.
8. Скалозуб, В. В. Ресурсозберігаючі методи управління тягою поїздів і удосконалення конструкцій рухомого складу [Текст] : автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.22.07 / Скалозуб Владислав Васильович; [ДНУЗТ]. – Д., 2003. – 37 с.

Надійшла до редколегії 04.10.2010.

Прийнята до друку 12.10.2010.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМІ ЗМІННОГО СТРУМУ «ТЯГОВА МЕРЕЖА – ЕЛЕКТРОВОЗ»

1. ВМИКАННЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЕЛЕКТРОВОЗА В РЕЖИМІ ХОЛОСТОГО ХОДУ; ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ

В статті наведено електричну схему заміщення і математичну модель системи змінного струму «тягова підстанція – тягова мережа – електровоз ДС 3» при вмиканні його силового трансформатора в режимі холостого ходу. Виконані чисельні визначення параметрів тягової підстанції, рейок, контактної мережі і трансформатора, при цьому особливу увагу приділено оцінці індуктивності розсіювання первинної обмотки трансформатора.

Ключові слова: математична модель, тягова підстанція, параметри тягової мережі, електровоз, трансформатор

В статье приведена электрическая схема замещения и математическая модель системы переменного тока «тяговая подстанция – тяговая сеть – электровоз ДС 3» при включении его силового трансформатора в режиме холостого хода. Выполнены численные определения параметров тяговой подстанции, рельсов, контактной сети и трансформатора, при этом особое внимание уделено оценке индуктивности рассеивания первичной обмотки трансформатора.

Ключевые слова: математическая модель, тяговая подстанция, параметры тяговой сети, электровоз, трансформатор

In the article the electric circuit of substitution and mathematical model of the system of alternating current «traction substation – traction mains – electric locomotive DS 3» at switching its power transformer on in the idle mode are presented. Numerical determinations of parameters of traction substation, rails, contact network and transformer are executed; in so doing a special attention is paid to the estimation of dispersion inductance for the primary winding of transformer.

Keywords: mathematical model, traction substation, parameters of traction mains, electric locomotive, transformer

Вступ

Математичне моделювання електромагнітних процесів в системі змінного струму «тягова мережа – електровоз» було і залишається актуальною проблемою, оскільки дозволяє вирішувати цілий ряд теоретичних і практичних завдань. Моделювання вказаної системи здійснювалося у ряді робіт, але в них автори не звертали увагу на перехідні процеси в режимі холостого ходу тягового трансформатора електровоза. У той же час з теорії трансформаторів відомо, що при вимиканні ненавантаженого трансформатора з феромагнітним осердям в мережу синусоїдальної напруги в його первинній обмотці можливий короточасний стрибок струму намагнічування, значення якого нерідко перевищують в 20 і більше разів амплітуду усталеного значення струму холостого ходу трансформатора. Такі сплески струму можуть викликати не тільки помилкове спрацювання деяких видів захисту, але і механічне руйнування обмотки, оскільки електродинамічні сили, що впливають на неї, пропорційні квадрату

струму. Знання величин зазначених стрибків струму також важливо при оцінці виникаючих перенапруг та електричних показників системи. Окрім цього, розробка адекватної математичної моделі дасть можливість створити необхідне програмне забезпечення для аналізу перехідних електромагнітних процесів в системі замість проведення вартісних натурних її випробувань.

І в той же час досліджуваний режим холостого ходу є нерідкісним режимом роботи електрорухомого складу: він виникає при зрушенні з місця електровоза і частково при переході його струмоприймачем нейтральної вставки контактної мережі.

Ця робота відрізняється від інших подібних публікацій, зокрема від [1-2], врахуванням впливу на перехідний процес режиму холостого ходу параметрів і режимів роботи власне системи тягового електропостачання, тобто, тим, що розглядається вся динамічна система «тягова мережа – електровоз».

Враховуючи важливість дослідження процесів у системі електротяги з новими українсь-

кими електровозами, ця робота виконана на прикладі електровозів ДС 3, що експлуатуються на Південно-Західній залізниці, зокрема на електрифікованій ділянці Боярка–Фастів. При цьому оцінимо вплив на перехідні процеси в системі: параметрів тягової мережі; коливання напруги на виході тягової підстанції; руху електровоза з поїздом; наявності та значень пара-

метрів установки поперечної ємнісної компенсації (УПЄК).

Математична модель системи

Спрощена структурна схема одноколійної ділянки досліджуваної системи при її двосторонньому живленні представлена на рис. 1.

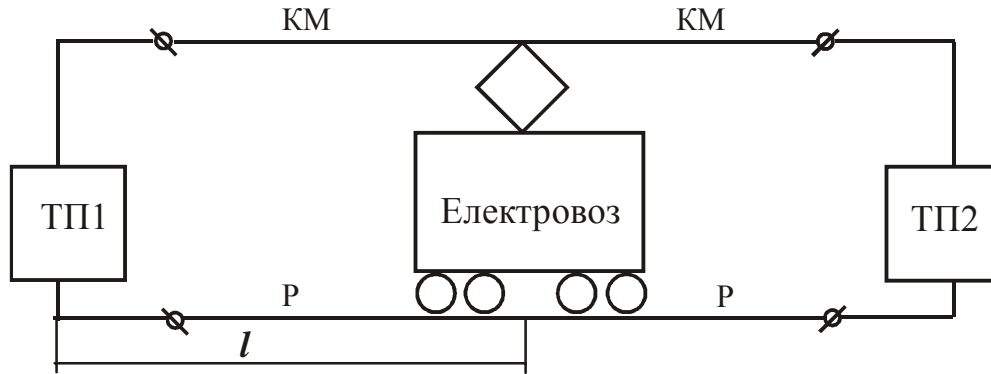


Рис. 1. ТП – тягові підстанції; КМ – контактна мережа; Р – рейка

Принципова схема вхідного кола електровоза ДС 3 з первинною обмоткою його тягового трансформатора у режимі холостого ходу наведена на рис. 2.

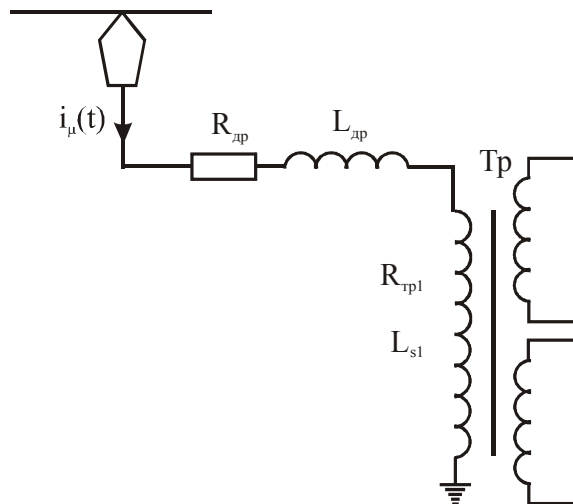


Рис. 2. Електрична схема заміщення ДС 3 в режимі холостого ходу трансформатора

Згідно з рис. 1 та 2, а також з урахуванням ряду припущень, електрична схема заміщення системи «тягова мережа – електровоз» (поки що без урахування УПЄК) приймає вигляд, що наведено на рис. 3, а математична модель перехідних електромагнітних процесів являє собою систему нелінійних рівнянь:

$$\begin{aligned} (R_{\text{кп}} + R_{\text{р}}) \cdot i_1(t) + (L_{\text{кп}} + L_{\text{р}}) \cdot \frac{di_1}{dt} + \\ + (R_{\text{др}} + R_{\text{тр}}) \cdot i_{\mu}(t) + L_{\text{др}} \cdot \frac{di_{\mu}}{dt} + \end{aligned}$$

$$+ w_1 \cdot \frac{d\Phi}{dt} = u_1(t); \quad (1)$$

$$\begin{aligned} (R'_{\text{кп}} + R'_{\text{р}}) \cdot i_2(t) + (L'_{\text{кп}} + L'_{\text{р}}) \cdot \frac{di_2}{dt} + \\ + (R_{\text{др}} + R_{\text{тр}}) \cdot i_{\mu}(t) + L_{\text{др}} \cdot \frac{di_{\mu}}{dt} + \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} + w_1 \cdot \frac{d\Phi}{dt} = u_2(t); \\ i_1(t) + i_2(t) - i_{\mu}(t) = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

де індекси «кп», «р», «др» і «тр» позначають відношення параметрів елементів схеми відповідно до контактної мережі, рейки, дроселю на електровозі і до трансформатора; w_1 та Φ – кількість витків первинної обмотки і магнітний потік трансформатора; $L_{\text{с1}}$ – індуктивність розсіювання первинної обмотки трансформатора; $u_1(t) = U_m \sin \omega t$ – напруга тягової підстанції.

Оцінка параметрів системи

Для чисельного розрахунку процесів в системі рис. 3 за моделлю (1)–(3) при вмиканні електровоза необхідно визначити значення параметрів цієї схеми, що й зробимо у подальшому.

Електрифікована двоколійна ділянка Боярка-Фастів довжиною 39 км має контактний провід типу МФ-100, несучий трос ПБСМ1-95 та рейка типу R 65, відстань від Боярки до пункту секціонування 23 км. Опір 1 км тягової мережі (з роздільною роботою контактних підвісок) однієї колії цієї ділянки визначимо за формулою [3]:

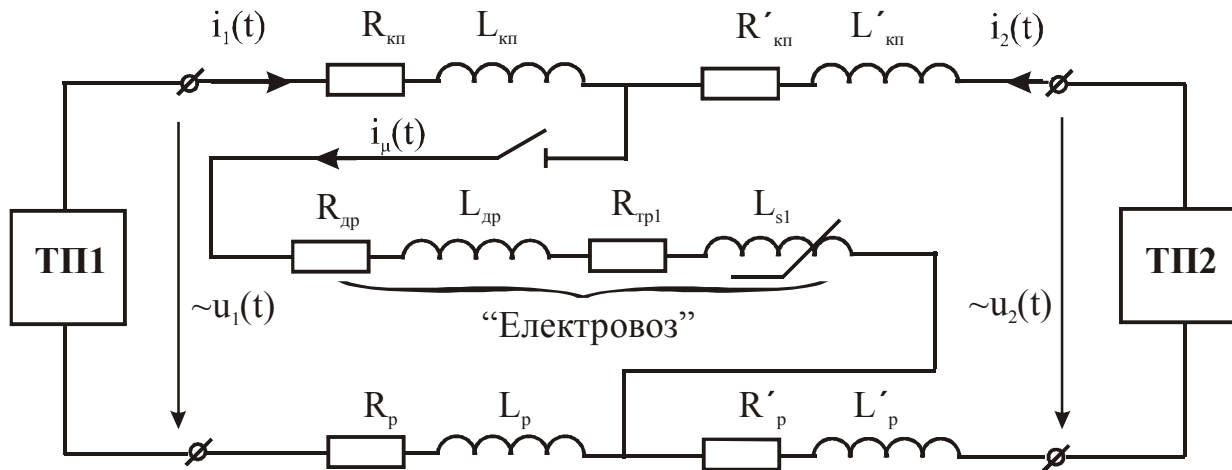


Рис. 3. Схема заміщення системи «тягова мережа – електровоз» в режимі холостого ходу електровоза

$$\underline{Z}_1 = (r_{кп} + jx_{кп}) + \eta_2(r_{p2} + jx_{p2}), \quad (4)$$

де $r_{кп}$, $x_{кп}$ – активний та реактивний опори контактної підвіски однієї колії, Ом/км; r_p , x_p – активний та реактивний опори рейкової ділянки, Ом/км. Ці величини знаходимо за виразами [3]:

$$r_{кп} = \frac{r_k r_T + 0,126}{r_k r_T + 0,504/(r_k + r_T)}; \quad (5)$$

$$x_{кп} = \frac{0,355(r_k^2 + r_T^2) + 0,09}{(r_k + r_T)^2 + 0,504} + 0,106; \quad (6)$$

$$r_{p2} = 0,5r_{pa}; \quad (7)$$

$$x_{p2} = 0,375r_{pa} + 0,0628 \ln(a_{кр} / \sqrt{R_p a_{12}}); \quad (8)$$

де r_k – активний опір 1 км контактного проводу, Ом/км; r_T – активний опір 1 км несучого тросу, Ом/км; r_{pa} – активний опір 1 км однієї рейки при змінному струмі; $a_{кр}$ – висота еквівалентного контактного проводу відносно головки рейок, м; R_p – еквівалентний радіус рейки (радіус кола, яке дорівнює периметру поперечного перетину рейки), м; a_{12} – відстань між осями рейок, м.

Коефіцієнт η_2 визначається за виразом:

$$\eta_2 = a_2 + jb_2, \quad (9)$$

де a_2 , b_2 – середнього струму в рейках для двоколійної ділянки, дійсна та мінлива складові відповідно [3].

В загальному вигляді, згідно з (4), опір \underline{Z}_1 можна записати

$$\underline{Z}_1 = (r_{a1} + jx_1), \quad (10)$$

де r_{a1} , x_1 – результуючі активний та реактивний опори 1 км тягової мережі, Ом/км, що дорівнюють:

$$r_{a1} = r_k + a_2 r_{p2} - b_2 x_{p2}, \quad (11)$$

$$x_1 = x_k + a_2 x_{p2} + b_2 r_{p2}. \quad (12)$$

Взаємний опір розглядуваної тягової мережі визначимо за формулою

$$\underline{Z}_{12} = (\underline{Z}_{кк} + \eta_2 \underline{Z}_{p2}) = r_{12} + jx_{12}, \quad (13)$$

де $\underline{Z}_{кк}$ – опір взаємної індукції між контактними підвісками:

$$\underline{Z}_{кк} = j\omega \cdot 10^{-4} \cdot 2 \ln(a_{кр} / a_{кк}), \quad (14)$$

$$r_{12} = a_2 r_{p2} - b_2 x_{p2}, \quad (15)$$

$$x_{12} = 0,033 + b_2 r_{p2} + a_2 x_{p2} \quad (16)$$

де $a_{кк}$ – відстань між підвісками різних колій; $a_{кр}$ – визначається за виразом (8).

Після підстановки вищенаведених параметрів тягової мережі у вирази (4)–(16), отримаємо реальні значення тягового кола змінного струму: $r_{a1} = 0,204$ Ом/км, $x_1 = 0,437$ Ом/км, $r_{12} = 0,045$; $x_{12} = 0,163$.

Для того щоб отримати реальні параметри тягового кола скористаємося наступними формулами:

$$R_{a1} = r_{a1}, R_{12} = r_{12}; \quad (17)$$

$$L_1 = x_1 / \omega, L_{12} = x_{12} / \omega; \quad (18)$$

$$R_{тм} = (R_{a1} + R_{12}) \cdot l, \quad (19)$$

$$L_{тм} = (L_1 + L_{12}) \cdot l. \quad (20)$$

де $l = 20,6$ км – відстань від тягової підстанції до поста секціонування.

Після підстановки отриманих раніше загальних параметрів тягового кола у формули (17)–(20), одержимо $R_{тм} = 5,13$ Ом, $L_{тм} = 0,039$ Гн.

Згідно з рис. 2, для розрахунку режиму холостого ходу трансформатора за рівняннями (1)–(3) потрібно також знати параметри первинного кола трансформатора електровоза ДС 3, вони дорівнюють: активний опір дроселя $R_d = 0,0075 \text{ Ом}$; індуктивність – $L_d = 200 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$; активний опір трансформатора – $R_{T1} = 1,282967 \text{ Ом}$; кількість витків первинної обмотки трансформатора – $w_{T1} = 1038$; основна крива намагнічування магнітопроводу

з листової сталі 0,3-Н-А-3407 приведена на рис. 3 і апроксимована виразом:

$$\Phi(t) = 0,1234 + 0,0003 \cdot i_{\mu}(t). \quad (21)$$

Як випливає із рис. 3, для розрахунків прийнятні не гістерезисні залежності, а основна крива намагнічування. Це обумовлено тим, що, згідно з [4], з похибкою, яка не перебільшує $\pm 3\%$ по індукції та $\pm 10\%$ по магнітному потоку, матеріал магнітопроводу трансформатора достатньо характеризувати основною кривою намагнічування.

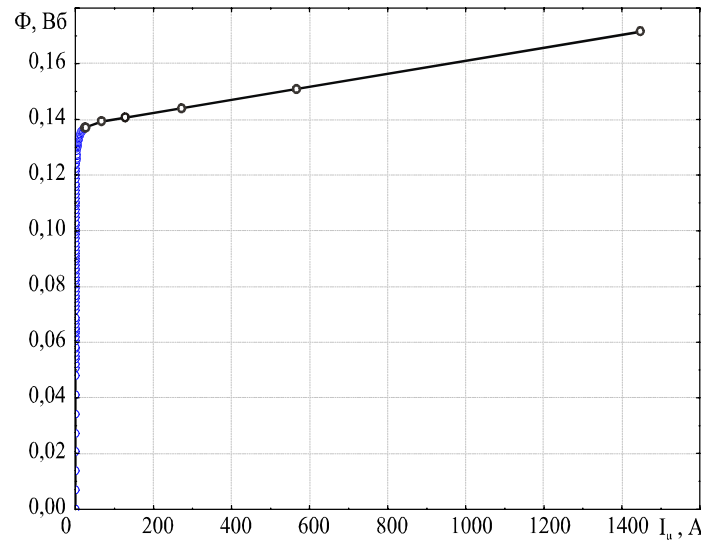


Рис. 4. Основна крива намагнічення магнітопроводу трансформатора електровоза ДС 3

Суттєвий вплив на досліджувані електромагнітні процеси чинить індуктивність розсіювання первинної обмотки трансформатора L_{s1} ; визначимо її. Для її визначення необхідно знати просторове розподілення магнітного потоку розсіювання в осерді трансформатора. Для цього спочатку визначимо повне потокозчеплення вторинної обмотки за виразом [5]:

$$\sum_1^{n_1} \Phi_{s2} \cdot W_{s2} = L_{s2} \cdot I_2 = \mu \cdot \frac{W_2^2 \cdot I_2 \cdot \sqrt{2}}{l_s} \times \quad (22)$$

$$\times l_{w2} \cdot \left(\frac{a_2}{3} + \frac{\delta_{12}}{2} \right),$$

де Φ_{s2} – магнітний потік розсіювання елементарної трубки; $W_{s2} = W_2 \cdot x/a_2$ – повна кількість витків вторинної обмотки; I_2 – струм у вторинній обмотці; μ – магнітна проникність матеріалу осердя. Оскільки основна частина магнітного опору кожної трубки зосереджена в тій частині трубки, яка знаходиться зовні осердя трансформатора, то магнітна проникність дорівнює μ_0 ; $l_s = l_1/K_p = 0,65155 \text{ м}$ – середня довжина трубок потоків розсіювання обох обмоток;

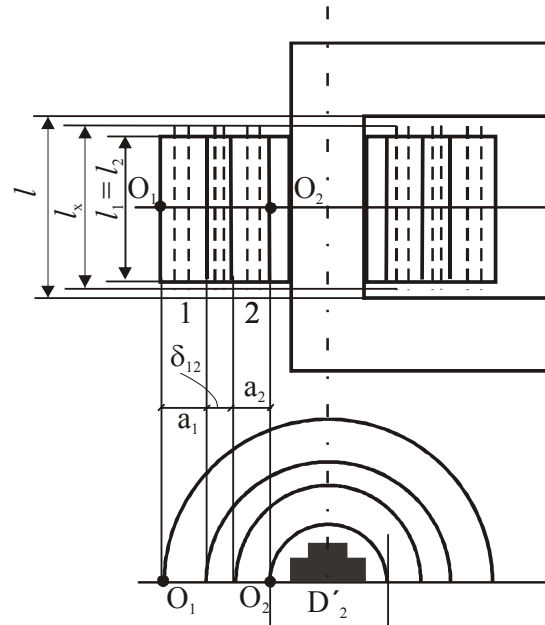


Рис. 5. Обмотка та осердя трансформатора

$l_1 = l_2 = 632 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – довжина обмоток вздовж вікна трансформатора електровоза ДС 3; l_{w2} – середня довжина витка вторинної обмотки помножена на π , яка визначається за формулою:

$$l_{w2} = \pi \cdot \left(D'_2 + \frac{3}{2} \cdot a_2 \right) \approx \pi \cdot \left(D'_2 + 2a_2 + \frac{\delta_{12}}{2} \right), \quad (23)$$

де $D'_2 = 335 \cdot 10^{-3}$ м – внутрішній діаметр вторинної обмотки, $a_2 = (D_{22} - D'_2)/2$ – товщина всієї обмотки 2, $D_{22} = 535 \cdot 10^{-3}$ м – зовнішній діаметри другого шару обмотки 2, $\delta_{12} = (D_1 - D_{22})/2$ – зазор між первинною та вторинною обмотками, $D_1 = 560 \cdot 10^{-3}$ м – внутрішній діаметр первинної обмотки.

Тоді елементарний магнітний потік розсіювання трубки дорівнює:

$$d\Phi_{s2} = \frac{w_{s2} \cdot I_2 \cdot \sqrt{2}}{\frac{1}{\mu} \cdot \frac{l_s}{\pi \cdot (D'_2 + 2x) dx}} = \mu \cdot \pi \cdot \frac{D'_2 + 2x}{l_s} \cdot w_{s2} \cdot I_2 \cdot \sqrt{2} \cdot dx, \quad (24)$$

а елементарне потокозчеплення:

$$w_{s2} \cdot d\Phi_{s2} = \mu \cdot \pi \cdot \frac{D'_2 + 2x}{l_s} \times w_{s2}^2 \cdot I_2 \cdot \sqrt{2} \cdot dx, \quad (25)$$

Тоді повне потокозчеплення для всієї вторинної обмотки дорівнює:

$$\begin{aligned} \int_0^{a_2} w_{s2} \cdot d\Phi_{s2} &= \int_0^{a_2} \mu \cdot \pi \cdot \frac{D'_2 + 2x}{l_s} \cdot w_{s2}^2 \cdot I_2 \cdot \sqrt{2} \cdot dx = \\ &= \frac{\mu \cdot \pi \cdot w_{s2}^2 \cdot I_2 \cdot \sqrt{2}}{l_s \cdot a_2^2} \int_0^{a_2} (D'_2 + 2x) \cdot x^2 \cdot dx = \\ &= \frac{\mu \cdot \pi \cdot w_{s2}^2 \cdot I_2 \cdot \sqrt{2}}{l_s \cdot a_2^2} \cdot \left(D'_2 \frac{a_2^3}{3} + \frac{a_2^4}{2} \right) = \\ &= \frac{\mu \cdot \pi \cdot w_{s2}^2 \cdot I_2 \cdot \sqrt{2}}{l_s} \cdot \frac{a_2}{3} \left(D'_2 + \frac{3a_2}{2} \right). \end{aligned} \quad (26)$$

Для визначення індуктивності розсіювання первинної обмотки звертаємося до формули:

$$L_{s1} = \frac{\sum_1^{n_1} \Phi_{s1} \cdot w_{s1}}{I_1}, \quad (27)$$

де $\sum_1^{n_1} \Phi_{s1} \cdot w_{s1}$ – повне магнітне потокозчеплення первинної обмотки знаходиться за виразом [5]:

$$\sum_1^{n_1} \Phi_{s1} \cdot w_{s1} = \sum_1^{n_1} \Phi_{s2} \cdot w_{s2} \cdot \frac{E_{s1}}{E_{s2}}, \quad (28)$$

де E_{s1} , E_{s2} – е.р.с. розсіювання первинної та вторинної обмоток трансформатора відповідно, які визначаються за формулами:

$$E_{s1} = 2 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot f \cdot w_1^2 \cdot I_1 \cdot \frac{l_{w1}}{l_s} \left(\frac{a_1}{3} + \frac{\delta_{12}}{2} \right), \quad (29)$$

$$E_{s2} = 2 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot f \cdot w_2^2 \cdot I_2 \cdot \frac{l_{w2}}{l_s} \left(\frac{a_2}{3} + \frac{\delta_{12}}{2} \right), \quad (30)$$

де для трансформатора електровоза ДС 3 $I_1 = 252$ А, $I_2 = 937$ А – струми в первинній та вторинній обмотках.

Після підстановки чисельних даних в (22) – (30) остаточно отримуємо: $L_{s1} = 0,13$ Гн.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бахвалов, Ю. А. Моделирование электромагнитных процессов в цепи силового трансформатора электровоза [Текст] / Ю. А. Бахвалов, Д. А. Лебедев // Тезисы докл. IV межд. науч.-техн. конф. «Состояние и перспективы развития ЭПС». – 2003. – С. 287-288.
2. Данилов, Д. Й. Переходный процесс при включении тягового трансформатора на холостой ход [Текст] / Д. Й. Данилов // Тезисы докл. 2-го межд. симп. «Электрификация и научно-технический прогресс на железнодорожном транспорте». – 2003. – С. 122-123.
3. Справочник по электроснабжению железных дорог [Текст] : Т. 1 / под ред. К. Г. Марквардта. – М.: Транспорт, 1980. – 256 с.
4. Лозановский, А. Л. Исследование токовых нестационарных режимов в силовых цепях электровозов методом физического моделирования [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Л. Лозановский. – М.: Всесоюз. науч.-иссл. ин-т, 1963. – 20 с.
5. Костенко, М. П. Электрические машины [Текст] / М. П. Костенко. – М.: Гос. энергетическое изд-во, 1944. – 328 с.

Надійшла до редколегії 18.11.2010.

Прийнята до друку 23.11.2010.

НОМІНАЛЬНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ТЯГОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ

У статті представлені результати дослідження режимів роботи трифазного тягового трансформатора підвищеної частоти.

Ключові слова: трифазний тяговий трансформатор підвищеної частоти, дослідження режимів роботи, номінальний режим

В статье представлены результаты исследования режимов работы трехфазного тягового трансформатора повышенной частоты.

Ключевые слова: трехфазный тяговой трансформатор повышенной частоты, исследование режимов работы, номинальный режим

The research results of operating modes for the higher frequency three-phase traction transformer are presented in the article.

Keywords: higher frequency three-phase traction transformer, research of operating modes, nominal mode

Вступ. Збільшення потужностей тягового електрообладнання електровозів, а також необхідність встановлення нової апаратури, при жорсткому обмеженні доступного простору зі сторони кузова електровоза, вимагає впровадження підвищених робочих частот.

В попередніх роботах [1,2,3] автор довів доцільність використання на багатовисотних електровозах статичні перетворювачі з ланкою підвищеної частоти. Основною складовою цих статичних перетворювачів є потужні трифазні тягові трансформатори підвищеної частоти.

Мета роботи. Провести дослідження по визначенню параметрів, які характеризують номінальні режими роботи трифазного тягового трансформатора підвищеної частоти, який забезпечує реалізацію багатовисотності електровозу, тобто можливість роботи під контактною мережею з різними параметрами.

Матеріал і результати дослідження.

Особливість роботи тягових трансформаторів підвищеної частоти в запропонованих перетворювальних структурах [2,3], обумовлюється трьома факторами які пов'язані з напругою живлення (напругою контактної мережі) та напругою навантаження:

1) нестабільність вхідної напруги трансформатора під впливом коливань напруги контактної мережі (фактор коливання);

2) зміна величини вхідної напруги трансформатора, при зміні параметрів контактної мережі та схеми поєднання мережевих випрямлячів перетворювача (фактор багатовисотності);

3) необхідність підтримки вихідної напруги трансформатора в заданих межах в якості вхід-

ної напруги тягового контуру (фактор стабільності).

Перший фактор не залежить від структури перетворювача і визначається нормативними документами [4, 5]. Для контактної мережі постійного струму номінальною напругою 3000 В мінімальна напруга складає 2200 В, максимальна 3850 В та 4000 В (при наявності режиму рекуперації енергії). Для контактної мережі змінного струму промислової частоти 50 Гц та номінальною напругою 25000 В, мінімальна напруга складає 19000 В, а максимальна 29000 В.

У відсотковому співвідношенні значення цих напруг у першому наближенні складатиме:

$$\frac{2200}{3000} = 73 \%, \quad \frac{3850}{3000} = 128 \%, \quad \frac{4000}{3000} = 133 \%,$$
$$\frac{19000}{25000} = 76 \%, \quad \frac{29000}{25000} = 116 \%.$$

По аналогії з існуючою системою постійного струму 3 кВ, пропонується прийняти наступні значення коливання напруг контактної мережі постійного струму підвищеної напруги (табл.1.). Мінімальну напругу контактної мережі постійного струму підвищеного рівня напруги прийняти на рівні 73 % від номінальної, а максимальну 133 % (з урахуванням можливості рекуперації).

Другий фактор обумовлено необхідністю зміни схеми поєднання мережевих випрямлячів при різних рівнях напруги у контактній мережі, що необхідно для реалізації багатовисотності електровозу. Попередні дослідження [2, 3] показали, що при напрузі у контактній мережі

постійного струму 3 кВ необхідне паралельне поєднання кожного з мережевих випрямлячів до контактної мережі, тобто за схемою 1а (рис. 1). При інших рівнях напруги у контактній мережі постійного струму та при змінній напрузі у контактній мережі доцільно використання поєднання мережевих випрямлячів за схемою 3а (рис. 2).

Виходячи з цих вимог до схеми поєднання мережевих випрямлячів, та враховуючі можливі відхилення напруги у контактній мережі постійного (табл. 1) та змінного струмів [5] представимо значення напруг, що діють на вході мережевих випрямлячів силових модулів тягового перетворювача при реалізації багатосистемності (табл. 2).

Таблиця 1

Значення коливання напруг підвищеного рівня у контактній мережі

Рівень напруги контактної мережі, В	Відносне значення напруги			
	Мінімальне, 73%	Номінальне, 100 %	Максимальне, 128 %	Максимальне при рекуперації, 133%
1	2	3	4	5
3000	2200	3000	3850	4000
6000	4400	6000	7700	8000
12000	8800	12000	15400	16000
24000	17600	24000	30800	32000

Таблиця 2

Значення напруг, що діють на вході мережевих випрямлячів тягового перетворювача

Напруга контактної мережі		Схема 1а	Схема 3а
1	2	3	4
1	3 кВ	мінімальна	2200
2		номінальна	3000
3		максимальна	3850
4		максимальна при рекуперації	4000
5	6 кВ	мінімальна	1467
6		номінальна	2000
7		максимальна	2567
8		максимальна при рекуперації	2667
9	12 кВ	мінімальна	2934
10		номінальна	4000
11		максимальна	5134
12		максимальна при рекуперації	5334
13	24 кВ	мінімальна	5867
14		номінальна	8000
15		максимальна	10267
16		максимальна при рекуперації	10667
17	25 кВ 50 Гц	мінімальна	6333
18		номінальна	8333
19		максимальна	9667

Пояснимо представлені у табл. 2 дані.

При напрузі у контактній мережі 3 кВ на кожному з мережевих випрямлячів діє напруга контактної мережі з урахуванням можливих відхилень (табл. 1). При інших напругах у контактній мережі реалізується послідовне поєднання мережевих випрямлячів за схемою 3а. При номінальній напрузі в контактній мережі

постійного струму 6 кВ на вході кожного з мережевих випрямлячів діє $\frac{6000}{3} = 2000$ В (рядок 6, стовпчик 4 у табл. 2).

Перемикання схеми поєднання мережевих випрямлячів для електровозу системи 3/6 кВ постійного струму має місце зміна напруги на вході мережевого випрямляча з 3000 В до 2000 В, що призведе до зміни напруги на пер-

винній обмотці трансформатора підвищеної частоти.

Для електровозу системи 3/12 кВ постійного струму така зміна складатиме: 3000 В – 4000 В; для системи 3/24 кВ постійного струму 3000 В – 8000 В. Для інших можливих систем живлення багатосистемного електровозу мають місце такі значення: 3/6/25 кВ – 3000/2000/8333 В; 3/12/25 кВ – 3000/4000/8333 В; 3/24/25 кВ – 3000/8000/8333 В.

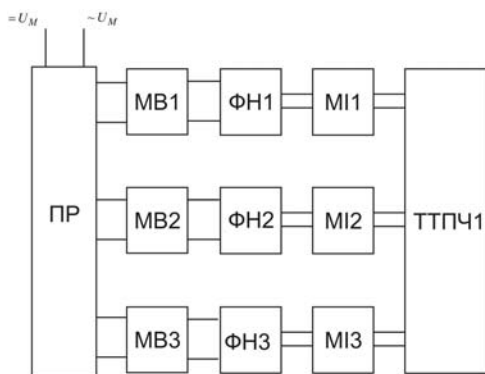


Рис. 1. Мережевий контур перетворювача в режимі «3 кВ» постійного струму (за схемою 1а): ПР – перемикач режимів; МВ1, МВ2, МВ3 – мережеві випрямлячі; ФН1, ФН2, ФН3 – фільтри накопичувачі; МІ1, МІ2, МІ3 – мережеві інвертори; ТТПЧ – трифазний трансформатор підвищеної частоти.

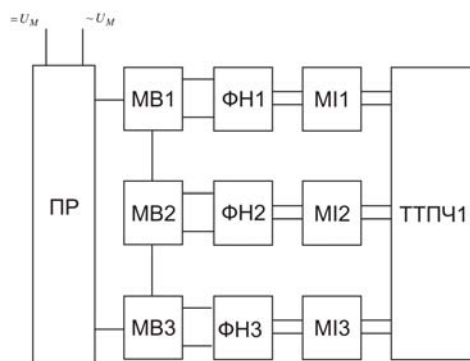


Рис. 2. Мережевий контур перетворювача при поєднанні мережевих випрямлячів за схемою 3а.

Такі зміни вхідної напруги трансформатора підвищеної частоти не повинні мати суттєвий вплив на рівень вихідної напруги трансформатора (фактор стабільності).

$$w = \frac{U}{4,44 f B_m k_C S}, \quad (1)$$

де: U – напруга обмотки; k_C – коефіцієнт заповнення сталлю перерізу магнітопроводу. Для стрічкового магнітопроводу з ізоляцією емаллю, при товщині стрічки 0,08 мм, коефіцієнт k_C дорівнює 0,85 [6].

Реалізувати стабільність вихідної напруги трансформатора при зміні схеми поєднання ме-

режевих випрямлячів перетворювача та напруги контактної мережі, у відповідності до виразу (1), можливо за рахунок зміни кількості витків w обмоток (первинної або вторинної), частоти f вхідної напруги або магнітної індукції B_m у магнітопроводі при незмінності площі S перерізу магнітопроводу. Частота та магнітна індукція у трансформаторах підвищеної частоти дуже тісно пов'язані при забезпеченні мінімальних масогабаритних показників, тобто зміна однієї величини вимагає зміну іншої. Тому залишається один ефективний засіб – зміна кількості витків обмоток.

Такий спосіб використовується в системах зоно-фазового регулювання на електровозах змінного струму радянського виробництва [7, 8 та ін.] та системах регулювання напруги трансформаторів [9].

Регулювання кількості витків по первинній або вторинній стороні тягового трансформатора підвищеної частоти, слід обумовлювати наявністю відповідної комутуючої апаратури і ніяким чином не впливає на суть проблеми, яка досліджується у даній роботі. Тому в подальшому це питання не розглядається і є темою окремих досліджень.

Вихідна напруга трифазного тягового трансформатора підвищеної частоти є вхідною для тягового випрямляча [1] який доцільно виконати за трифазною мостовою схемою. Тяговий випрямляч живить тяговий двигун постійного струму, або тяговий інвертор, який живить асинхронний тяговий двигун. Тобто напруга тягового двигуна постійного, або змінного струму, визначає номінальну вихідну напругу тягового трансформатора підвищеної частоти (напругу вторинної обмотки).

На існуючих електровозах змінного струму, які експлуатуються на залізницях України, використовуються тягові двигуни постійного (пульсуючого) струму (ДПС) з номінальними напругами від 950 В (двигун НБ-418К6) до 1600 В (двигун НБ-412К). Максимальна напруга для цих двигунів дорівнює відповідно 1180 В та 1850 В [7]. Серед номінальних напруг електричних апаратів, у відповідності до ДСТУ 2773-94 [5], до яких відносяться і тягові електродвигуни, є два значення які відповідають представленому діапазону напруг, це 1000 В та 1500 В.

Тоді для забезпечення максимального рівня уніфікації, пропонується в якості номінального рівня вихідної напруги тягового випрямляча прийняти значення 1500 В. Крім того, саме це значення напруги є номінальним для тягових

двигунів постійного струму, які використовуються на електровозах постійного струму [10, 11, 14, 15].

У разі використання трифазного мостового випрямляча його вхідна U_2 та вихідна U_d напруги пов'язані співвідношенням [12]:

$$U_d = 2,34U_2. \quad (2)$$

Приймаючи $U_{d\text{ДПС}} = 1500$ В отримаємо фазну напругу трансформатор підвищеної частоти у разі живлення від випрямляча тягових двигунів постійного (пульсуючого) струму:

$$U_{2\text{ДПС}} = \frac{U_{d\text{ДПС}}}{2,34} = \frac{1500}{2,34} \approx 640 \text{ В}. \quad (3)$$

При використанні у тяговому приводі багатосистемного електровоза асинхронних тягових двигунів (АТД), тяговий випрямляч повинен забезпечити підтримання на вході тягового інвертора стабільного рівня напруги [1]. При використанні в якості тягового інвертора трифазного автономного інвертора напруги (АІН) його вхідна напруга приблизно буде дорівнювати [13]:

$$U_{\phi\text{АТД}} = 0,45 \cdot U_{d\text{АТД}}. \quad (4)$$

Лінійна напруга сучасного асинхронних тягового двигуна типу АД914 (СТА1200), який використовується на електровозі ДС3 складає 1870 В [11]., тоді:

$$U_{d\text{АТД}} = \frac{U_{\phi\text{АТД}}}{0,45} = \frac{1870}{\sqrt{3} \cdot 0,45} \approx 2400 \text{ В}. \quad (5)$$

Саме це значення пропонується прийняти в якості базового при визначенні значення вихідної фазної напруги трифазного трансформатора підвищеної частоти, який призначено для живлення тягового контуру при асинхронних тягових двигунах.

Тобто по аналогії з виразом (3) отримаємо:

$$U_{2\text{АТД}} = \frac{U_{d\text{АТД}}}{2,34} = \frac{2400}{2,34} \approx 1026 \text{ В}. \quad (6)$$

Таким чином, для статичних перетворювачів тягового приводу багатосистемних електровозів, вихідну фазну напругу трифазного тягового трансформатора підвищеної частоти приймаємо на рівні 640 В, у разі використання тягових двигунів постійного (пульсуючого струму) та 1026 В, при використанні асинхронних тягових двигунів.

Для перетворювальних структур визначених у попередніх дослідженнях [1,2,3] як раціональні, з точки зору надійності та уніфікації, приймаємо розрахунковим режим підключення мережевих випрямлячів за схемою 1а (рис.1) до контактної мережі постійного струму з напру-

гою 3 кВ, оскільки цей режим присутній у будь-якому варіанті побудови статичного перетворювача підвищеної частоти для тягового приводу багатосистемного електровозу [2,3].

У цьому режимі рівень напруги неробочого режиму буде дорівнювати $U_1 = 3000$ В, оскільки первина обмотка трансформатора підвищеної частоти підключається мережевим інвертором до контактної мережі постійного струму за заданим алгоритмом.

Втрати та струм неробочого ходу залежать від розрахункової потужності трансформатора [9].

Для проведення подальших досліджень режимів роботи статичного перетворювача приймаємо: потужність тягового двигуна постійного струму еквівалентну потужності на валу тягового двигуна ЕД-141У1 (електровоз ДЕ1) – 728 кВт при коефіцієнті корисної дії 93,3 %

споживана потужність складає $\frac{728}{0,933} = 780$ кВт; потужність асинхронного тягового двигуна еквівалентну потужності на валу тягового двигуна АД914 (електровоз ДС3) – 1200 кВт при коефіцієнті корисної дії 95,5 % споживана потужність складає $\frac{1200}{0,955} = 1256$ кВт.

Серед визначених структур присутні силові модулі М1, М2 та М3 [2, 3], тобто до трифазного трансформатора підвищеної частоти підключаються тягові контури, які живлять відповідно один, два або три тягових двигуна.

До складу тягового контуру при тягових двигунах постійного струму входить тяговий випрямляч та трифазний тяговий інвертора [1]. В трифазних системах кращими показниками як енергетичними так і якості вихідної напруги та струму, характеризуються трифазні мостові схеми [12]. Саме тому для тягового випрямляча та тягового інвертора, які входять до складу тягового контуру статичного перетворювача підвищеної частоти тягового приводу електровозу, пропонується використати мостові схеми.

Коефіцієнти корисної дії тягового випрямляча та тягового інвертора, у першому наближенні приймаємо 0,99, що відповідає показникам реальних тягових перетворювачів електровозів змінного струму [7].

Вихідна потужність трифазного трансформатора підвищеної частоти P_2 залежить від типу силового модуля. При силовому модулі М1 до трансформатора підключається тяговий контур для живлення одного тягового двигуна, при М2 – двох та при М3 – трьох.

При силовому модулі М1 та тяговому двигуні постійного струму, потужністю еквівалентною тяговому двигуну ЕД-141У1 та прийнятому вище коефіцієнті корисної дії тягового випрямляча, потужність трифазного трансформатора складатиме:

$$P_{2\text{ТПЧ ДПС М1}} = 1,05 \cdot \frac{780}{0,99} \approx 827,3 \text{ кВт.} \quad (7)$$

Коефіцієнт 1,05 у виразі (5) характеризує встановлену потужність трифазного трансформатора (при активно-індуктивному навантаженні) [12].

Тоді вихідна потужність однієї фази трифазного трансформатора підвищеної частоти складатиме:

$$P_{2\phi\text{ ТПЧ ДПС М1}} = \frac{1}{3} \cdot 827,3 \approx 275,7 \text{ кВт.} \quad (8)$$

При використанні асинхронних тягових двигунів потужністю еквівалентною тяговому двигуну АД914, вихідна потужність трифазного трансформатора та його однієї фази, з урахування коефіцієнтів корисної дії тягового випрямляча та тягового інвертора складатиме:

$$P_{2\text{ТПЧ АТД М1}} = 1,05 \cdot \frac{1256}{0,99 \cdot 0,99} \approx 1345,6 \text{ кВт,} \quad (9)$$

$$P_{2\phi\text{ ТПЧ АТД М1}} = \frac{1}{3} \cdot 1345,6 \approx 448,5 \text{ кВт.} \quad (10)$$

Вихідний струм трифазного трансформатора підвищеної частоти у номінальному режимі роботи та при різних видах тягових двигунів, з урахуванням раніш визначених рівнів вихідних напруг трансформатора, дорівнюватиме:

- при тяговому двигуні постійного струму

$$I_{2\text{ ТПЧ ДПС М1}} = \frac{275,7 \cdot 10^3}{640} \approx 430,7 \text{ А;} \quad (11)$$

- при асинхронному тяговому двигуні

$$I_{2\text{ ТПЧ АТД М1}} = \frac{448,5 \cdot 10^3}{1026} \approx 437,1 \text{ А.} \quad (12)$$

При силових модулях типів М2 та М3 доцільно з точки зору надійної роботи тягових двигунів та реалізації принципів індивідуального приводу використовувати трьох та чотирьох-обмоткові трифазні трансформатори. Тобто на одному стрижні розташовувати три та чотири обмотки, з яких одна первина та дві (три) вторинні. Таке схемне рішення дозволить при аварійних режимах відключати тяговий контур в якому спостерігається коротке замикання або інших не бажаний режим роботи.

Потужність трифазного триобмоткового трансформатора підвищеної частоти силового

модуля М2 при розрахункових тягових двигунах постійного струму складатиме:

$$P_{2\text{ТПЧ ДПС М2}} = 1,05 \cdot \left(\frac{780}{0,99} + \frac{780}{0,99} \right) \approx 1654,5 \text{ кВт.} \quad (13)$$

Потужність однієї фази триобмоткового трансформатора:

$$P_{2\phi\text{ ТПЧ ДПС М2}} = \frac{1}{3} \cdot 1654,5 \approx 551,5 \text{ кВт.} \quad (14)$$

Струм однієї вихідної обмотки трифазного триобмоткового трансформатора підвищеної частоти силового модуля М2 при тягових двигунах постійного струму буде дорівнювати:

$$I_{2\text{ ТПЧ ДПС М2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{551,5 \cdot 10^3}{640} \approx 431 \text{ А.} \quad (15)$$

Аналогічно потужність трифазного триобмоткового трансформатора підвищеної частоти силового модуля М2 при розрахункових асинхронних тягових двигунах складатиме:

$$P_{2\text{ТПЧ АТД М2}} = 1,05 \times \left(\frac{1256}{0,99 \cdot 0,99} + \frac{1256}{0,99 \cdot 0,99} \right) \approx 2691,1 \text{ кВт.} \quad (16)$$

Потужність однієї фази триобмоткового трансформатора:

$$P_{2\phi\text{ ТПЧ АТД М2}} = \frac{1}{3} \cdot 2691,1 \approx 897 \text{ кВт.} \quad (17)$$

Струм однієї вихідної обмотки трифазного триобмоткового трансформатора підвищеної частоти силового модуля М2 при асинхронних тягових двигунах складатиме:

$$I_{2\text{ ТПЧ АТД М2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{897 \cdot 10^3}{1026} \approx 437,1 \text{ А.} \quad (18)$$

Таким саме чином розрахуємо параметри номінального режиму роботи тягового трансформатора підвищеної частоти силового модуля М3 при тягових двигунах постійного струму та асинхронних тягових двигунах:

$$P_{2\text{ТПЧ ДПС М3}} = 1,05 \times \left(\frac{780}{0,99} + \frac{780}{0,99} + \frac{780}{0,99} \right) \approx 2481,8 \text{ кВт;} \quad (19)$$

$$P_{2\phi\text{ ТПЧ ДПС М3}} = \frac{1}{3} \cdot 2481,8 \approx 827,3 \text{ кВт;} \quad (20)$$

$$I_{2\text{ ТПЧ ДПС М3}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{827,3 \cdot 10^3}{640} \approx 431 \text{ А;} \quad (21)$$

$$P_{2\text{ТПЧ АТД М3}} = 1,05 \times$$

$$\times \left(\frac{1256}{0,99 \cdot 0,99} + \frac{1256}{0,99 \cdot 0,99} + \frac{1256}{0,99 \cdot 0,99} \right) \approx 4036,7 \text{ кВт}; \quad (22)$$

$$P_{2\phi \text{ ТПЧ АТДМЗ}} = \frac{1}{3} \cdot 4036,7 \approx 1345,6 \text{ кВт}; \quad (23)$$

$$I_{2 \text{ ТПЧ АТДМЗ}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1345,6 \cdot 10^3}{1026} \approx 437,1 \text{ А}. \quad (24)$$

Порівнявши значення струмів вторинних обмоток трифазних тягових трансформаторів підвищеної частоти для різних силових модулів та різних видах тягових двигунів, приймаємо як середнє розрахункове:

- номінальний вихідний струм трансформатора при ТДПС

$$I_{2 \text{ ТПЧ ДПС}} = \frac{430,7 + 431 + 431}{3} \approx 431 \text{ А}; \quad (25)$$

- номінальний вихідний струм трансформатора при АТД

$$I_{2 \text{ ТПЧ АТД}} = \frac{437,1 + 437,1 + 437,1}{3} = 437,1 \text{ А}. \quad (26)$$

Сучасні технології будівництва трансформаторів дозволяють отримати коефіцієнти корисної дії трансформаторів на рівні 98...99% [9]. Тому, у першому наближенні, приймаємо, що коефіцієнт корисної дії тягового трифазного трансформатора підвищеної частоти дорівнює $\eta_{\text{ТПЧ}} = 98,5 \%$.

Виходячи з цього, визначимо номінальні параметри трансформатора по первинному колу для розрахункового режиму роботи – живлення первинних обмоток трансформатора від однофазних мережевих інверторів зі зсувом напруг 120 ел. градусів, які підключені паралельно з фільтрами та мережевими випрямлячами до контактної мережі постійного струму напругою 3 кВ. Тобто за першою гармонікою приймаємо, що вхідна напруга трансформатора дорівнює $U_1 = 3000 \text{ В}$.

В залежності від типу силового модуля (М1, М2, М3) та виду тягового двигуна вхідна потужність P_1 тягового трифазного трансформатора (повна та на один стержень $P_{1\phi}$) і вхідний струм однієї фази трансформатора I_1 , будуть дорівнювати.

1) силовий модуль М1, тяговий двигун постійного струму

$$P_{1 \text{ ТПЧ ДПС М1}} = \frac{P_{2 \text{ ТПЧ ДПС М1}}}{\eta_{\text{ТПЧ}}} = \frac{827,3}{0,985} \approx 839,9 \text{ кВт}, \quad (27)$$

$$P_{1\phi \text{ ТПЧ ДПС М1}} = \frac{1}{3} \cdot P_{1 \text{ ТПЧ ДПС М1}} = \frac{1}{3} \cdot 839,9 \approx 280 \text{ кВт}, \quad (28)$$

$$I_{1 \text{ ТПЧ ДПС М1}} = \frac{280 \cdot 10^3}{3000} \approx 93,3 \text{ А}; \quad (29)$$

2) силовий модуль М1, асинхронний тяговий двигун

$$P_{1 \text{ ТПЧ АТД М1}} = \frac{P_{2 \text{ ТПЧ АТД М1}}}{\eta_{\text{ТПЧ}}} = \frac{1345,6}{0,985} \approx 1366,1 \text{ кВт}, \quad (30)$$

$$P_{1\phi \text{ ТПЧ АТД М1}} = \frac{1}{3} \cdot P_{1 \text{ ТПЧ АТД М1}} = \frac{1}{3} \cdot 1366,1 \approx 455,4 \text{ кВт}, \quad (31)$$

$$I_{1 \text{ ТПЧ АТД М1}} = \frac{455,4 \cdot 10^3}{3000} \approx 151,8 \text{ А}. \quad (32)$$

Результати розрахунків вхідних параметрів тягового трансформатора підвищеної частоти представлені у табл.3.

Загальні висновки.

1. Особливістю роботи тягових трансформаторів підвищеної частоти в запропонованих перетворювальних структурах, обумовлюється трьома факторами які пов'язані з напругою живлення та напругою навантаження:

- нестабільність вхідної напруги трансформатора під впливом коливання напруги контактної мережі (фактор коливання);

- зміна величини вхідної напруги трансформатора, при зміні параметрів контактної мережі та схеми поєднання мережевих випрямлячів перетворювача (фактор багатосистемності);

- необхідність підтримки вихідної напруги трансформатора в заданих межах в якості вхідної напруги тягового контуру (фактор стабільності).

2. Реалізувати стабільність вихідної напруги трансформатора при зміні схеми поєднання мережевих випрямлячів перетворювача та напруги контактної мережі, пропонується зміною кількості витків обмоток.

3. Випрямляч тягового контуру, який підключено до вихідної напруги трифазного тягового трансформатора підвищеної частоти, доцільно виконати за трифазною мостовою схемою.

4. Для забезпечення максимального рівня уніфікації, пропонується в якості номінального рівня вихідної напруги тягового випрямляча прийняти значення 1500 В при тягових двигунах постійного струму та 2400 В при асинхронних тягових двигунах.

**Значення вхідних параметрів тягового трансформатора підвищеної частоти
при різних видах тягових двигунів та типах силових модулів**

Параметр вхідного кола		Тяговий двигун постійного струму			Асинхронний тяговий двигун		
		Тип силового модуля					
		M1	M2	M3	M1	M2	M3
<i>I</i>		2	3	4	5	6	7
1	Вхідна потужність <i>P</i> ₁ , кВт	839,9	1679,7	2519,6	1366,1	2732,1	4098,2
2	Потужність одного стержня <i>P</i> _{1ф} , кВт	240	559,9	839,9	455,4	910,7	1366,1
3	Вхідний струм однієї фази трансформатора <i>I</i> ₁ , А	93,1	186,6	280	151,8	303,6	455,4

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- Дубинець, Л. В. Структурна схема перспективного електровозу подвійного живлення [Текст] / Л. В. Дубинець, Г. М. Чілікін, А. М. Муха // Зб. наук. пр. Дніпродзерж. держ. техн. ун-ту (технічні науки). Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика». – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007. – С. 356-357.
- Муха, А. М. Порівняльний аналіз перетворювальних структур тягового приводу перспективних багатосистемних електровозів з тяговими двигунами постійного струму [Текст] / А. М. Муха // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 93-98.
- Муха, А. М. Структурна надійність тягового перетворювача для багатосистемного електровоза з асинхронними тяговими двигунами [Текст] / А. М. Муха // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2009. – Вип. 28 – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 40-47.
- Транспорт электрифицированный с питанием от контактной сети. Ряд напряжений: ГОСТ 6962-75. – [чинний від 1977-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 6 с.
- Апарати електричні тягові. Загальні технічні умови: ДСТУ 2773-94 (ГОСТ 9219-95). – [чинний від 1996-01-07]. – К.: Держстандарт України, 1996. – 74 с.
- Расчет электромагнитных элементов вторичного электропитания [Текст] / А. Н. Горский [и др.]. – М.: Радио и связь, 1988. – 176 с.
- Дубровский, З. М. Грузовые электровозы переменного тока [Текст] : справочник / З. М. Дубровский, В. И. Попов, Б. А. Тушканов. – М.: Транспорт, 1991. – 471 с.
- Электровоз ВЛ85: Руководство по эксплуатации [Текст] / Б. А. Тушканов [и др.]. – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.
- Тихомиров, П. М. Расчет трансформаторов. [Текст] / П. М. Тихомиров. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.
- Захарченко, Д. Д. Подвижной состав электрических железных дорог. Тяговые электрические машины и трансформаторы [Текст] / Н. А. Ротанов, Е. В. Горчаков, П. Н. Шляхто. – М.: Транспорт, 1968. – 296 с.
- Безрученко, В. Н. Электрические машины [Текст] / В. Н. Безрученко, А. С. Хотян. – К.: Вища шк., 1987. – 215 с.
- Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] / Ю. С. Забродин. – М.: Высш. шк., 1982. – 496 с.
- Ротанов, Н. А. Электроподвижной состав с асинхронными тяговыми двигателями [Текст] / Н. А. [и др.]; под ред. Н. А. Ротанова. – М.: Транспорт, 1991. – 336 с.
- Электровоз ВЛ-8. Руководство по эксплуатации. [Текст] / под ред. О. А. Кикнадзе. – М.: Транспорт, 1982. – 320 с.
- Электровозы ВЛ-10 и ВЛ-10У. Руководство по эксплуатации [Текст] / под ред. О. А. Кикнадзе. – М.: Транспорт, 1981. – 519 с.

Надійшла до редколегії 12.11.2010.

Прийнята до друку 18.11.2010.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ НИЖНЬОЇ БУДОВИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Розглянуто проблеми забезпечення якості проектування конструкцій нижньої будови залізничної колії.

Ключові слова: захисний шар, конструкція нижньої будови залізничної колії, дренавання, шар, що стискається

Изложены проблемы обеспечения качества проектирования конструкций нижнего строения железнодорожного пути.

Ключевые слова: защитный слой, конструкция нижнего строения железнодорожного пути, дренавание, сжимаемый слой

Some problems of providing the design quality for rail track substructure are presented.

Keywords: protective layer, rail track substructure, drainage, compressible layer

Як відомо, основою «Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України» (далі - Положення) [1] є поділ колій на категорії залежно від вантажонапруженості і встановлених швидкостей руху поїздів, а також диференціація використання нових і старопридатних матеріалів верхньої будови колії (ВБК) при проведенні ремонтно-колійних робіт залежно від категорії колії. Крім того, «Положення» встановлює умови призначення ремонтно-колійних робіт для колій I–VII категорій. Але всі наведені в документі норми періодичності і додаткові критерії призначення ремонтно-колійних робіт, а також орієнтовні міжремонтні схеми стосуються елементів ВБК та споруд земляного полотна. В «Положенні» відсутні будь-які критерії щодо складу нижньої будови колії (НБК) в залежності від категорії колії. Періодичність між капітальними ремонтами земляного полотна запропоновано встановлювати індивідуально залежно від місцевих умов на підставі інструментальних і візуальних спостережень, натурних, інженерно-геологічних (геофізичних) і гідрогеологічних обстежень, розрахунків міцності та стійкості.

Розрахунки колії на міцність виконуються за «Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість» (далі - Правила) [2], але й в цьому документі немає жодної рекомендації стосовно складу НБК. Крім того, єдиний вихідний параметр який характеризує стан НБК при розрахунках колії на міцність (модуль пружності підрейкової основи) не має будь-яких рекомендацій щодо його значення в залежності від характеристик НБК. Щодо критеріїв НБК, то в «Правилах» рекомендовані тільки допустимі

напруження стискання ґрунту на основній площадці земляного полотна в залежності від вантажонапруженості.

Як відомо [3], кожній конструкції колії відповідає діапазон значень модуля пружності $U_{\min} - U_{\max}$, викликаний розкидом значень параметрів і стану елементів колії. Особливістю роботи колії є те, що найбільші напруження в рейках виникають при мінімальних значеннях модуля пружності підрейкової основи, а найбільші напруження в інших елементах колії при максимальних його значеннях. Але при розрахунках колії на міцність використовують одне значення модуля пружності, яке априорі не може задовольнити дві вимоги. Таким чином не можна напевно затверджувати, що отримані значення напружень на основній площадці земляного полотна при розрахунках на міцність будуть максимальними для обраної конструкції і що ця конструкція дійсно буде задовольняти існуючим критеріям.

Що стосується розрахунків земляного полотна на стійкість, то це єдиний розрахунок який дійсно враховує всі характеристики НБК. Але його результати жодним чином не впливають на подальші розрахунки та визначення раціональної конструкції НБК.

Що стосується конструкцій при улаштуванні основної площадки земляного полотна то існують шість типів з можливими варіантами які встановлюються згідно «Правил улаштування основної площадки земляного полотна при виконанні капітального ремонту та модернізації колії» (далі – Правила улаштування) [4]. Але в цьому документі відсутні будь-які рекомендації стосовно впливу характеристик і конструкцій

НБК на значення модуля пружності залізничної колії. Крім того всі шість типів конструкцій з можливими варіантами запропоновано укласти при модулі деформації ґрунтів не менше 35 МПа.

На сьогоднішній день дані для прогнозу впливу характеристик і конструкцій НБК на значення модуля деформації земляного полотна та пружності залізничної колії відсутні. Будь-які критерії щодо вибору конструкції НБК відсутні. Методики розрахунку параметрів та характеристик щодо проектування та вибору конструкції НБК відсутні. Таким чином, без зазначених вище нормативів та методик якісна розробка будь-якого проекту щодо конструкції НБК базується тільки на сподіванні щодо досвідченості проєктанта у даному питанні.

Розглянемо питання які стосуються захисного шару НБК. Згідно існуючої нормативної документації, до конструкції захисного шару земляного полотна існують наступні вимоги та рекомендації:

- п. 6.5 [5]. Для забезпечення надійності конструкцій земляного полотна і розширення сфери застосування місцевих ґрунтів слід передбачати:

- ущільнення до нормованої щільності ґрунтів у насипах і, в необхідних випадках, під основною площадкою у виїмках і на нульових місцях (Додаток Б [5]);

- влаштування захисного шару із дренажних ґрунтів під баластовою призмою;

- застосування геотекстилю (на основній площадці під захисним шаром, при будівництві других колій, у конструкціях укріплення укосів, а також при слабкій основі).

- п. 6.5 [5]. До дренажного за умовами роботи земляного полотна слід відносити ґрунти, які мають при максимальній щільності за стандартним ущільненням коефіцієнт фільтрації не менше 0,5 м/добу і мають в гранулометричному складі не більше 10 % часток розміром менше 0,1 мм (за [6] це наступні типи ґрунтів: чистий гравій, чисті піски та суміші чистих пісків та гравію). Допускається, за згодою замовника при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні, застосовувати як дренажний ґрунт піски дрібні і пилюваті з коефіцієнтом фільтрації не менше 0,5 м/добу.

- п. 6.14 [5]. Для земляного полотна із глинистих ґрунтів усіх видів, крім супісків, що містять піщані частки розміром від 2 мм до 0,05 мм у кількості більше 50 % за масою, слід передбачати підсилення конструкції в зоні основної площадки: влаштування під баластною при-

змою захисного шару з дренажного ґрунту в комбінації з геотекстилем чи без нього. Укладання геотекстилю без захисного шару з дренажного ґрунту не допускається.

Товщину шару дренажного ґрунту під баластною призмою встановлюють залежно від виду ґрунту земляного полотна та його стану, з урахуванням глибини промерзання ґрунтів у районі будівництва згідно з розрахунком.

При проектуванні захисних шарів із дренажного ґрунту без застосування геотекстилю в основі товщина його повинна визначатися розрахунком, але бути не меншою 0,8...1,0 м для суглинків і глин та 0,5...0,7 м для супісків, залежно від кліматичних умов.

Поверхню глинистого ґрунту в основі захисного шару на нових лініях слід планувати двоххилою з ухилом 0,04 від осі полотна в польовий бік; при будівництві других колій планування має бути однохилим з ухилом 0,04 від існуючої колії.

На ділянках примикання захисних шарів до земляного полотна зі скельних та інших дренажних ґрунтів, а також примикання до штучних споруд для усунення нерівномірності морозного здирання необхідно передбачати сполучення, які забезпечують плавний перехід у поздовжньому напрямку і відповідати нормам поточного утримання колії.

- п. 6.1 [4]. Тип 1-1. Земляне полотно без захисного шару застосовується за умов, коли воно улаштовано з дренажних незв'язних ґрунтів достатньої несучої здатності, що не допускають морозного здуття, мають модуль деформації не менше 40 МПа.

- п. 6.2 [4]. Тип 1-2. Є модифікацією конструкції нижньої будови колії типу 1-1 розглядається тип 1-2 – варіант, що передбачає застосування геосинтетичних матеріалів для розділення баластового шару та земляного полотна. Ця конструкція рекомендована для земляного полотна з дренажного ґрунту, представленого супісками або щебеневою сумішшю з модулем деформації 35 МПа.

- п. 7.1...11.2 [4]. У всіх пунктах модуль деформації земполотна не менше ніж 35...50 МПа, захисний шар з модулем деформації 40...80 МПа.

Що стосується товщини захисного шару, то рекомендації п.6.14 [5] не мають чітких положень до застосування в будь-яких випадках. Тому існує необхідність в уточненні даних щодо умов використання захисного шару та методик розрахунку його характеристик та парамет-

рів, які залежать від загальних вимог до конструкції НБК.

Таким чином, питання щодо жорсткості конструкції колії, а насамперед земляного полотна, у зв'язку появи робіт із втручанням або перебудуванням конструкції НБК, виходить з рамок суто наукової проблеми.

Всі положення та рекомендації стосовно жорсткості колії були наведені автором у роботах [7, 8]. А вплив застосування вказаних пропозицій наведено у роботі [9].

Крім зазначеної проблеми, при проектуванні будь-яких конструкцій НБК, що відрізнятимуться після проведення реконструкції або модернізації колії, необхідно звернути увагу на зміну такої величини, як глибини товщі земляного полотна, що стискається при навантаженні H_c .

Зазвичай вважають, що коливання від рухомого складу затихатимуть на глибині приблизно 3 м. І тому автоматично всі питання щодо товщини змін у тілі земляного полотна поєднують з цією величиною. Але навіть при пружній роботі конструкції НБК ця величина значно більша: вона враховує не тільки вплив рухомого складу, але й вагу ВБК та роботу по переробці навантажень самого ґрунту.

Розрахункова схема основи, що використовується для визначення сумісної деформації основи, рухомого складу і конструкції ВБК приймається як полу простір, який лінійно деформується з умовним обмеженням глибини товщі, що стискається H_c .

Нижня границя товщі, що стискається, H_c дорівнює:

- при модулі деформації ґрунту $E \geq 5$ МПа глибині, глибині z , де сума напружень від впливу рухомого складу та ваги ВБК складає 20 % від напружень самого ґрунту $\sigma_{II} + \sigma_{BC} = 0,2\sigma_{\gamma}$;

- при $E < 5$ МПа, або такий шар знаходиться безпосередньо нижче глибини z - глибині, де $\sigma_{II} + \sigma_{BC} = 0,1\sigma_{\gamma}$.

Якщо в межах товщі, що стискається, H_c є шар, який стискається мало (із $E \geq 100$ МПа) та товщина цього шару h_1 задовольняє виразу

$$h_1 \geq H_c \left(1 - \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}} \right), \quad (1)$$

тоді товщина сумісної деформації основи H_c та споруди дорівнює глибині до кривлі цього шару, що мало стискається.

Якщо в межах товщі, що стискається, H_c знаходяться шари з $10 \leq E < 100$ МПа, $b \geq 10$ м, тоді товщина сумісної деформації основи, рухомого складу і конструкції ВБК дорівнює:

$$H_c = (H_0 + \psi b) \cdot \kappa_p, \quad (2)$$

де H_0 та ψ - приймаються відповідно для основ, що складаються пилювато глинистими ґрунтами 9 м та 0,15, піщаними ґрунтами – 6 м та 0,1;

b - ширина шару, що опирається на земляне полотно (ширина підшви баластної призми);

κ_p - коефіцієнт, що приймають 0,8 при тиску на основній площадці 100 кПа, та 1,2 - 500 кПа (допускається інтерполяція).

Окрім розрахункових осідань, слід додатково враховувати різницю осідань, що визначаються за абсолютними осіданнями, які вимірюються в межах впливу навантаження не менш ніж у трьох точках. Різниця осідання залежить від ступеню зміни стискання ґрунтів основи (відношення модулів стискання $\frac{E_{\max}}{E_{\min}}$).

Ґрунти основи вважаються однорідними, якщо виконана одна з вимог:

- 1) $E_{\min} \geq 20$ МПа;
- 2) $\frac{E_{\max}}{E_{\min}} = 1,8 \dots 2,5$ при $E_{\min} = 15 \dots 20$ МПа;
- 3) $\frac{E_{\max}}{E_{\min}} = 1,3 \dots 1,6$ при $E_{\min} = 7,5 \dots 15$ МПа.

При такому співвідношенні модулів пружності осідання ґрунтів основи в окремих точках мало відрізняються за величиною.

Крім перевірки вищенаведених величин, необхідно з'ясувати, як впливає зміна товщини H_c нової конструкції НБК на режим вологості.

Таким чином, для можливості застосування конструкцій НБК, наведених у «Правилах улаштування», необхідно розробити методи та методики визначення жорсткості земляного полотна і залізничної колії та проектування конструкцій земляного полотна.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України [Текст] / ЦП-0113 від 10.08.2004, № 630-ЦЗ. – К., 2004. – 32 с.
2. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість [Текст] / ЦП-0117 від 13.12.2004, № 960-ЦЗ. – К., 2004. – С. 170.
3. Татуревич, А. П. Результаты определения фактических значений жесткости пути для иссле-

- дований взаємодіявання пути и подвижного состава [Текст] / А. П. Татуревич // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2003. – Вип. 2. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2003. – С. 95-100.
4. Правила улаштування основної площадки земляного полотна при виконанні капітального ремонту та модернізації колії [Текст] / ЦП-0204 від 25.12.2008, № 557-ЦЗ. – К., 2009. – С. 44.
 5. ДБН В.2.3-12:2006. Споруди транспорту залізничної колії 1520 мм [Текст]. – К., 2006. – 151 с.
 6. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація [Текст]: Наказ Держкоммістобудування України № 189 від 01.11.96. – К., 1997. – С. 52.
 7. Бондаренко, І. А. К вопросу о повышении качественной оценки работоспособности железнодорожного пути [Текст] / И. А. Бондаренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 47-51.
 8. Бондаренко, І. А. Предложения по оценке деформативности железнодорожного пути [Текст] / И. А. Бондаренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 23. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 117-122.
 9. Бондаренко, І. О. Вплив стану залізничної ділянки і структури поїздопотоку на життєвий цикл колії [Текст] / І. О. Бондаренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 19. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 78-83.

Надійшла до редколегії 25.10.2010.

Прийнята до друку 27.10.2010.

НОРМАТИВИ УТРИМАННЯ БОКОВОГО НАПРЯМКУ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ПО ШИРИНІ КОЛІЇ ТА ЗА НАПРЯМКОМ У ПЛАНІ

В даній статті наведено результати досліджень, що стосуються розробки нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

Ключові слова: критерії безпеки руху та впливу на колію, дослідження, нормативи, утримання

В данной статье приведены результаты исследований, касающиеся разработки нормативов содержания бокового направления стрелочных переводов по ширине колеи и по направлению в плане по критериям безопасности движения и воздействия на путь.

Ключевые слова: критерии безопасности движения и воздействия на путь, исследования, нормативы, содержание

This article presents the results of studies concerning the development of standards for maintenance of the lateral direction of rail switches on gauge and the direction in plan by the criteria for traffic safety and impact on the track.

Keywords: criteria for traffic safety and impact on track, studies, standards, maintenance

Діюча система нормативів утримання стрілочних переводів [1] враховує лише норми та допуски утримання по ширині колії та за напрямком у плані. В цій системі не існують, як це прийнято для звичайної колії, нормовані ступені відступів. Крім того ці нормативи були розроблені за результатами статистичних та експериментальних досліджень стрілочних переводів лише на дерев'яних брусах [2–3]. Експериментальні дослідження [3] не враховували вплив плану та профілю стрілочного переводу на взаємодії колії та рухомого складу. Дослідженнях [4] були присвячені впливу стану в профілі та в плані на взаємодію. Але і ці дослідження мали недоліки:

- нерівності в плані та профілі аналізувались окремо;

- стрілочні переводи до початку експерименту вже мали початкові нерівності, але їх вплив не аналізувався, тому після улаштування штучних нерівностей максимальні значення показників взаємодії були отримані за межами експериментальної ділянки;

- в теоретичній частині досліджень використовувались плоскі математичні моделі взаємодії, хоча результати експериментів свідчили про сумарний вплив нерівностей в плані і профілі на взаємодію;

- не наведені схеми розташування датчиків.

Ці обставини стали причиною проведення досліджень з розробки нових нормативів утримання стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані.

Метою даної роботи є розробка нормативів утримання, на базі раніше виконаних досліджень [5–8], по ширині колії та за напрямком у

плані бокового напрямку стрілочних переводів за критеріями безпеки руху та впливу на колію. Для цього необхідно обрати відповідні критерії. Силами вчених кафедри «Колія та колійне господарство» та Колієвипробувальної науково-дослідної лабораторії ДІПТу вперше за роки незалежності України були розроблені такі нормативи [9–10]. Враховуючи особливості взаємодії боковий напрямок стрілочних переводів був розділений на 2 характерні ділянки:

- 1) стрілка;
- 2) перевідна крива.

Відповідно для цих ділянок були обрані відповідні критерії безпеки руху та впливу на колію, які наведені в табл. 1.

Зауважимо, що вкочення колеса на рейку відбувається не миттєво, а на протязі деякої довжини, згідно досліджень випадків порушення безпеки руху [11], ця довжина складає 0,6...5,0 м. У якості допустимої нами прийнята нижня границя 0,6 м.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- 1) визначити, який з напрямків руху: пошерсний чи протишерсний (далі ПШ та ПРШ відповідно) є більш несприятливий з точки зору взаємодії;

- 2) визначити вплив нерівностей у профілі на взаємодію;

- 3) встановити найбільш несприятливий вид нерівностей у профілі в межах перевідної кривої за критеріями безпеки руху;

- 4) визначити допустимі відступи за шириною колії та за напрямком у плані із врахуван-

ням нерівностей у профілі, що не вимагають зменшення встановленої швидкості руху;

5) визначити ступені відступів по ширині колії та за напрямком у плані за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

Таблиця 1

Допустимі значення критеріїв безпеки руху та впливу на колію

Назва критерію	Допустиме значення
Бокова сила від колеса на рейку	$\frac{120}{100}$ кН*
Коефіцієнт запасу стійкості колеса на рейці	1,3

* – у чисельнику для залізобетонної підрейкової основи; у знаменнику – для дерев'яної

Всі наведені задачі даного дослідження виконувались за допомогою просторової математичної моделі взаємодії вантажного піввагона на візках 18-100 (в порожньому та навантаженому стані: 23,5; 25; 30 т/вісь) з колією в межах стрілочного переводу. Вихідні дані для моделі були взяті з [14, 15]. Причому моделювання виконувалось окремо для дерев'яної та залізобетонної основи. Верифікація моделі виконувалась за результатами натурних експериментів по визначенню напружено-деформованого стану стрілочних переводів, проведених кафедрою «Колія та колійне господарство» та Колієвипробувальною науково-дослідною лабораторією ДПТУ. Результати, отримані при моделюванні та експериментальним шляхом, мають добрий збіг. Випробовування піввагонів із навантаженням 30 т/вісь в Україні ще не проводились, тому результати моделювання для цього осевого навантаження мають орієнтовний характер.

Визначимо, який з напрямків руху – ПШ чи ПРШ – є більш несприятливим з точки зору взаємодії. Для цього порівняємо результати моделювання руху піввагона в обох напрямках. При русі в ПШ напрямку моделювалась нерівність в плані в межах переднього вильоту рамної рейки та перевідної кривої, а при ПРШ напрямку – лише в межах перевідної кривої. Параметри нерівностей у плані в обох зонах бокового напрямку однакові: довжина нерівності 6 м, амплітуда 15 мм (параметри нерівностей за результатами експлуатаційних досліджень [8]). Зміну бокової сили по довжині бокового напрямку наведено на рис. 1, 2 для ПРШ та ПШ напрямку відповідно.

Аналіз результатів, наведених на рис. 1–2, свідчить наступне:

– в межах перевідної кривої величина бокової сили більша при ПРШ напрямку руху;

– в межах переднього вильоту при ПШ напрямку руху бокова сила менша ніж в межах зони набігання та перевідної кривої при ПРШ напрямку руху.

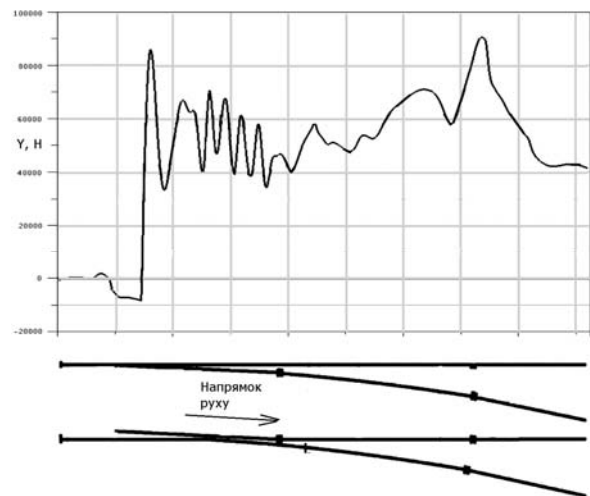


Рис. 1. Бокова сила при ПРШ напрямку руху

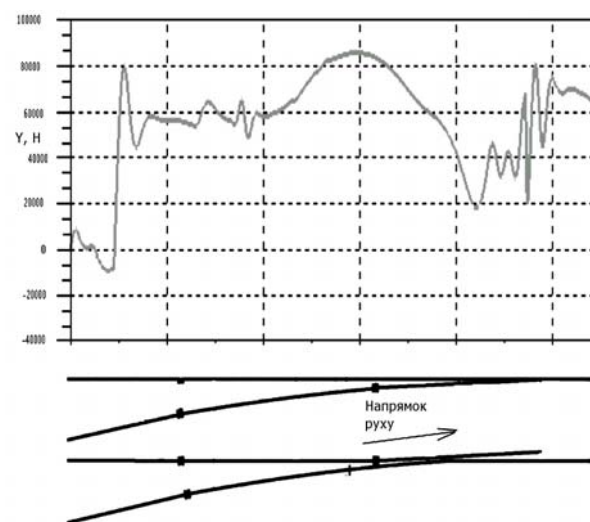


Рис. 2. Бокова сила при ПШ напрямку руху

Результати експлуатаційних досліджень [8] підтверджують ці висновки: залишкові деформації в межах зони набігання та перевідній кривій завжди більші, ніж в межах переднього вильоту. Отже, результати теоретичних та експлуатаційних досліджень дають право стверджувати, що найбільш несприятливим є ПРШ напрямку руху. Тому в подальших дослідженнях аналіз буде проводитись для ПРШ напрямку руху.

В наших дослідженнях, що проводились раніше [7], із нерівностей у профілі враховувались лише стики. Проведенні нами експлуатаційні дослідження показали, що на кожному стрілочному переводі присутні нерівності за

рівнем: односторонні просадки та перекуси. Приклади цих нерівностей наведені на рис. 3.

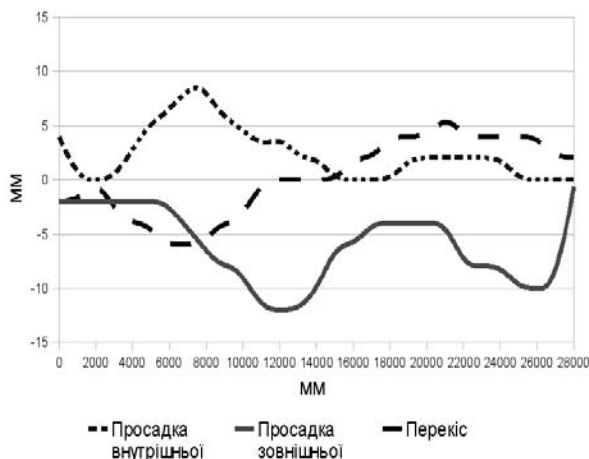


Рис. 3. Характерні вертикальні нерівності по боковому напрямку стрілочних переводів Р65 на залізобетонних брусах

Основні параметри нерівностей за рівнем по результатам експлуатаційних досліджень наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Параметри вертикальних нерівностей				
Значення параметру	Перекус		Одностороння просадка	
	Довжина, м	Амплітуда, мм	Довжина, м	Амплітуда, мм
Мінімальне	8	4	6	2
Середнє	12	5	8	3
Максимальне	14	17	14	12

На наступному етапі дослідження необхідно визначити вплив як нерівності у профілі взагалі, так і її форми на безпеку руху. Для цього моделювався збіг нерівностей у плані та профілі в межах перевідної кривої. До моделювання було прийнято наступні форми вертикальних нерівностей: двостороння, одностороння просадка зовнішньої та внутрішньої нитки, а також перекус. Критерієм порівняння був коефіцієнт запасу стійкості колеса на рейці. Характеристики нерівностей: довжина 6 м (перекус 12 м), амплітуда 10 мм. Форма нерівностей показана на рис. 4.

На рис. 5 наведено результати моделювання. Ці результати свідчать, що: нерівності у профілі мають вплив на безпеку руху; найбільш несприятливою по критеріях безпеки руху є одностороння просадка по зовнішній, упорній нитці.

Це обумовлене безпосереднім зменшенням вертикального навантаження на колесо, що набігає на упорну нитку. Тому в наступних етапах дослідження в якості вертикальної нерівності буде прийматись одностороння просадка по зовнішній, упорній нитці перевідної кривої.

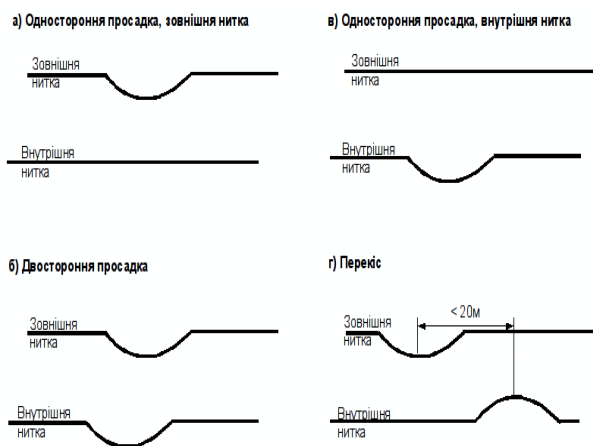


Рис. 4. Форми вертикальних нерівностей

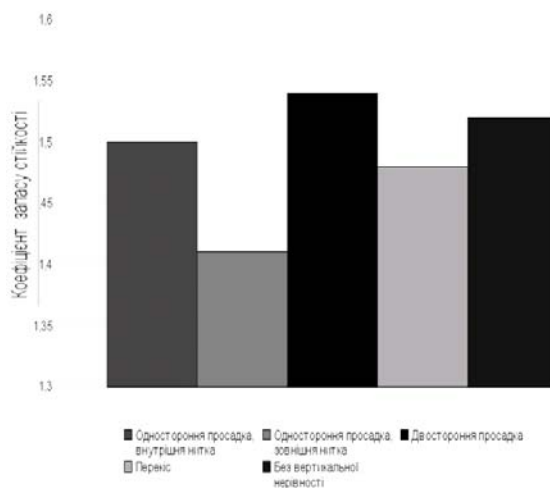


Рис. 5. Коефіцієнт запасу стійкості залежно від виду вертикальної нерівності

Перейдемо до визначення ширини колії та нерівностей за напрямком у плані в межах бокового напрямку стрілочних переводів, що не вимагають зменшення швидкості руху. До моделювання взаємодії в межах перевідної кривої було обрано 6 проектів стрілочних переводів, серед яких один експериментальний, основною його особливістю є криволінійна хрестовина. Для них встановлена допустима швидкість руху у діючих нормативних документах [1]. Діапазон непогашених відцентрових прискорень, що діє в межах перевідної кривої, для цих проектів перекиває практично весь існуючий діапазон для всіх стрілочних переводів. Характеристики проектів стрілочних переводів, що досліджуються, наведені в табл. 3.

Методика цього етапу дослідження базується на визначенні таких параметрів ширини колії

та нерівностей за напрямком у плані при яких не перевищуються допустимі критерії безпеки руху та впливу на колію. Схематично методика дослідження представлена на рис. 6.

Таблиця 3

Характеристики бокового напрямку стрілочних переводів

№ проекту	R, м	M	Встановлена швидкість, км/год	Тип	Відцентрове прискорення, м/с ²
1740	300	1/11	40	P65	0,41
2215	200	1/9	40	P65	0,62
2064	422	1/9	50	P50	0,46
Експер.	450	1/11	60	P65	0,62
Дн060	962	1/18	80	P65	0,51
2063	540	1/11	70	P50	0,7

Методика досліджень враховує раніше отримані результати досліджень [7]. Дослідження [7] виявили особливості взаємодії, які раніше

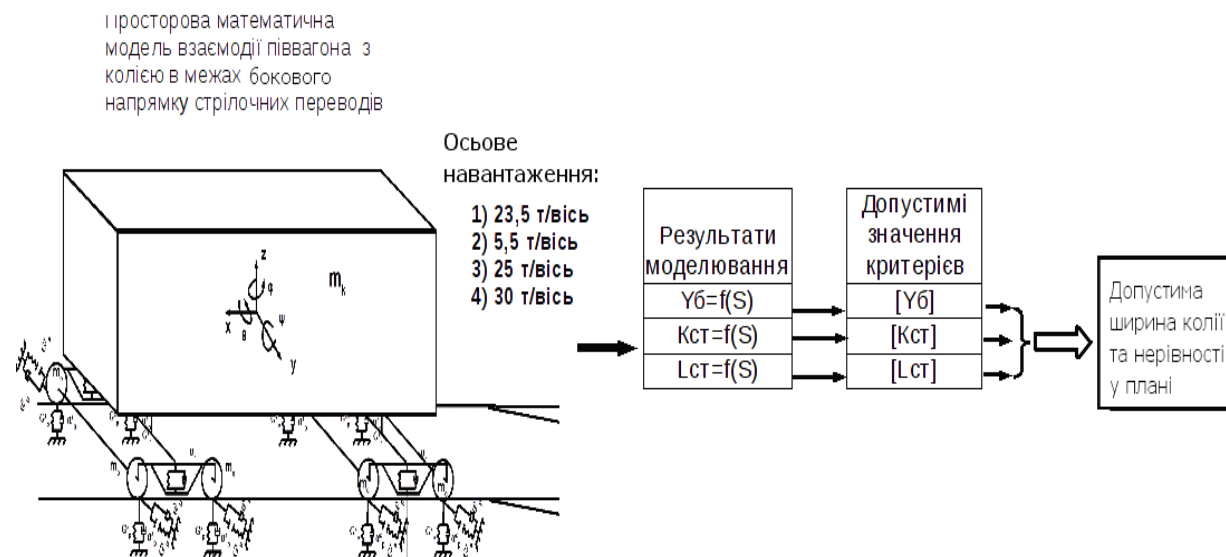


Рис. 6. Схема проведення досліджень.

В межах перевідної кривої бокові сили зростають при зміні ширини колії від 1520 до 1546 мм на 4...6 % і тільки для проекту ДН060 з встановленою швидкістю 80 км/год на 13 %. Зауважимо, що згідно результатів досліджень, представлених на рис. 7, для стрілочних переводів, що будуть проектуватись зі швидкістю 80 та більше км/год по боковому напрямку, необхідно провести додаткові дослідження по впливу ширини колії на взаємодію.

не враховувались при розробці нормативів утримання стрілочних переводів, а саме:

- для призначення нормативів по ширині колії боковий напрямок доцільно розбити на дві ділянки (стрілка та перевідна крива);
- нормативи призначати диференційовано, залежно від встановленої швидкості руху.

Розбиття бокового напрямку обумовлене різним рівнем впливу ширини колії на сили взаємодії в межах згаданих ділянок. В межах стрілки ширина колії істотно впливає на сили взаємодії, а в межах перевідної кривої цей вплив практично відсутній. На рис. 7–8 наведено зростання у відсотках величини бокової сили при зміні ширини колії від 1520 до 1546 мм відповідно для ділянки стрілки при набіганні та в межах перевідної кривої. Як бачимо з рис. 7, в межах стрілки бокові сили зростають при зміні ширини колії від 1520 до 1546 мм на 26...42 %, в залежності від встановленої швидкості. Такий вплив швидкості свідчить про доцільність диференційованого підходу до призначення нормативів в залежності від швидкості руху: при швидкості 50 і менше бокова сила зростає на 26 %, а при 60...80 км/год – на 42 %.

Перейдемо до результатів, що стосуються нерівностей у плані в межах бокового напрямку. У якості нерівності приймалась встановлена діючими нормативними документами [1] характеристика - різниця відступів у суміжних ординатах перевідної кривої (далі амплітуда нерівності). Довжина нерівності була прийнята по результатам експлуатаційних досліджень. Загальновідомо, що чим коротша нерівність тим гірший вплив вона має на взаємодію, тому до досліджень приймалась найменша виміряна

довжина нерівності – 6 м, а її амплітуда змінювалась при моделюванні. Результати досліджень аналізувались окремо по критеріям безпеки руху та впливу на колію. На рис. 9–10 наведено допустимі, без зниження швидкості руху, амплітуди нерівностей за критерієм впливу на колію та безпеки руху, відповідно.

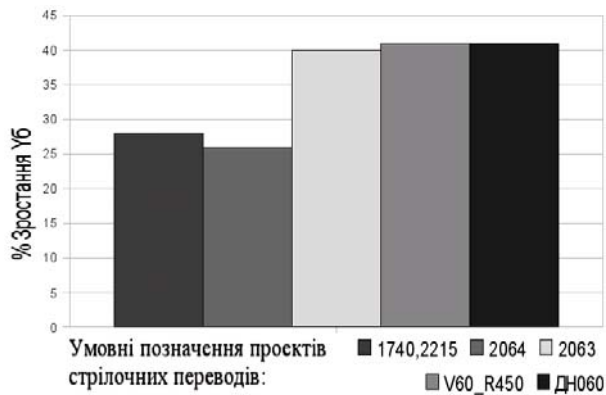


Рис. 7. Відсоток зростання бокової сили в зоні стрілки при набіганні

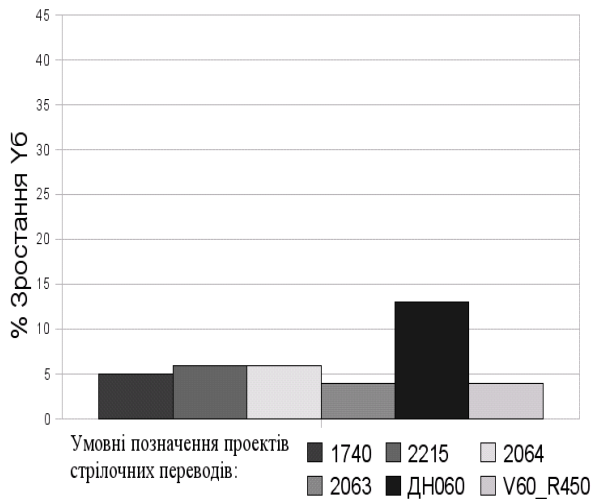


Рис. 8. Відсоток зростання бокової сили в зоні перевідної кривої

З рис. 10 бачимо, що найменші допустимі нерівності отримано для порожнього піввагона, тобто він є найбільш нестійким типом рухомого складу з тих, що досліджувався. Цей висновок підтверджується результатами багаторічних досліджень присвячених стійкості саме порожніх піввагонів [13].

Як бачимо з результатів, наведених на рис. 9-10, допустимі амплітуди нерівностей, отримані за критеріями впливу на колію та безпеки руху, між собою відрізняються.

Причому для завантажених піввагонів допустимі величини нерівності більші саме за критеріями безпеки руху. Ця обставина обумовлена наступним. Коефіцієнт запасу стійкості ко-

леса на рейці є відношення вертикального до горизонтального навантаження. В межах певної кривої вертикальне навантаження на колеса, що рухаються по упорній нитці, зростає через бокову качку кузова, ця особливість підтверджена в експериментах проф. Амеліна [12]. В свою чергу, збільшення вертикального навантаження призводить до зростання коефіцієнта запасу стійкості. Також зауважимо, що для піввагону з осьовим навантаженням 30 т/вісь допустимі амплітуди нерівностей менші в середньому на 4 мм в порівнянні з навантаженням 23,5 та 25 т/вісь за критерієм впливу на колію. Ця обставина свідчить про підвищену дію піввагонів з перспективним осьовим навантаженням 30 т/вісь, а тому виникає необхідність проведення окремих теоретичних та експериментальних досліджень цього рухомого складу як на стрілочні переводи, так і на колію взагалі. Крім допустимих нерівностей у плані також було визначено нерівності за рівнем, результати представлено на рис. 11.

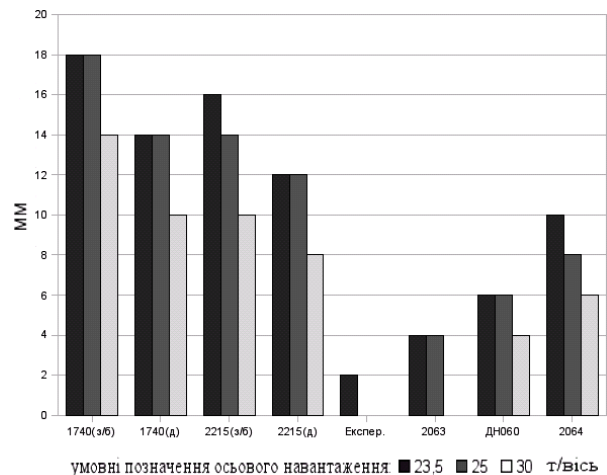


Рис. 9. Допустима амплітуда нерівності у плані за критерієм впливу на колію

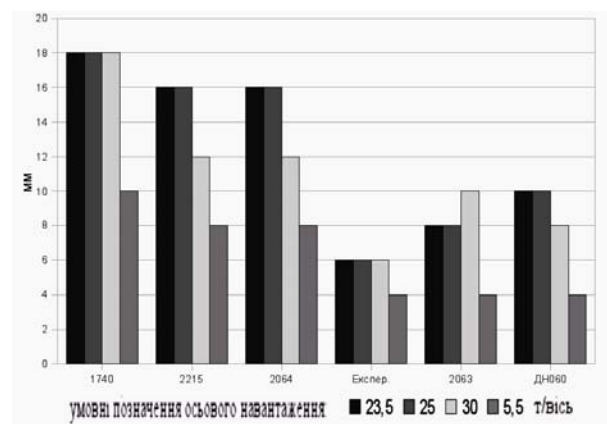


Рис. 10. Допустима амплітуда нерівності у плані за критерієм безпеки руху

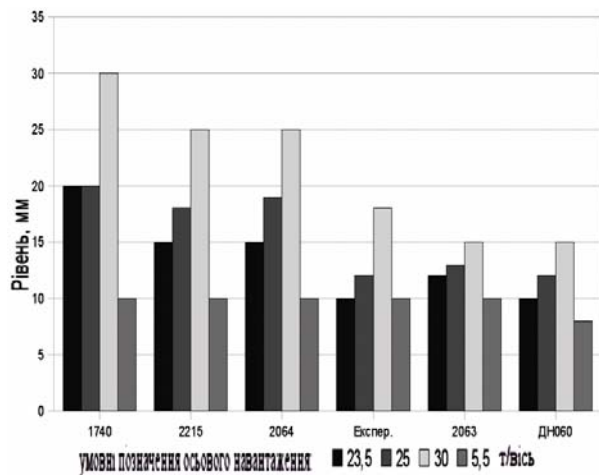


Рис. 11. Допустимі відхилення за рівнем за критерієм безпеки руху

Подані на рис. 11 результати свідчать, що допустимі відхилення за рівнем, за критерієм безпеки руху, зростають з підвищенням осьового навантаження, найбільш несприятливим за цим критерієм є також, як і у попередньому випадку порожній вагон. Як у випадку з шириною колії в межах стрілки так і по стану за напрямком у плані, згідно отриманих результатів, визначається необхідність диференціювання нормативів по встановленим швидкостям руху. Наприклад по критерію безпеки руху для порожнього вагону в діапазоні швидкості до 60 км/год допустимим є діапазон амплітуд нерівностей 10...8 мм, а при швидкості 60...80 км/год – 4 мм. Тому в подальших дослідженнях нормативи будуть розділені для двох діапазонів встановленої швидкості в межах бокового напрямку: менше 60 та 60...80 км/год. Найменші допустимі відхилення як у плані так і за рівнем отриманні в усіх випадках для порожнього вагону за критерієм безпеки руху. Тому нормативи утримання колії в межах бокового напрямку стрілочних переводів за напрямком у плані приймаються саме для порожнього вагону. Отже допустима різниця відступів у суміжних ординатах, що не вимагає зменшення швидкості руху:

- при встановленій швидкості руху менше 60 км/год – 8 мм;
- при встановленій швидкості руху 60...80 км/год – 4 мм.

Дослідження по встановленню допустимої ширини колії були виконані раніше [7]. Тому визначивши допустиму ширину колії та нерівності за напрямком у плані по критеріям безпеки руху та впливу на колію, необхідно за цими ж критеріями визначити допустимі швидкості руху в залежності від величини відступів від

норм утримання. Для досліджень використовувалась наступна методика:

- обрати обмеження швидкості, які б використовувались у діючих нормативних документах для звичайної колії;

- для кожного кроку обмежень швидкості визначити допустимі величини відступів за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

Кроки обмеження швидкості були обрані наступні:

- при встановленій швидкості руху менше 60 км/год – 25 та 15 км/год;

- при встановленій швидкості руху 60...80 км/год – 50 та 25 км/год.

Для прикладу на рис. 12 наведено результати визначення допустимої різниці відступів у суміжних ординатах для проекту 2215 при обмеженні швидкості руху до 25 км/год.

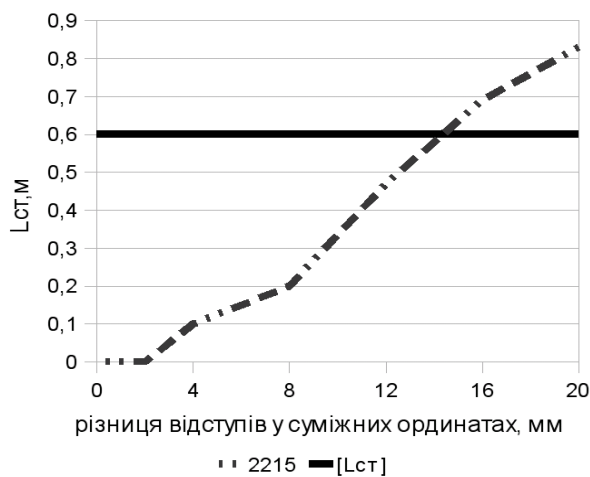


Рис. 12. Довжина зони втрати стійкості при швидкості руху 25 км/год

Аналогічним шляхом отримані інші результати, що стосуються ступенів відступів. Перейдемо до результатів, як по відхиленнях, що не вимагають обмеження швидкості так і по ступенях відступів, що вимагають обмеження швидкості для ширини колії та за станом по напрямку у плані, які зведені до табл. 4 та 5, відповідно.

Отже в результаті проведених досліджень були розроблені нормативи утримання бокового напрямку стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані. Ще раз зауважимо, що нормативи розроблені за критеріями безпеки руху та впливу на колію. Для розробки та обґрунтування нормативів з точки зору мінімуму експлуатаційних витрат необхідно проводити окремі дослідження. Теоретичною основою яких є залежності реологічних властивостей колії від її стану, але на сьогодні такої теорії не існує.

Таблиця 4

**Нормативи утримання по ширині колії
по боковому напрямку стрілочних переводів**

Ділянка стрілочного переводу	Ступені несправностей		
	1	2	3 ¹
	Допустима ширина колії		
Стрілка	$\frac{1542}{1532^1}$	$\frac{1546}{1540^1}$	> 1546
Перевідна крива	1546	> 1546	
Допустимі швидкості руху, км/год	Встано- влена	$\frac{25}{50^2}$	$\frac{15}{25^2}$

1 – у всіх випадках ширина колії з урахуванням бокового зносу рейок не повинна перевищувати 1548 мм;

2 – у чисельнику показники для стрілочних переводів з встановленою швидкістю по боковому напрямку < 60, а в знаменнику для діапазону 60...80.

Таблиця 5

**Нормативи утримання за напрямком
у плані бокового напрямку стрілочних переводів**

Встановлена швидкість руху, км/год	Ступені несправностей		
	1	2	3
	Різниця відступів у суміжних ординатах		
< 60	8	14	20
60...80	4	8	14
Допустимі швидкості руху, км/год	Встано- лена	$\frac{25}{50^1}$	$\frac{10}{25^1}$

1 – у чисельнику показники для стрілочних переводів з встановленою швидкістю по боковому напрямку < 60, а в знаменнику – для діапазону 60...80.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП/0138 [Текст] / Е. І. Даніленко [та ін.]. – К.: Транспорт України, 2006. – 336 с.
- Рыбкин, В. В. Исследование расстройств колеи по шаблону на стрелочных переводах [Текст] / В. В. Рыбкин, П. П. Ковтун // Межвуз. сб. науч. тр. БелИЖТ. – Гомель, 1992. – С. 16-24.
- Обоснование нормативов содержания стрелочных переводов [Текст] : отчет о НИР / ВНИИЖТ. – М., 1987. – 130 с.
- Обоснование нормативов содержания стре-

- лочных переводов [Текст] : отчет о НИР / ВНИИЖТ. – М., 1987. – 130 с.
- Каленик, К. Л. Особливості математичної моделі взаємодії колії та рухомого складу в межах стрілочного переводу [Текст] / К. Л. Каленик, В. В. Рибкін // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 30. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 204-207.
- Рибкін, В. В. Вплив ширини колії в межах перевідної кривої звичайних стрілочних переводів на взаємодію колії та рухомого складу [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 153-156.
- Рибкін, В. В. Аналіз впливу відступів за шириною колії та за напрямком у плані в межах бокового напрямку стрілочних переводів за критеріями безпеки руху та впливу на колію [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 116-122.
- Рибкін, В. В. Експлуатаційні дослідження ширини колії та положення за напрямком у плані бокового напрямку стрілочних переводів [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 129-134.
- Технічні вказівки з проведення натурних випробувань стрілочних переводів на міцність [Текст] / В. П. Гнатенко [та ін.]. – Д.: ДНУЗТ, 2010. – 20 с.
- Савлук, В. Є. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань рухомого складу щодо впливу на колію та стрілочні переводи [Текст] / В. Є. Савлук, В. В. Рибкін, А. М. Патласов. – Д.: ДНУЗТ, 2010. – 20 с.
- О запасе устойчивости колеса против схода с рельса [Текст] / Е. П. Блохин [и др.] // Заліз. трансп. України. – 2002. – № 2. – С. 22-24.
- Исследование устойчивости движения экипажей по коэффициентам вертикальной динамики [Текст] / С. В. Амелин [и др.] // Сб. науч. тр. ЛИИЖТа. – Л., 1971. – № 323. – С. 18-28.
- Определение допускаемых скоростей движения грузовых вагонов по железнодорожным путям колеи 1520 мм [Текст] / В. Д. Данович [и др.] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2003. – Вип. 2. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2003. – С. 77-86.
- Желнин, Г. Г. Допустимые скорости движения на боковое направление стрелочного перевода с учетом его фактического состояния [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Г. Г. Желнин. – М.: ВНИИЖТ, 1992. – 45 с.
- Мямлин, С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей [Текст] / С. В. Мямлин. – Д.: Новая идеология, 2002. – 240 с.

Надійшла до редколегії 04.11.2010.

Прийнята до друку 22.11.2010.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ У КРИВИХ РАДІУСОМ МЕНШЕ 350 м

Виконано теоретичні дослідження по розробці моделі роботи безстикової колії у горизонтальній площині під дією поздовжніх температурних напружень та проведено моделювання процесу викиду безстикової колії у поперечному напрямку. Проведено експериментальні дослідження по визначенню параметрів опору залізобетонної шпали поперечному зсуву. На основі розробленої моделі сформульовано практичний висновок про ефективність підвищення стійкості безстикової колії у кривих із радіусом менше 350 м шляхом застосування шпального анкера.

Ключові слова: температурний викид безстикової колії, стійкість безстикової колії, шпальний анкер

Выполнены теоретические исследования по разработке модели работы бесстыкового пути в горизонтальной плоскости под действием продольных температурных напряжений и проведено моделирование процесса выброса бесстыкового пути в поперечном направлении. Проведены экспериментальные исследования по определению параметров сопротивления железобетонной шпалы поперечному сдвигу. На основе разработанной модели сделано практический вывод об эффективности повышения устойчивости бесстыкового пути в кривых с радиусом меньше 350 м путем применения шпального анкера.

Ключевые слова: температурный выброс бесстыкового пути, стойкость бесстыкового пути, шпальный анкер

The method of continuous welded rail (CWR) track calculation is developed in the paper. The method allows carrying out calculations of buckling CWR in curves with radius less than 350 m.

Keywords: temperature deflection of jointless track, resistance of jointless track, sleeper anchor

На даний час гостро стоїть проблема впровадження безстикової колії на залізобетонних шпалах у кривих радіусом менше 350 м. Така проблема вимагає розробки якісно нових підходів та методик оцінки стійкості такої колії, а також оцінки ефективності пристроїв для підвищення стійкості колії проти викиду та встановлення необхідних умов її експлуатації. В основі існуючих методик розрахунку колії на стійкість лежить визначення критичної поздовжньої сили у рейках безстикової колії, ґрунтуючись на якій, в подальшому формулюються висновки про необхідні умови експлуатації та утримання колії. Існує декілька теоретичних підходів до визначення критичної поздовжньої сили, серед яких основними є енергетичні методи та методи моделювання колії як системи із пружних та пластичних елементів із різним ступенем деталізації.

Для практичного визначення критичної поздовжньої сили у вітчизняній колійній науці використовуються загальноприйняті напівемпіричні методики авторів Є. М. Бромберга, проф. С. П. Першина [1], в основі яких лежать теоретичні енергетичні принципи та масові натурні випробування. Однак, такі методики мають обмежене використання для випадку малих радіу-

сів та різної зсувної здатності шпал. Так, методика Є. М. Бромберга враховує різне значення радіусів без врахування поперечної стійкості, а методика проф. С. П. Першина не дає можливості врахувати криві з радіусами менше 400 м. Окрім того, спільним недоліком усіх методів, в основі яких лежать енергетичні принципи, є те, що вони враховують лише два стани – стан нормальної роботи і стан викиду, який настає при перевищенні критичної сили. В дійсності ж у кривих малих радіусів втрата стійкості відбувається не так раптово, як у прямих. При збільшенні температурних сил відбуваються рівномірні поперечні деформації по всій кривій, що призводить до видовження пліти та швидкого послаблення поздовжньої сили. Таке явище у зарубіжній літературі називається «ефектом дихання» кривої [2, 3]. Для розв'язання таких задач стійкості колії зарубіжними вченими використовуються моделі нелінійної роботи колії у поздовжньому та поперечному напрямках, в основі яких лежить метод кінцевих елементів. Такі методики покладені в основу багатьох програмних продуктів [4], що дозволяють виконати практичні інженерні розрахунки стійкості безстикової колії, серед яких поширеним є

CWERRI, розроблений Європейським Залізничним Дослідним Інститутом (ERRI).

Кафедрою Колії та колійного господарства ДІПТ розроблено математичну та комп'ютерну модель нелінійної роботи безстиквої колії у горизонтальній площині. Розроблена модель представлена балкою Ейлера на окремих опорах з білінійною пружністю, яка відображає пружну та пластичну роботу окремої шпали на зсув, починаючи з деякого значення зсувної сили. У моделі ітераційним шляхом враховано пониження поздовжніх сил у пліті при її деформації, однак не враховується нерівномірний поздовжній зсув пліті. Дана модель дозволяє, крім врахування впливу окремих шпал, відтворити перехідний процес від стійкого стану до викиду, що важливо для кривих малих радіусів. Така модель була використана для обґрунтування ефективності збільшення стійкості без-

стиквої колії проти викиду за допомогою анкерування.

1. Кінцеелементна модель деформацій колії у горизонтальній площині

Для розв'язку задачі знаходження поперечних деформацій балки під дією поперечних сил, що викликані поздовжніми температурними силами, використовується одновимірний метод кінцевих елементів. В його основі лежить розчленування усієї балки на окремі однотипні елементи, що мають однакову кількість фізичних параметрів та параметрів взаємодії один з одним. У даному випадку модель колії представляється у вигляді нерозрізної балки на окремих опорах, яка умовно розбивається на ряд елементарних балок, що з'єднані між собою жорсткими вузлами над опорами (рис. 1).

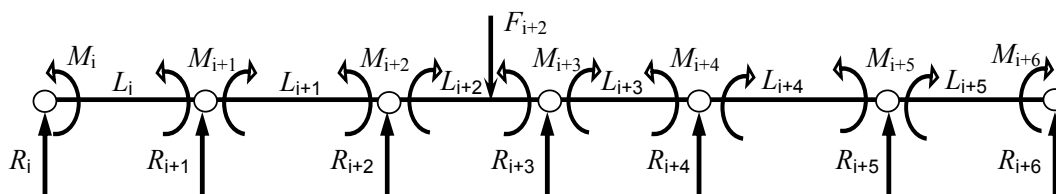


Рис. 1. Розрахункова схема балки на окремих опорах

Елементарна балка цієї моделі працює під дією зовнішньої сили F_i , реакцій опор R_i та згинальних та поперечних зусиль M_i , Q_i , що компенсують дію прилягаючих ділянок.

Зв'язок між окремими параметрами взаємодії одного кінцевого елемента знаходиться з умов рівноваги окремого елемента:

$$R_i = \frac{F_i(L_i - x f_i)}{L_i} + \frac{M_{i+1} - M_i}{L_i} - Q_i; \quad (1)$$

$$R_{i+1} = \frac{F_i x f_i}{L_i} + \frac{M_i - M_{i+1}}{L_i} - Q_{i+1}, \quad (2)$$

де i – номер міжшпального прогону рейки;

R_i , R_{i+1} – реакції опор для i -го прогону, які нелінійно залежать від величини зсувного переміщення опори y_i ;

Q_i , Q_{i+1} – поперечні сили біля опор i -го прогону;

M_i , M_{i+1} – моменти сил в опорах i -го прогону;

F_i , $x f_i$ – зовнішня сила дії на рейку та її координата в i -му прогоні;

L_i – довжина балки i -го прогону.

Зв'язок між прогинами та кутами прогину балки кінцевого елемента визначається через рівняння пружної лінії балки для i -го прогону.

Для розв'язання задачі поперечних переміщень балки із N окремих елементів під дією зовнішніх сил, повинна забезпечуватися умова рівності прогинів та кутів повороту по краях кожного з елементів. Цій умові відповідає система нелінійних рівнянь:

$$\begin{cases} z_i(L_i) = z_{i+1}(0), & i = 1..N; \\ k z_i(L_i) = k z_{i+1}(0), & i = 1..N. \end{cases} \quad (3)$$

Розв'язок системи (3) полягає у знаходженні згинальних та поперечних зусиль M_i , Q_i з урахуванням нелінійного зсуву опор. Для розв'язку системи (3) недостатньо приведених рівнянь, потрібні також додаткові, якими є граничні умови. Ними можуть бути або параметри переміщень по краях балки, або силові параметри. Вибираються такі граничні умови, які відповідають вільним краям ділянки, на яких відсутні зусилля:

$$\begin{cases} M(1) = 0, & Q(1) = 0, \\ M(N+1) = 0, & Q(N+1) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

2. Модель пружно-пластичної роботи шпали на зсув

При збільшенні зсувного навантаження на окрему шпалу, починаючи з певного його значення, починаються значні незворотні переміщення. Тому в якості моделі роботи шпали на зсув під дією зсувного навантаження від рейок вибрано білінійний закон, що показує пружну та пластичну стадію роботи шпали при її зсуві (рис. 2).

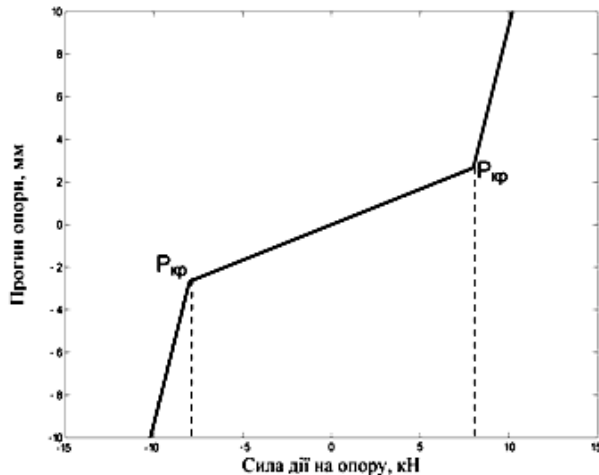


Рис. 2. Графік пружного та пластичного зсуву шпали

Даному закону відповідають наступні параметри білінійної моделі реакції окремої опори $R_i = f(z_i, P_{кр}, U_{п}, U_{пл})$:

1) сила, при якій починається перехід від пружного стану в пластичний, або сила, при якій відбуваються незворотні зсувні деформації $P_{кр}$;

2) горизонтальна жорсткість у зоні пружної деформації $U_{п}$;

3) горизонтальна жорсткість у зоні пластичної деформації $U_{пл}$.

Для отримання конкретних значень параметрів моделі були виконані експериментальні дослідження зсувної роботи залізобетонної шпали. Також було виконано дослідження зсувної роботи залізобетонної шпали при використанні пристрою для збільшення її стійкості (анкер АНК-3), який був розроблений кафедрою «Колія та колійне господарство» ДПТУ. Вимірювання виконувалися на спеціально розробленому стенді Колієвипробувальній лабораторії ДПТУ з використанням гідравлічного зсуваючого пристрою. Результати вимірювань, а також їх апроксимація для шпали з анкером показані на рис. 3.

3. Моделювання взаємної поперечно-поздовжньої роботи балки під дією температурних сил

Задача моделювання взаємної поперечно-поздовжньої роботи балки під дією температурних сил зводиться до взаємопов'язаного розв'язку двох задач:

1. задачі знаходження нелінійного прогину балки під дією поперечної розподіленої вздовж її осі сили, яка пропорційна кривизні осі балки та поздовжній силі у балці;

2. задачі знаходження величини поздовжньої сили у балці, що залежить не тільки від температури, а й від видовження всієї балки внаслідок поперечної деформації.

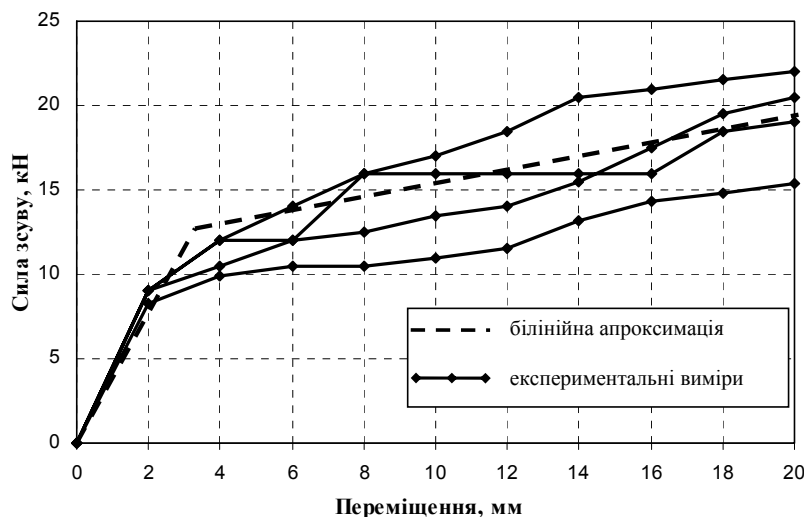


Рис. 3. Графік «сила-переміщення» шпали з анкером

У задачі знаходження прогину поперечна розподілена вздовж осі балки сила визначається по залежності:

$$F(x) = \frac{\partial^2 z(x)}{\partial x^2} N(T, dL), \quad (5)$$

де $\frac{\partial^2 z(x)}{\partial x^2}$ – кривизна осі балки з врахуванням

прогину та початкової геометричної нерівності;

$N(T, dL)$ – поздовжня сила у балці, що залежить від температури T та видовження всієї балки dL внаслідок поперечної деформації.

Традиційно нелінійні задачі пружності вирішуються застосуванням ітераційних методів до лінійних моделей. У даному випадку використовується спосіб, що базується на застосуванні оптимізаційних методів рішення систем нелінійних рівнянь (3, 4). Такий підхід дозволяє уникнути знаходження проміжного лінійного значення пружності опор, що необхідне у методі початкових деформацій [5] та явним чином задавати рівняння зв'язку сили реакції опори від прогину. Сучасні методи вирішення задач багатовимірної оптимізації [6] дають можливість з відносно невеликими затратами часу розв'язати практичні задачі моделювання поперечного викиду колії на ділянках із довжиною, що відповідає існуючій довжині.

У задачі знаходження поздовжньої сили у балці $N(T, dL)$ використовуються загальновідомі залежності:

$$N(T, dL) = EA\alpha\Delta T - EAdL(z)/L, \quad (6)$$

де E – модуль пружності рейкової сталі;

A – площа поперечного перерізу;

α – коефіцієнт температурного розширення;

$dL(z)$ – загальне видовження балки внаслідок поперечного прогину;

L – повна довжина балки.

Для спрощення розв'язку задачі прийнято припущення про те, що у будь-якій точці вздовж осі балки поздовжня сила залишається однаковою, тобто нехтується поздовжніми силами тертя рейки відносно шпал та вузлів скріплення. Залежності (3–6) показують, що розв'язати задачу знаходження прогинів неможливо без відомої поздовжньої сили, і навпаки. Тому сумісне рішення зводиться до багатократного розв'язку нелінійної задачі прогину балки, на кожному кроці якого коригується поздовжня сила в залежності від видовження балки. Критерієм точності розв'язку або наближення

служить величина відносного значення корекції поздовжньої сили та приймається рівною 0,1 %.

4. Результати моделювання викиду безстикової колії у крутих кривих

На основі створеної математичної моделі було розроблено програмне забезпечення, що дозволяє моделювати процес викиду безстикової колії у поперечному напрямку, враховуючи план колії, початкову геометричну нерівність, вплив окремих шпал, їх епюру і характеристики їх зсуву та інші. Результатом моделювання є величина поперечного зміщення рейко-шпальної решітки, зусилля та напруження у рейках при заданому значенні поздовжньої сили. Практичним результатом є знаходження поздовжньої критичної сили, при якій починається інтенсивне збільшення деформацій.

Моделювання викиду безстикової колії виконується для ділянки, яка має 100 шпал та з початковою горизонтальною нерівністю синусоїдальної форми довжиною 8 м і величиною 0,005 м, що знаходиться посередині кривої із радіусом 200 м із застосуванням анкера АНК-3. При цьому враховано прилягаючі до кривої прямі ділянки довжиною 4 м, а поздовжня сила становить 3000 кН. Краї ділянки вважаються нерухомими. На рис. 4 показано результати моделювання.

Із рисунків видно, що посередині ділянки, де знаходиться геометрична нерівність, виникають великі зсувні деформації і вони швидко нарастають, а на краях вони становлять приблизно 2,5 мм і залишаються приблизно незмінними.

Для визначення критичної поздовжньої сили у безстиковій колії по розробленій моделі виконуються розрахунки при різних значеннях поздовжньої сили для радіусів 200, 300 та 400 м із застосуванням анкера АНК-3 та без нього. Оцінка викиду колії виконується по максимальному значенню переміщення посередині ділянки, графіки якого в залежності від поздовжньої сили показано на рис. 5.

Усі графіки показують області стійкої роботи колії та втрати стійкості, що характеризується швидким накопиченням деформацій зсуву. Графіки для колії з анкером показують збільшення критичної поздовжньої сили порівняно із звичайною колією на залізобетонних шпалах та доводять ефективність використання такого способу підвищення стійкості при впровадженні безстикової колії у кривих малого радіуса. Впровадження анкера дозволяє понизити нижню межу використання безстикової колії до радіусу 200 м.

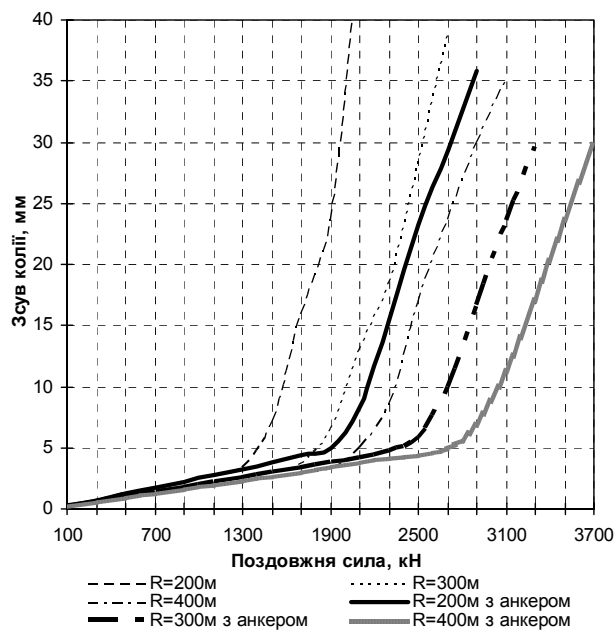


Рис. 5. Графіки залежності поперечного зсуву від поздовжньої сили

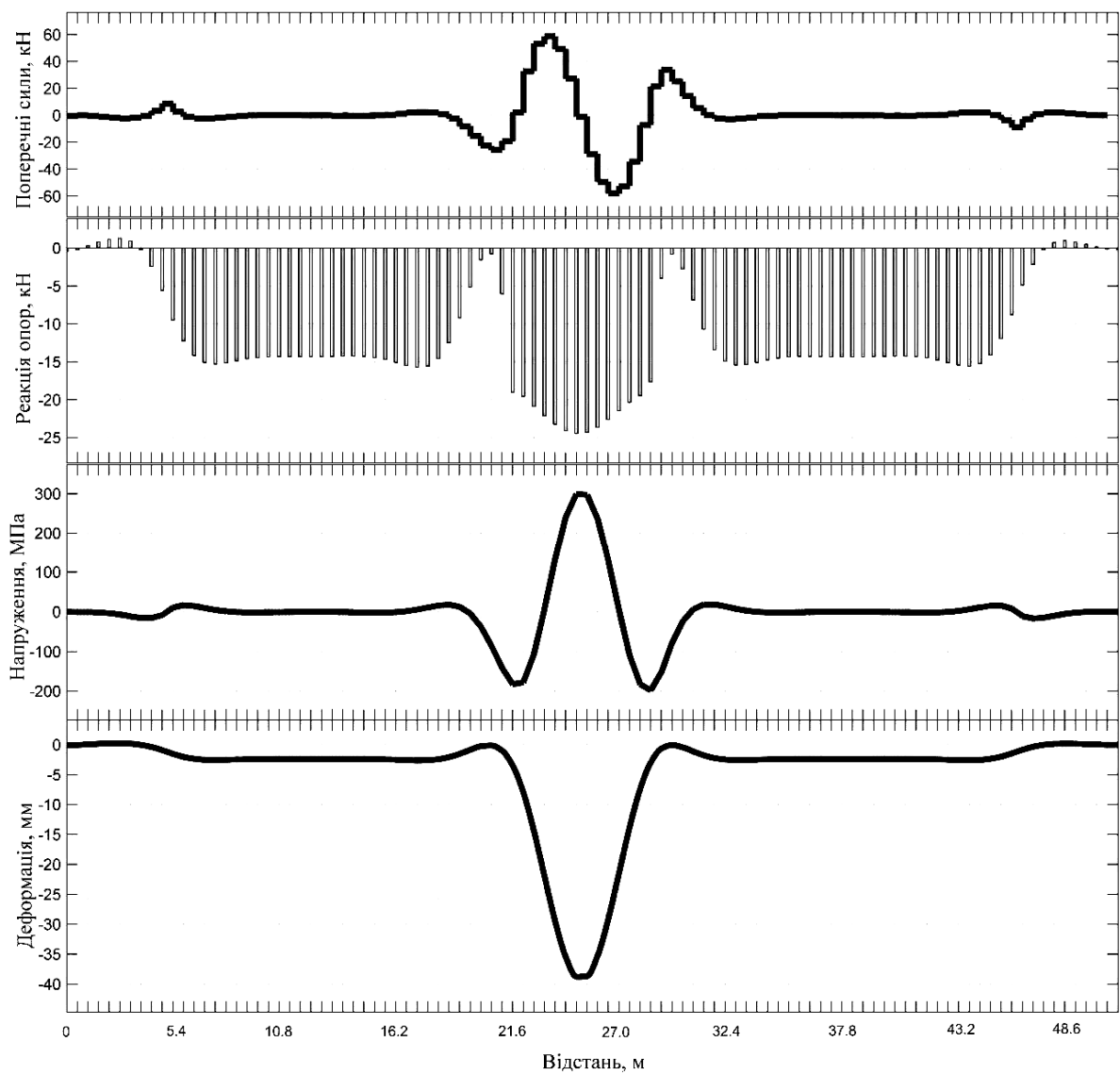


Рис. 4. Результати моделювання викиду безстикової колії

5. Порівняння результатів розрахунку поздовжньої критичної сили за розробленою моделлю та традиційними методиками

Результати розрахунку критичної сили при радіусах 200 м, 300 м та 400 м порівнюються з розрахунками за традиційними методиками Є. М. Бромберга та проф. С. П. Першина. Результати розрахунків критичної поздовжньої сили показано у вигляді табл. 1 для шпал з анкером та без нього. Порожні клітинки у табл. 1 для анкера виникають, оскільки існуючі практичні методики не враховують сили зсуву шпали, а методика проф. С. П. Першина не застосовна при радіусах менше 400 м. Згідно розрахунків критична сила за моделлю та стандартними методами при радіусі 400 м досить добре узгоджуються.

Таблиця 1

Критична сила для різних методів та радіусів

Метод/ Радіус, м	Модель		Метод проф. Першина	Метод Бромберга
	Без анкера	З анке- ром		
400	2000	2700	1997	1995
300	1600	2500	-	1541
200	1200	1900	-	630

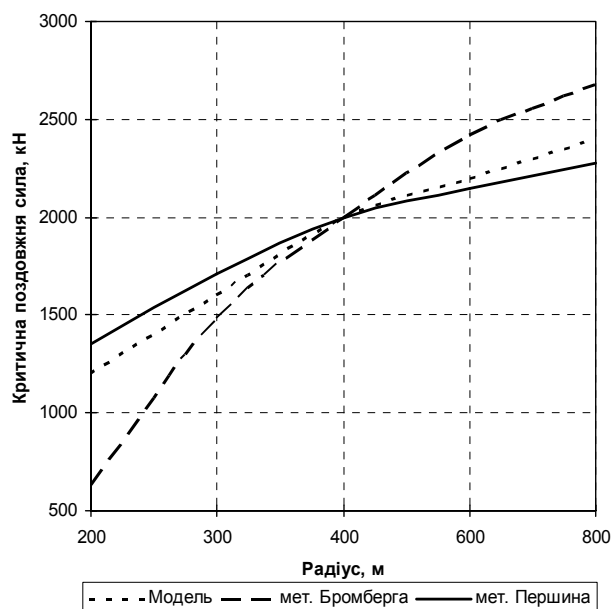


Рис. 6. Графіки залежності критичної сили від радіуса при різних методах розрахунку

Порівняння результатів розрахунку критичної поздовжньої сили для залізобетонної шпали без анкера при різних значеннях радіусу показано на рис. 6. При цьому значення критичної сили за методом проф. С. П. Першина при радіусах менше 400 м екстраполюються.

Порівняння графіків залежності критичної сили від радіусу показує, що результат розрахунку за розробленою моделлю досить добре узгоджується із методикою розрахунку поздовжньої критичної сили за методом проф. С. П. Першина в діапазоні радіусів 200...800 м. Порівняння із результатами методу Є. М. Бромберга показують, що при радіусі 500 м і більше результати розрахунку критичної сили значно завищені, а при радіусі 300 м і менше є значно заниженими відносно розрахунків за моделлю та за методом проф. С. П. Першина.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Шахунянц, Г. М. Железнодорожный путь [Текст] / Г. М. Шахунянц. – М.: Транспорт, 1987. – 535 с. – С. 253-254.
2. Lichtberger, B. Handbuch Gleis: Unterbau, Oberbau, Instandhaltung, Wirtschaftlichkeit [Text] / B. Lichtberger. – Hamburg: Tetzlaff Verlag, 2003. – 562 s. – S. 68.
3. Lothar Fendrich Handbuch Eisenbahninfrastruktur [Text]. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. – 990 s. – S. 297-299, 304-306.
4. Esveld, C. Modern railway track [Text]. – 2nd ed. – MRT-Production, 2001. – 653 p. – P. 176-181.
5. Zienkiewicz, O. C. The finite elements method in engineering science [Text] / O. C. Zienkiewicz. – McDraw-Hill, London, 1971. – P. 396-399.
6. Мэтьюз, Дж. Г. Численные методы. Использование MATLAB [Текст]. – 3-е изд. / Дж. Г. Мэтьюз, К. Д. Финк : [пер. с англ.]. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 720 с. – С. 440-445.

Надійшла до редколегії 01.11.2010.

Прийнята до друку 03.11.2010.

ВЛИЯНИЕ ТИПА МОДИФИКАТОРА И ЕГО КОЛИЧЕСТВА НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ РЕМОНТА ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ

У статті наведено основні результати досліджень впливу типу модифікатора і його кількості на адгезійні властивості полімерних композицій для ремонту декоративних елементів будівель. Описано модифікатор і встановлено показники міцності зчеплення модифікованого полімерного розчину з поверхнею, що ремонтується.

Ключові слова: адгезійні властивості полімерних композицій, тип та кількість модифікатора, показники міцності зчеплення, ремонт декоративних елементів будівель

В статье приведены основные результаты исследований влияния типа модификатора и его количества на адгезионные свойства полимерных композиций для ремонта декоративных элементов зданий. Описан модификатор и установлены показатели прочности сцепления модифицированного полимерного раствора с ремонтируемой поверхностью.

Ключевые слова: адгезионные свойства полимерных композиций, тип и количество модификатора, показатели прочности сцепления, ремонт декоративных элементов зданий

In the article the basic research results of influence of modifier type and amount on adhesive properties of polymeric compositions for repairing the structure decorative elements are presented. The modifier is described and the adhesion strength indices for the modified polymeric solution and the repaired surface are determined.

Keywords: adhesive properties of polymeric compositions, modifier type and amount, adhesion strength indices, repair of structure decorative elements

При определении технологии защиты конструкций сооружений от агрессивных воздействий окружающей среды важное значение имеет обеспечение высокой степени адгезии ремонтных растворов к бетону восстанавливаемого элемента. При этом требования, предъявляемые к полимерным адгезивам, зависят от ряда факторов, к которым относятся прочность и конструктивные особенности сооружения, тип конструкции, схема приложения нагрузок, характер и вид повреждений, условия дальнейшей эксплуатации сооружения. Наиболее часто в строительстве в качестве полимерной матрицы применяются полиэфирные, эпоксидные, фенольные, карбамидные и другие смолы. При изготовлении полимерных композиций в СНГ в основном используются типа эпоксидных, фурановых, фураново-эпоксидных, полиэфирных, фенолоформальдегидных, карбамидных, ацетонформальдегидных термореактивные смолы, значительно реже термопластичные типа инденкумароновых, мономеров винилового ряда и др. [1–6].

Основными требованиями к полимерной матрице для конструкционных полимерных композитов являются ее высокая адгезионная и когезионная прочность в сочетании с достаточной релаксационной способностью.

Адгезией к бетонной поверхности обладают почти все известные в настоящее время полимеры. Однако для каждого вида материала может использоваться только ограниченное число полимеров, которые обеспечивают необходимую адгезионную и когезионную прочность при восстановлении бетонной поверхности. Установлено, что полярные группы (COOH , OH , NH_2) энергично взаимодействуют с функциональными группами соседних цепей, а также с подобными группами молекул поверхностного слоя покрываемого материала. Присутствие их в молекуле полимера придает ему жесткость. Такие полимеры, имеющие в своем составе полярные группы, обладают хорошими клеящими свойствами.

Эпоксидные олигомеры обладают рядом преимуществ перед другими видами олигомеров: высокими показателями когезионной и адгезионной прочности в отвержденном состоянии; малой усадкой и невыделением побочных продуктов при твердении; нетоксичностью в отвержденном состоянии; хорошей адгезией к материалам самой различной природы; способностью к отверждению в широком диапазоне температур, во влажных условиях и без доступа воздуха. Особенно важным свойством эпоксидных олигомеров является их способность к

совмещению с различными продуктами с целью направленной модификации и улучшения свойств композитов. Для проведения экспериментов использовалась эпоксидная смола ЭД-22.

Расширение требований, предъявляемых к клеющим композитам, в частности, к полимерным адгезивам для реставрационных и восстановительных работ приводит к тому, что в ряде случаев, несмотря на существование большого многообразия клеющих композиций, не удается выбрать полимерные адгезивы, полностью удовлетворяющие по всему требуемому комплексу свойств. По этой причине возникает необходимость создания новых полимерных композиций, обладающих заранее заданным комплексом конструкционных, технологических, декоративных и других свойств.

Адгезионные свойства полимеров зависят от формы молекулы, т.е. от пространственного расположения структурных элементов цепи. Положительное влияние оказывает гибкость цепей и большая плотность упаковки.

Определенное влияние на адгезию оказывает молекулярная масса полимеров. Полимеры с малой молекулярной массой в большинстве случаев имеют хорошие адгезионные свойства, но слабую когезию и наоборот, полимеры с высокой молекулярной массой характеризуются хорошей когезией, но недостаточной адгезией [7–9]. Однако возможно оптимальное значение молекулярного числа, полученного в результате полимеризационных или поликонденсационных процессов, когда адгезия и когезия будут достаточно высокими.

На адгезионные и когезионные свойства полимеров большое влияние оказывают ряд технологических факторов и их различное сочетание. Разница в температурных коэффициентах линейного расширения полимера и восстанавливаемого материала, иногда приводящая к разрушению соединения, может быть уменьшена наполнителем и модификатором.

Поверхность бетона или цементного камня в основном состоит из SiO_2 . Действительно, в портландцементе содержится примерно 20 % SiO_2 , наполнителем в бетонах и растворах служит кварцевый песок. С тетраэдрами кремний кислородной сетки структурно связаны поверхностные гидроксильные группы.

Высокой адгезией к бетону и раствору обладают полимеры, содержащие гидроксильные, карбоксильные, эпоксидные и другие полярные группы. Эти группы способны обеспечивать водородные связи с поверхностными гидрокси-

лами, а также ион-дипольное и особенно химическое взаимодействие.

Исследования показали, что там, где отсутствуют химические связи, и взаимодействие обуславливается образованием водородных и слабых дипольных связей, адгезионная прочность оказывается значительно ниже. Вместе с тем отмечается, что адгезия различных полимеров к щелочному стеклу (15 % NaO) обычно ниже, чем к силикатным стеклам других марок. Поэтому, если учесть, что поверхность цементного камня состоит из зерен кварца и гидратированного цемента, то адгезия полимера не будет равнопрочна по контакту адгезива и субстрата. Наибольшую адгезию следует ожидать в точках контакта полимера с SiO_2 .

Ратинов считает, что при омоноличивании бетонных конструкций полимерными составами химическое взаимодействие отсутствует, и прочность склеивания обеспечивается только адгезионными силами. Таким образом, исследования сводятся к изучению адгезионных свойств оптимальных составов полимеррастворов к ремонтируемым поверхностям.

При исследовании адгезионных свойств эпоксидного полимерраствора к поверхности старого бетона особое внимание уделялось изменению адгезии во времени при действии различных факторов (твердение в воде, твердение в воздушно-сухих условиях, переменное замораживание и оттаивание). Исследования адгезионной прочности проводились по методике, описанной во второй главе.

Определение адгезионной прочности эпоксидного полимерраствора к поверхности бетона определялась по стандартной методике. Ниже описан измененный метод испытания.

Поверхность старого бетона обрабатывается металлической щеткой, затем на поверхности выполнялись насечки зубилом для придания ей шероховатости. Бетон перед нанесением на него полимерраствора увлажнялся 3%-ной щавелевой кислотой при помощи малярной кисти.

После подготовки поверхности на образец наносят полимеррастворную смесь ровным слоем толщиной 3 см.

Прочность сцепления полимерраствора со старым бетоном определялась с помощью прибора, указанного на рис. 1.

Прибор состоит из металлической пластинки 1 круглой формы площадью 50 см^2 с захватом 2, присоединяющегося к захвату динамометра 3 и из разрывного устройства (шпинделя ручного привода, присоединяющегося к динамометру) 4. К прибору относится еще сверло-

коронка, диаметр которого соответствует диаметру металлической пластинки. Сверлом-коронкой прорезался слой полимерраствора до основания таким образом, чтобы срезанная часть оставалась в неповрежденном состоянии и сцепление полимерраствора с поверхностью основания не ослабилось. Затем металлическая пластинка наклеивалась на срезанную поверхность полимерраствора с помощью эпоксидного клея. После затвердевания клея диск полимерраствора отрывается от основания. Сила отрыва измеряется динамометром.

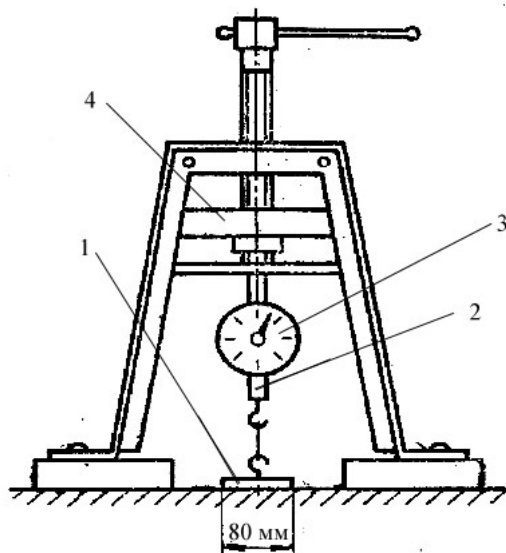


Рис. 1. Прибор для определения адгезионной прочности эпоксидного полимерраствора к поверхности бетона:

- 1 – металлическая пластинка; 2 – захват;
3 – динамометр; 4 – разрывное устройство

Величину адгезионной прочности полимерраствора к старому бетону вычисляют по формуле:

$$R_{ад} = P/F,$$

где $R_{ад}$ – адгезионная прочность, МПа;

P – разрушающая нагрузка в кгс;

F – площадь диска в $см^2$.

Испытания на истираемость производились согласно ГОСТ 13087-81.

Результаты экспериментов по определению адгезионной прочности полимеррастворов на основе смолы ЭД-22, твердевших в воздушно-сухих условиях, к поверхности металла приведены на рис. 2. Видно, что адгезионная прочность эпоксидных полимеррастворов при воздушно-сухих условиях в 8...15 раз выше, чем у цементного раствора, причем наибольшую адгезию показали полимеррастворы, в составе которых количество модификатора составляло 9...12 %.

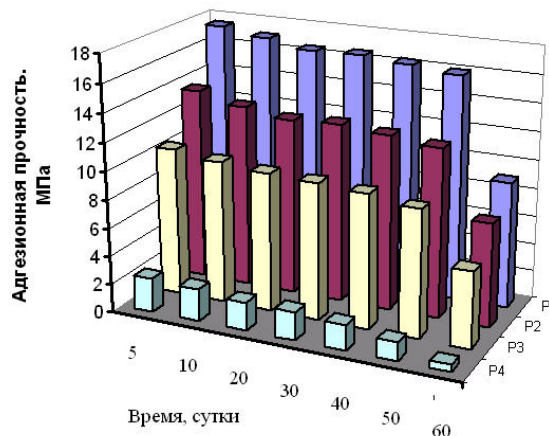


Рис. 2. Зависимость адгезионной прочности эпоксидных модифицированных полимеррастворов от времени пребывания в воздушно-сухих условиях:
P1 – модифицированный эпоксидный полимерраствор (9...12 % модификатора);
P2 – модифицированный эпоксидный полимерраствор (28...30 % модификатора);
P3 – модифицированный эпоксидный полимерраствор (37...40 % модификатора);
P4 – цементный раствор (Ц : П = 1 : 3, В/Ц = 0,47, цемент – М500)

Одним из самых негативных факторов является воздействие мороза, поэтому важно, чтобы модифицированные эпоксидные полимеррастворы не теряли своих адгезионных свойств при циклическом замораживании и оттаивании. На рис. 3 приведены результаты исследований полимеррастворов на адгезионную прочность к поверхности металла при переменном замораживании и оттаивании. Характерно, что адгезия и в этом случае у полимеррастворов на основе смолы ЭД-22 осталась в 8...15 раз выше, чем у цементных растворов.

ВЫВОДЫ

Результаты исследований позволяют заключить, что оптимальное содержание модификатора в полимерном связующем находится в пределах 9...12 % от массы смолы, из них содержание фенолоформальдегидной смолы составляет 3,6...4,8 %, а содержание каменноугольной смолы 2,4...3,3 %. При этом установлено, что введение в систему модификаторов в количестве, превышающем оптимальное, может привести к разрыхлению пространственной сетки полимера, ослаблению сил межмолекулярного взаимодействия, а также снижению эксплуатационных характеристик раствора. Разработанные модифицированные эпоксидные полимеррастворы на основе смолы ЭД-22 являются надежными восстановительными и защитными материалами для декоративных элементов зданий и сооружений.

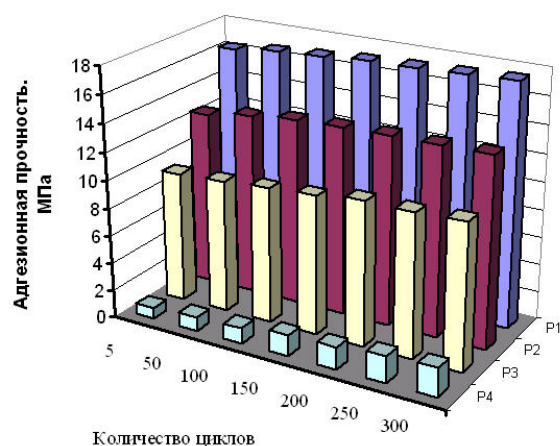


Рис. 3. Зависимость адгезионной прочности эпоксидных модифицированных полимеррастворов от количества циклов попеременного замораживания и оттаивания:

- P1 – модифицированный эпоксидный полимерраствор (9...12 % модификатора);
P2 – модифицированный эпоксидный полимерраствор (28...30 % модификатора);
P3 – модифицированный эпоксидный полимерраствор (37...40 % модификатора);
P4 – цементный раствор (Ц : П = 1 : 3, В/Ц = 0,47, цемент – М500)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кучеренко, М. Є. Сучасні методи біохімічних досліджень [Текст] : навч. посібник / М. Є. Кучеренко, Ю. Д. Бабенюк, В. М. Войціцький. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 424 с.

2. Выровой, В. Н. Особенности структурообразования и формирования свойств полимерных композиционных материалов [Текст] / В. Н. Выровой, И. В. Довгань, С. В. Семенова. – О.: Изд-во и типогр. «ТЭС», 2004. – 168 с.
3. Рекомендации по применению новых типов защитно-конструкционных полимеррастворов для реставрации и консервации памятников и исторических зданий из камня и бетона [Текст] / НИЛЭП ОИСИ. – М.: Стройиздат, 1987. – Ч. 2. – 107 с.
4. Елшин, М. М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве [Текст] / М. М. Елшин. – М.: Стройиздат, 1980. – 192 с.
5. Сухарева, Л. А. Высокомолекулярные соединения [Текст] / Л. А. Сухарева, В. А. Воронцов, П. И. Зубов. – М.: Химия, 1986. – 356 с.
6. Соломатов, В. И. Полимерцементные бетоны и пластбетоны [Текст] / В. И. Соломатов. – М.: Стройиздат, 1988. – 346 с.
7. Хувинк, Р. Химия и технология полимеров [Текст] / Р. Хувинк, А. Ставерман. – М.-Л.: Химия, 1986. – 632 с.
8. Патуроев, В. В. Руководство по методам испытания полимербетона на химическую стойкость [Текст] / В. В. Патуроев, Н. А. Мощанский. – М.: НИИЖБ, 1982. – 34 с.
9. Касимов, И. К. Основы модификации бетонов термопластичными композициями [Текст] / И. К. Касимов. – М.: Стройиздат, 1981. – 144 с.

Поступила в редколлегия 23.11.2010.
Принята к печати 29.11.2010.

О. М. ПІШІНЬКО, В. П. ЛИСНЯК, А. М. ЗІНКЕВИЧ (ДПТ)

ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ МІЦНОСТІ БЕТОНУ, ОТРИМАНИХ ДЕКІЛЬКОМА СПОСОБАМИ

Виконано порівняння результатів неруйнівного контролю міцності бетону декількома способами, а також статистичних оцінок їх градувальних залежностей та подальшого впливу цих оцінок на величину встановленого класу бетону.

Ключові слова: міцність бетону, неруйнівний контроль, метод пружного відскоку, ультразвуковий імпульсний метод

Выполнено сравнение результатов неразрушающего контроля прочности бетона несколькими способами, а также статистических оценок их градуировочных зависимостей и дальнейшего влияния этих оценок на величину полученного класса бетона.

Ключевые слова: прочность бетона, неразрушающий контроль, метод упругого отскока, ультразвуковой импульсный метод

The comparison of non-destructive control results for concrete strength received by several methods and their statistical estimations are performed.

Keywords: concrete strength, non-destructive control, hammer rebound methods, ultrasonic pulse velocity method

Вступ

Методи неруйнівного контролю міцності бетону широко застосовуються для діагностики технічного стану бетонних і залізобетонних конструкцій з певним терміном експлуатації, а також контролю якості зведених конструкцій (споруд). Застосовуються прилади для неруйнівного контролю міцності бетону, робота яких базується на методах пружного відскоку, пластичної деформації, ударного імпульсу, відриву зі сколюванням, сколювання ребра, а також, ультразвуковий метод контролю [1].

Міцність бетону при застосуванні неруйнівних методів отримують за попередньо встановленою градувальною (кореляційною) залежністю між величиною міцності бетону та побічною характеристикою міцності (показом приладу).

Під час проведення діагностики технічного стану бетон конструкції за своїми характеристиками може значно відрізнятися від бетону, що використовувався для побудови градувальної залежності. Відповідні нормативні документи передбачають можливість коригування градувальних залежностей шляхом випробування відібраних зразків кернів або використання методу відриву зі сколюванням, що для певних типів конструкцій (тонкостінні, густоармовані й т.д.) є ускладненим або неможливим.

В таких випадках, уточнення результатів неруйнівного контролю міцності бетону можливе при спільному використанні різних мето-

дів, наприклад, ультразвукового та пружного відскоку чи пластичної деформації.

Мета роботи

Мета даної роботи полягала в порівнянні результатів неруйнівного контролю міцності бетону найбільш поширеними методами пружного відскоку та ультразвукового методу, а також статистичних оцінок при побудові їх градувальних залежностей та подальшого впливу цих оцінок на величину встановленого класу бетону. Крім того, порівнювались результати визначення класу бетону конструкції фундаментної плити за відібраними контрольними зразками при неруйнівному контролі їх міцності та подальшим випробуванням на пресі.

Зразки та методи випробувань

Для встановлення градувальних залежностей за ГОСТ 22690-88 [2] та ГОСТ 17624-87 [3] використовувалось п'ятнадцять серій по 2 шт. контрольних зразків кубів з ребром 100 мм, виготовлених в лабораторних умовах. Крім того, випробувались зразки куби з ребром 100 мм, відібрані при бетонуванні фундаментної плити. Всі зразки випробувались у віці 28 діб.

Для визначення показників міцності бетону використовувався ультразвуковий імпульсний метод (прилад УК-14П) та метод пружного відскоку (прилади Онікс-2.5, молоток Шмідта). Встановлення фактичного руйнівного навантаження виконувалось на пресі ПСУ-50.

Основні результати

Отримані градувальні залежності для неруйнівного контролю міцності бетону наведені на рис. 1–3.

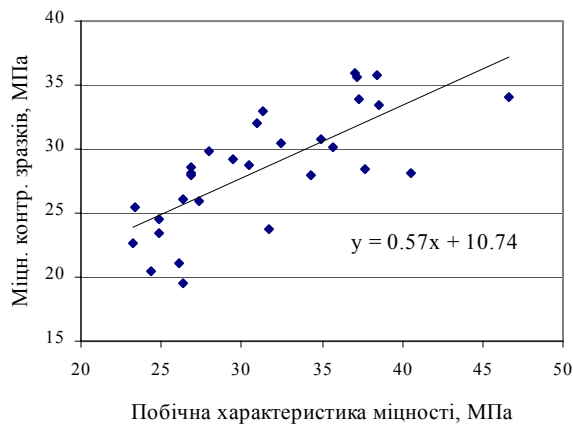


Рис. 1. Градувальна залежність для визначення міцності бетону приладом Онікс-2.5

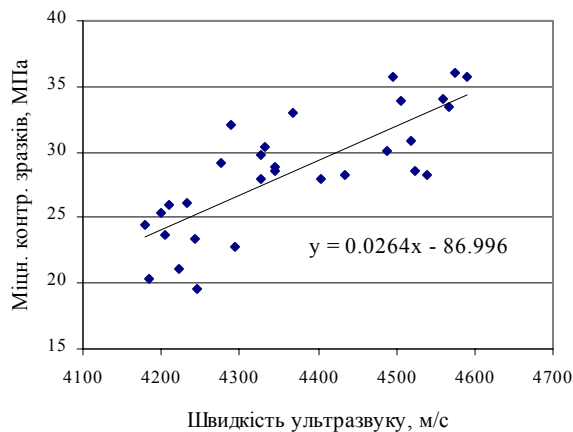


Рис. 2. Градувальна залежність для визначення міцності бетону приладом УК-14П

Статистичні оцінки отриманих градувальних залежностей наведені в табл. 1.

Для визначення класу бетону конструкції неруйнівними методами при діагностиці технічного стану або контролі якості конструкції встановлюється середнє квадратичне відхилення міцності з врахуванням статистичних параметрів градувальних залежностей.

За [4] для випадку, коли за одиничне значення міцності бетону приймається міцність бетону на контрольній ділянці, середнє квадратичне відхилення визначається за формулою

$$S_m = \left(S_{nd} + \frac{S_T}{\sqrt{n-1}} \right) \frac{1}{0,7r + 0,3}, \quad (1)$$

де S_{nd} – середнє квадратичне відхилення міцності бетону, отримане за даними випробувань неруйнівними методами;

S_T – середня квадратична похибка градувальної залежності;

n – кількість ділянок випробувань у конструкції;

r – коефіцієнт кореляції градувальної залежності.

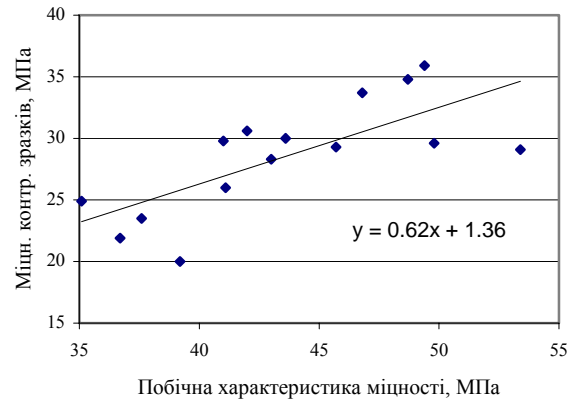


Рис. 3. Кореляційна залежність для визначення міцності бетону молотком Шмідта

Таблиця 1

Співставлення статистичних оцінок градувальних залежностей для визначення міцності бетону неруйнівними методами

Метод	Середнє квадратичне відхилення, МПа	Похибка, %	Коеф. кореляції
Ультразвуковий (УК-14П)	2,9	10,17	0,79
Пружного відскоку (Онікс-2.5)	3,17	11,11	0,74
Пружного відскоку (молоток Шмідта)	3,24	11,38	0,73

Статистичні параметри отриманих градувальних залежностей для використаних методів є достатньо близькими, що незначно буде впливати на величину отриманого класу бетону при неруйнівному контролі міцності бетону тим чи іншим методом.

В той же час, отримані залежності відповідають проектному віку бетону (28 діб), а за даними [5] для бетону на ранніх стадіях твердіння або при тривалій експлуатації розбіжності між методом пружного відскоку та ультразвуковим методом будуть зростати. Тому, при подальших дослідженнях необхідно встановити зміну співвідношення міцності бетону, визначеної різними неруйнівними методами в залежності від віку бетону.

Також розглядались найбільші розбіжності значень міцності бетону отриманих при неруйнівному контролі за градувальними залежностями від фактичної міцності зразків (табл. 2).

Таблиця 2

Розбіжності результатів неруйнівного контролю міцності від фактичної міцності зразків бетону

Метод	Розмах відхилень, МПа
Ультразвуковий (УК-14П)	-5,6...5,9
Пружного відскоку (Онікс-2.5)	-6,23...4,5
Пружного відскоку (молоток Шмідта)	-5,8...3,8

В більшості випадків при діагностиці технічного стану конструкцій будівель та споруд здійснюється вибірковий контроль, для якого в ГОСТ 18105-86 [6] даються вказівки з призначення мінімальної кількості контрольних ділянок та їх розмірів.

Наведені розбіжності обумовлюють ймовірну похибку визначення показника міцності бетону в конструкції.

Отримане значення міцності (завищене або занижене) на певній ділянці контролю при подальшому узагальненні з показниками міцності на інших ділянках контролю може призвести до помилкової діагностики технічного стану конструкції, ймовірність та ризики якої можуть бути враховані за методикою, наведеною в [7].

Порівняння значень класу бетону, отриманих при неруйнівному контролі міцності зразків (прилад Онікс-2.5) та їх випробуванні на пресі, виконувалось на основі серії контрольних зразків (15 шт.), відібраних при бетонуванні фундаментної плити.

Клас бетону визначався за ГОСТ 18105-86. Середнє квадратичне відхилення для результатів неруйнівного контролю встановлювалось за формулою (1).

Результати визначення класу бетону наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Порівняння результатів встановлення класу бетону

Метод	Середнє квадратичне відхилення, МПа	Коеф. варіації	Умовний клас бетону, МПа
Пружного відскоку (Онікс-2.4)	5,49	0,19	19,84
Випробування на пресі	3,26	0,11	23,8

Необхідно відзначити, що встановлення класу бетону за результатами неруйнівного контролю [4] передбачає прийняття коефіцієнту необхідної міцності за табл. 2 ГОСТ 18105-86 в залежності від коефіцієнту варіації, який в даній таблиці обмежений значенням 0,16 (16 %).

Проте, монолітні конструкції або конструкції з тривалим терміном експлуатації можуть характеризуватись значними неоднорідностями показників міцності, особливо в поверхневому шарі.

В такому випадку, для дотримання вимог ГОСТ 18105-86 необхідно призначати додаткові випробування для уточнення показників міцності на спірних ділянках (зменшення розмаху значень міцності по конструкції). З іншої сторони, можливе встановлення пониженого класу бетону по всій конструкції з отриманим коефіцієнтом варіації.

Висновки

Статистичні параметри отриманих градуальних залежностей для бетону в проектному віці є достатньо близькими, що незначно буде впливати на величину встановленого класу бетону при неруйнівному контролі міцності бетону тим чи іншим методом.

При подальших дослідженнях необхідно встановити зміну співвідношення показників міцності, визначених різними методами неруйнівного контролю в залежності від віку бетону.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Чихунов, Д. А. Методика и техника для контроля прочности бетонов и других искусственных каменных материалов [Электрон. ресурс] / А. Д. Чихунов. – Режим доступа: <http://www.stroinauka.ru/d19dr5428m8.html>
2. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля [Текст].
3. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности [Текст].
4. МДС 62-1.2000. Методические рекомендации по статистической оценке прочности бетона при испытании неразрушающими методами [Текст].
5. Леонович, С. Оценка прочностных характеристик монолитного бетона неразрушающими методами [Электрон. ресурс] / С. Леонович, Д. Снежков, М. Ашмян; БНТУ. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sn/2004/51/sn45105.html>.
6. ГОСТ 18105-86. Бетоны. Правила контроля прочности [Текст].
7. Семко, О. В. До аналізу ризиків помилкової діагностики при обстеженні несучих будівельних конструкцій [Текст] / О. В. Семко, О. П. Воскобійник // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Вып. № 47. – Д: ПГАСА, 2008. – С. 573-578.

Надійшла до редколегії 17.11.2010.

Прийнята до друку 22.11.2010.

О. Г. КЕСАРІЙСЬКИЙ (ТОВ «Лабораторія комплексних технологій»), Ю. Л. ЗАЯЦЬ,
П. О. ПШІНЬКО (ДІІТ)

ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНО-ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ

В статті наведено результати дослідження залізобетонного елемента за допомогою методу лазерної інтерферометрії.

Ключові слова: залізобетонна шпала, напружено-деформований стан, лазерна інтерферометрія

В статье представлены результаты исследования железобетонного элемента при помощи методов лазерной интерферометрии.

Ключевые слова: железобетонная шпала, напряженно-деформированное состояние, лазерная интерферометрия

The article is dealt with the results of research of the reinforced concrete element by means of the laser interferometry method.

Keywords: reinforced concrete sleeper, stressed-and-strained state, laser interferometry

Вступ

Починаючи з 2000 року на залізницях України спостерігається масовий вихід з ладу залізобетонних шпал. У більшості випадків причиною появи дефектів була неналежна якість бетону. Через те виникла необхідність неруйнівного контролю якості готових залізобетонних шпал, для гарантування їх нормативного строку служби та безпеки перевезень на залізниці.

Існуючі методи неруйнівного контролю такі як ударно-імпульсний, використання ультразвукових приладів, електротензометрія та інші, надають недостатньо інформації про готовий залізобетонний виріб через те, що вони оперують обмеженим об'ємом даних лише по окремим складовим елементам (бетон, армування, тощо), а не контролюють роботу конструкції в цілому. А для контролю якості залізобетонних шпал необхідне комплексне визначення якості виробу як однієї суцільної конструкції, щоб гарантувати безвідмовну роботу шпали у верхній будові колії під навантаженням, що потребує більш точних та ефективних методів неруйнівного контролю якості залізобетонних елементів.

Мета досліджень

Метою даної статті стало висвітлення лазерно-інтерференційного методу аналізу напружено-деформованого стану конструкцій який

можливо застосовувати для визначення якості залізобетонних залізничних шпал.

В авіаційно-космічній техніці вже більше 30 років успішно застосовуються лазерно-інтерференційні методи визначення полів деформацій та переміщень. Перевагами лазерно-інтерференційних методів дослідження – голографічної інтерферометрії та спекл-інтерферометрії, включаючи електронну кореляційну спекл-інтерферометрію є те, що експериментальні виміри є прямими та прецизійними, виконуються як на оптично прозорих, так і дифузно-розсіюючих тілах, вони безконтактні та безінерційні, що дозволяє проводити експерименти в широкому діапазоні статичних та динамічних навантажень при переміщеннях в діапазоні від 0,1 до 100 мкм, який може бути суттєво розширений.

Існуючий прогрес в області квантової електроніки, електронної оптики та обчислювальної техніки дозволив розширити область використання лазерно-інтерференційних методів дослідження напружено-деформованого стану.

При вирішенні задач дослідження як самого бетону так і бетонних, та залізобетонних елементів, лазерні інтерференційні методи виділяє широка гамма вирішуваних задач, до числа яких можливо віднести вивчення власних деформацій бетону, виявлення силових тріщин, вивчення явища усадки бетону на ранніх стадіях твердіння, температурні та вологісні деформації бетону з різноманітними заповнювачами.

Результати досліджень

Для наглядної демонстрації можливостей лазерно-інтерференційного методу, як такого, що дозволяє встановити неруйнівним методом якість залізобетонних шпал нами був проведений експеримент. Об'єктом дослідження в даному експерименті став процес визначення напружено-деформованого стану залізобетонних елементів, армованих звичайною арматурою, а предметом дослідження стала залізобетонна балка, розмірами $100 \times 100 \times 400$ мм.

Опис експерименту:

При виконанні досліджень по вивченню процесу тріщино-утворення в бетонній балці використовувалась схема реєстрації голограм за методом Лейта-Упатнієкса, що показана на рис. 1.

Промінь гелій-неонового лазера 1 (ЛГН 215) за допомогою дзеркала 2 спрямовувався на світлорозподільну призму 3. За допомогою дзеркала 4 та мікрооб'єктиву 5 формувался предметний світловий потік для освітлення поверхні бетонної балки 6, що досліджувалася. Опорний світловий потік був реалізований за допомогою дзеркала 7 та мікрооб'єктиву 8.

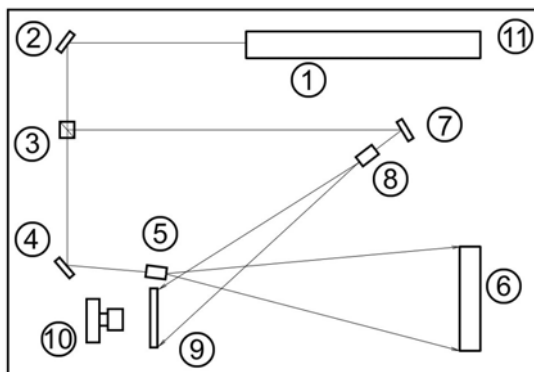


Рис. 1. Схема реєстрації голограм за методом Лейта-Упатнієкса

Для реєстрації голограм використовувались фотопластини ПФГ-03, які закріплювалися в рамці-тримачі 9.

З метою забезпечення високої стабільності схеми вимірювання, предмет дослідження та оптична схема монтувалися на віброзахисній платформі 11, яку виконано у вигляді жорсткої металевої плити, розміщеної на пневматичних амортизуючих подушках.

Опорний та предметний світлові потоки орієнтували по відношенню до об'єкту так, щоб бісектриса кута між оптичними осями опорного та предметного світлових потоків співпадала з нормаллю до поверхні об'єкту, що досліджувалася. Така реалізація схеми реєстрації голографічних інтерферограм дозволила забезпечити

максимальну чутливість вимірювань до нормальної компоненти вектора переміщень.

Під час дослідження процесу тріщино-утворення використовувався метод голографічної інтерферометрії подвійної експозиції. Для цього піддослідну балку попередньо навантажували незначним згинальним моментом та проводили реєстрацію голограми. Потім згинальний момент збільшували на задану величину та повторно експонували ту ж саму фотоплатину. Після другої експозиції фотоплатина піддавалася фотохімічній обробці, а після сушки встановлювалася на місце експонування у рамку 9. Для отримання фотознімку інтерферограми, предметний промінь між світлорозподільником 3 та дзеркалом 4 перекривався світло-непроникним екраном, а відтворене зображення фіксувалося за допомогою цифрової фотокамери 10.

В процесі експерименту було виявлено, що в досліджуваному зразку під впливом навантаження реалізувалися процеси текучості, що значно знижують контраст інтерференційних смуг на інтерферограмах, що призводить до ускладнення їх подальшої обробки. Для часткової компенсації цього ефекту, піддослідна поверхня вкривалася тонким шаром алюмінієвої пудри. Таке рішення дозволило скоротити час експонування до 4...5 с. Короткий час експонування дозволив значно збільшити контраст інтерференційних смуг, проте навіть при цьому на інтерферограмах виразно виявляються зони локалізації ефектів повзучості.

Серія експериментів проводилася шляхом послідовної реєстрації інтерферограм зі ступінчастим збільшенням навантаження. Максимальний рівень навантаження, що був досягнутий в попередньому циклі реєстрації, був вихідним рівнем для наступного циклу. Таким чином, було отримано серію інтерферограм, що відображала зміну поля переміщень піддослідної поверхні бетонної балки від моменту зародження тріщин до моменту повного її руйнування.

Досліджувана залізобетонна балка виготовлялась за схемою, що показана на рис. 2.

Для виготовлення балки був використаний бетон класу В40, характеристики якого відповідають вимогам, що встановлюються для шпального бетону.

Балка навантажувалася за схемою, що показана на рис. 3.

Балка навантажувалася поступово, з реєстрацією інтерферограм після кожного кроку навантаження. Результати експерименту наведені в табл. 1.

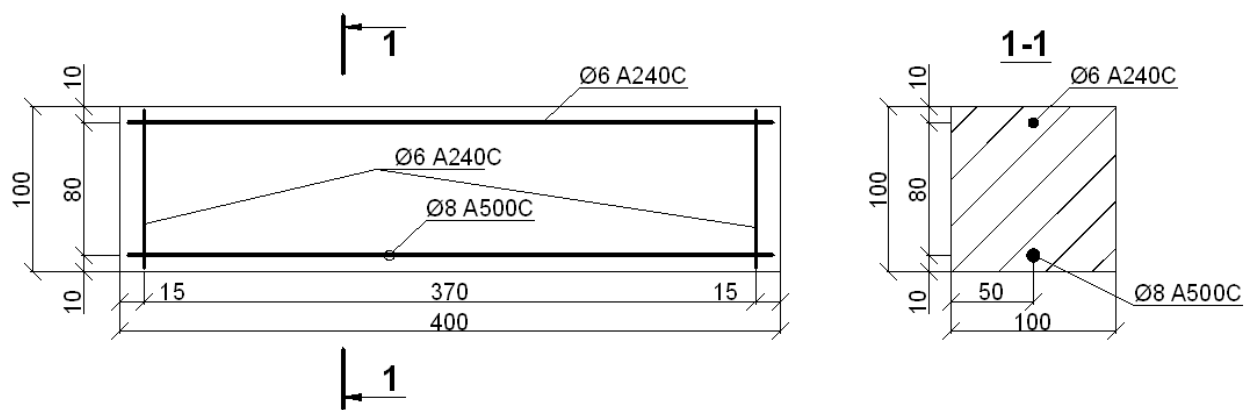


Рис. 2. Схема виготовлення досліджуваної залізобетонної балки

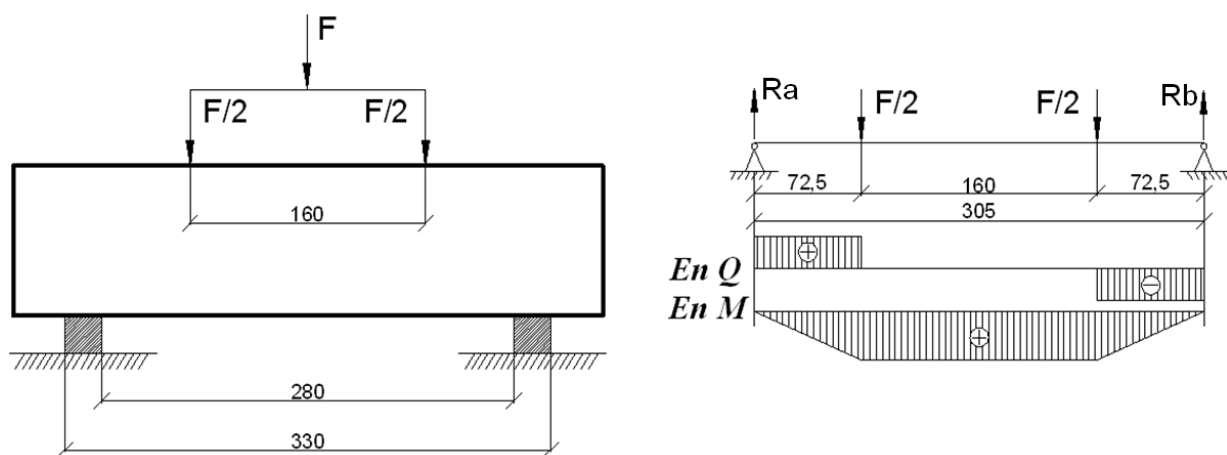


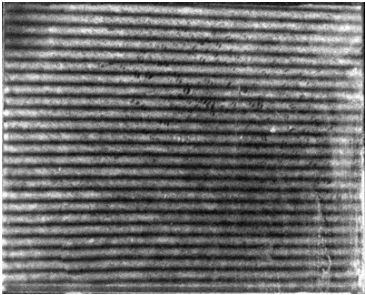
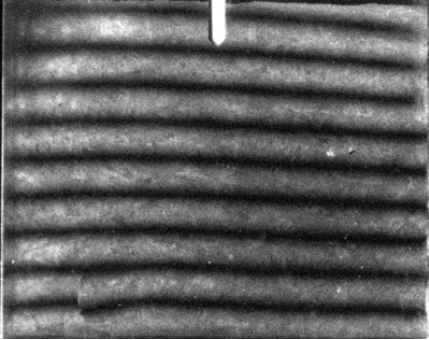

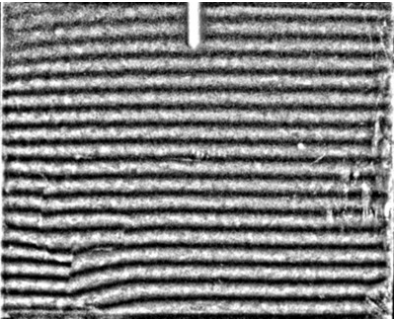

Рис. 3. Схема навантаження балки

Таблиця 1

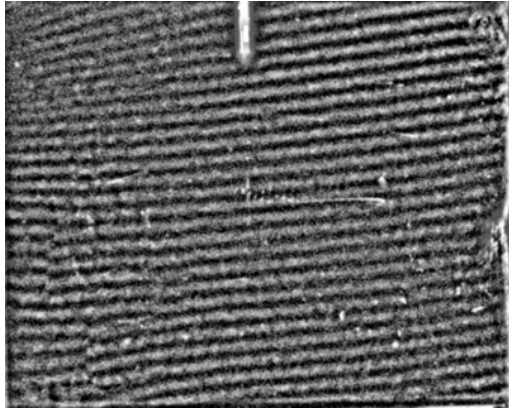

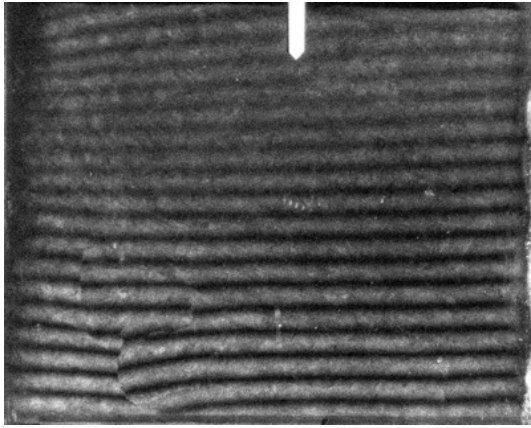

Результати експерименту

№ з/п	$F1$, кН	$F2$, кН	Вигляд інтерферограми	Примітки
1	2	3	4	5
	8,56			Попереднє навантаження, для усунення деформацій поверхневого шару і розподілу деформацій на опорах (інтерферограма не реєструвалася).
1	4,28	8,56		Висока частота інтерференційних смуг, отриманих на пробній інтерферограмі, не дозволила провести їх фотографування. Наступні ступені навантаження були направлені на визначення прийнятнього, з точки зору подальшої обробки, діапазону навантажень.

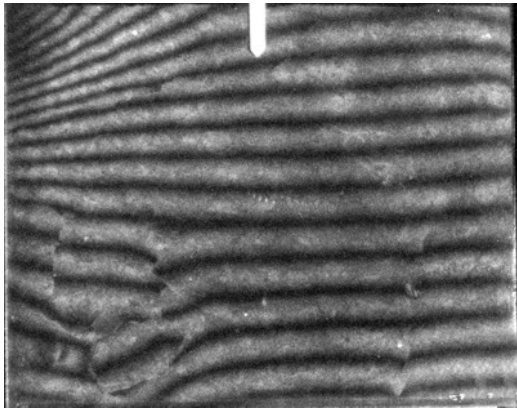

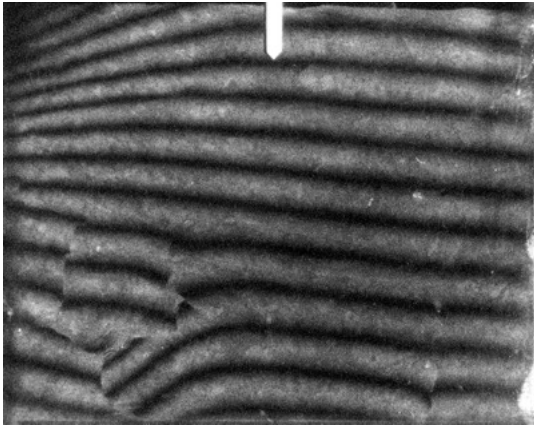

Таблиця 1 (продовження)

1	2	3	4	5
2	12,84	14,12		Рівномірний розподіл інтерференційних смуг свідчить про відсутність локальних дефектів. Під впливом навантаження піддослідна поверхня нахиляється, що пов'язано з умовами закріплення та навантаження.
3	25,68	26,96		Поява першої тріщини, яка виявляється за розривами та спотворенням інтерференційних смуг в лівій нижній частині інтерферограми. Співставлення інтерферограми 3 з фотографією аншліфу дозволяє прив'язати локалізацію тріщин з контуром великого щелевеного заповнювача. Візуально прояв тріщин не спостерігається, але внутрішні зв'язки в цій зоні піддалися руйнуванню.
				
4	39,38	41,09		При досягненні навантаження 41,09 кН виразно спостерігається зона появи тріщини. Вона відповідає ділянці, що була виявлена раніше, однак протікає активний розвиток лівої гілки і формується права. Візуально прояв тріщин не спостерігається.
				

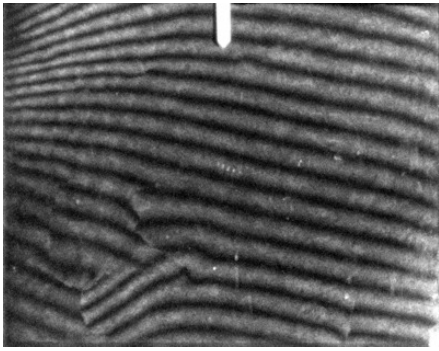

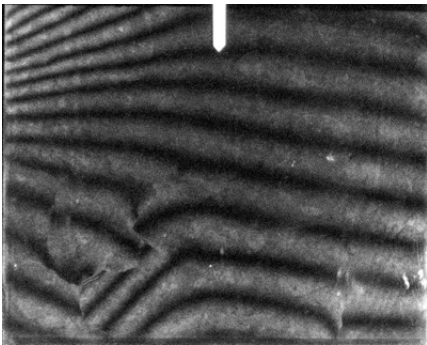

Таблиця 1 (продовження)

1	2	3	4	5
5	42,8	44,94		Низький контраст смуг у верхній частині піддослідного зразка пояснюється тим, що за час експозиції (15 с) протікає явище повзучості бетону під навантаженням, спостерігається поява нової тріщини в правій частині інтерферограми. Візуально тріщини не спостерігаються.
				
6	44,94	47,08		Незначне збільшення навантаження призводить до того, що частина тріщин закривається. Це можна пояснити перерозподілом внутрішніх напружень в структурі матеріалу і явищем «заклинювання» окремих часток в каркасі бетону. Також у верхній частині активно протікає явище повзучості бетону, цей факт видно через зниження контрасту інтерференційних смуг. Візуально тріщини не спостерігаються.
				

Таблиця 1 (продовження)

1	2	3	4	5
7	51,36	53,5		Суттєве збільшення навантаження призводить до різкого збільшенню тріщин праворуч. Спостерігається вклинювання локального фрагменту. В лівій частині інтерферограми формується нова гілка тріщини, що охоплює великий фрагмент щебеню в структурі бетону. Візуально тріщини не спостерігаються.
				
8	55,64	57,78		Спостерігається руйнування зв'язків навколо щебеневого заповнювача. Візуально проявів тріщин не видно.
				

Таблиця 1 (закінчення)

1	2	3	4	5
9	59,92	62,06		Ріст тріщин призведе до часткового розвантаження, що змінює силову взаємодію виклинуваної частини з основним масивом.
				
10	64,2	66,34		На фоні порівняно рівномірних смуг деформації основного масиву виразно проявляються блоки, що сформовані виклинуванням щебеню та ділянка, утворена вертикальними тріщинами. Активний розвиток лівої сітки тріщин гальмує розвиток правої лінійної тріщини.
				

Під час проведення експерименту міцність балки перевищила граничне навантаження експериментального пресу, через це балка не була зруйнована. Але експерименти, що були поставлені раніше над стандартними зразками бетонних кубів $100 \times 100 \times 100$ мм дають можливість стверджувати, що якби балка була зруйнована в зоні чистого згину через появу норма-

льних тріщин, то їхній вигляд мав би відповідати зображенню в п. 10 табл. 1.

Для співставлення результату експерименту з теоретично визначеними значеннями руйнівного навантаження балки, було виконано розрахунки міцності балки згідно до СНиП 2.03.01-84*. В результаті розрахунків було отримано такі величини: руйнівне навантаження для балки становить $F = 73,3$ кН; величина

навантаження, за якого з'являються перші тріщини – $F = 16,8$ кН. Ці значення відповідають тим, що були отримані експериментально, оскільки перша тріщина, яка була зафіксована на інтерферограмі, з'явилася на інтервалі навантаження F від 14,12 до 26,96 кН, а при макси-

мальному навантаженні $F = 66,34$ кН візуально балка залишалася цілісною.

За результатами експерименту було побудовано графіки поля нормальних переміщень, що зображені на рис. 4 та 5.

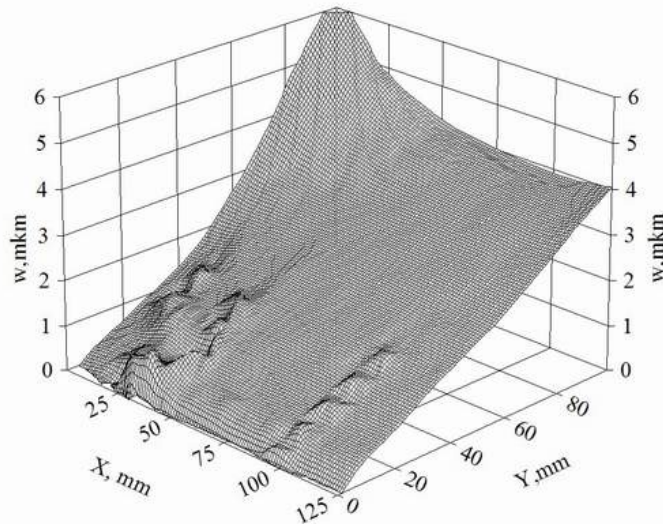


Рис. 4. Графік поля нормальних переміщень поверхні зразка при зміні навантаження від 51,36 до 53,5 кН

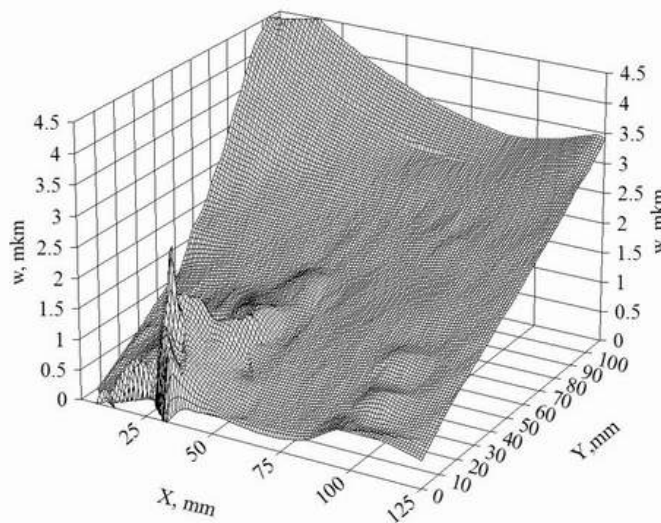


Рис. 5. Графік поля нормальних переміщень поверхні зразка при зміні навантаження від 64,2 до 66,34 кН

Висновки

1. Методи лазерної голографічної інтерферометрії можуть бути застосовані для визначення дефектів залізобетонних та бетонних елементів, що дозволить неруйнівним методом оцінити відповідність виробу чи конструкції поставленим до них вимогам.

2. За допомогою методів лазерної голографічної інтерферометрії є можливість вимірювати деформації поверхні бетонних та залізобетонних елементів і, на відміну від звичайних методів вимірювання, таких як тензометрія, існує можливість отримувати трьохвимірний вектор переміщення будь-якої точки поверхні у просторі.

3. Методи лазерної інтерферометрії, реалізовані на принципах електронної кореляційної інтерферометрії, можуть бути застосовані при відпускнуому контролі якості залізобетонних шпал із заводу-виробника, контролі якості шпального бетону без руйнування самої шпали.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. – М., 1989.
2. Железобетонные шпалы для рельсового пути [Текст] / А. Ф. Золотарский [и др.]. – М.: Транспорт, 1980.
3. ЦП-0150. Технічні вказівки з використання старопридатних матеріалів верхньої будови колії на залізницях України [Текст]. – К.: Науково-конструкторське технологічне бюро колійного господарства Укрзалізниці (НКТБ ЦП УЗ), 2006.
4. Исследование деформационных характеристик бетонных образцов лазерно-интерференционными методами [Текст] / А. Г. Кесарийский [и др.] // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ. – № 4. – СПб., 2009.
5. Особенности поведения бетона на плотных заполнителях под нагрузкой [Текст] / Е. В. Кондрашенко [и др.] // Науковий вісник будівництва ХДТУБА ХОТВ АБУ. – Вип. 59. – Х., 2010.
6. Кесарийский, А. Г. Применение лазерно-интерференционных методов измерения напряженно-деформированного состояния деталей и узлов для повышения конструктивного совершенства изделий машиностроения [Текст] / А. Г. Кесарийский, А. Н. Клишин // Високі технології в машинобудуванні: Зб. наук. пр. НТУ «ХПІ». – Вип. 2 (15). – Х., 2007.

Надійшла до редколегії 17.11.2010.

Прийнята до друку 22.11.2010.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ

Запропонований математичний метод вирішення задач на відсотковий приріст показує та забезпечує результативність розвитку організації, визначення оптимального варіанта поточного та перспективного розвитку підприємства, скорочення термінів виконання методів аналізу підприємства, повнішого охоплення впливу факторів на результати діяльності будівельної організації.

Ключові слова: результативність, математичний метод, відсотковий приріст, планування, регулювання, управління, прогнозування

Предложенный математический метод решения задач на процентный прирост показывает и обеспечивает результативность развития организации, определения оптимального варианта текущего и перспективного развития предприятия, сокращения сроков выполнения методов анализа предприятия, более полного охвата влияния факторов на результаты деятельности строительной организации.

Ключевые слова: результативность, математический метод, процентный прирост, планирование, регулирование, управление, прогнозирование

The mathematical method of solving the tasks on a percent increase that shows and provides the effectiveness of organization development, the determination of optimum variant of current and perspective enterprise development, the reduction of terms for performing the enterprise analysis methods and more complete scope of influence of factors on the results of construction organization activities is offered.

Keywords: effectiveness, mathematical method, growth percentage, planning, regulation, management, forecasting

Вступ

Результативність будівельної організації невіддільна від планування, регулювання, управління і прогнозування виробничих, технологічних і фінансових процесів. У зв'язку з цим актуальні розроблення і застосування економіко-математичних методів і моделей для розв'язання фінансово-економічних задач, що виникають на ринку, визначення і вибір варіантів економічного розвитку на перспективу, забезпечення оптимального розподілу ресурсів для виконання окремих комплексів робіт тощо. Визначення оптимального варіанта поточного та перспективного розвитку підприємства часто пов'язано з розв'язанням динамічних задач оптимізації, які мають велику розмірність і множину різноманітних умов і обмежень, що зумовлюють складність задачі внаслідок істотного багатоекспериментального характеру. У такому разі на допомогу приходять різноманітні економіко-математичні методи оптимізації.

Математичне моделювання – процес дослідження властивостей системи або явища за допомогою математичних моделей [1, 2].

Математична модель є описом у вигляді математичних символів і співвідношень стану, зміни протікання процесів або явищ в системі, що відображає саме ті їх особливості, які необ-

хідно досліджувати для вирішення поставленого завдання [3, 5].

Метою даної статті є використання основних вимог, що визначають придатність математичної моделі до практичного застосування та її ефективність, щодо достовірності, оперативності і контрольованості результату організації.

Постановка завдання

Широке використання математичних методів в розвитку будівельного підприємства є важливим напрямком удосконалення результативності підприємства, підвищує ефективність діяльності будівельної організації та їхніх підрозділів. Це досягається за рахунок скорочення термінів виконання методів аналізу підприємства, повнішого охоплення впливу факторів на результати діяльності будівельної організації, заміни наближених чи спрощених розрахунків точними обчисленнями, постановки і розв'язання задач [4].

Одним з таких методів є рішення задач на відсотковий приріст, який показує та забезпечує результативність розвитку організації, заснований на використанні наступних понять та формул [6]. Нехай деяка змінна величина A , що залежить від часу t , в початковий момент $t = 0$ має значення A_0 , а в деякий момент часу

t_1 має значення A_1 . Абсолютним приростом величини A за час t_1 називається різниця $A_1 - A_0$, відносним приростом величини A за час t_1 – відношення $\frac{A_1 - A_0}{A_0}$ та відсотковим приростом величини A за час t_1 – величина

$$\frac{A_1 - A_0}{A_0} \cdot 100 \% . \quad (1)$$

Позначаючи відсотковий приріст величини A через $p \%$, отримаємо наступну формулу, що зв'язує значення A_0 , A_1 і відсотковий приріст p :

$$\frac{A_1 - A_0}{A_0} \cdot 100 \% = p \% . \quad (2)$$

Запис останньої формули у вигляді:

$$A_1 = A_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right) = A_0 + A_0 \frac{p}{100} \quad (3)$$

дозволяє за відомим значенням A_0 і заданим значенням p обчислити значення A_1 , тобто значення A в момент часу t_1 .

Нехай тепер відомо, що і далі при $t > t_1$ величина A має відсотковий приріст $p \%$. Тоді в момент часу $t_2 = 2t_1$ значення величини $A_2 = A(t_2)$ дорівнюватиме

$$A_2 = A_1 \left(1 + \frac{p}{100}\right) = A_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^2 . \quad (4)$$

У момент часу $t_3 = 3t_1$ значення величини $A_3 = A(t_3)$ є

$$A_3 = A_2 \left(1 + \frac{p}{100}\right) = A_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^3 , \quad (5)$$

в момент часу nt_1 :

$$A_n = A_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n . \quad (6)$$

Якщо за час t_1 (на «першому етапі») величина A змінилася на $p_1 \%$, на «другому етапі» (тобто за час $t_2 - t_1 = t_1$) на $p_2 \%$, на «третьому етапі» (тобто за час $t_3 - t_2 = t_1$) на $p_3 \%$ і т.д., то значення величини A в момент часу $t_n = nt_1$ обчислюється за формулою:

$$A_n = A_0 \left(1 + \frac{p_1}{100}\right) \left(1 + \frac{p_2}{100}\right) \dots \left(1 + \frac{p_n}{100}\right) . \quad (7)$$

Результати обчислення розглянемо на наведеному прикладі.

Науково-виробниче будівельне підприємство «Енергозахист» має досвід роботи на будівельному ринку три роки. Виготовлення продукції за другий рік роботи підприємства зросла на $p \%$, а на наступний рік вона зросла на 10 % більше, ніж у попередній. Необхідно визначити, на скільки відсотків збільшилося виготовлення продукції за другий рік, якщо відомо, що за два роки вона збільшилася на 48,59 %.

При рішенні задачі використовуємо рівняння обчислення відсоткового приросту.

Позначимо кількість продукції, виробленої за перший, другий і третій роки роботи підприємства, через A_1 , A_2 і A_3 відповідно. За умовами задачі за другий рік відсотковий приріст склав $p \%$, а за третій рік – $(p + 10) \%$. Відповідно до визначення відсоткового приросту ці умови дають два рівняння:

$$\frac{A_2 - A_1}{A_1} \cdot 100 \% = p \% ; \quad (8)$$

$$\frac{A_3 - A_2}{A_2} \cdot 100 \% = (p + 10) \% . \quad (9)$$

За умовою задачі також відомо, що за два роки виробництво виросло на 48,59 %, тобто у третій рік підприємство виробляло на 48,59 % продукції більше, ніж у перший рік. Цю умову можна записати у вигляді рівняння [6]

$$\frac{A_3 - A_1}{A_1} \cdot 100 \% = 48,59 \% . \quad (10)$$

Запишемо отримані рівняння у вигляді наступної системи:

$$A_2 = A_1 \left(1 + \frac{p}{100}\right) ; \quad (11)$$

$$A_3 = A_2 \left(1 + \frac{p + 10}{100}\right) ; \quad (12)$$

$$A_3 = A_1 \left(1 + \frac{48,59}{100}\right) . \quad (13)$$

Множачи перше рівняння на друге, отримуємо

$$A_3 = A_1 \left(1 + \frac{p}{100}\right) \left(1 + \frac{p + 10}{100}\right) . \quad (14)$$

З отриманого рівняння і третього рівняння системи отримуємо рівняння для відшукування невідомої величини p :

$$\left(1 + \frac{p}{100}\right) \left(1 + \frac{p + 10}{100}\right) = 1 + \left(\frac{48,59}{100}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p^2 + 210p - 3859 = 0. \quad (15)$$

В ході рішення отримано наступні результати.

Корінь останнього квадратного рівняння: $p_1 = 17$, $p_2 = -227$. За змістом завдання підходить перший корінь $p_1 = 17$. Із отриманого кінцевого результату видно, що відсотковий приріст, який забезпечує результативність розвитку організації буде дорівнювати сімнадцяти відсоткам.

На наш погляд всі задачі по дослідженню процесів перспективного розвитку будь-якої будівельної організації може бути успішно вирішена одним із математичних методів. Умовно математичні методи можна класифікувати наступним чином:

- 1) метод елементарної математики;
- 2) класичні методи математичного аналізу:
 - а) методи вивчення одновимірних статистичних сукупностей;
 - б) методи вивчення багатовимірних статистичних сукупностей;
- 3) методи математичної статистики:
 - а) диференційне та інтегральне числення;
 - б) варіаційне числення;
- 4) економічні методи:
 - а) виробничі функції;
 - б) методи «витрати-випуск»;
 - в) національне рахівництво;
- 5) методи математичного програмування:
 - а) методи лінійного програмування;
 - б) блочне програмування (об'єднане програмування);
 - в) нелінійне програмування (цілочислове програмування, квадратичне програмування, параметричне програмування);
 - г) динамічне програмування;
- 6) методи дослідження операцій:
 - а) методи розв'язання лінійних програм;
 - б) управління витратами;
 - в) зношення та заміна обладнання;
 - г) теорія ігор;
 - д) теорія розкладу;
 - е) мережеві методи планування і управління;
 - є) теорія масового обслуговування;
- 7) методи економічної кібернетики:
 - а) системний аналіз;
 - б) методи імітації;
 - в) методи моделювання;
 - г) методи навчання та ділові ігри;
 - д) методи розпізнання напрямків подібності;

8) математична теорія оптимальних процесів:

- а) максимум Понтрягіна для управління техніко-економічними процесами;
- б) максимум Понтрягіна для управління ресурсами;

9) евристичні методи.

Будь-яка сформульована з математичного погляду задача фінансово-економічного аналізу може бути розв'язана одним з вищенаведених математичних методів.

Треба знати, що методи елементарної математики використовуються у економічних розрахунках для обґрунтування потреб у ресурсах, обліку витрат на виробництво розроблення програм, планів, проектів під час розрахунків будівельних організацій.

Методи класичної вищої математики переважно застосовуються для факторного аналізу зміни багатьох економічних процесів.

Економіко-математична модель – математичний опис досліджуваного економічного процесу.

В економіко-математичних моделях об'єктом є економічний процес (наприклад, використання ресурсів, розподіл виробів між різними типами обладнання тощо), а мовою – класичні або спеціально розроблені математичні методи [7].

Ефективне управління підприємством у сучасних умовах повинно базуватися на таких економіко-математичних моделях, у яких будуть відображені основні закономірності його діяльності.

Методи математичної статистики застосовуються, коли зміни показників, які аналізуються, можна подати як випадковий процес.

Економічні методи, ґрунтуються на синтезі трьох областей дисциплін: економіки, математики, статистики. Дослідження соціально-економічних явищ і процесів статистичними методами складається з ряду етапів. З них зазвичай виділяють економічну постановку питання і побудову на цій основі економіко-статистичної моделі, рішення моделі, оцінку і тлумачення отриманих результатів.

Для забезпечення аналізу показників результативності діяльності будівельного підприємства, уніфікації організаційно-технологічних особливостей і специфічних умов будівельного виробництва необхідно вибирати такі характерні ознаки, які давали б можливість групувати їх по найбільш істотних характеристиках і особливостях будівельного виробництва.

У основу методики оцінки результативності діяльності будівельного підприємства були закладені наступні умови:

– економіко-статистичні моделі повинні дозволяти визначати показники результативності діяльності будівельного підприємства у вартісному виразі;

– при мінімальній кількості організаційно-економічних чинників, що характеризують аналізований об'єкт, повинна бути отримана інформація про результативність діяльності будівельного підприємства, яка уточнюється у міру отримання нової інформації про об'єкт на подальших стадіях виробництва будівельних виробів і конструкцій;

– економіко-статистичні моделі повинні задовольняти вимогам, що дозволяють використовувати їх для ручного рахунку, при багатоваріантному проектуванні і в системах автоматизованого проектування;

– методика повинна дозволяти регулювати ступінь впливу організаційно-економічних чинників на показники результативності діяльності будівельного підприємства.

Основою економетрії є економічна модель, під якою розуміють схематичне подання економічного явища або процесу за допомогою наукової абстракції відображення її характерних рис (метод «витрати – випуск»), це методи матричні або балансові моделі, які дають змогу встановити взаємозв'язок витрат і результатів виробництва організації.

Методи математичного програмування застосовуються для розв'язання оптимізації виробництва діяльності підприємства.

Цінність цих методів полягає у тому, що вони дають змогу оцінювати напругу планових економічних завдань, визначати лімітуючі групи обладнання, види сировини і матеріалів, одержувати оцінювальну інформацію про дефіцитність трудових ресурсів тощо.

Методи дослідження операцій полягають у розробленні методів цілеспрямованих дій або операцій, у кількісній оцінці одержаних результатів і виборі з низ найкращого. Предметом дослідження операцій є економічні системи.

Теорія ігор як розділ дослідження операцій – це теорія економічних моделей, прийняття оптимальних рішень в умовах невизначеності або конфлікту декількох сторін, які мають різні інтереси.

Теорія масового обслуговування досліджує на основі теорії ймовірності математичні методи кількісної оцінки процесів на обслуговування.

Методи економічної кібернетики аналізують економічні явища і процеси як дуже складні системи з погляду зв'язків і механізмів управління і руху інформації в них. Найпоширеніші у

фінансово-економічному аналізі методи моделювання і системного аналізу.

Евристичні методи кібернетики – це неформалізовані методи розв'язання економічних задач.

Висновок

Застосування даного математичного методу для аналізу діяльності будівельного підприємства забезпечує системний підхід до вивчення розвитку підприємства, урахування всієї множини взаємозв'язків між різноманітними сторонами діяльності підприємства та є важливим напрямком удосконалення результативності організації, підвищує ефективність аналізу діяльності підприємств, їхніх підрозділів та інших структур. Це досягається за рахунок скорочення термінів виконання аналізу, повнішого охоплення впливу факторів на результати будівельної діяльності.

Таким чином математична модель є засобом формування чіткого уявлення про дійсність результативності діяльності підприємства.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Олексик, О. І. Економіка результативності діяльності підприємства [Текст] : монографія / О. І. Олексик. – К.: КНЕУ, 2008. – 232 с.
2. Павлов, І. Д. Моделі управління проектами [Текст] : учеб. пособие / І. Д. Павлов, А. В. Радкевич. – Запоріжжя: ГУ «ЗИГМУ», 2004. – 320 с.
3. Хома, І. Б. Економіко-математичні методи аналізу діяльності підприємств: [Текст] : навч.-метод. посібник / І. Б. Хома, В. В. Турко. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2008. – 326 с.
4. Мендрул, О. Г. Структурно-логічні схеми до вивчення «Економіка підприємства» для студентів «МБА» [Текст] : навч. посібник / О. Г. Мендрул. – К.: КНЕУ, 2008. – 112 с.
5. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь [Текст] / под ред. А. А. Гусакова. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 1999. – 432 с.
6. Ципки, А. Г. Справочное пособие по методам решения задач по математике для средней школы [Текст] / А. Г. Ципки, А. И. Пинский; под ред. В. И. Благодатских. – М.: Наука, Глав. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1984. – 416 с.
7. Жабка, В. В. Математичні методи моделювання економічних систем і процесів [Текст] : навч. посібник / В. В. Жабка, В. В. Шевченко, О. Л. Лещинський. – К.: Дельта, 2006. – 272 с.

Надійшла до редколегії 03.06.2010.

Прийнята до друку 14.06.2010.

ВЛИЯНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО МОСТА И ЛОКОМОТИВА

В роботі досліджено вплив граничних умов на динамічну роботу залізобетонної прогонової будови під час руху одиночного локомотива. Встановлено критичні швидкості руху навантаження при вертикальних та позовжніх коливаннях конструкції.

Ключові слова: граничні умови, динамічна робота залізобетонної прогонової будови, рух локомотива, критичні швидкості при вертикальних та позовжніх коливаннях конструкції

В работе исследовано влияние граничных условий на динамическую работу железобетонного пролетного строения при движении одиночного локомотива. Установлены критические скорости движения нагрузки при вертикальных и продольных колебаниях конструкции.

Ключевые слова: граничные условия, динамическая работа железобетонного пролетного строения, движение локомотива, критические скорости при вертикальных и продольных колебаниях конструкции

In this article the effect of boundary conditions on dynamic performance of reinforced concrete span during the motion of a locomotive is studied. The critical speeds of a load motion under vertical and longitudinal construction vibrations are determined.

Keywords: boundary conditions, dynamic performance of reinforced concrete span, locomotive motion, critical speeds under vertical and longitudinal construction vibrations

Как правило, балочные железобетонные пролетные строения длиной до 33,0 м укладываются на опорные части тангенциального или каткового типа, которые обеспечивают продольные и угловые перемещения [1, 2]. Из опыта эксплуатации таких конструкций отмечается тенденция к ухудшению состояния опорных частей вследствие коррозионных процессов, выхода из строя шарнирных элементов, креплений, засорения опорных участков и т.п. Эти и другие факторы приводят к отклонению точки передачи опорного усилия от проектного по-

ложения и даже изменению расчетной схемы сооружения в целом, что подтверждается рядом динамических испытаний. При этом жесткость пролетного строения, определенная экспериментально, из-за недостаточной подвижности опорных частей часто оказывается выше проектной [3].

Для определения влияния указанных факторов на динамическую работу железобетонного пролетного строения рассмотрим возможные варианты изменения граничных условий в его расчетной схеме (рис. 1).

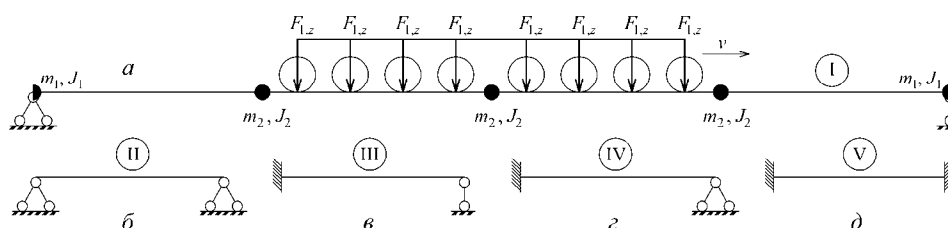


Рис. 1. Расчетные схемы пролетного строения 22,9 м:
а – проектная схема (I); б–д – измененные схемы (II–V)

Исходная модель пролетного строения (рис. 1, а) представляет собой однопролетную балку расчетной длиной $l = 22,9$ м, инерционные характеристики которой учитываются пятью сосредоточенными массами m_i и соответствующими моментами инерции массы J_i . Жесткостные характеристики приведенного сечения балки следующие (в единицах системы СИ): на растяжение-сжатие $EA = 9,1 \times 10^{10}$; на изгиб $EJ_y = 4,3 \times 10^{10}$, $EJ_z = 7,8 \times 10^{10}$; на кру-

чение $GJ = 2,1 \times 10^9$. Модель имеет 21 степень свободы. Подвижная нагрузка на пролетное строение принята в виде одиночного локомотива, модель которого представлена в работе [4]. Математическая модель вынужденных колебаний пролетного строения основана на нелинейных уравнениях движения Ньютона-Эйлера с применением метода конечных элементов [5].

Сначала рассмотрим вертикальные изгибные колебания пролетного строения в плоскости xz , возбуждаемые группой сил $F_{1,z}$. Такому

виду колебаний будут соответствовать схемы I, III, V, для которых на рис. 2 показаны графики максимальных перемещений пролетного строения $uz(t)$ при различных скоростях движения

локомотива v . Для осреднения значений выборки (пунктирные линии) используется метод полиномиальной регрессии.

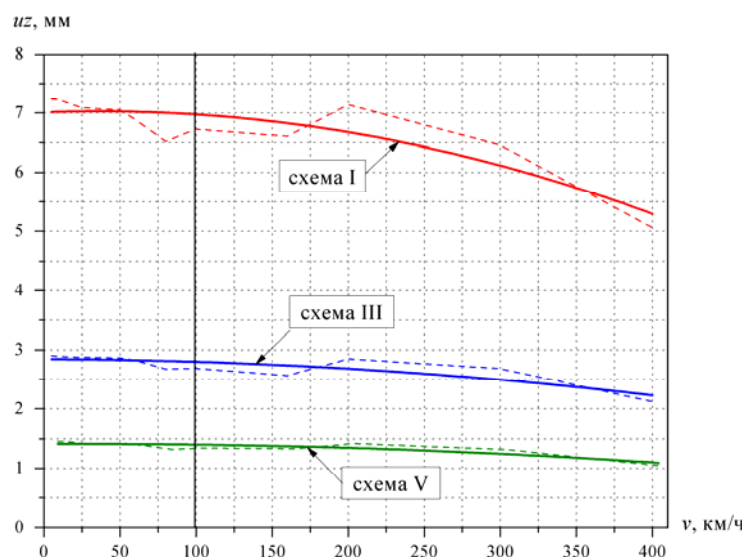


Рис. 2. Графики максимальных перемещений $uz(v)$ пролетного строения 22,9 м

Как видно из рис. 2, с увеличением скорости движения локомотива по пролетному строению вертикальные перемещения имеют тенденцию к убыванию для всех рассмотренных схем I, III, V. В диапазоне скоростей от 0 до 50 км/ч убывание прогибов носит монотонный характер, который несколько усиливается в диапазоне $v = 50 \dots 100$ км/ч. Значения прогибов, соответствующие скорости движения локомотива $v = 100 \dots 160$ км/ч также монотонно убывают, однако в диапазоне $v = 160 \dots 200$ км/ч наблюдается резкое увеличение перемещений, характерное для всех расчетных схем. Скорость движения локомотива $v = 200$ км/ч, соответствующая пиковому значению вертикальных перемещений пролетного строения, может считаться критической для данного класса конструкций. Дальнейшее увеличение скорости движения (до 400 км/ч) сопровождается убыванием прогибов.

Согласно нормам проектирования [6], расчетная величина упругого прогиба для разрезных пролетных строений железнодорожных мостов при основном сочетании нагрузок определяется с учетом коэффициента надежности по нагрузке γ_f и динамического коэффициента $1 + \mu$. Для типового железобетонного пролетного строения величина прогиба в середине пролета определяется формулой [7]:

$$\Delta_z = \frac{5(q + v)l^4}{384EJ_{y,red}} =$$

$$= \frac{5(120,9 + 263,8)22,9^4}{384 \cdot 4,3 \times 10^7} = 3,2 \text{ см}, \quad (1)$$

где интенсивность постоянной нагрузки от собственного веса пролетного строения и балластного мостового полотна q равна 120,9 кН/м; интенсивность временной нагрузки от подвижного состава $v = 263,8$ кН/м.

Суммируя величину статического прогиба пролетного строения от собственного веса с величиной наибольшего прогиба от внешней нагрузки, имеем

$$z' = 1,88 \text{ см}. \quad (2)$$

Как видим, величины перемещений (1), (2) отличаются в 1,7 раза. Ввиду того, что локомотив ВЛ8 является одной из самых тяжелых единиц подвижного состава, обращающегося на железных дорогах Украины, очевидно, нормативная методика дает несколько завышенные значения коэффициентов $\gamma_f, 1 + \mu$. Для более высоких скоростей движения нагрузки различие будет увеличиваться.

На рис. 3 показаны графики максимальных продольных перемещений пролетного строения при тех же условиях. Скорость нагрузки задана в диапазоне $v = 10 \dots 100$ км/ч. Сглаживание выборки выполнено с помощью функции Больцмана (нелинейная сигмоидальная кривая, математический пакет **Origin**).

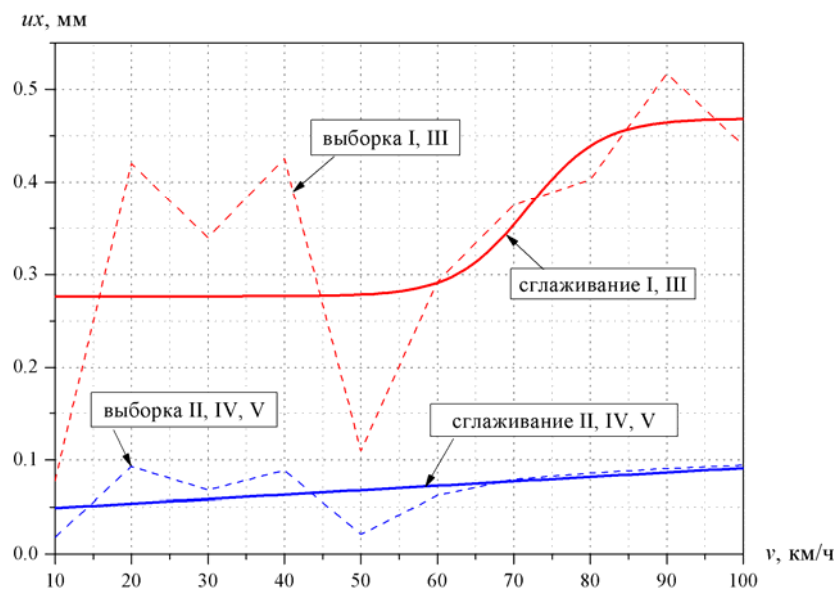


Рис. 3. Графики максимальных перемещений $ux(v)$ для схем I–V

По результатам данной группы расчетов (рис. 3) можно сделать следующие выводы. При совместном учете контактных сил $F_{1,x}, F_{1,z}$ [4] существенного взаимного влияния между вертикальными изгибными и продольными колебаниями пролетного строения не обнаружено. В этих условиях вертикальные и продольные перемещения пролетного строения для схем I–V (рис. 1) определяется следующими зависимостями:

$$ux_I = ux_{III}; \quad ux_{II} = ux_{IV} = ux_V;$$

$$uz_I = uz_{II}; \quad uz_{III} = uz_{IV}. \quad (3)$$

По всем пяти схемам продольные перемещения пролетного строения увеличиваются с ростом скорости движения нагрузки. Небольшие величины $ux = 0,05 \dots 0,11$ мм соответствуют скорости движения локомотива $v = 50$ км/ч, а скорость локомотива $v = 90$ км/ч можно считать «критической», с точки зрения увеличения перемещений, для данного пролетного строения моста (продольные перемещения составляют около 0,5 мм).

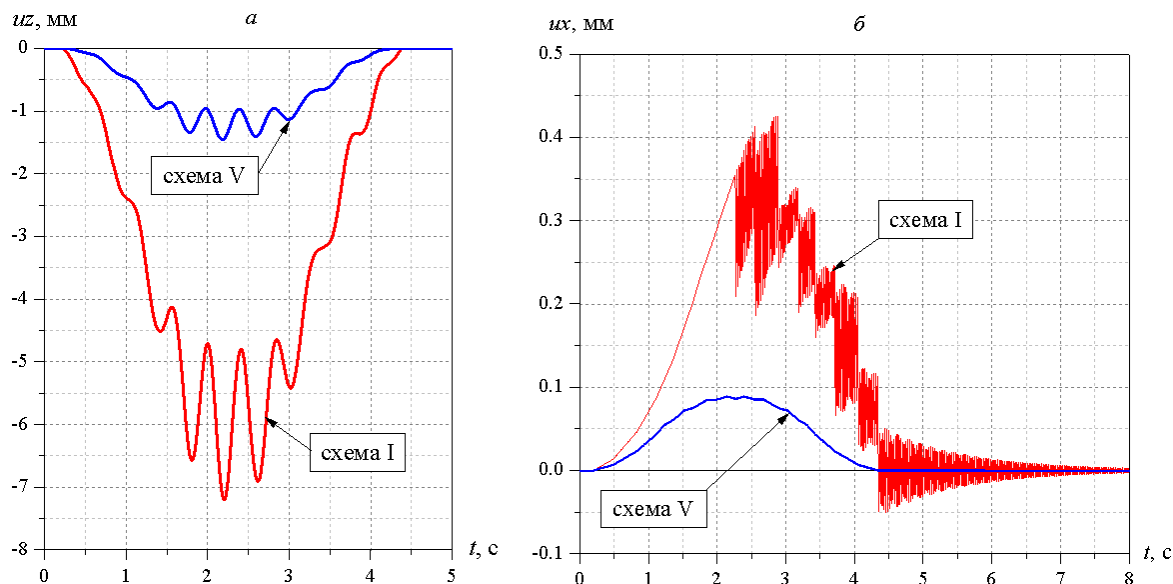


Рис. 4. Графики вертикальных (а) и продольных (б) перемещений

На рис. 4 показаны графики вертикальных и продольных перемещений во времени для схем I, V при скорости движения нагрузки $v = 40$ км/ч. Характерно, что для проектной схемы I начиная с момента времени, когда середи-

на локомотива совпадает с серединой пролетного строения, частота продольных колебаний резко возрастает. В момент времени $t = 4$ с вертикальные колебания практически полностью затухают и пролетное строение совершает

только продольные колебания. В целом, по абсолютной величине продольные перемещения их пролетного строения отличаются на порядок от вертикальных uz .

В некоторых странах величина вертикального ускорения пролетных строений на железнодорожных мостах нормируется, исходя из соображений комфортного передвижения пассажиров [8]. Например, Управлением Скорост-

ных Железных дорог Тайваня (Bureau of Taiwan High Speed Rail) для этой величины установлен порог $0,05g$, или $0,5 \text{ м/с}^2$. На рис. 5 приведены графики ускорений центрального узла пролетного строения при пространственных колебаниях по схеме I. Скорость движения локомотива $v = 100 \text{ км/ч}$.

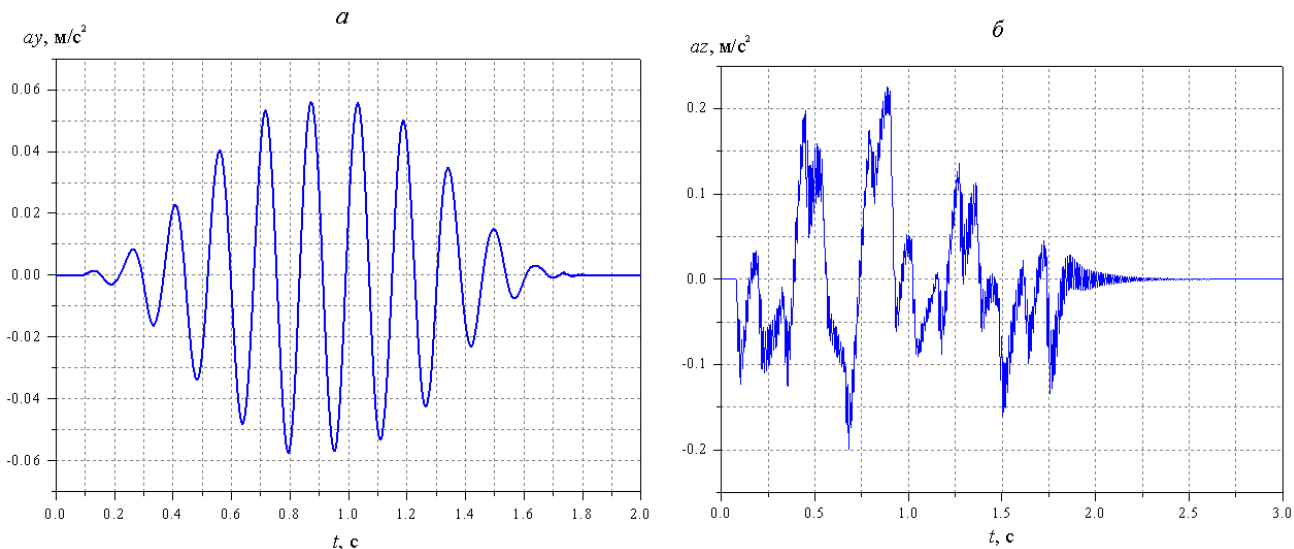


Рис. 5. Ускорения середины пролетного строения: $a - ay(t)$; $b - az(t)$

Как видим, вертикальное ускорение середины пролетного строения не превышает значения $0,03g$, что соответствует условиям для комфортной езды пассажиров.

В качестве выводов можно отметить следующее. Под действием проходящей поездной нагрузки балочное пролетное строение совершает пространственные колебания, в которых доминирует вертикальная составляющая. После схода нагрузки с моста проявляются продольные, а также поперечные горизонтальные колебания. Амплитуда поперечных горизонтальных колебаний на порядок ниже продольных. Критическая скорость движения поезда по балочному пролетному строению близка к величине 200 км/ч . При этом установлено, что степень подвижности элементов опорных частей не оказывает существенного влияния на характер вертикальных изгибных колебаний сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Власов, Г. М. Расчет железобетонных мостов [Текст] / Г. М. Власов, В. П. Устинов. – М.: Транспорт, 1992. – 256 с.
2. Саламахин, П. М. Мосты и сооружения на дорогах [Текст] : учеб. для вузов в 2-х ч. – Ч. 1 / П. М. Саламахин, О. В. Воля, Н. П. Лукин. – М.: Транспорт, 1991. – 344 с.

3. Динамика железнодорожных мостов [Текст] / Н. Г. Бондарь [и др.]. – М.: Транспорт, 1965. – 412 с.
4. Распопов, А. С. Исследование динамической работы железобетонных мостов с эксцентриситетом рельсового пути [Текст] / А. С. Распопов, В. Е. Артемов, С. П. Русу // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - 2010. - Вип. 35. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 168-171.
5. Распопов, А. С. Воздействие подвижных нагрузок на балочный мост, моделируемый системой дискретных элементов [Текст] / А. С. Распопов, В. Е. Артемов, С. П. Русу // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Приднепр. гос. акад. стр-ва и архит. – 2008. – Вып. 47. – С. 493-501.
6. ДБН В.2.3.14-2006. Споруди транспорту. Мости та труби: правила проектування [Текст] / Мін-во буд-ва, архіт. та ЖКГ. – К., 2006. – 359 с.
7. Писаренко, Г. С. Опір матеріалів [Текст] : підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.
8. Yang, Y. B. Vehicle-Bridge Interaction Dynamics: with Applications to High-Speed Railways [Text] / Y. B. Yang, J. D. Yau, Y. S. Wu // World Sci. Publ. Co. Pte. Ltd. – 5 Toh Tuck Link, Singapore. – 2004. – 564 p.

Поступила в редколлегию 16.11.2010.

Принята к печати 25.11.2010.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТЕКАНИЯ ТОКСИЧНОГО ГАЗА В ПОМЕЩЕНИЕ ПРИ АВАРИИ НА ПРОМПОЩАДКЕ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА

Розроблено тривимірну чисельну модель розрахунку процесу поширення токсичного газу на проммайданчику та затіканні токсичного газу у приміщення при аварійному викиді на підприємстві. Модель базується на чисельному інтегруванні рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки та моделі течії нестислої рідини. Наводяться результати обчислювального експерименту.

Ключові слова: аварійний викид токсичного газу на проммайданчику та його затікання у приміщення, рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки, модель течії нестислої рідини, тривимірна чисельна модель

Разработана трехмерная численная модель расчета процесса распространения токсичного газа на промплощадке и затекания токсичного газа в помещение при аварийном выбросе на предприятии. Модель основывается на численном интегрировании уравнения конвективно-диффузионного переноса примеси и на модели невязкой несжимаемой жидкости. Приводятся результаты вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: аварийный выброс токсичного газа на промплощадке и его затекание в помещение, уравнение конвективно-диффузионного переноса примеси, модель невязкой несжимаемой жидкости, трехмерная численная модель

The 3D numerical model to simulate the toxic gas dispersion at an industrial site and inflow of toxic gas into the industrial room after an accident ejection was developed. The model is based on the K -gradient transport model and equation of potential flow. The results of numerical experiment are presented.

Keywords: accident ejection of toxic gas at industrial site and its inflow into industrial room, K -gradient transport model, equation of potential flow, 3D numerical model

Введение

В настоящее время большую актуальность приобретает вопрос оценки риска поражения людей на территории химически опасных промышленных объектов в случае аварий, терактов [1, 2, 5, 8]. Особенно важно адекватно оценить масштаб угрозы вблизи места аварии – на промплощадках (локальный прогноз), т.к. промышленный объект – это, как правило, место концентрации людей. Распространение опасных веществ в атмосфере на промплощадках имеет свои особенности – это перенос загрязнителя в условиях застройки. Наличие зданий способно существенно изменить картину переноса. Поэтому при решении задачи прогноза риска поражения людей на промышленном объекте крайне важно учесть влияние зданий на процесс рассеивания опасных веществ в атмосфере. Постановка физических экспериментов для решения таких задач имеет свои особенности:

1. необходимость использования дорогостоящего оборудования (система Laser Doppler, система Ultra Sonic Turbulence Measurement и т.д.);

2. значительное время на постановку эксперимента, его проведение, обработку данных;
3. проведение физического эксперимента по моделированию процесса переноса токсичных веществ (ТВ) в реальных условиях застройки, при реальных масштабах выброса – опасно, и, по сути, практически неосуществимо;
4. при проведении физического эксперимента в аэродинамических трубах возникает проблема неэквивалентности экспериментальных и реальных условий (несоблюдение критерия Рейнольдса).

Создание прогнозных моделей на базе уравнений Навье-Стокса и различных моделей турбулентности (k - ϵ модель, LES модель и т.п.) для решения задач о переносе загрязняющих веществ в условиях промплощадки является проблемным в настоящее время. Это связано, в первую очередь, с необходимостью использования мелкой сетки [12, 13], больших ресурсов компьютера и приводит к значительным затратам машинного времени. Например, при практической реализации коммерческого кода

SERENE [13], реализующего 3D RANS модель, совместно с «*k-ε*» моделью, потребовалось 3,5 суток на получение прогнозного результата по расчету гидродинамики обтекания нескольких контейнеров, поставленных в ряд (рис. 1) и задачи теплопереноса. Отметим, что расчет выполнялся во Франции с использованием 9 процессоров, и при этом длина расчетной области была менее 50 м.

Безусловно, что такие большие затраты компьютерного времени на получение прогнозного результата не позволяют еще считать моделирование на базе уравнений Навье-Стокса каждодневным инструментом решения задач рассматриваемого класса – прогноза аварийного загрязнения атмосферы на промплощадках при разработке ПЛАСа (план ликвидации аварийной ситуации). Реализация других, современных коммерческих кодов для прогноза уровня загрязнения атмосферы, например таких – *WRF*, *CMAQ*, *MUSKAT*, *SILAM*, *LOTUS-EUROS*, *MACMOD*, *WRF-MUSKAT* [14, 15] – требует значительного количества метеорологической информации, что при рассмотрении задач локального прогноза – порядка нескольких сотен метров получить практически крайне трудно. Реализация этих кодов осуществляется на сетках порядка 10×10 км и более. В этой связи, актуальным является создание математических моделей локального прогноза уровня загрязнения атмосферы при аварийных выбросах токсичных веществ на промышленных площадках, позволяющих учесть основные физические факторы: различный тип выброса, наличие зданий и т.п.

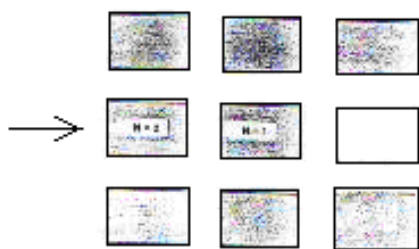


Рис. 1. Схема расположений контейнеров в работе [13]

В достаточно обширном классе задач о рассеивании ТВ на промплощадках можно выделить одну, крайне важную – затекание загрязненного атмосферного воздуха через систему вентиляции в помещения и последующее загрязнение воздушной среды в этих помещениях.

Эту задачу условно можно считать сочетанием двух задач: «внешней» задачи – т.е. расчета рассеивания ТВ в атмосфере с учетом застройки и «внутренней» задачи – расчет динамики изменения концентрации загрязнения в помещениях. Решение «внешней» задачи позволяет определить значение концентрации ТВ в любом месте, в том числе там, где располагаются воздухозаборники, обеспечивающие подачу воздуха в помещения. Решение «внутренней» задачи позволяет выявить риск токсичного поражения людей в помещениях и возможность возникновения вторичной аварии. Целью настоящей работы является построение численной модели для решений перечисленных «внешней» и «внутренней» задач. Достоинством предложенной модели является возможность учета основных физических факторов, влияющих на процесс переноса токсичного газа в условиях застройки и внутри помещений, и при этом – небольшие затраты машинного времени при практической реализации модели. Расчет гидродинамики воздушного потока в трехмерной постановке осуществляется в рамках модели невязкой несжимаемой жидкости.

Математическая модель загрязнения атмосферы

Для моделирования процесса переноса загрязняющего вещества на промплощадке будем использовать трехмерное уравнение миграции примеси [2 – 4]

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s)C}{\partial z} = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \sum Q_i(t) \delta(r - r_i), \quad (1) \end{aligned}$$

где C – концентрация загрязняющего вещества; u, v, w – компоненты вектора скорости воздушной среды; w_s – скорость оседания примеси; $\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$ – коэффициент турбулентной диффузии; Q – интенсивность выброса токсичного вещества; $\delta(r - r_i)$ – дельта-функция Дирака; $r_i = (x_i, y_i, z_i)$ – координаты источника выброса.

Метеорологические параметры – профиль скорости ветра, коэффициенты атмосферной

диффузии в построенной численной модели рассчитываются по зависимостям [3, 4]

$$u = u_1 \left(\frac{Z}{Z_1} \right)^n; \quad \mu_z = 0,11z;$$

$$\mu_y = 0,2 u(x, y, z); \quad \mu_x = \mu_y,$$

где u_1 – значение скорости ветра на высоте $Z_1 = 10$ м; $n = 0,15$.

Постановка краевых условий для уравнения (1) рассмотрена в работах [6, 7].

Математическая модель загрязнения воздушной среды в помещении

Загрязненный атмосферный воздух попадает в помещение через систему вентиляции. Для расчета загрязнения воздушной среды в помещении при затекании в него токсичного вещества используются две модели.

Для экспресс-прогноза используется нульмерная модель [8, 11] вида

$$V dC_{\text{пом}} = LC dt - LC_{\text{пом}} dt, \quad (2)$$

где V – объем помещения; $C_{\text{пом}}$ – концентрация ТВ в выходящем из помещения воздухе; L – воздухообмен; C – концентрация ТВ во втекающем воздухе.

Необходимо отметить, что концентрация ТВ во втекающем воздухе (т.е. концентрация ТВ на месте расположения воздухозаборника на здании) постоянно изменяется со временем и определяется из решения «внешней» задачи – т.е. задачи о рассеивании токсичного вещества в атмосфере между зданиями.

Для решения данного уравнения используется метод Эйлера [10].

Относительно модели (2) необходимо отметить следующее:

- модель определяет концентрацию токсичного вещества не в помещении, а в удаляемом воздухе. Это не дает возможности оценить реальную степень загрязнения воздушной среды как в самом помещении, так и в различных его местах, например, там, где есть риск появления вторичной аварии (открытое пламя и т.д.);
- модель не учитывает влияние положения приточных и вытяжных отверстий вентиляции на процесс переноса токсичного вещества внутри помещения;
- модель не учитывает влияние технологического оборудования внутри помещения на процесс переноса токсичного вещества.

Для расчета 3D процесса загрязнения воздушной среды в помещении с учетом его геометрической формы, наличия в нем оборудования, с учетом положения отверстий приточно-вытяжной вентиляции используется вторая модель – уравнение переноса примеси (1).

На границе втекания (приточное отверстие вентиляции) загрязненного воздуха в помещение задается концентрация ТВ. На твердых границах – пол, стены, потолок – ставится граничное условие равенства нулю потока примеси, на границе выхода потока из помещения (выходное отверстие вентиляции) ставится «мягкое» граничное условие [9]. В начальный момент времени полагается, что концентрация ТВ $C = 0$ внутри помещения.

Модель гидродинамики

Для расчета поля скорости воздушного потока на промплощадке или внутри помещения 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 скорости.

Уравнение для определения потенциала скорости имеет вид

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 0. \quad (3)$$

Для уравнения (3) ставятся следующие граничные условия:

- на твердых стенках

$$\frac{\partial P}{\partial n} = 0,$$

где n – единичный вектор внешней нормали;

- на входной границе (граница 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).

Метод решения

Численное интегрирование уравнения (1) осуществляется с использованием неявной попеременно-треугольной разностной схемы расщепления [6]. Для численного интегрирования уравнения (3) используется метод Либмана [9, 10]. Для формирования вида расчетной области в модели используется метод «porosity technique» [12].

Практическое применение численной модели

Разработанная численная модель и созданный на ее основе код были применены для решения следующей задачи. На промплощадке расположены два здания, со смещением относительно друг друга (рис. 2). Первое здание имеет П-образную форму, и возле него происходит аварийный выброс сероводорода. Второе здание имеет Г-образную форму.

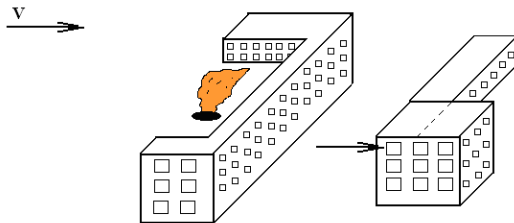


Рис. 2. Схема размещения зданий на промплощадке

Параметры задачи: размеры расчетной области: $60 \times 60 \times 60$ м; интенсивность выброса – 400 г/с. В расчетах принималось: $u_1 = 3$ м/с – значение скорости ветра на высоте $Z_1 = 10$ м; $n = 0,15$, $w_s = 0$. При исследовании ставится задача определить концентрацию токсичного газа в производственном помещении, расположенном в торце второго здания (рис. 2, место поступления загрязненного атмосферного воздуха в помещение – т.е. положение воздухозаборника, условно показано стрелкой); координаты воздухозаборника: $x = 42,5$ м; $y = 17,5$ м; $z = 7,5$ м). Воздухообмен в помещении (объемом 223 м^3) составляет $0,37 \text{ м}^3/\text{с}$.

Результаты решения задачи показаны на рис. 3 – 5, где представлена зона загрязнения атмосферы на промплощадке для момента времени $t = 150$ с после аварии. Из данных рисунков отчетливо видно формирование зон загрязнения в «застойных» областях. Видно, что в различных сечениях на промплощадке форма зоны загрязнения – различна. Так, в сечении $y = 37,5$ м зона загрязнения между зданиями значительно больше, чем в сечении $y = 27,5$ м.

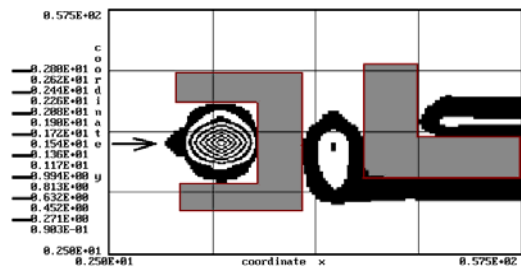


Рис. 3. Зона загрязнения атмосферы, $t = 150$ с (вид сверху, сечение $z = 7,5$ м)

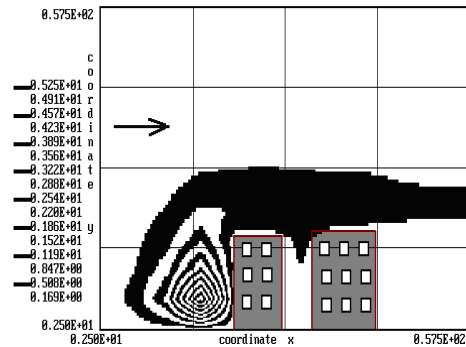


Рис. 4. Зона загрязнения атмосферы, $t = 150$ с (вид сбоку, сечение $y = 27,5$ м)

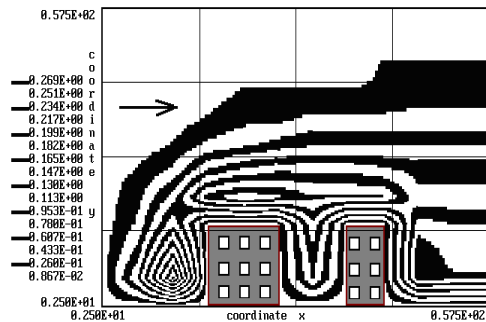


Рис. 5. Зона загрязнения атмосферы, $t = 150$ с (вид сбоку, сечение $y = 37,5$ м)

Динамика изменения уровня загрязнения воздушной среды в помещении при затекании в него загрязненного атмосферного воздуха после аварии (расчет на базе нуль-мерной модели) выглядит следующим образом:

$t = 38$ с	$C = 4,87 \text{ мг/м}^3$
$t = 48$ с	$C = 8,05 \text{ мг/м}^3$
$t = 56$ с	$C = 10,68 \text{ мг/м}^3$
$t = 60$ с	$C = 12,01 \text{ мг/м}^3$
$t = 65$ с	$C = 13,33 \text{ мг/м}^3$

Отметим, что моменту времени $t = 0$ соответствует начало выброса ТВ на промплощадке. Принимая во внимание, что ПДК для сероводорода составляет 10 мг/м^3 , то примерно через 1 мин после аварии концентрация загрязнителя в помещении превысит это пороговое

значение. Таким образом, данный промежуток времени определяет время эвакуации людей из помещения.

Ниже представлены результаты расчета загрязнения воздушной среды в помещении при затекании в него загрязненного атмосферного воздуха и выполненные на базе второй модели – 3D модели переноса примеси (1). Схема производственного помещения показана на рис. 6. В помещении находится технологическое оборудование в виде параллелепипеда. Поступление воздуха в помещении осуществляется снизу, а выходное отверстие вентиляции находится на середине противоположной стены.

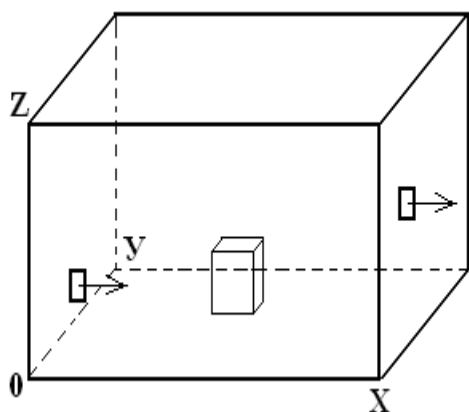


Рис. 6. Схема производственного помещения

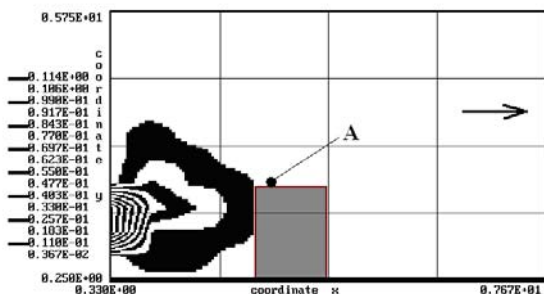


Рис. 7. Зона загрязнения в помещении, $t = 5$ с (вид сбоку, сечение $y = 3,63$ м)

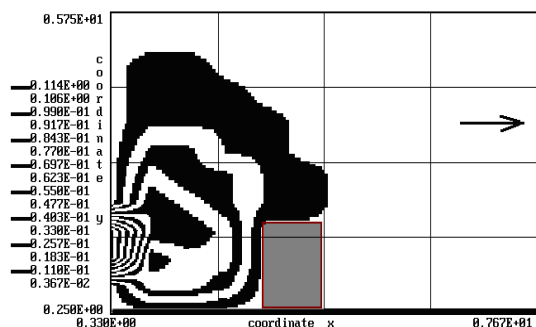


Рис. 8. Зона загрязнения в помещении, $t = 26$ с (вид сбоку, сечение $y = 3,63$ м)

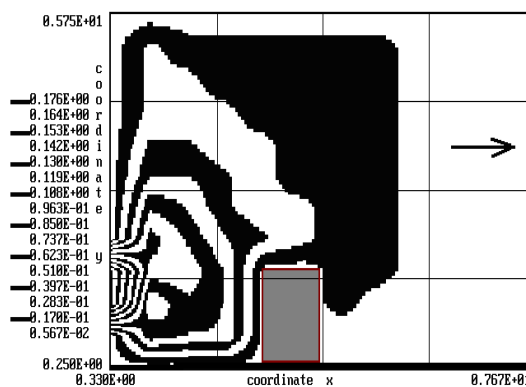


Рис. 9. Зона загрязнения в помещении, $t = 38$ с (вид сбоку, сечение $y = 3,63$ м)

При проведении расчетов по распространению загрязненного воздуха в помещении принималось: коэффициент турбулентной диффузии $\mu_x = \mu_y = \mu_z = 0,2 \text{ м}^2/\text{с}$. Скорость втекания загрязненного воздуха в помещении – $1,5 \text{ м/с}$; площадь входного отверстия системы вентиляции – $0,66 \text{ м}^2$.

На последующих рисунках предоставлена динамика загрязнения воздушной среды в помещении для различных моментов времени (еще раз отметим, что моменту времени $t = 0$ соответствует начало выброса токсичного газа на промплощадке). Из данных рисунков видно, как происходит дифракция фронта загрязненного воздуха над технологическим оборудованием в помещении. Вблизи входного отверстия формируется зона загрязнения с большим градиентом концентрации. Отчетливо видно движение загрязненного воздуха к потолку помещения.

На базе 3D численной модели имеется возможность прогноза величины концентрации в любой интересующей точке в помещении. Например, концентрация сероводорода над оборудованием (точка А, рис. 7) изменяется с течением времени следующим образом:

$t = 28 \text{ с}$	$C = 0,012 \text{ г/м}^3$
$t = 34 \text{ с}$	$C = 0,019 \text{ г/м}^3$
$t = 45 \text{ с}$	$C = 0,032 \text{ г/м}^3$
$t = 54 \text{ с}$	$C = 0,044 \text{ г/м}^3$

Обратим внимание на то, что первая модель, нуль-мерная, дает заниженное значение концентрации загрязнителя в помещении, чем 3D численная модель. Это объясняется тем, что в нуль-мерной модели осуществляется осреднение прогнозного значения концентрации по объему помещения. Совершенно очевидно, что

такая «прогнозная» информация может существенно дезориентировать проектировщика.

Очевидно, что применение второй модели дает существенное преимущество по сравнению с нуль-мерной, т.к. имеется возможность выполнить 3D прогноз развития зоны загрязнения в помещении за 10...20 секунд с учетом его формы, наличия оборудования, места втекания воздуха и т.д.

В заключение отметим, что для решения сопряженной задачи прогноза динамики загрязнения воздушной среды как на промплощадке, так и в помещении, и при использовании 3D численной модели потребовалось около 1 мин. времени работы ПК.

Выводы

В работе разработана трехмерная численная модель процесса миграции токсичных веществ в случае аварий на промплощадках и при затекании ТВ в помещения. На основе разработанной модели создан код, реализованный на алгоритмическом языке FORTRAN. Проведенный вычислительный эксперимент показал эффективность модели для практики (возможность учета в модели основных физических факторов, влияющих на процесс рассеивания примеси в атмосфере и внутри помещения, возможность учета различного количества зданий на промплощадке и т.д.). Дальнейшее совершенствование данного направления необходимо вести по созданию численной модели для расчета рассеивания тяжелых газов на промплощадках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий [Текст] : учеб. пособие в 6-ти кн. / под ред. В. А. Котляревского и А. В. Забегаева. – М.: Изд-во АСВ, 2001 – 200 с.
2. Беляев, Н. Н. Расчет распространения загрязняющих веществ в условиях застройки [Текст] / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 21-24.
3. Берлянд, М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы [Текст] / М. Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеониздат, 1985. – 273 с.
4. Бруцкий, Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов [Текст] / Е. В. Бруцкий.

- К.: Ин-т гидромеханики НАН Украины, 2000. – 443 с.
5. Гунько, Е. Ю. Оценка риска токсичного поражения людей при аварийном выбросе химически опасного вещества [Текст] / Е. Ю. Гунько // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 20. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 87-90.
6. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде [Текст] / М. З. Згуровский [и др.]. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.
7. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды [Текст] / Г. И. Марчук. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
8. Меньшиков, В. В. Опасные химические объекты и техногенный риск [Текст] / В. В. Меньшиков, А. А. Швыряев. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 245 с.
9. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика [Текст] / П. Роуч. – М.: Мир, 1980. – 616 с.
10. Самарский, А. А. Теория разностных схем [Текст] / А. А. Самарский. – 2-е изд., испр. – М.: Наука, 1983. – 616 с.
11. Эльтерман, В. М. Вентиляция химических производств [Текст] / В. М. Эльтерман. – 3-е изд., перераб. – М.: Химия, 1980. – 288 с.
12. Mahfound, K. Computation of Wind Flow and Air Pollution for Regions Having a Complex Topography [Text] // Kadja Mahfound, Anagnostopoulos [et al.] / Proc. of 3rd European & African Conf. on Wind Engineering (Eindhoven Univ. of Technology, Netherlands, July 2 – 6, 2001). – P. 355-358.
13. Development of building resolving atmospheric CFD code taking into account atmospheric radiation in complex geometric [Text] / Qu Y [et al.] // Conf. Abstracts of 31st NATO / SPS Int'l Technical Meeting on Air Pollution Modelling and it's Application (27 Sept. – 01 Oct. 2010, Torino, Italy). – № P1.5.
14. Rakitin, A. Modeling the impact of urban emissions in Russia on air quality in northern Europe [Text] / A. Rakitin, M. Makarova, D. Ionov // Conf. Abstracts of 31st NATO / SPS Int'l Technical Meeting on Air Pollution Modeling and it's Application (27 Sept. – 01 Oct. 2010, Torino, Italy). – № 2.17.
15. The use of MM5 – CMAQ air pollution modeling system for real time and forecasting air quality impact of industrial emissions [Text] / R. San Jose [et al.] // Advances in Air Pollution Modeling for Environment Security. – NATO Science Series, Springer. 2004. – Vol. 54. – P. 326-335.

Поступила в редколлегию 04.11.2010.
Принята к печати 17.11.2010.

NUMERICAL SIMULATION OF THE BLACK SEA POLLUTION FOR THE CASE OF THE MINE WATERS DISCHARGE

На базі розробленої 3D чисельної моделі виконано розрахунок забруднення акваторії моря. Модель базується на інтегруванні рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки та моделі потенційного руху. Наводяться результати обчислювального експерименту.

Ключові слова: забруднення акваторії моря, шахтовий водоскид, рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки, модель потенційного руху, тривимірна чисельна модель

На базе построенной 3D численной модели выполнен расчет загрязнения моря. Модель основывается на численном интегрировании уравнения конвективно-диффузионного переноса примеси и модели потенциального течения. Приводятся результаты вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: загрязнение акватории моря, сброс шахтных вод, уравнение конвективно-диффузионного переноса примеси, модель потенциального движения, трехмерная численная модель

The 3D numerical model was developed and used to simulate the sea pollution after mine waters discharge. The model is based on the numerical integration of the K-gradient transport model and the model of potential flow. The results of numerical experiment are presented.

Keywords: sea pollution, mine waters discharge, K-gradient transport model, model of potential flow, 3D numerical model

Introduction

The mining the ore is the leading branch of Ukraine economy. But this activity results in a huge amount of mine waters. Utilization of mine waters in Ukraine is a problem of great importance. The mineralization of mine waters covers the range 19...36 g/l. The annual total amount of mine waters in Kryvyi Rih region (the central part of Ukraine) is about $21 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Now these mine waters are collected in special ponds (Fig. 1) and then discharged in rivers.



Fig. 1. Mine waters discharge into the pond Svistunova

The mining the ore is planned to be increased that is why the problem of utilization of mine waters attracts again the attention. In 1988 the project of mine waters discharge in the Black Sea was de-

veloped in the USSR but the ecological study was not carried out at that time. Now this project is under consideration and the problem of the ecological study is appeared again. The engineers working on the correction of the old project to meet the modern demands need the tool to predict the sea pollution for the case of mine waters discharge into the Black Sea. *The Regulation Instructions* based on the analytical model and which are used now in Ukraine to predict the sea pollution could not provide the solution of the problem considered. This paper presents a numerical model to simulate the flow field and pollutant dispersion in vicinity of the discharge pipe opening which is situated in the sea. The hydrodynamic model of inviscid flow is used to predict the velocity flow field which is formed as a result of the sea flow and mine waters jet interaction. This model does not consume much of computing time.

Mathematical model of pollutant dispersion

To simulate the pollutant transport in the sea the gradient transport model is used [1, 2, 3]

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_g)C}{\partial z} + \sigma C = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \\ + \sum Q_i(t) \delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \delta(z - z_i), \quad (1) \end{aligned}$$

where C is concentration; u, v, w are the velocity components; σ is the parameter taking into account the process of pollutant decay; $\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$ are the diffusion coefficients; Q is the intensity of pollutant emission.

To simulate the mine waters gravity fall as the result of the density difference between them and sea water the parameter w_g is used. This parameter is determined in experimental studies.

The transport equation is used with the following boundary conditions:

- at the inlet boundary: $C|_{inlet} = C_E$, where C_E is the known concentration;
- at the outlet boundary: in numerical model the condition $C(i+1, j, k) = C(i, j, k)$ is used (this boundary condition means that we neglect the process of diffusion on this plane);
- at the top boundary and the bottom surface: $\frac{\partial C}{\partial n} = 0$.

In the numerical model the following approximations for sea averaged speed is used:

$$u_m = a_0 + a_1 V + a_2 H + a_3 V^2 + a_4 H^2 + a_5 V H + a_6 V^2 H + a_7 V H^2,$$

where a_i ($i = 1, 2, \dots, 7$) are the coefficients, which are shown in Table 1; H is the sea depth; V is the wind speed.

This approximation is used if the following conditions are fulfilled:

$$2.0 \leq V \leq 20 \text{ (m/s)}, \quad 1.5 \leq H \leq 50 \text{ (m)}.$$

Table 1

Coefficients to calculate the averaged sea speed and parameters of diffusion

$V \leq 6 \text{ m/s}$	
a_i	c_i
$a_0 = 3,613 \cdot 10^{-2}$	$c_0 = 599 \cdot 10^{-4}$
$a_1 = -2,751 \cdot 10^{-3}$	$c_1 = 5,347 \cdot 10$
$a_2 = 1,108 \cdot 10^{-2}$	$c_2 = -3,681 \cdot 10^{-4}$
$a_3 = 1,461 \cdot 10^{-3}$	$c_3 = -1,469 \cdot 10^{-4}$
$a_4 = 9,729 \cdot 10^{-6}$	$c_4 = 5,669 \cdot 10^{-6}$
$a_5 = -7,189 \cdot 10^{-3}$	$c_5 = 1,426 \cdot 10^{-4}$
$a_6 = 9,925 \cdot 10^{-4}$	$c_6 = 2,276 \cdot 10^{-6}$
$a_7 = -3,875 \cdot 10^{-6}$	$c_7 = -2,401 \cdot 10^{-6}$

The diffusion coefficients are calculated using the following approximations:

$$\mu_x = 0.032 + 21.8 u_m^2;$$

$$\mu_z = c_0 + c_1 V + c_2 H + c_3 V^2 + c_4 H^2 + c_5 V H + c_6 V^2 H + c_7 V H^2,$$

where c_i ($i = 1, 2, \dots, 7$) are the coefficients shown in Table 1.

It is worth noting that these approximations are recommended in the State Regulations, which are used in Ukraine to predict the pollution of the sea if the problem of waste waters injection into the sea is under consideration. *The State Regulations* do not indicate how the diffusion coefficient along Y axis must be calculated so in the model developed we consider that $\mu_y = \mu_x$.

Numerical model

The calculation of pollutant dispersion is carried out on the rectangular grid. Main features of the finite difference scheme for transport equation are presented below.

The time dependent derivative is approximated as follows:

$$\frac{\partial C}{\partial t} \approx \frac{C_{ijk}^{n+1} - C_{ijk}^n}{\Delta t}.$$

At the first step convective derivatives are represented in the following way:

$$\frac{\partial uC}{\partial x} = \frac{\partial u^+ C}{\partial x} + \frac{\partial u^- C}{\partial x};$$

$$\frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial v^+ C}{\partial y} + \frac{\partial v^- C}{\partial y};$$

$$\frac{\partial wC}{\partial z} = \frac{\partial w^+ C}{\partial z} + \frac{\partial w^- C}{\partial z},$$

$$\text{where } u^+ = \frac{u + |u|}{2}; \quad u^- = \frac{u - |u|}{2}, \quad v^+ = \frac{v + |v|}{2};$$

$$v^- = \frac{v - |v|}{2}, \quad w^+ = \frac{w + |w|}{2}; \quad w^- = \frac{w - |w|}{2}.$$

At the second step the convective derivatives are approximated as follows:

$$\frac{\partial u^+ C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j,k}^+ C_{ijk}^{n+1} - u_{ijk}^+ C_{i-1,j,k}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^+ C^{n+1};$$

$$\frac{\partial u^- C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j,k}^- C_{i+1,j,k}^{n+1} - u_{ijk}^- C_{ijk}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^- C^{n+1};$$

$$\frac{\partial v^+ C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1,k}^+ C_{ijk} - v_{ijk}^+ C_{i,j-1,k}}{\Delta y} = L_y^+ C^{n+1};$$

$$\frac{\partial v^- C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1,k}^- C_{i,j+1,k} - v_{ijk}^- C_{ijk}}{\Delta y} = L_y^- C^{n+1};$$

$$\frac{\partial w^+ C}{\partial z} \approx \frac{w_{i,j,k+1}^+ C_{ijk} - w_{ijk}^+ C_{i,j,k-1}}{\Delta z} = L_z^+ C^{n+1};$$

$$\frac{\partial w^- C}{\partial z} \approx \frac{w_{i,j,k+1}^- C_{i,j,k+1} - w_{ijk}^- C_{i,j,k}}{\Delta z} = L_z^- C^{n+1}.$$

The second order derivatives are approximated as

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) &\approx \tilde{\mu}_x \frac{C_{i,j+1,k}^{n+1} - C_{ijk}^{n+1}}{\Delta x^2} - \tilde{\mu}_x \frac{C_{i,j,k}^{n+1} - C_{i-1,j,k}^{n+1}}{\Delta x^2} = \\ &= M_{xx}^- C^{n+1} + M_{xx}^+ C^{n+1}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) &\approx \tilde{\mu}_y \frac{C_{i,j+1,k}^{n+1} - C_{ijk}^{n+1}}{\Delta y^2} - \tilde{\mu}_y \frac{C_{i,j,k}^{n+1} - C_{i,j-1,k}^{n+1}}{\Delta y^2} = \\ &= M_{yy}^- C^{n+1} + M_{yy}^+ C^{n+1}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) &\approx \tilde{\mu}_z \frac{C_{i,j,k+1}^{n+1} - C_{ijk}^{n+1}}{\Delta z^2} - \tilde{\mu}_z \frac{C_{i,j,k}^{n+1} - C_{i,j,k-1}^{n+1}}{\Delta z^2} = \\ &= M_{zz}^- C^{n+1} + M_{zz}^+ C^{n+1}. \end{aligned}$$

In these expressions L_x^+ , L_x^- , L_y^+ , L_y^- , L_z^+ , L_z^- , M_{xx}^+ , M_{xx}^- , ... are the difference operators. Using these expressions the difference scheme for the transport equation can be written as follows:

$$\begin{aligned} \frac{C_{ijk}^{n+1} - C_{ijk}^n}{\Delta t} + L_x^+ C^{n+1} + L_x^- C^{n+1} + L_y^+ C^{n+1} + \\ + L_y^- C^{n+1} + L_z^+ C^{n+1} + L_z^- C^{n+1} + \sigma C_{ijk}^{n+1} = \\ = \left(M_{xx}^+ C^{n+1} + M_{xx}^- C^{n+1} + M_{yy}^+ C^{n+1} + \right. \\ \left. + M_{yy}^- C^{n+1} + M_{zz}^+ C^{n+1} + M_{zz}^- C^{n+1} \right). \end{aligned}$$

Solution of the transport equation in finite-difference form is split into four steps during the time step of integration dt :

- at the first step ($k = \frac{1}{4}$) the difference equation is:

$$\begin{aligned} \frac{C_{ij}^{n+k} - C_{ij}^n}{\Delta t} + \frac{1}{2} \left(L_x^+ C^k + L_y^+ C^k + L_z^+ C^k \right) + \\ + \frac{\sigma}{4} C_{ijk}^k = \frac{1}{4} \left(M_{xx}^+ C^k + M_{xx}^- C^n + M_{yy}^+ C^k + \right. \\ \left. + M_{yy}^- C^n + M_{zz}^+ C^k + M_{zz}^- C^n \right); \end{aligned} \quad (3)$$

- at the second step ($k = n + \frac{1}{2}$; $c = n + \frac{1}{4}$) the difference equation is

$$\begin{aligned} \frac{C_{ijk}^k - C_{ijk}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2} \left(L_x^- C^k + L_y^- C^k + L_z^- C^k \right) + \\ + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k = \frac{1}{4} \left(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^k + \right. \\ \left. + M_{yy}^+ C^c + M_{zz}^- C^k + M_{zz}^+ C^c \right); \end{aligned} \quad (4)$$

- at the third step ($k = n + \frac{3}{4}$; $c = n + \frac{1}{2}$) the expression (4) is used;
- at the fourth step ($k = n + 1$; $c = n + \frac{3}{4}$) the expression (3) is used.

At the fifth step (if we want to take into account the pollution source influence) the following approximation is used:

$$\frac{C_{i,j,k}^{5n+1} - C_{i,j,k}^{5n}}{\Delta t} = \sum_{l=1}^N \frac{q_l(t^{n+1/2})}{\Delta x \Delta y \Delta z} \delta_l.$$

Function δ_l is equal to zero in all cells except the ones where the « l » source of pollution is situated.

This difference scheme is implicit and absolutely steady but the unknown concentration C is calculated using the explicit formulae at each step (so called «method of running calculation»).

To simulate the flow field the model of potential flow is used. In this case the governing equation is

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 0, \quad (5).$$

where P is the potential of velocity.

The components of velocity are calculated as follows

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}; \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}; \quad w = \frac{\partial P}{\partial z}.$$

The boundary conditions are as follows:

- at the bottom and the upper boundary: $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$, where n is normal unit vector to the boundary;
- at the entrance boundary: $\frac{\partial P}{\partial n} = V_n$, where V_n is the known speed;
- at the exit plane: $P = P^*(x = \text{const}, y) + \text{const}.$

To solve the Laplace equation for potential of velocity the Libman's method is used. In this case the approximation of this equation is as follows:

$$\frac{P_{i+1,j,k} - 2P_{i,j,k} + P_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1,k} - 2P_{i,j,k} + P_{i,j-1,k}}{\Delta y^2} + \frac{P_{i,j,k+1} - 2P_{i,j,k} + P_{i,j,k-1}}{\Delta z^2} = 0.$$

From this expression we can find the unknown function P_{ij}

$$P_{i,j} = \frac{1}{A} \cdot \left(\frac{P_{i+1,j,k} - P_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1,k} - P_{i,j-1,k}}{\Delta y^2} + \frac{P_{i,j,k+1} - P_{i,j,k-1}}{\Delta z^2} \right),$$

$$\text{where } A = \left(\frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} + \frac{2}{\Delta z^2} \right).$$

The components of velocity vector are calculated on the sides of computational cell as follows:

$$u_{i,j,k} = \frac{P_{i,j,k} - P_{i-1,j,k}}{\Delta x};$$

$$v_{i,j,k} = \frac{P_{i,j,k} - P_{i,j-1,k}}{\Delta y};$$

$$w_{i,j,k} = \frac{P_{i,j,k} - P_{i,j,k-1}}{\Delta z}.$$

A code based on this numerical model was developed. This code was used to predict the sea pollution after mine waters discharge into the Black Sea near settlement Zaliznyi Port («Iron Port») that is situated in Kherson region of Ukraine.

Results

A numerical experiment was carried out for the following initial data. The wind speed equals 3 m/s; the mine waters speed at the pipe opening is 1.27 m/s; the sea depth is 12 m; the pipe diameter is 1 m; the concentration of pollutant in mine waters is 100 units (dimensionless value). The dimensions of the computational region are $12 \times 16 \times 12$ m. The numerical experiment was carried out for two values of w_g : $w_g = 0.01$ m/s, $w_g = 0.03$ m/s.

The results of the numerical experiment are shown in Figs. 2–5.

It's clear that the increase of w_g value causes the decrease of polluted area. So the experiments to estimate this value must be carried out with the needed accuracy. It's obvious that the most intensive polluted area is formed near the opening and

is about 11 m long and at this distance the concentration decreases intensively.

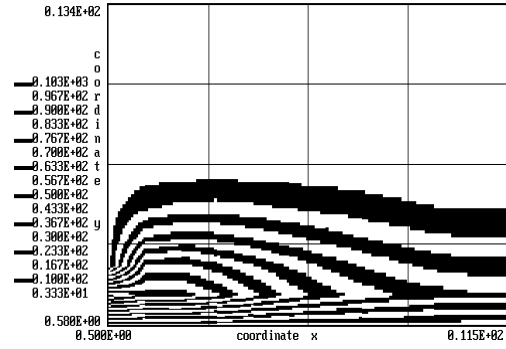


Fig. 2. Pollutant concentration near the pipe opening; $w_g = 0.01$ m/s (side view, section $y = 5.5$ m)

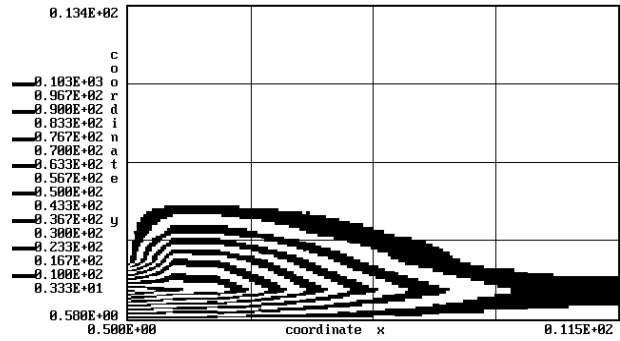


Fig. 3. Pollutant concentration near the pipe opening; $w_g = 0.03$ m/s (side view, section $y = 5.5$ m)

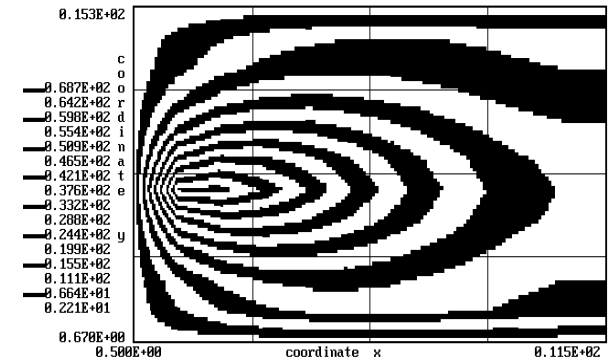


Fig. 4. Pollutant concentration near the pipe opening; $w_g = 0.01$ m/s (top view, section $z = 1.5$ m)

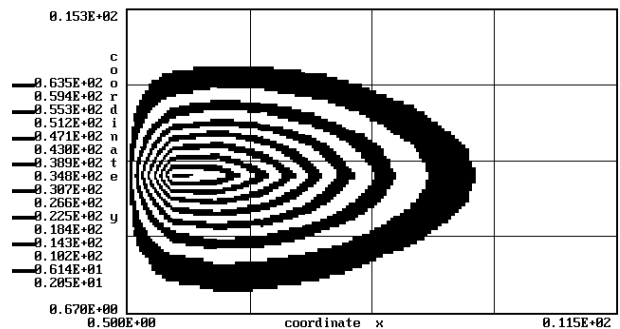


Fig. 5. Pollutant concentration near the pipe opening; $w_g = 0.03$ m/s (top view, section $z = 1.5$ m)

Conclusion

The Ukrainian *Environment Protection Law* demands that the concentration of pollutant must not exceed the permitted concentration level at the distance 500 m from the point of discharge. From this point of view the discharge considered meets this demand.

REFERENCES

1. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды [Текст] / Ю. А. Израэль. – М.: Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с. (*in Russian: Izrael', Yu. A. Ecology and Monitoring the Natural Environment Condition [Text]. – Moscow: Gidrometeoizdat, 1984. – 560 pp.*)
2. Озмидов, Р. В. Горизонтальная турбулентность и турбулентный обмен в океане [Текст] / Р. В. Озмидов. – М.: Наука, 1968. – 204 с. (*in Russian: Ozmidov, R. V. Horizontal Turbulence and Turbulent Exchange in the Ocean [Text]. – Moscow: Nauka, 1968. – 204 pp.*)
3. Саркисян, А. С. Численный анализ и прогноз морских течений [Текст] / А. С. Саркисян. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 182 с. (*in Russian: Sarkisyan, A. S. Numerical Analysis and Forecast of Sea Flows [Text]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. – 182 pp.*)

Received by Editorial Board: Nov. 11, 2010.

Accepted for publication: Nov. 23, 2010.

Ю. В. ЗЕЛЕНЬКО (ДІТ), С. В. БОЙЧЕНКО, Ю. В. БІЛОКОПИТОВ (НАУ, Київ),
А. Л. ЛЕЩИНСЬКА (ДІТ)

СУЧАСНІ ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ СТАНОМ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В ПРОЦЕСАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

У статті наведено результати аналізу сучасних принципів управління станом навколишнього природного середовища на залізничному транспорті в процесах транспортування і використання нафтопродуктів. Запропоновано оптимізацію існуючих схем управління з метою підвищення еколого-економічних показників.

Ключові слова: управління станом навколишнього середовища, нафтопродукти, управління ризиками, транспортні аварії, екологічна безпека

В статье приведены результаты анализа современных принципов управления состоянием окружающей среды на железнодорожном транспорте в процессах транспортировки и использования нефтепродуктов. Предложена оптимизация существующих схем управления с целью повышения эколого-экономических показателей.

Ключевые слова: управление состоянием окружающей среды, нефтепродукты, управление рисками, транспортные аварии, экологическая безопасность

In the article the results of analysis of modern principles for management of the state of environment on a railway transport in the processes of transportation and use of oil products are presented. The optimization of current charts of management aimed at improving the ecological-and-economic indices is suggested.

Keywords: environmental management, oil products, risk management, transport accidents, environmental safety

Транспортний комплекс виконує важливу роль в соціальному і господарському житті країни. Згідно інформації Держкомстату України, об'єм вантажоперевезень підприємствами транспортного сектору України за 2006 рік склав 757 млн тон при вантажообігу 545,38 млрд т-км.

Значна кількість вантажів, що перевозяться, висока вантажонапруженість окремих ділянок, розширення асортименту вантажів, що транспортуються, природна тенденція до збільшення швидкостей руху, нестача засобів для придбання і своєчасного якісного ремонту рухомого складу і ряд інших причин зумовлюють неможливість повного виключення транспортних аварій з екологічно небезпечними вантажами [1].

Нафтопродукти є одним з найбільш поширених вантажів, що транспортуються по залізницях.

Як показує статистика, транспортні аварії, які супроводжуються значними розливами нафтопродуктів, зустрічаються достатньо часто і представляють серйозну загрозу для навколишнього середовища [1 – 4]. З цієї причини оцінка впливу таких аварій на природу і розробка рекомендацій щодо усунення їх наслідків є одним з пріоритетних напрямів транспортної екології і створення системи екологічної безпеки регіонів.

Повноцінне вирішення завдань управління екологічним станом навколишнього середовища, зокрема, на об'єктах, якими здійснюється транспортування і використання нафтопродуктів, залежить від систематичного аналізу великої кількості різномірних даних, а так само вирішення безлічі географічних, технологічних і виробничих завдань. Достовірність і своєчасність отримання необхідної інформації часто відіграє вирішальну роль в питаннях оптимізації природокористування, що стає вельми важливим в умовах інтенсифікації антропогенної діяльності в зоні розташування залізничних магістралей.

Розвиток систем управління навколишнім середовищем на основі сучасних інформаційних технологій дозволяє не тільки скоротити частоту виникнення ситуацій, пов'язаних із забрудненням зон розташування залізничних об'єктів і магістралей, але й оптимізувати організацію природокористування, оскільки висока концентрація ресурсів може привести до появи в суміжних районах взаємовиключних видів антропогенної діяльності. В цьому випадку запропонована (рис. 1) система управління екологічним станом на залізниці покликана визначити якнайкращі варіанти розвитку природокористування з урахуванням екологічних і еконо-

мічних чинників. Схема запропонованої системи може успішно застосовуватися для вирішення різних завдань щодо організації і оптимізації природокористування. Використання її в системі забезпечення екологічної безпеки при транспортуванні нафтопродуктів і їх використанні на залізничному транспорті – одне з таких завдань.

З метою мінімізації економічних і екологічних збитків, які виникають при транспортних інцидентах під час транспортування нафтопродуктів та інших типів небезпечних вантажів особливу увагу необхідно приділяти превентивним заходам, до яких відноситься і моделювання систем із попередження аварійних ситуацій [1 – 4]. Процес моделювання системи попередження аварійних розливів і забезпечення екологічної безпеки при транспортуванні включає етап побудови моделі місцевості, яка містить різні шари цифрової картографічної інформації, включаючи карти рецептивного статусу (чутливості) об'єктів, а також моделі поведінки нафтопродуктів у навколишньому середовищі.

Карти рецептивного статусу (чутливості) можуть бути розглянуті як частина науково-методичного забезпечення системи екологічної безпеки транспортування нафти. Вони дозволяють виробити стратегію реагування при плануванні заходів щодо ліквідації розливів нафти і продуктів її переробки. Це один з основних ресурсів, на які повинні спиратися керівні і виконавчі органи при ухваленні рішень, оцінці наслідків розливів, а також розрахунку необхідних засобів реагування і місць їх дислокації, виходячи з типових для даного району умов (рис. 2).

Карти рецептивного статусу дають можливість оперативно визначати пріоритетні зони при ліквідації розливів, моделювати і прогнозувати процес, пов'язаний з розливами нафти, а також оцінювати збиток, нанесений в результаті викиду нафтопродукту.

Уразливість реципієнтів (об'єктів) може оцінюватися за типами реципієнтів, що робить методику універсальною і зручною у використанні. Для цього, перш за все, необхідно виявити повний перелік реципієнтів в найбільш повній їх класифікації на кожній ділянці територій, що піддаються дії. Основними реципієнтами зазвичай є: заповідні території, зони соціокультурного призначення, сільське господарство, лісове господарство, комунально-побутове господарство. Загальна схема аналізу, оцінки і управління ризиками від повеней наступна:

1) виявлення і прогноз небезпечних процесів, їх інтенсивності, повторюваності, площі дії;

2) районування території: за показниками небезпеки; по видах господарського використання; за чисельністю населення.

3) оцінка рецептивного статусу об'єктів;

4) прогноз розвитку вторинних синергетичних небезпек;

5) картографування ризиків;

6) встановлення допустимих рівнів ризиків і ухвалення рішень з управління ризиком.

Джерелами ризиків можуть бути геологічні процеси, сейсмічні явища, людський чинник, фінансова нестабільність, технічні нововведення і, навіть, політичні події. Відповідно до цих джерел ризику вважають геологічним, сейсмічним, фінансовим, інноваційним, політичним. Можуть бути й інші джерела ризиків, кожен з яких може мати різні наслідки.

На сьогоднішній день існує багато принципів оцінки стану навколишнього середовища за різними компонентами [5 – 6]. Наприклад, імовірнісна оцінка антропоєкологічного ризику призначається за критеріями Ешбі (від $1 \cdot 10^{-5}$ – допустимий рівень ризику; до $2,5 \cdot 10^{-1}$ – високий рівень ризику). В інших випадках використовують інтегральні показники техногенного навантаження ((-0,40) – низький рівень та (+2,11) – дуже високий рівень). Використання існуючих критеріїв не є доцільним при поставлених завданнях для залізниці, оскільки вказані критерії враховують не актуальні для транспортної системи компоненти – соціально-економічна освоєність територій, ступінь урбанізованості територій, антропо-екологічний потенціал. Таким чином, задля більш раціонального підходу до розробки програмного комплексу в межах залізниці необхідно адаптувати критерійний апарат, який буде враховувати найбільш значущі компоненти та фактори взаємодії транспортної інфраструктури з природним середовищем в аспекті нафтообороту.

Внаслідок цього при визначенні рецептивного статусу територій, прилеглих до зон функціонування підрозділів залізниці, й розробці заходів, пов'язаних з ліквідацією наслідків розливів, необхідно використання комплексного підходу і розгляд об'єктів не тільки як самостійних одиниць, але і як комплексних геосистем, як складових. В даний час це питання знаходиться у стадії вивчення. Проте вже зараз можна говорити про різний ступінь рецептивності багатьох цінних об'єктів живої природи.

Статистикою доведено, що витрати на попередження небезпек (попередження ризиків) менші, ніж витрати на ліквідацію їх наслідків. При цьому, величезні кошти на ліквідацію наслідків повинні бути виділені в терміновому порядку, що складає значну проблему. Таким чи-

ном, впровадження розробленої системи та встановлення жорсткого стандарту допустимих ризиків служитиме стимулом до мінімізації витрат, пов'язаних із ризиком небезпечних про-

цесів: виділення необхідних засобів на досягнення допустимого рівня ризиків мінімізує значні витрати на ліквідацію наслідків у разі допущення вищих рівнів ризиків.

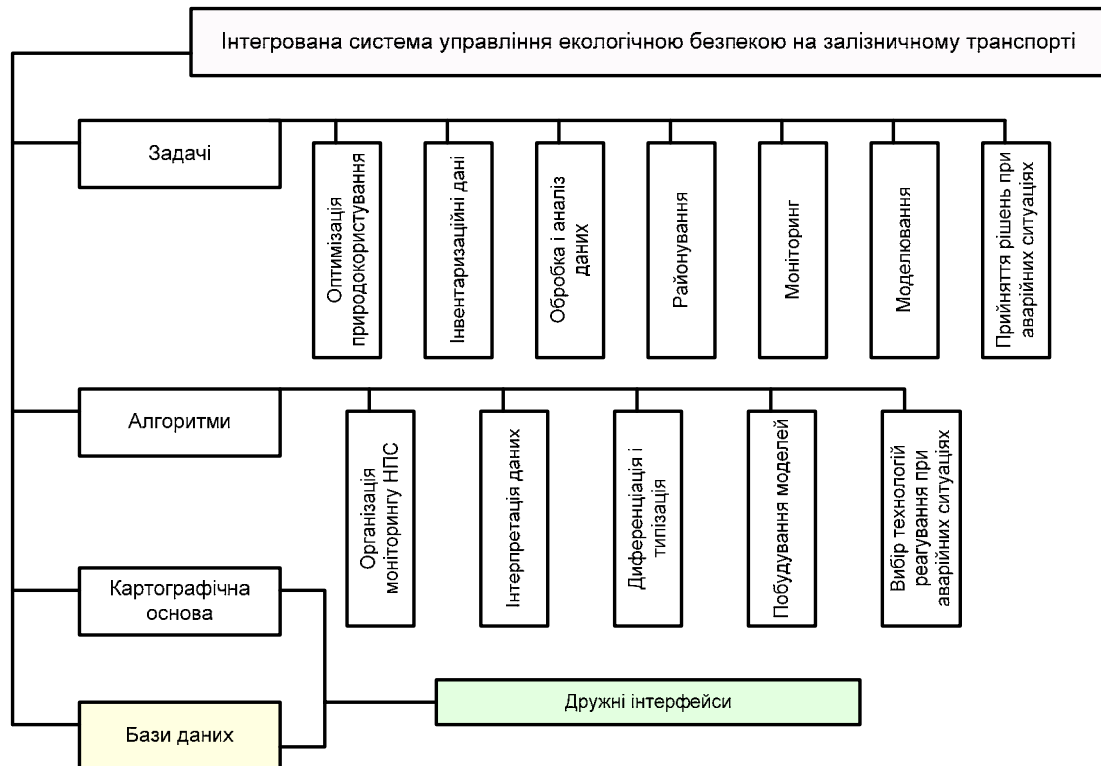


Рис. 1. Принципова схема інтегрованої системи управління екологічною безпекою на залізничному транспорті

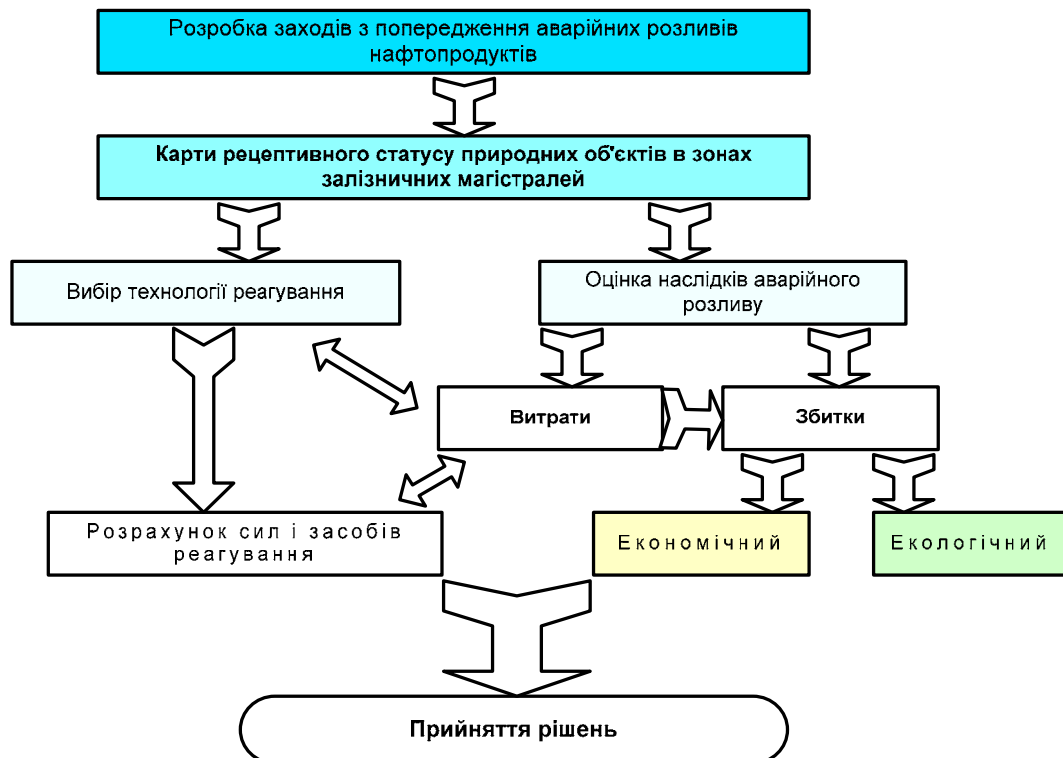


Рис. 2. Місце карт рецептивного статусу в системі забезпечення екологічної безпеки при транспортуванні нафтопродуктів

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кодина, Л. А. Геохимическая диагностика нефтяного загрязнения почвы [Текст] / Л. А. Кодина // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 112-122.
2. Гольдберг, В. М. Методика проведения газовой съемки при изучении загрязнения подземных вод [Текст] / В. М. Гольдберг, С. Г. Мелькановицкая, В. М. Лукьянчиков // Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод. – М., 1990. – С. 31-39.
3. Мартынюк, И. В. Результаты применения методологии оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте [Текст] / И. В. Мартынюк, О. Н. Попов, Н. С. Флегонтов // Труды Третьей науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов». – М., 2002. – С. 11-20.
4. Гуда, А. Н. Оптимизация управления рисками возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте [Текст] / А. Н. Гуда, И. В. Мартынюк // Тр. Всерос. науч.-практ. конф. «Транспорт-2006». – Ч. 3. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2006. – С. 296-297.
5. Огняник, М. С. Проблемы забруднення геологічного середовища нафтопродуктами у зв'язку з охороною підземних вод в Україні [Текст] / М. С. Огняник, Н. К. Парамонова, І. М. Запольський // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2003. – № 3. – С. 12-17.
6. Охрана подземных вод в условиях техногенеза [Текст] / Н. С. Огняник [и др.]. – К.: Вища шк., 1985. – 221 с.

Надійшла до редколегії 03.11.2010.

Прийнята до друку 09.11.2010.

В. І. ЩЕКА (ДІПТ), О. В. ЗАВГОРОДНІЙ (Придніпровська залізниця, Дніпропетровськ)

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ РЕЙКОВИХ КІЛ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ СУМІЖНОЇ КОЛІЇ

В статті розглянуто побудову та принцип дії системи захисту рейкових кіл від електромагнітних завад. Проведена оцінка економічної ефективності впровадження системи.

Ключові слова: система захисту рейкових кіл від електромагнітних завад, побудова та принцип дії, вплив контактної мережі суміжної колії, економічна ефективність впровадження

В статье рассмотрены построение и принцип действия системы защиты рельсовых цепей от электромагнитных помех. Проведена оценка экономической эффективности внедрения системы.

Ключевые слова: система защиты рельсовых цепей от электромагнитных помех, построение и принцип действия, влияние контактной сети смежного пути, экономическая эффективность внедрения

The construction and operation principle of track circuit protection system from electromagnetic hindrances have been considered in the article. The cost efficiency of introducing the system has been estimated.

Keywords: track circuit protection system from electromagnetic hindrances, construction and operation principle, effect of contact network of adjacent track, cost efficiency of introduction

Вступ

Розвиток швидкісного руху став причиною значного підвищення потужності, що передається тяговою мережею залізниці. Це в свою чергу зумовило підвищення вимог до електромагнітної сумісності тягової мережі з пристроями залізничної автоматики. Рух сучасного пасажирського швидкісного або важкого вантажного потягу супроводжується споживанням з контактної мережі (КМ) значної потужності, що викликає протікання в проводах мережі великого струму. Цей струм є причиною появи електромагнітних завад в усіх суміжних системах і в рейкових колах зокрема. [1]

Оскільки електромагнітні завади можуть бути причиною збоїв в роботі рейкових кіл, перекриття світлофорів та зупинки потягів необхідне впровадження систем захисту рейкових кіл від електромагнітного впливу тягової мережі.

Особливу увагу необхідно звернути на ділянки залізниці, де тягова мережа змінного струму знаходиться у безпосередній близькості до тягових мереж постійного струму (перегони, які мають ділянки зближення двох різних тягових мереж; станції стикування), оскільки частота сигнального струму рейкових кіл при тязі постійного струму збігається з частотою тягової мережі змінного струму.

Постановка задачі

При русі потягу в зоні колії утворюється низькочастотне магнітне поле, що зростає пропорційно збільшенню тягового струму в КМ, воно спрямоване перпендикулярно до осі колії. Під дією цього поля індукуються заважаючі повздовжні електрорушійні сили (ЕРС) в рейкових лініях, кабелях зв'язку та інших лініях автоматики, прокладених вздовж колії. Індуковані в рейках повздовжні ЕРС викликають протікання в них струмів завад, які можуть бути причиною відмов в роботі рейкових кіл.

Якщо розглядати одноколійну ділянку залізниці, то наведені повздовжні ЕРС у рейках будуть приблизно однаковими, бо КМ розташована симетрично відносно рейкової лінії. Таким чином електромагнітний вплив від КМ своєї колії буде незначним. Але при розгляданні багатоколійних ділянок (дво-, трьохколійні перегони; ділянки зближення; тощо) треба враховувати вплив КМ однієї колії на рейкові лінії сусідніх колій. В цьому випадку, наприклад, відстань від впливаючого контактного проводу до рейок суміжної колії буде різною, а отже наведені повздовжні ЕРС матимуть різні значення, що призведе до появи різницевого струму в рейках, який може спричинити заважаючий, або навіть небезпечний вплив на роботу рейкових кіл [2].

Отже **метою роботи** є розробка системи захисту рейкових кіл від електромагнітного впливу КМ суміжної колії.

Системи з ЕУП

В якості вирішення поставленої проблеми може бути використана тягова мережа в структурі якої окрім КМ та рейок присутні додаткові провідники.

Найпоширенішою на залізницях СНД є система тягової мережі з екрануючим та підсилюючим проводами (ЕПП). Ця система з'явилась ще у кінці 70-х років на залізницях СРСР та мала основною задачею зменшення опору КМ та збільшення потужності тягової ділянки [3].

В такій системі КМ та несучий трос з'єднані паралельно з підсилюючим проводом, який розміщується на ізоляторах з нетягової сторони опори. Екрануючий провід під'єднується паралельно рейкам через середні точки дросель-трансформаторів, або просто заземлюється за допомогою індивідуального заземлення. Існують варіанти під'єднання екрануючого проводу секціями, завдяки чому відсутній електричний зв'язок між дросель-трансформаторами, що розташовані по обидві сторони ізолюючого стику [4].

Ці системи відносяться до класу систем з використанням пасивного (заземленого) екрануючого проводу, наявність якого знижує електромагнітний вплив тягової мережі на ізольовані кабельні лінії та лінії зв'язку. Так як електромагнітний вплив на рейки зменшується не суттєво, то захист рейкових кіл відсутній.

Більш сучасним та перспективним способом вирішення поставленої проблеми є використання систем з активним екрануючим проводом (АЕП). Такі системи передбачають про-

пуск зворотного тягового струму через АЕП за допомогою додаткових регулюючих пристроїв. В Європі широко використовується система, в якій весь зворотній тяговий струм пропускається через АЕП [5], таким чином тяговий струм в рейках відсутній. Але в цьому випадку струм в АЕП, як і в контактному, має приблизно постійне значення, отже такий спосіб розрахований в першу чергу на захист ізольованих від землі ліній (кабелів, ліній зв'язку), що мають постійний рівень напруги по всій своїй довжині. Рейкова лінія має сполучення з землею через опір ізоляції, тобто рівень струму в рейковій лінії змінюється в залежності від місцезнаходження рухомого складу. Таким чином описаний спосіб не дозволяє в достатній мірі зменшити електромагнітний вплив на рейкові кола.

Система захисту рейкових кіл

Запропонований спосіб зменшення електромагнітного впливу тягової мережі змінного струму на рейкові кола суміжної колії заснований на використанні АЕП, який через певні проміжки під'єднується до середньої точки дросель-трансформатора рейкової лінії (РЛ) колії з електротягою змінного струму (рис. 1). Під'єднання АЕП проводиться за допомогою регулюючих елементів (РЕ), що контролюють відгалуження зворотного тягового струму з рейок в екрануючий провід. Забезпечення максимального захисту рейкових кіл досягається шляхом визначення зворотного тягового струму в АЕП виходячи з умови мінімуму електромагнітних завад в РЛ суміжної колії, електрифікованої з тягою постійного струму.

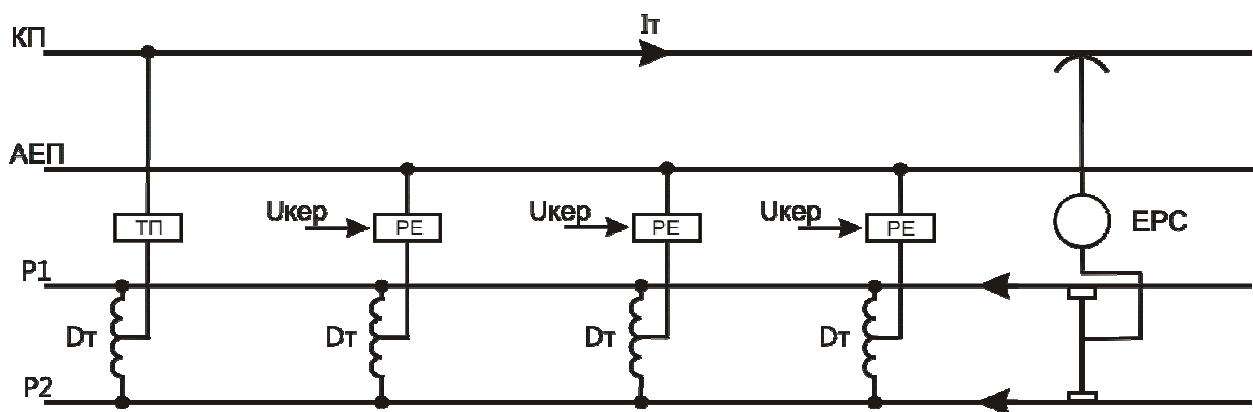


Рис. 1. Структурна схема системи захисту рейкових кіл

Для досягнення ще більшого ефекту та забезпечення більшої надійності та безпечності роботи тягової мережі та рейкових кіл під'єднання АЕП може відбуватися з викорис-

танням додаткових силових трансформаторів, одна обмотка якого під'єднується до РЕ, друга включається послідовно в АЕП (рис. 2).

Використання трансформаторів дозволяє

створювати більший струм в АЕП, а також забезпечує гальванічний розв'язок між РЛ та АЕП. Такий спосіб є більш ефективним, але й більш дорогим: додаткове встановлення силових трансформаторів суттєво збільшує термін окупності системи захисту внаслідок чого її впровадження може бути економічно не вигідним на певних ділянках.

Розглянемо більш детально роботу системи захисту рейкових кіл від електромагнітного впливу тягової мережі суміжної колії.

Відмінною рисою системи, що пропонується, є автоматична компенсація електромагнітних завад на ділянках, де це необхідно. Компенсація завад відбувається виходячи з безпосереднього рівня струму завади в рейках. Для

КП

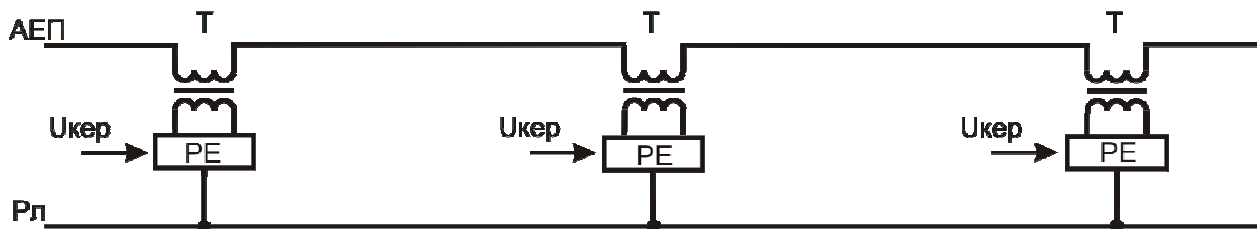


Рис. 2. Схема підключення АЕП за допомогою трансформаторів

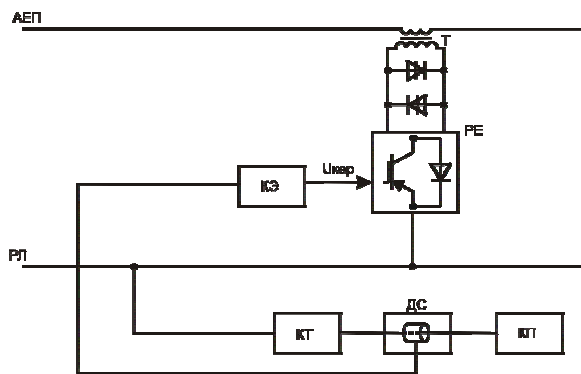


Рис. 3. Структурна схема регулюючого пункту

Струм з ДС поступає до керуючого елемента (КЕ) задачами якого є: ідентифікація наявності завади в сигнальному струмі рейкового кола; визначення рівня струму завади; формування, виходячи з рівня завади, інформаційного сигналу керування; підсилення інформаційного сигналу керування ($U_{кер}$) для подачі його на РЕ; організація гальванічного розв'язку між інформаційними колами КЕ та силовими колами РЕ.

Сформований сигнал потрапляє на РЕ, який відгалужує необхідну і достатню для компенсації електромагнітних завад частину тягового струму з рейок в АЕП. Враховуючи великі значення струму через РЕ доцільно створювати

аналізу струму в рейках необхідно встановити первинний датчик, за допомогою якого цей струм повинен поступати до керуючих елементів. В якості такого датчику доцільно використовувати датчик струму (ДС), що побудований на ефекті Холла (рис. 3). Такий датчик є безконтактним, а отже не впливає на роботу рейкових кіл, крім цього він є досить чутливим, надійним та недорогим. Так як АЕП через певні проміжки під'єднується до середніх виводів дросель-трансформаторів, що встановлені на сигнальних точках, то ДС доцільно встановлювати після колійного трансформатора (КТ), підключеного до вторинної обмотки дроселя, але перед колійним приймачем (КП).

його на потужних транзисторах IGBT [6].

Для захисту системи від короткого замикання в тяговій мережі, встановлюється тиристорний вимикач (ВТ), що складається з двох силових некерованих тиристорів. Вимикач ВТ у випадку короткого замикання перетворює АЕП на звичайний пасивний ЕП, тобто відмикає всю апаратуру системи захисту рейкових кіл. Внаслідок цього знижується вартість системи, оскільки в цьому випадку її елементи не потрібно розраховувати на струм короткого замикання.

В системі присутній зворотний зв'язок, так як чим більший струм завади в РЛ тим більший струм буде відгалужуватися в АЕП, а це в свою чергу призведе до зменшення завад в РЛ. В результаті такої побудови системи компенсація електромагнітних завад відбувається автоматично в реальному часі та по мірі необхідності, наявність зворотного зв'язку підвищує надійність та стабільність системи захисту, а також виключає можливість перекомпенсації.

Економічна ефективність

Основною задачею залізничного транспорту є якісне і повне задоволення потреб народного господарства і населення в перевезеннях. Задачею служби сигналізації та зв'язку, в свою чер-

гу, є підвищення економічної ефективності роботи залізниці та забезпечення безпеки руху.

Відмова пристроїв сигналізації, а саме рейкових кіл, супроводжується зупинкою потягу та простоям рухомого складу, що призводить до економічних втрат залізниці по причині несправності пристроїв СЦБ. Додаткові втрати пов'язані з витратами часу та матеріальних ресурсів на ліквідацію відмов експлуатуючим персоналом.

Впровадження системи захисту рейкових кіл від електромагнітного впливу тягової мережі змінного струму дозволить знизити кількість відмов рейкових кіл по причині електромагнітних завад та підвищити їх надійність, що в кінцевому результаті дозволить підвищити безпеку руху та отримати економічний ефект від зменшення втрат при простоях рухомого складу.

Загальні економічні втрати залізниці від простою поїздів по причинах відмов рейкових кіл, що пов'язані з електромагнітними завадами складає 0,307 млн грн/рік на одну фідерну зону.

Передача енергії від тягової підстанції до рухомого складу супроводжується падінням напруги вздовж тракту передачі. Внаслідок цього знижується діюче значення напруги на струмоприймачі потягу, тобто відбувається зменшення потужності, що передається тяговою мережею, по причині втрат у проводах.

Уникнути втрат потужності можна завдяки зменшенню опору тягової мережі. Використання АЕП призводить не тільки до зменшення електромагнітних завад в рейкових колах, але й знижує опір тягової мережі на 32 % [7] та дозволяє підвищити максимальне значення тягового струму в КМ.

При русі сучасного потягу, потужність якої може досягати 8...16 МВт [3], з КМ споживається значний тяговий струм. Збільшення тягового струму викликає в свою чергу збільшення падіння напруги в проводах КМ, тобто відбувається збільшення втрат електроенергії на тягу поїздів. На рис. 4 наведено графік залежності втрат потужності в КМ від середньої потужності локомотивів, що рухаються фідерною зоною. Суцільною лінією на графіку показано втрати при звичайній системі тягового електропостачання, штрихова лінія показує втрати в проводах при використанні запропонованої системи.

З графіку видно, що збільшення потужності локомотивів призводить до збільшення втрат в проводах, але використання АЕП дозволяє суттєво їх знизити по відношенню до звичайної тягової мережі. Проведений розрахунок пока-

зує, що втрати електроенергії на фідерній зоні при русі в ній локомотивів з середньою потужністю 12 МВт можуть досягати $6,76139 \times 10^6$ кВт·год на рік. Застосування системи з АЕП знижує ці втрати до кВт·год на рік, тобто майже в три рази. Такі зниження витрат електроенергії на тягу поїздів при нинішніх цінах дозволять зекономити близько 2,043 млн грн/рік.

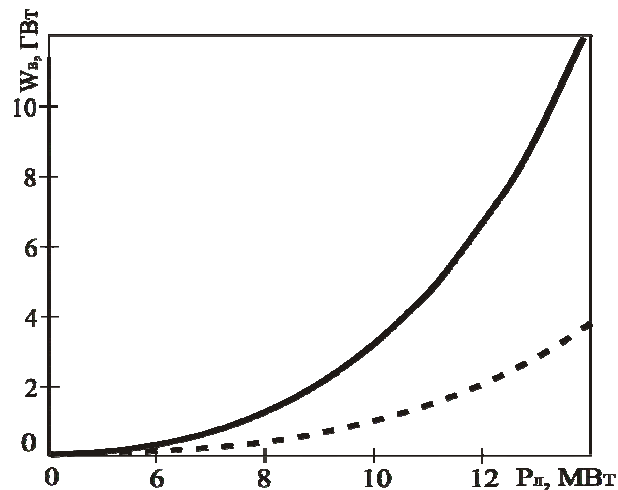


Рис. 4. Залежність втрат в проводах від середньої потужності локомотивів

Таким чином впровадження системи захисту рейкових кіл дозволить отримати економію коштів у розмірі 2,35 млн грн/рік на фідерну зону. У цей час капітальні затрати на обладнання фідерної зони системою складають приблизно 0,803 млн грн. Тоді коефіцієнт економічної ефективності впровадження системи захисту складає

$$E = \frac{P}{K} = \frac{2,35}{0,803} = 2,92$$

при нормі в галузі автоматики та зв'язку 0,15 [8], а термін окупності

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{2,92} = 0,34 \text{ року.}$$

На рис. 5 наведено графік залежності терміну окупності системи з АЕП від довжини дільниці, що обладнана системою. Графік побудований виходячи з умов встановлення регулюючих елементів, які повинні розділятися декількома блок-ділянками, таким чином мінімальна дільниця, що підлягає обладнанню, повинна бути 5...6 км завдовжки. З графіку видно, що термін окупності системи стрімко зменшується зі збільшенням ділянки, що обладнується. Для забезпечення нормативного терміну окупності пристроїв СЦБ (6,6 років [8]) – пунктирна лінія

на графіку) довжина ділянки, що обладнується, повинна складати приблизно 10 км.

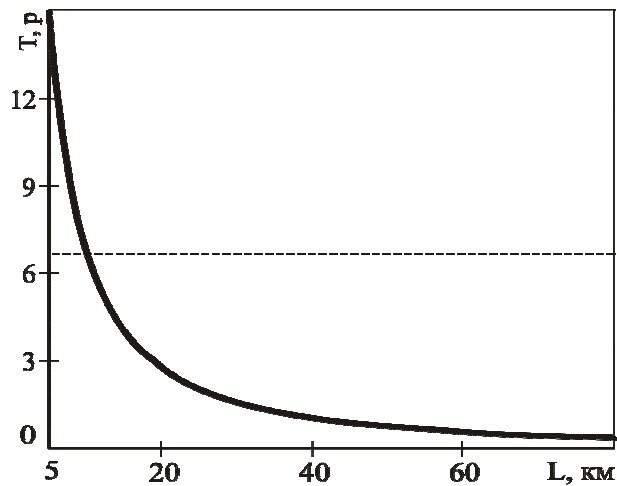


Рис. 5. Залежність терміну окупності від довжини ділянки

Висновки

Розвиток економіки та промисловості України супроводжується збільшенням вантажообігу та підвищенням швидкостей перевезення, що в свою чергу потребує відповідного розвитку залізничного транспорту. Виникає потреба впровадження нових більш потужних ліній транспортування, при збереженні відповідного високого рівня безпеки руху. Впровадження запропонованої системи дозволяє забезпечити захист рейкових кіл від електромагнітного впливу КМ суміжної колії та знизити рівень завад в рейках до допустимих значень. Процес компенсації електромагнітних завад повністю автоматичний, а наявність зворотного зв'язку забезпечує стабільність, раціональність та інтелектуальність процесу компенсації. Крім того використання в системі АЕП знижує опір тягової мережі, що дозволяє зменшити втрати електроенергії в мережі та збільшити рівень тягово-го струму в КМ.

Впровадження системи захисту рейкових кіл призводить до значної економії електроене-

ргії на тягу поїздів, внаслідок чого знижується термін окупності системи. З проведених розрахунків можна зробити висновок, що впровадження системи захисту рейкових кіл є економічно ефективним заходом. Економічна ефективність впровадження системи зростає при збільшенні потужності локомотивів та при збільшенні дільниці, що обладнується. Таким чином пояснюється перспективність системи захисту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бадер, М. П. Электромагнитная совместимость [Текст] : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / М. П. Бадер. – М: УМК МПС, 2002. – 638 с.
2. Марквардт, К. Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог - 4-е изд., перераб. и доп. [Текст] : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / К. Г. Марквардт. - М.: Транспорт, 1982. - 528 с.
3. Бочев, А. С. Электротяговая сеть с усиливающим и обратным проводами [Текст] / А. С. Бочев, В. В. Мунькин, Е. П. Фигурнов // Железные дороги мира. - 1997. - № 11. - С. 8-12.
4. Бочев, А. С. Эффективность экранирующих проводов многопроводной тяговой сети переменного [Текст] / А. С. Бочев, Т. П. Добровольский, В. А. Мишель // Вестник ВНИИЖТа. - 1990. - № 8. - С. 17-20.
5. Tuttas, Ch. Elektrische Bahnen [Text] / Ch. Tuttas. – 2001. - № 6/7. - S. 262-267.
6. Runge, W. Eisenbahntechnische Rundschau [Text] / W. Runge // 2005, - № 7/8, - S. 443 - 453.
7. Справочник по электроснабжению железных дорог [Текст] : в 2-х т. / Ю. Н. Макас [и др.]; под ред. К. Г. Марквардта. - М.: Транспорт, 1980-1981. – 238 с.
8. Карпов, И. В. Экономика, организация и планирования хозяйства сигнализации и связи [Текст] : учеб. для техн. и колледжей ж.-д. трансп. / И. В. Карпов, С. Г. Климович, Л. И. Хляпов. - М.: Маршрут, 2002. - 436 с.

Надійшла до редколегії 05.10.2010.

Прийнята до друку 14.10.2010.

КОНСТРУКТИВНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МУЛЬТИГРАФОВ

Запропоновано модельну схему конструювання множин мультиграфових об'єктів, вершинами яких є елементи гібридних мультимножин з унікальними ваговими навантаженнями.

Ключові слова: модельна схема, мультиграфові об'єкти, гібридні мультимножини з унікальними ваговими навантаженнями

Предложена модельная схема конструирования множеств мультиграфовых объектов, вершинами которых являются элементы гибридных мультимножеств с уникальными весовыми нагрузками.

Ключевые слова: модельная схема, мультиграфовые объекты, гибридные мультимножества с уникальными весовыми нагрузками

In the article the model scheme of sets of multigraph objects, where the tops are elements of hybrid multisets with unique weight loads, is offered.

Keywords: model scheme, multigraph objects, hybrid multiset with unique weight loads

Вступление

Задачи рациональных перевозок и размещения, прибыльности грузовых и пассажирских потоков, эффективности ремонта и обслуживания подвижного состава и другие задачи зачастую решаются с помощью машинных алгоритмов на графах.

Непосредственная машинная обработка графов возможна для относительно простых структур. Частично проблема обработки и представления графов решается с помощью матриц инцидентий, смежностей и иных [1]. Однако, в реальности транспортные сети могут представляться мультиграфами, которые в общем виде не допускают матричного представления. Кроме того, в предметных областях могут возникать ряд других особенностей, которые необходимо учитывать при решении задач на графах, но недопустимых в классических графах. Так объекты технологических задач транспорта моделируемых графами могут иметь одинаковые имена вершин, и часть вершин могут быть «закрепленными», а часть – «свободными». Например, если рассматривается глобальная задача рациональных перевозок по транспортной сети, то в маршрутах движения поездов по сети некоторые станции могут быть одинаковыми. При этом узловые станции с обязательными остановками на графе транспортной сети следует принять как «закрепленные станции», а промежуточные станции с возможными остановками или возможного следования через них – как «свободные станции». Нетрудно видеть, что в этом случае модель обычного графа не подходит и следует рассматривать графовый объект представленный

многоэкземплярным (многослойным) мультиграфом.

Поэтому возникает необходимость разработать унифицированную модель представления графовых объектов, на основе которой можно конструктивно строить предметные графы для решения прикладных задач транспорта.

В работе предложена модель для конструирования множеств экземпляров мультиграфовых объектов, вершинами которых являются элементы мультимножества с уникальными весовыми нагрузками. Разработка модели выполнена на произвольном символьном универсуме в три этапа. На первом этапе строится генератор гибридного класса мультимножеств и списков. На следующем – формируется иерархия уровней мультимножественных объектов (необходимых или произвольных) и выполняется их нагружение весовыми множествами. Наконец, на последнем этапе разработана модель поуровневой генерации мультиграфовых объектов. Рассмотрен пример построения многоэкземплярного мультиграфа.

Частично материалы исследований по конструктивному представлению мультиграфов применительно к экономическим сетям доложены на конференции [2].

Множественные объекты

В начале раздела, введем несколько важных для дальнейшего понятий.

Пусть E некоторый (символьный) универсум. Зададим нейтральный (пустой) символ ε , так, что $\varepsilon \in E$ и $\{\varepsilon\} = \emptyset$. Далее предположим, что задано натуральное подмножество $K \subseteq \mathbb{N}$ и пусть $K \cup \{\varepsilon\} = K_\varepsilon$.

Определение 1. Мультимножество M по Кнуту [3] – множество $A = \{a_i\} \subset E$; $i \in I \subseteq \mathbb{N}$ с повторяющимися элементами кратности k .

Поэтому, его структуру в скобочной форме зададим в виде

$$M = \{(a_i, k_i); a_i \in E, i \in I, k_i \in \mathbb{N}\} \quad (1)$$

Нетрудно заметить, что из мультимножества (1) как частный случай получается обычное множество

$$M = \{(a_i, k_i); k_i = 1, \forall i \in I\} = \{(a_i, 1); i \in I\} = A.$$

Определение 2. Множество-список (список) есть мультимножество с определенными фиксированными местами в нем.

Список также можно представить в скобочной форме

$$\bar{M}_N = \{((a_i, m_{ij}), k_i); a_i \in M, m_{ij} \in K_\varepsilon, k_i \in \mathbb{N}, j = j_1, j_2, \dots, j_{k_i}\}. \quad (2)$$

В списочном представлении (2) m_{ij} – порядковый номер элемента a_i в списочной последовательности или нейтральный символ, а k_i – кратность этого элемента во множестве \bar{M}_N .

Представление (2) может задавать связанные и не связанные списки, на основе которых по определенным операциям [4, 5] можно строить однорядные и многорядные списки, списки-деревья и другие списки.

Определение 3. Множество линейно связанных списков вида (2), назовем *списочным базисом* BS .

Пусть списки

$$\bar{M}_1 = \{((a_i, m_i), k_i); i = 1, 2, \dots, n_1\},$$

$$\bar{M}_2 = \{((a_j, m_j), k_j); j = n_1, \dots, n_2\} \text{ и}$$

$$\bar{M}_3 = \{((a_s, m_s), k_s); s = 1, 2, \dots, n_3\} \text{ из базиса } BS.$$

Тогда операция конкатенации \otimes списков \bar{M}_1 и \bar{M}_2 образует однорядный список

$$\bar{M}_4 = \bar{M}_1 \otimes \bar{M}_2 = \{((a_i, m_i), k_i); i = 1, 2, \dots, n_2\}.$$

С помощью операции конкатенации \otimes_j над списками \bar{M}_4 и \bar{M}_3 по общему элементу списков a_j и последующим переименованием порядковых номеров во второй компоненте операции получим двухрядный связанный список

$$\begin{aligned} \bar{M}_4 \otimes_j \bar{M}_3 = \\ = \left\{ \begin{aligned} &((a_i, m_i), k_i); i = 1, 2, \dots, j, \dots, n_2; \\ &((a_s, m_s), k_s); s = 1, 2, \dots, j, j+1, \dots, n_3 \end{aligned} \right\}. \end{aligned}$$

Эти же операции позволяют строить списки-деревья и прочие.

Структура (2) переопределена, так как кратность элемента a_i может быть подсчитана через количество мест этого элемента в списке, поэтому в дальнейшем кратность элементов в выражении (2) явно не будем указывать. Для однообразия дальнейших представлений кратность элементов также будем опускать в выражении (1), повторяя элементы множества необходимое число раз.

Если в структуре (2) воспользоваться условием

$$\{\varepsilon\} \times E = E \times \{\varepsilon\} = E \times \emptyset = E, \quad (3)$$

то $\forall a \in E$ имеем $(a, \varepsilon) = a$. Тогда мультимножество M является частным случаем списка \bar{M}_N , так как места элементов в списочной конструкции становятся нейтральными.

Для конструктивного представления графов необходима единая структура, которая бы позволяла задавать мультимножества, списки или их комбинации.

Рассмотрим конструктивный объект построения таких множеств. Пусть $B = \{\delta, \sigma, \alpha, \beta, \gamma\}$ алфавит вспомогательных символов, $D = \{i, m, \tau, \alpha\}$ числовой алфавит такой, что имена его элементов i, m, τ принимают значения из натурального множества \mathbb{N} , а значения имени α берутся из множества K_ε и $F = \{[, , ,), (, =, \{, \}, \mapsto, \&, +, <, \geq\}$ алфавит специальных символов и пусть терминальное (предметное) подмножество обозначено как $A_\varepsilon \subset E$, в котором $\varepsilon \in A_\varepsilon$. Тогда формальную схему правил формирования мультимножеств (4) над множествами A_ε, B, D, F зададим с помощью логических выводов на отношениях импликации (\Rightarrow) и грамматических подстановок (\rightarrow) [5], и отображении морфизма μ [6] по операции конкатенации, для которого имеет место свойство $\mu(xy) = \mu(x)\mu(y)$.

$$S_{A_\varepsilon} = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}. \quad (4)$$

Где правила p_i задаются выражениями:

$$p_1 : \delta \rightarrow \{\sigma\} \Rightarrow i \mapsto 0;$$

$$p_2 : \sigma \rightarrow \varepsilon;$$

$$p_3 : \sigma \rightarrow \gamma m \tau \sigma \Rightarrow m \mapsto 0 \ \& \ \tau \mapsto k \in \mathbb{N};$$

$$p_4 : p_{4,1} \ \& \ p_{4,2};$$

$$p_{4,1} : \gamma m \tau \rightarrow \beta \alpha, \gamma m \tau \& |m| < |\tau| \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \mapsto |m| + 1 \& i \mapsto |i| + 1 \& \alpha \mapsto |i| \varepsilon ;$$

$$p_{4,2} : \gamma m \tau \rightarrow \varepsilon \& |m| \geq |\tau| \Rightarrow$$

$$l = \beta \alpha, \beta \alpha, \dots \beta \alpha, \varepsilon = (\beta \alpha,)^{\tau-1} \beta \alpha, \varepsilon ;$$

$$p_5 : \mu(l) = (\mu(\beta \alpha,))^{\tau-1} \mu(\beta \alpha, \varepsilon); (\mu(\beta \alpha,)) = \\ = \mu(\beta) \mu(\alpha) \mu(\varepsilon) \mu(\varepsilon) ;$$

$$\mu(\beta) = (a, ; \forall a \in A_\varepsilon,$$

$$a - \text{фиксированное в цепочке } l ;$$

$$\mu(\alpha) = |\alpha| ; \mu(\varepsilon) = \varepsilon ; \mu(\varepsilon) = \varepsilon .$$

В схеме-генераторе (4) введены обозначения: $|\tau|$ – значение имени τ , $|$ – символ «или», \mapsto – символ нотационного отношения, k – размер множества (мощность).

Правило p_1 в схеме (4) всегда является начальным (первым) при любой генерации множества, все другие правила могут использоваться в произвольной последовательности. После конструирования множества по схеме (4) к его элементам применяется свойство поглощения нейтрального символа ε , т. е.

$$x\varepsilon = \varepsilon x = x . \quad (5)$$

Предложенный генератор является универсальным в том смысле, что он конструирует множества (1), (2) в форме с опущенной кратностью и больше того, может конструировать гибридные множества, составленные из списков и мультимножеств. Так сложное множество $\bar{M}_1 = \{a, (b, 2), (b, 3), \varepsilon, c\}$ на части $A_\varepsilon = \{a, b, c, \varepsilon\} \subset E$ может быть получено по схеме (4)–(5) в результате применения последовательности правил:

$$p_1, p_3, p_3, p_3, p_3, p_2, p_{4,1} \quad (1)$$

$$p_{4,2}, p_5(a), p_{4,1} \quad (2)$$

$$p_{4,2}, p_5(b), p_{4,1} \quad (3)$$

$$p_{4,2}, p_5(b), p_{4,1} \quad (4)$$

$$p_{4,2}, p_5(\varepsilon), p_{4,1}, \quad (5)$$

$$p_{4,2}, p_5(c), \quad (6)$$

где в скобках указаны сгенерированные элементы и их места.

Отметим, что рекурсивное правило p_3 генератора (4) частично определяет структурный уровень конструируемого множества \bar{M}_1 .

Последовательность (6) образует конструкцию $\{(a, \varepsilon)\varepsilon, (b, 2), (b, 3)\varepsilon, (\varepsilon, \varepsilon)\varepsilon, (c, \varepsilon)\varepsilon\}$. Используя теперь свойство поглощения пустого символа (5) и учитывая условие (3), получим множество \bar{M}_1 . В полученном множестве свободные элементы a , c и ε образуют мультимножество, ограниченное первым, четвертым и пятым местами их возможного расположения. Поэтому множество \bar{M}_1 можно записать, например, и так $\{\varepsilon, (b, 2), (b, 3), c, a\}$.

Определение 4. Множественным объектом \bar{M} назовем конструктивное множество, сгенерированное по схеме (4).

Так как элементы мультимножеств этих гибридных объектов могут располагаться на различных свободных местах, то представление множественных объектов генератором (4) являются *многоэкземпляры*. Так для рассмотренного выше объекта \bar{M}_1 в схеме S_E , имеем шесть экземпляров представления

$$\{a, (b, 2), (b, 3), \varepsilon, c\}, \quad \{a, (b, 2), (b, 3), c, \varepsilon\},$$

$$\{c, (b, 2), (b, 3), \varepsilon, a\}, \quad \{c, (b, 2), (b, 3), a, \varepsilon\},$$

$$\{\varepsilon, (b, 2), (b, 3), a, c\} \text{ и } \{\varepsilon, (b, 2), (b, 3), c, a\}.$$

Очевидно, количество экземпляров представления множественного объекта определяется параметрами входящего в него мультимножества M .

Рассмотрим теперь классы введенных множественных объектов, установим некоторые их свойства и иерархию подчинения классов.

Классы множественных объектов

Определение 5. Множество всех множественных объектов, порожденных генератором S_E , образуют класс – E^* .

Утверждение 1. Конструктивный класс E^* перечислимый.

Формирование семейства мультиграфов можно выполнить на различных множественных подклассах класса E^* . Конструктивные подклассы будем выделять из класса E^* с помощью признаков-отношений сигнатуры Σ , т.е. имеем отображение $\Sigma: E^* \rightarrow \bar{M}^*$ такое, что $\bar{M}^* \prec_\Sigma E^*$. Символ \prec_Σ определяет включение по отношениям сигнатуры. При необходимости, чтобы указать выделенный подкласс по

отношениям (отношению) будем пользоваться записью \bar{M}_Σ^* . Рассмотрим некоторые из подклассов класса E^* , задаваемых отношениями из сигнатуры Σ .

Пусть для множеств A_i , $i \in I \subset \mathbb{N}$ имеем $A_i \subset E$ и $A_i \cap A_j = \emptyset$, $i \neq j$. Тогда на подмножествах A_i определено неиерархическое отношение $\rho_0^2 \in \Sigma$.

Утверждение 2. Множество $\{\bar{M}_i\}$, сгенерированное схемами S_{A_i} образует подкласс $\bar{M}^* \prec_{\rho_0} E^*$ по отношению ρ_0 такой, что для этого класса справедливо $\bar{M}_i \cap \bar{M}_j = \emptyset$.

Утверждение 3. Если для множеств A_i имеет место $A_i \subset A_j$, $i < j$, то введенное отношение $\rho_1^2 \in \Sigma$ определяет иерархию по включению на множественных объектах $\bar{M}_i \prec_{\rho_1} \bar{M}_j$, $i < j$.

Действительно, так как на семействе подмножеств A_i множества $A \subset E$, имеет место $A_i \subset A_j$, то схема (4) генерирует префиксные объекты (порождение объекта \bar{M}_i совпадает с началом порождения объекта \bar{M}_j) и отношение ρ_2 является иерархическим.

Например, для множества $A_\varepsilon = \{a, b, c, \varepsilon\} \subset E$ и вышеприведенного множественного объекта $\bar{M}_1 = \{a, (b, 2), (b, 3), \varepsilon, c\}$ из класса E^* по отношению ρ_2 выделяется подкласс

$$\bar{M}_{\rho_2}^* = \left\{ \begin{pmatrix} a \\ c \\ \varepsilon \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} a \\ c, (b, 1) \\ \varepsilon \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} a \\ c, (b, 1), (b, 2) \\ \varepsilon \end{pmatrix} \right\},$$

$$\left\{ \begin{pmatrix} a \\ c, (b, 1), (b, 2), \begin{pmatrix} \varepsilon \\ a \end{pmatrix} \\ \varepsilon \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} a \\ c, (b, 1), (b, 2), \begin{pmatrix} \varepsilon \\ a, \begin{pmatrix} \varepsilon \\ c \end{pmatrix} \end{pmatrix} \\ \varepsilon \end{pmatrix} \right\},$$

где скобками $\begin{pmatrix} a \\ c \\ \varepsilon \end{pmatrix}$ обозначены альтернативные

элементы подмножеств, которые могут располагаться на соответствующих местах без повторений (кратность символов a, ε, c множества равна – единице).

Замечание 1. Для класса $\bar{M}_{\rho_2}^*$ объекта \bar{M} справедливо: 1) $\bar{M}_{\rho_2}^* \subset E^*$, 2) если $\bar{M}_i \in \bar{M}_{\rho_2}^*$ и

$$\exists \bar{M}_{i_j} \in \bar{M}_{\rho_2}^*; j = 1, 2, \dots, k; \quad \bar{M}_{i_1} \subset \bar{M}_{i_2} \subset \dots \subset \bar{M}_{i_k},$$

то для множественного объекта \bar{M}_i имеет место иерархия по отношению (\subset). Множественный объект \bar{M}_{i_1} является минимальным по этому включению.

В общем случае, из класса E^* можно выделить подкласс множественных объектов на смешанных отношениях сигнатуры Σ .

Теперь, если задать множество именных весов $W = \{w_j\}$, $j \in J \subset \mathbb{N}$, $\varepsilon \in W$ и на его элементах определить отображение номинативных отношений $w_i \mapsto H$, то можно с помощью операций «приписывания» $\varphi \in \hat{O}$ нагрузить элементы множественных объектов «весами». В номинативном отображении множество H есть множества значений номинант атомарного или структурированного типа.

Формирование классов объектов и приписывание им весов (маркирование вершин графов) удобно представить формальной моделью G :

$$G = \begin{cases} \forall \rho \in \Sigma \ \& \ \exists \bar{M}_i, \bar{M}_j \in E^*, \\ \rho(\bar{M}_i, \bar{M}_j) \Rightarrow \{\bar{M}_i\} = \bar{M}^* \prec_\rho E^*; \\ \forall \bar{M}_i \in \bar{M}_{\rho}^*, \bar{M}_i = A_i \times K_\varepsilon, \\ \forall a_k \in A_i \ \& \ W_i \subset W; \\ W_i \mapsto H_i \ \& \ \varphi \in \hat{O} \Rightarrow \\ \varphi(a_k, H_i) = (a_k, H_i) \ \& \\ \{(a_k, H_i)\} \rightarrow (\bar{M}_{\rho}^*, H \mid W \mid \varepsilon) = \bar{M}_{\rho, \varphi}^*. \end{cases} \quad (7)$$

Утверждение 4. Класс $\bar{M}_{\rho, \varphi}^*$ частично упорядочен по отношениям ρ и φ .

Определение 6. Множество всех множественных классов по отношениям ρ и φ называется гибридным классом $\bar{M}_{\Sigma, \varphi}^*$.

Утверждение 5. $\bar{M}^* \prec_{\Sigma, \hat{O}} E^*$.

Модель генерации мультиграфов

Генерацию мультиграфов зададим на гибридных классах по отношениям ρ и φ .

Для отражения зависимостей подклассов и компонент классов множества $\bar{M}_{\Sigma, \varphi}^*$ по уровням иерархий будем использовать символ упорядочения (\prec) независимо от элементов отношений сигнатуры Σ на этих классах. То есть, если два множественных объекта $\bar{M}_1, \bar{M}_2 \in \bar{M}_{\Sigma, \varphi}^*$ нахо-

дятся в отношении $\bar{M}_1 \prec \bar{M}_2$, то \bar{M}_1 находится на уровне предшественнике уровня со вторым объектом \bar{M}_2 .

Пусть отношение связей X на гибридном классе $\bar{M}_{\Sigma, \Phi}^*$ определено, как $X \subset \bar{M}_{\Sigma, \Phi}^* \times \bar{M}_{\Sigma, \Phi}^* \times Z$, где Z - весовое множество связей, тогда его можно представить в виде $\bar{M}_{\Sigma, \Phi}^* \xleftrightarrow{Z} \bar{M}_{\Sigma, \Phi}^*$. Здесь символ (\xleftrightarrow{Z}) обозначает возможную прямую по иерархии уровней и обратную связи.

Теорема 1. Граф Γ на классе $\bar{M}_{\Sigma, \Phi}^*$ можно задать с помощью фактор-множества $\bar{M}_{\Sigma, \Phi}^* / X$ абстрактно, как $\langle \bar{M}_{\Sigma, \Phi}^*, \bar{M}_{\Sigma, \Phi}^* / X \rangle$ или конструктивно с помощью схемы-генератора:

$$\Gamma = \begin{cases} \forall (\rho \in \Sigma \ \& \ \varphi \in \Phi), \exists \bar{M}_i^*; \\ \bar{M}_j^* \in \bar{M}_{\Sigma, \Phi}^*; \bar{M}_i^* \prec \bar{M}_j^*; \\ \bar{M}_1^* - \text{начальный уровень}; \\ \bar{M}_i^* - \text{уровень предшественник}; \\ \bar{M}_i^* - \text{уровень наследник}, j < \# \bar{M}_{\Sigma, \Phi}^*; \\ \chi_{i,j} \subset X, Z_{i,j} \subset Z, \bar{M}_k \subset \bar{M}_k^*, k = i | j; \\ \gamma \rightarrow \varepsilon; \\ i \mapsto 0, j \mapsto 1; \\ j < j_{\max} \Rightarrow \gamma \rightarrow \alpha \gamma \ \& \\ (i \mapsto |i| + 1, j \mapsto |j| + 1 \ \& \\ \alpha \rightarrow \chi_{i,j} : \bar{M}_i^* | \bar{M}_i \xleftrightarrow{Z_{i,j} | Z_{ji}} \bar{M}_o^* | \bar{M}_o \end{cases} \quad (8) \quad \text{где}$$

Определение 7. Граф, порожденный схемой (8) назовем графовым объектом.

Генератор (8) индуктивным образом порождает множество объектов Γ^* разного типа: деревья, сети, мультиграфы и другие. Причем, так как уровнями графов есть множественные объекты, то структура отдельного графового объекта в общем – множественная, составленная из множества экземпляров. Отметим также, что предложенная модель построения графовых объектов может служить основой для конструирования соответствующих структур данных.

Итак, суммируя полученные результаты можно утверждать, что для получения множественного мультиграфа по схеме (8) необходимо задать отношения Σ , Φ , а также весовое множество Z и сконструировать определенные схемой (7) классы множественных объектов, сгенерированные в схеме (4).

В завершение статьи рассмотрим пример, демонстрирующий процесс конструктивного построения множественного графа.

Пример. На префиксном классе $\bar{M}_{\rho_2}^*$ множественного объекта

$$\bar{M} = \{(b,1), c, (b,3), b, d, (c,5), d, a\}$$

необходимо построить формальную шести-уровневую ненагруженную сеть с начальной фиксированной (закрепленной) вершиной $(b,1)$ и заключительной закрепленной вершиной $(c,5)$ и возможными связями.

Анализ множественного объекта \bar{M} показывает, что он задан на множестве $A_e = \{a, b, c, d, \varepsilon\} \subset E$ и мультиграфовый объект может иметь на классе $\bar{M}_{\rho_2}^*$ не более семи вершин, из которых три фиксированы, а четырема различными можно управлять, например, так чтобы маршруты сети не пересекались.

Класс $\bar{M}_{\rho_2}^*$ имеет восемь технологических уровней упорядочения.

$$\bar{M}_1 \prec \bar{M}_2 \prec \bar{M}_3 \prec \bar{M}_4 \prec \bar{M}_5 \prec \bar{M}_6 \prec \bar{M}_7 \prec \bar{M},$$

$$\bar{M}_1 = \{(b,1)\}, \quad \bar{M}_2 = \left\{ (b,1), \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix} \right\},$$

$$\bar{M}_3 = \left\{ (b,1), \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}, (b,3) \right\},$$

$$\bar{M}_4 = \left\{ (b,1), \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}, (b,3), \begin{pmatrix} b \\ a \\ d \\ c \end{pmatrix} \right\},$$

$$\bar{M}_5 = \left\{ (b,1), \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}, (b,3), \begin{pmatrix} b \\ a \\ d \\ c \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} d \\ c \\ a \end{pmatrix} \right\},$$

$$\bar{M}_6 = \left\{ (b,1), \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}, (b,3), \begin{pmatrix} b \\ a \\ d \\ c \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} d \\ c \\ a \end{pmatrix}, (c,5) \right\},$$

$$\bar{M}_7 = \left\{ (b,1), \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}, (b,3), \begin{pmatrix} b \\ a \\ d \\ c \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} d \\ c \\ b \\ a \end{pmatrix}, (c,5), \begin{pmatrix} d \\ d \\ a \\ b \end{pmatrix} \right\},$$

$$\bar{M} = \left\{ (b,1), \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}, (b,3), \begin{pmatrix} b \\ a \\ d \\ c \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} d \\ c \\ b \\ a \end{pmatrix}, (c,5), \begin{pmatrix} d \\ d \\ a \\ b \end{pmatrix} \right\}.$$

Так как по условию задачи сеть не нагружена, то отношения связей X определено на декартовом произведении $\bar{M}_{\rho_2}^* \times \bar{M}_{\rho_2}^*$ своими компонентами $\chi_{i,j}$, относительно i и j уровней $i < j, j = 2, \dots, 6$ может выглядеть так:

$$\chi_{1,2} = \left\{ \begin{array}{c} \{(b,1)\} \\ \downarrow \\ \{(b,1), \{b,c,d\}\} \end{array} \right\},$$

$$\chi_{2,3} = \left\{ \begin{array}{ccc} \{(b,1), & (b, & d)\} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \{(b,3)\} & \{a,b,d\} & \{a\} \end{array} \right\},$$

$$\chi_{3,4} = \left\{ \begin{array}{ccccc} \{(b,1), & (a, & b, & d), & (b,3)\} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \{d\} & \{b,c\} & \{a,d\} & \{c\} & \{(b,1), (b,3)\} \end{array} \right\},$$

$$\chi_{4,5} = \left\{ \begin{array}{ccccc} \{(b,1), & (a, & b, & d), & (b,3)\} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \{a\} & \{b,c\} & \{d\} & \{c,b\} & \{b,d\} \end{array} \right\},$$

$$\chi_{5,6} = \left\{ \begin{array}{cc} \{b, & d\} \\ \downarrow & \downarrow \\ \{(c,5)\} & \{(c,5)\} \end{array} \right\}.$$

В приведенных отношениях, ради упрощения, компоненты уровней, не участвующие в отношениях опущены и горизонтальные межуровневые связи схемы-генератора (8) заменены вертикальными стрелками.

Анализ сети по заданным отношениям показывает, что переходы по дугам, связывающим вершины поименованные элементами мультимножества, являются альтернативно возможными. Так, попасть в заключительную вершину $(c,5)$ по сети можно через альтернативные вершины b и d , но не через вершины a или b мультиграфа. Таким образом, на заданных от-

ношениях можем иметь не более 12 экземпляров альтернативных сетей, среди которых по определенным критериям можно выбрать лучшую.

Выводы

Предложена конструктивная модель формирования множественных объектов. Множественный объект может быть обычным множеством, мультимножеством, списком или гибридным множеством. Рассмотрены некоторые свойства множественных объектов.

Исследованы классы множественных объектов и установлена иерархия на них. Построена формальная модель формирования множественных классов нагруженных определенными весами.

На основе предложенной схемы-генератора можно строить различные мультиграфовые объекты дерева, сети и прочее.

Представленный методологический инструментарий с одной стороны позволяет формировать графовые объекты предметных областей и при разработке необходимой методики работы с такими объектами решать соответствующие задачи, с другой – может быть использован при конструировании структур данных в языках программирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свами, М. Графы, сети и алгоритмы [Текст] / М. Свами, К. Тхуласираман. – М.: Мир, 1984. – 380 с.
2. Андриющенко, В. О. Індуктивне представлення економічних мереж [Текст] / В. О. Андриющенко, В. М. Ільман, В. І. Шинкаренко // Проблеми економіки транспорту. 9-та Міжн. наук. конф. Тези доповідей. – Д.: ДНУЗТ, 2010. – С. 184.
3. Кнут, Д. Искусство программирования для ЭВМ [Текст] / Д. Кнут. – Т 2. – М.: Мир, 1977. – 727 с.
4. Босов, А. А. Функции множеств и их применение [Текст] / А. А. Босов. – Днепропетровск: Изд. дом «Андрій», 2007. – 182 с.
5. Ільман, В. М. Формальні структури і їх застосування [Текст] / В. М. Ільман, В. В. Скалозуб, В. І. Шинкаренко. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – 205 с.
6. Саломая, А. Жемчужины теории формальных языков [Текст] / А. Саломая. – М.: Мир, 1986. – 159 с.

Поступила в редколлегию 05.11.2010.

Принята к печати 23.11.2010.

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ НА ОСНОВІ ПАСИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Запропоновано алгоритм побудови математичних моделей на основі пасивного експерименту.

Ключові слова: алгоритм побудови, математичні моделі, пасивний експеримент

Предложен алгоритм построения математических моделей на основе пассивного эксперимента.

Ключевые слова: алгоритм построения, математические модели, пассивный эксперимент

An algorithm for constructing the mathematical models based on a passive experiment is proposed.

Keywords: algorithm for constructing, mathematical models, passive experiment

Математичне моделювання стає одним із головних інструментів дослідження структур складних систем, визначення засобів активного впливу на них, вивчення впровадження систем майбутнього, особливо тоді, коли система є представником великої кількості взаємозалежних елементів. Інформація про ці елементи складається з результатів пасивного експерименту у вигляді матриці спостережень. У даному випадку проблема моделювання полягає у структурній невизначеності системи, коли взаємозв'язки між елементами невідомі, що викликає нові ускладнення у виборі незалежних змінних, котрі можуть бути предикторами для системи. Вибір кращих предикторів, за певними критеріями, реалізується у процесі розв'язання задачі параметричної ідентифікації, що приводить до надзвичайного перебору варіантів математичних моделей, навіть невеликій розмірності вхідних матриць [1].

У роботі А. Лебега «Інтегрування та пошук примітивних функцій» наводиться поняття «співіснуючих величин», яке було введено Коші.

Визначення: Величини називаються співіснуючими, якщо вони визначені одними й тими ж умовами, геометричними або фізичними, або соціально-економічними.

В математичному плані співіснуючі величини являють собою деякі функції множини. Було помічено, що якщо величини піддаються безпосередньому вимірюванню, то завжди виявляється, що вони є функціями множин.

Нехай x_i , $i = \overline{1, n}$, набір показників, що характеризують деякий об'єкт (станцію), тоді згідно ідеї Коші, даному показнику x_i , відповідає деяка множина $A(x_i)$ властивостей об'єкт, що розглядається.

Тоді якщо

$$A(x_i) \cap A(x_j) \neq \emptyset,$$

то можна стверджувати, що між x_i та x_j існує деякий зв'язок.

Найпростішим варіантом кількісної оцінки зв'язку є коефіцієнт кореляції між цими показниками.

Побудова класів толерантності дозволяє визначати властивості об'єкту, а пошук класів еквівалентності, дозволяє визначати незалежні процеси, що протікають у об'єкті.

Розглянемо алгоритм визначення кращих предикторів.

Вхідними даними для алгоритму побудови є матриця даних, що була отримана методом пасивного експерименту X , що складається з m – кількість експериментів та n – кількість показників за якими буде виконуватись математичне моделювання.

$$X = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{2,1} & \dots & x_{n,1} \\ x_{1,2} & x_{2,2} & \dots & x_{n,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1,m} & x_{2,m} & \dots & x_{n,m} \end{pmatrix}.$$

Алгоритм побудови пошуку наборів предикторних змінних:

п. 1: Розрахувати матрицю кореляції ($R = (r_{i,j})$):

$$r_{i,j} = \frac{\overline{x_i \cdot x_j} - \bar{x}_i \cdot \bar{x}_j}{S_i \cdot S_j},$$

де

$$\bar{x}_i = \frac{1}{(m-1)} \sum_{k=1}^m x_{i,k} S_i,$$

$$\overline{x_i x_j} = \frac{1}{(m-1)} \sum_{k=1}^m x_{i,k} x_{j,k},$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{(m-1)} \sum (x_{i,k} - \bar{x}_i)^2}.$$

п. 2: Виконати аналіз матриці R з позиції лінійно залежних елементів;

п. 3: Ввести значення довірчої ймовірності та розрахувати матрицю толерантності ($T = (\tau_{i,j})$):

$$\tau_{i,j} = \begin{cases} 1, & |r_{i,j}| > r_{kp}(\alpha) \\ 0, & |r_{i,j}| \leq r_{kp}(\alpha) \end{cases}.$$

п. 4: Розрахувати класи толерантності за допомогою алгоритму М. Е. Пиша [2].

п. 5: Визначити класи еквівалентності за допомогою матриці толерантності

п. 6: На основі класів еквівалентності знайти набори предикторних змінних

п. 7: Спираючись на розраховану матрицю толерантності, звести дані до розв'язання задачі векторної оптимізації та за допомогою методу найменших квадратів знайти коефіцієнти при не нульових значеннях у матриці толерантності.

п. 8: Розрахувати нові значення матриці X за допомогою значень, отриманих у п.7 та підрахуємо середню абсолютну-відносну похибку кожного із показників.

п. 9: Розрахувати нові значення матриці X за допомогою значень, отриманих у п.5 та підрахуємо середню абсолютну-відносну похибку кожного із показників.

п. 10: На основі даних, отриманих у п. 8 обрати той клас предикторних змінних, де значення похибки є найменшою величиною.

Описаний алгоритм дає можливість автоматизації пошуку класів толерантності, еквівалентності та наборів предикторних змінних. Що дає можливість у автоматизації побудови математичної моделі відповідного процесу.

Згідно описаного вище алгоритму була розроблена програма, що виконує розрахунок відповідних матриць та пошук відповідних даних, спираючись на дані, отримані шляхом пасивного експерименту.

Розглянемо роботу програми на наборі статистичних даних станції Джанкой (Придніпровської залізниці) за період 1900-2008 р.р.. Нехай є вісім показників роботи цієї станції вказаний період[3]:

1.переробка вагонів на горки в середньому за добу;

2.оправлено вагонів в середньому за добу;

3.оправлення поїздів в середньому за добу;

4.великовагових поїздів;

5.довжина складених поїздів;

6.транзит з роботою (фактичний), год.;

7.транзит без роботи (фактичний), год.;

8.простой під однією вантажною операцією (фактичний), год.

Тоді маємо матрицю вхідних даних X (19x8):

X =	2910	3418	66	11441	3295	6,5	1	19,4
	2843	3203	61	10924	3088	6,4	1	21,7
	2549	3194	53	9625	2142	6,4	1,1	21,7
	1999	2253	44	8039	1278	6,8	1,4	26,2
	1179	1449	29	5317	480	8,9	1,6	23,6
	1040	1200	23	4633	546	9,1	1,8	17,1
	828	936	19	3949	473	10,8	2,2	16,8
	712	767	14	3330	535	12,1	2,3	15,4
	803	904	15	3270	791	11	2,2	13,9
	919	1098	17	3331	992	13,1	3,3	16,7
	1007	1206	18	3556	1028	11,1	3,9	22
	954	1174	18	3377	1231	5,4	3	25,5
	1214	1569	25	3623	2341	10,1	4,9	28,2
	1509	2136	34	4800	3190	8,8	3,8	33,7
	1437	1695	27	3387	3140	8,18	3,59	24,3
	1149	1329	21	2865	2368	7,1	1,76	19,8
	1274	1376	22	3292	2229	1,43	1,43	19,45
	1501	1566	24	4392	1868	9,62	0,87	25,11
	1650	1720	26	3892	3019	10,57	0,87	31,58

Згідно алгоритму далі, за допомогою програми, знайдемо матрицю кореляції R:

$$R = \begin{pmatrix} 1,00 & 0,99 & 0,98 & 0,93 & 0,66 & -0,46 & -0,49 & 0,25 \\ 0,99 & 1,00 & 0,98 & 0,93 & 0,67 & -0,45 & -0,39 & 0,29 \\ 0,98 & 0,98 & 1,00 & 0,97 & 0,57 & -0,44 & -0,44 & 0,19 \\ 0,93 & 0,93 & 0,97 & 1,00 & 0,38 & -0,36 & -0,50 & 0,04 \\ 0,66 & 0,67 & 0,57 & 0,38 & 1,00 & -0,41 & -0,07 & 0,55 \\ -0,46 & -0,45 & -0,44 & -0,36 & -0,41 & 1,00 & 0,36 & -0,14 \\ -0,49 & -0,39 & -0,44 & -0,50 & -0,07 & 0,36 & 1,00 & 0,19 \\ 0,25 & 0,29 & 0,19 & 0,04 & 0,55 & -0,14 & 0,19 & 1,00 \end{pmatrix}$$

Після виконання аналізу з позиції лінійної залежності отримуємо матрицю, що дорівнює матриці кореляції, тому переходимо до розрахунку матриці толерантності, при довірчій ймовірності 0,95 та $r_{кр}=0,5$.

$$\tau = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Спираючись на значення, отримані з матриці толерантності, та використовуючи алгоритм М. Е. Пиша отримуємо класи толерантності.

{x6}
{x5 x8}
{x4 x7}
{x1 x2 x3 x5}
{x1 x2 x3 x4}

Отримуємо п'ять класів толерантності та робимо висновок, що в даному об'єкті (станція) можна відзначити не менше п'яти властивостей, по числу класів толерантності. Інженерно - економічне тлумачення даних властивостей виходить за рамки даної статті та представляє задачу предметного розгляду відповідних спеціалістів.

Далі, аналізуючи дані матриці толерантності, визначаємо рефлексивність, транзитивність та симетричність даних у матриці. У заданому прикладі всі властивості значень матриці підтвердилися і за допомогою програми було знайдено класи еквівалентності:

{x1, x2, x3, x4, x5, x7, x8}

{x6}

Як видно для заданих даних лише два класи еквівалентності. Спираючись на отримані класи еквівалентності, було виділено відповідні підматриці із матриці толерантності та було знайдено відповідні значення предикторних змінних:

{x5 x7 x8}
{x4 x5 x7}
{x3 x7 x8}
{x2 x7 x8}
{x1 x7 x8}
{x6}

На основі отриманих даних можна побудувати шість математичних моделей для вказаного об'єкту.

Далі використаємо метод найменших квадратів та зведемо задачу до векторної оптимізації та за допомогою методу Гауса отримаємо коефіцієнти для пошуку значень вхідної матриці X. Матриця коефіцієнтів, що отримані за допомогою методу найменших квадратів має вигляд наведений у табл. 1.

Матриця коефіцієнтів, що отримані за допомогою методу найменших квадратів

	a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
x1	5.80e-15	0	0.725	6,508	0	0	0	0	0
x2	4.56e-16	0.0297	0	51.1	0	0	0	0	0
x3	-5.99e-16	-4.96e-13	0.016	0	4.77e-13	1.403	0	0	0
x4	-7.10e-14	0	0	182.7	0	0	0	0	0
x5	60	0	0	0	0	0	0	0	0
x6	1.137	0	0	0	0	0	0	0	0
x7	0.275	0	0	0	0	0	0	0	0
x8	1.925	0	0	0	0	0	0	0	0

За допомогою програми виконаємо розрахунок нових значень матриці пасивного експерименту, для визначення абсолютно-відносної похибки розрахунку коефіцієнтів матриці А. Абсолютна – відносна похибка, отримана за допомогою програми для різних x , має вигляд:

- для x_1 , похибка $\varepsilon_1=0.021$;
- для x_2 , похибка $\varepsilon_2=0.026$;
- для x_3 , похибка $\varepsilon_3=0.086$;
- для x_4 , похибка $\varepsilon_4=0.04$;
- для x_5 , похибка $\varepsilon_5=2.960$;
- для x_6 , похибка $\varepsilon_6=0.795$;
- для x_7 , похибка $\varepsilon_7=0.580$;
- для x_8 , похибка $\varepsilon_8=1.19$

За обчисленою абсолютно-відотною похибкою та знайденими наборами предикторних змінних маємо, що параметри x_1 , x_2 , x_3 та x_4 приймають найменші значення. Тоді обчислимо суму значень абсолютно-відносних похибок всіх наборів предикторних змінних:

- для $\{x_5, x_7, x_8\} \rightarrow \{3.73\}$;
- для $\{x_4, x_5, x_7\} \rightarrow \{3.58\}$;
- для $\{x_3, x_7, x_8\} \rightarrow \{1.85\}$;
- для $\{x_2, x_7, x_8\} \rightarrow \{1.796\}$;
- для $\{x_1, x_7, x_8\} \rightarrow \{1.791\}$;
- для $\{x_6\} \rightarrow \{0.795\}$.

Тоді з наборів предикторних змінних обираємо набір – $\{x_5, x_7, x_8\}$. До елементів цього набору не входять відповідні значення похибок елементів x_1 , x_2 , x_3 та x_4 , а також сума відносних похибок елементів є найгіршою – $\{3,73\}$.

Таким чином пропонується наступні коефіцієнти математичної моделі:

- для x_1 : $a_0=5.80e-15$, $a_2 = 0.725$, $a_3=6,508$;
- для x_2 : $a_0=4.56e-16$, $a_1 = 0.0297$, $a_3=51.1$;
- для x_3 : $a_0=5.99e-16$, $a_1=-4.96e-13$, $a_2=0.016$, $a_4=4.77e-13$, $a_5=1.403$;
- для x_4 : $a_0=-7.10e-14$, $a_3=182.7$.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя [Текст] / Л. Льюнг. – М.: Наука, 1991 – 433 с.
2. Лекции по теории графов [Текст] / В. А. Емеличев [и др.]. – М.: Наука, 1990. – 383 с.
3. Босов, А. А. Математичне моделювання раціонального використання ресурсів залізничної станції [Текст] / А. А. Босов, К. В. Єлісеєнко, О. І. Харченко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 205-209.

Надійшла до редколегії 09.11.2010.

Прийнята до друку 12.11.2010.

Ю. М. ІВЧЕНКО (ДІПТ), В. Г. ІВЧЕНКО, О. М. ГОНДАР (ІОЦ Придніпровської залізниці, Дніпропетровськ)

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ КОРПОРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

В статті надано оцінку небезпеці збоїв сервісів та служб корпоративної інформаційно-телекомунікаційної системи Придніпровської залізниці, важливості виконання постійного контролю функціонування основних компонентів системи. Запропоновано класифікацію компонентів за категоріями залежно від функціонального призначення і програмне забезпечення для контролю компонентів кожної категорії.

Ключові слова: корпоративна інформаційно-телекомунікаційна система, контроль функціонування, програмний контроль

В статье оценена опасность сбоев сервисов и служб корпоративной информационно-телекоммуникационной системы Приднепровской ж.д., важности осуществления постоянного контроля функционирования основных компонентов системы. Предложены классификация компонентов системы по категориям в зависимости от функционального назначения и программное обеспечение для контроля компонентов каждой категории.

Ключевые слова: корпоративная информационно-телекоммуникационная система, контроль функционирования, программный контроль

The danger of failures of services and divisions of the corporate information-telecommunication system of Prydniprov's'ka Railway, the importance of realization of permanent control of functioning the basic components of a system are estimated in the article. The classification of system components by categories, depending on the functional setting and the software for controlling the components of every category are offered.

Keywords: corporate information-telecommunication system, control of functioning, software control

Корпоративна мережа Придніпровської залізниці вимагає постійної уваги до себе. Збої апаратного чи програмного забезпечення можуть провести до тяжких наслідків. Значне сповільнення функціонування мережевих сервісів та служб – найменш неприємне з них. Особливо складними є випадки, коли зовсім припиняється функціонування критично важливих служб і додатків, а також коли стають недоступними окремі сегменти мережі або територіально віддалені підприємства.

Від правильної, коректної роботи маршрутизаторів та іншого мережевого обладнання залежить доступність серверів та їх сервісів. Від працездатності серверів (веб-серверів, серверів баз даних, серверів електронного документообігу), в свою чергу, залежить робота важливих додатків і сервісів, які забезпечують функціонування оперативних систем АСК ВП УЗ та АСК ПП УЗ. Вихід з ладу будь-якого з перелічених компонентів може привести до серйозних порушень у роботі інформаційних систем.

Але слід відмітити, що вихід з ладу обладнання або збій в роботі програмного забезпечення не завжди є основними і найбільш небезпечними причинами порушення функціонування інформаційних систем.

Більшою небезпекою є збої, викликані зловмисними діями всередині або ззовні мережі.

Зловмисники, використовуючи вразливості програмного забезпечення чи помилки в конфігурації, можуть виконати безліч деструктивних дій, починаючи з простого виведення з ладу серверів, далі зміни конфігурації мережевого обладнання, порушення роботи мережі, зміни спрямування трафіка, закінчуючи зараженням вірусами та викраданням конфіденційних даних.

Не варто залишати поза увагою також помилки обслуговуючого та керуючого персоналу під час обслуговування чи зміни конфігурації будь-якої частини інформаційних систем.

Всі перелічені варіанти відмов та порушень в роботі інформаційних систем можуть викликати серйозні матеріальні збитки: затримки вагонів, припинення реалізації квитків, розголошення конфіденційної інформації, втрата довіри клієнтів тощо.

Оскільки виключити повністю збої апаратного чи програмного забезпечення неможливо, рішення проблеми полягає в постійному контролі стану складових частин інформаційної системи для отримання інформації щодо проблем на ранніх стадіях.

Для досягнення цієї мети, як правило, використовується різноманітне програмне забезпечення, яке контролює роботу серверів, компонентів мережі передачі даних, зміни конфігурацій, а також збирає статистичну інформацію щодо їх функціонування.

Вибір засобів моніторингу залежить від різних факторів. Так можливості моніторингу мережевого обладнання, в значній мірі, визначаються його виробником. Для серверів вирішальним є тип операційної системи та прикладне програмне забезпечення.

Зараз існує значна кількість програмних продуктів для здійснення контролю функціонування інформаційних систем та їх складових.

Класифікуємо компоненти інформаційних систем за категоріями залежно від функціонального призначення та розглянемо програмні продукти, які виконують їх контроль.

Можливо виділити наступні категорії та програмне забезпечення для їх контролю [2]:

Категорії	Компоненти	ПЗ
1	Доступність та зміни конфігурацій мережевого обладнання, збереження резервних копій конфігурацій	Rancid, Nagios
2	Контроль безпеки, наявності вразливостей та помилок конфігурування систем і сервісів	Nessus, Lotus Domino
3	Статистика стану і завантаження каналів, облік помилок, детальний аналіз трафіку	Cacti, Fluke NetWatch, Fluke Netflow Tracker
4	Контроль функціонування критичних служб і додатків	Nagios
5	Інвентаризація ПЗ серверів та користувачів, контроль встановленого ПЗ	Microsoft System Center Configuration Manager 2007

Програмне забезпечення Rancid проводить моніторинг конфігурації маршрутизаторів, включаючи програмне і апаратне забезпечення (модулі, серійні номери і т. ін.), та використовує Subversion для контролю історії змін.

Nagios – це додаток, що використовується для виконання моніторинга систем і мереж. Він стежить за певними додатками і службами та генерує сповіщення в залежності від поведінки служб, за якими ведеться спостереження.

Сумісне використання програмного забезпечення Rancid і Nagios дозволяє проводити постійний контроль змін конфігурацій мережевого обладнання, мати актуальний набір резервних копій файлів конфігурацій, отримувати оперативні повідомлення про недоступні вузли мережі передачі даних. Це дозволяє контролювати спроби несанкціонованих змін конфігурацій маршрутизаторів, оперативно виявляти і виправляти помилки адміністраторів мережі передачі даних при виконанні змін конфігурацій мережевого обладнання. У випадку, якщо зміни конфігурації приводять до відмови в роботі вузлів мережі, програмне забезпечення Nagios, що здійснює контроль за доступністю вузлів, сповістить про це відповідальних співробітників.

Nessus – це програма для автоматичного пошуку відомих вразливостей в захисті інформаційних систем. Вона спроможна виявити види ураження, які найбільш часто трапляються, наприклад:

- наявність вразливих версій служб або демонів;
- помилки в конфігурації (наприклад, відсутність необхідності авторизації на SMTP-сервері);
- наявність паролів за замовчанням, пустих або слабких паролів.

Програма має клієнт-серверну архітектуру, що значно розширює можливості сканування.

IBM Lotus Domino Server – сервер додатків системи Lotus Notes, базово надає ряд сервісів (нереляційна СУБД, сервер каталогів, поштовий сервер, web-сервер) і може використовуватися для побудови корпоративних систем електронного документообігу, колективної роботи, інших додатків. Він має в своєму складі великий набір модулів. Основними з яких є поштовий сервер, http-сервер, сервер баз даних.

На Придніпровські залізниці за допомогою Nessus і Lotus Domino розроблена система перевірки параметрів безпеки серверів і мережевого обладнання. Система складається з трьох компонентів:

1. Nessus-сервер – програма для автоматичного пошуку відомих дірок в захисті інформаційних систем;
2. Плановик завдань, який безпосередньо виконує перевірку серверів і мережевих служб, запускає клієнт Nessus з заданими параметрами за розкладом;
3. База даних «Безпека» (Lotus Domino) є сховищем сканера Nessus з відстеженням появи та усунення критичних вразливостей на серверах.

рах, які скануються. База налагоджена таким чином, що при виявленні критичних вразливостей автоматично надсилає повідомлення з описом і рекомендаціями співробітнику відповідальному за супроводження даного сервера.

Використання даного комплексу дозволяє проводити аналіз захищеності систем та вузлів мережі, прогнозувати появу порушень безпеки, контролювати процес усунення виявлених вразливостей.

Cacti – веб-додаток, який дозволяє будувати графіки за допомогою RRDtool. Cacti збирає статистичні дані за певний інтервал часу і відображає їх у графічному виді. Переважно використовуються стандартні шаблони для відображення статистики щодо завантаженості процесора, надання оперативної пам'яті, кількості запущених процесів, використання вхідного/вихідного трафіка каналів зв'язку.

Дане програмне забезпечення використовується для контролю завантаженості та кількості помилок каналів зв'язку в мережі передачі даних (виділених аналогових, супутникових каналів, волоконно-оптичних ліній зв'язку).

Диспетчерська система NetWatch – це засіб управління з веб-інтерфейсом, який надає можливість контролю стану мережевих пристроїв у форматі, що відповідає вимогам усіх рівнів технічної компетенції.

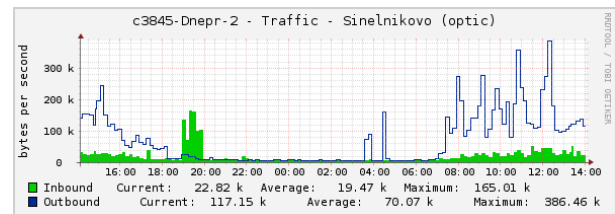
Унікальний інтерфейс Netwatch представляє новий функціональний рівень управління мережею і виконує огляд мережевих ресурсів з використанням інтернет-технологій. Високо-класна презентаційна складова продукту дозволяє більш широкій аудиторії спостерігати і оцінювати стан мережі та параметри, з якими вона працює. Замість надання технічно-орієнтованих графіків і діаграм Netwatch представляє інформацію у зручному форматі, зображаючи мережу у вигляді зрозумілої схеми, з нескладним доступом до додаткової інформації. Система дозволяє легко інтегрувати звіти, набори даних та компоненти інших управляючих систем.

Набір перелічених програмних продуктів використовується для побудови системи контролю якості каналів зв'язку, їх завантаженості, доступності вузлів мережі передачі даних. На базі даної системи створено веб-портал, з розділами, які контролюють стан основних вузлів мережі та каналів зв'язку, компонентів мережі щодо кожної станції. Для контролю рівня помилок та стану резервних виділених аналогових каналів зв'язку створені розділи порталу для кожної дирекції залізниці, які виконують

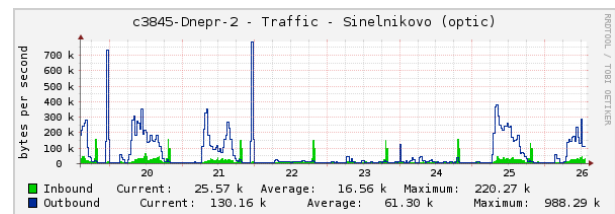
цей контроль спільно з програмним забезпеченням Cacti.

NetFlow Tracker – це програмне рішення для збору та аналізу NetFlow-інформації, яку надає обладнання Cisco. Програмне забезпечення встановлюється на сервері і дозволяє акумулювати дані, а також надавати звіти про мережевий трафік в реальному масштабі часу (до 14 діб), та забудь-який період часу з різним рівнем деталізації (від 1 хвилини).

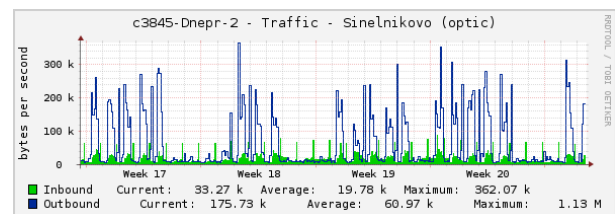
Наприклад,



– кожен годину,



– кожен добу,



– кожен тиждень.

NetFlow Tracker використовується в корпоративній мережі Придніпровської залізниці для збору деталізованої статистики щодо трафіка маршрутизаторів Cisco в найбільш важливих вузлах мережі передачі даних (Дніпропетровськ, Кривий Ріг Головний, Запоріжжя, Сімферополь, Джанкой) в безперервному режимі. При необхідності є можливість проведення тимчасового контролю інших вузлів мережі, їх більше 100, у разі зниження якості передачі даних в мережі.

Використання програмного рішення NetFlow Tracker разом з ПЗ NetWatch дозволило підняти рівень контролю інформації, яка передається в мережі передачі даних, на якісно новий рівень і значно скоротити час на визначення причин порушення нормальної її роботи. Це дає можливість підвищити надійність функ-

ціювання мережі передачі даних разом з резервування обладнання у вузлах [1].

Незважаючи на порівняно нетривалий термін експлуатації даного програмного забезпечення, його ефективність вже підтверджена у випадках виявлення причин збоїв в роботі мережі та їх усунення. Більш того, функціональні можливості NetFlow Tracker дозволяють проводити налагодження оперативного контролю та журналу повідомлень, якщо кількість небажаної або неслужбової інформації перевищить рівень, визначений адміністративною політикою. Це дає можливість здійснювати контроль активності та знаходити її джерело навіть в тих випадках, коли після її виникнення пройшов досить значний час.

Microsoft System Center Configuration Manager 2007 – програмний пакет для керування ІТ-ресурсами підприємства (серверами та робочими станціями під управлінням операційних систем Windows).

Основні можливості: інвентаризація програмного та апаратного забезпечення; розповсюдження програмного забезпечення; управління оновленнями операційних систем та прикладного програмного забезпечення; оцінка вразливості клієнтів; моніторинг використання програмного забезпечення; віддалене управління; розгортання образів операційних систем;

управління мобільними пристроями; управління гетерогенними системами.

Важливість даного програмного пакета важко перебільшити, тому що у поточний час кількість робочих станцій, що підключені до мережі, обчислюється тисячами, і вона неухильно зростає.

Використання розглянутих програм дозволяє не тільки оперативно усувати збої у функціонуванні інформаційних систем, а також і запобігати їх виникненню.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Івченко, Ю. М. Інтеграція мережевого обладнання АСК ВП УЗ та АСК ПП УЗ, підключення його до ЄМІД [Текст] / Ю. М. Івченко, В. Г. Івченко, О. М. Гондар // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 29. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 143-146.
2. Івченко, Ю. Н. Система моніторинга інформаційної мережі Придніпровської ж. д. [Текст] / Ю. Н. Івченко, В. Г. Івченко, О. Г. Гондар // Тези доп. Міжн. наук-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (13–14.05.2010 р., Дніпропетровськ). – Д., 2010. – С. 12-13.

Надійшла до редколегії 05.11.2010.

Прийнята до друку 12.11.2010.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВАГОНПОТОКОВ ПО СИСТЕМЕ ВЗАИМОУВЯЗАННЫХ ГРУППОВЫХ ПОЕЗДОВ

У статті розглядаються пропозиції з інформаційного забезпечення організації вагонопотоків за системою взаємопов'язаних групових поїздів. Описується структура та зміст модуля інформаційного забезпечення, його відмінні риси, перелік виконуваних функцій. Пропонується також використовувати модуль для акумулювання і опрацювання статистичних даних, необхідних у розрахунку плану формування групових поїздів.

Ключові слова: групові поїзди, модуль, статистичні дані, організація вагонопотоків

В статье рассматриваются предложения по информационному обеспечению организации вагонопотоков по системе взаимовязанных групповых поездов. Описывается структура и содержание модуля информационного обеспечения, его отличительные особенности, перечень выполняемых функций. Модуль предлагается также использовать для аккумуляции и обработки статистических данных, необходимых в расчете плана формирования групповых поездов.

Ключевые слова: групповые поезда, модуль, статистические данные, организации вагонопотоков

The article is dealt with proposals for information provision for the organization of intra-railway traffic volumes on a system of mutually coordinated group trains. The structure and composition of the module, its features, a list of the functions to be performed are described. The module is also used for storage and processing of statistical data needed in calculating the plan of forming of the group trains.

Keywords: group trains, module, statistical data, organization of intra-railway traffic volumes

Введение

Система взаимовязанных групповых поездов (ВГП) – это организация вагонопотоков, перемещающихся в пределах полигона дороги, по принципам перехода вагонов из состава в состав преимущественно через обмен групп и взаимосвязи на базе использования постоянно-го расписания движения поездов, согласованного по станциям обмена групп [1]. Система ВГП как вариант организации внутридорожных вагонопотоков не может быть реализована без соответствующего информационного обеспечения, интегрированного в дорожные системы управления. Первым этапом создания информационного обеспечения можно считать разработку базовой модели (плана формирования групповых поездов), графика движения с закрепленными постоянными нитками, обеспечивающими согласование прибытия и отправления групповых поездов на станциях перецепки, а также плана работы локомотивов и локомотивных бригад по обслуживанию поездов системы ВГП.

Общие положения

Информационное обеспечение организации вагонопотоков по системе ВГП предлагается выполнять в рамках работы Комплексной сис-

темы планирования и управления поездной работой на полигоне Белорусской железной дороги (КС УПР БЧ) [2] в виде реализации модуля подсистемы увязки составообразования на технических станциях с прогнозным графиком движения на железнодорожных участках (УСОГДП) [3]. В дальнейшем этот модуль будем сокращенно называть модулем ВГП.

Назначение модуля ВГП – автоматизированное моделирование процессов образования групп и составообразования из этих групп на технических станциях и определения величины, массы и композиции группового состава к установленным моментам окончания накопления на выделенную для этого поезда нитку графика.

Цели создания модуля ВГП – это комплексная автоматизация процессов планирования и организации обращения взаимовязанных групповых поездов, учета выполнения технологических операций с ними, а также обеспечение соблюдения согласованного графика движения таких поездов и его корректировки при значительном колебании мощности вагонопотоков.

Как составная часть подсистемы УСОГДП модуль ВГП в процессе функционирования осуществляет информационное взаимодействие со следующими системами:

- информационной аналитической систе-

мой поддержки управленческих решений для грузовых перевозок (ИАС ПУР ГП);

- графиком исполненного движения (ГИД «Неман»);
- подсистемой эталонной нормативно-справочной информации (ПЭНСИ);
- автоматизированной системой «Графист».

Для корректного функционирования модуля ВГП необходимы следующие изменения и дополнения в справочниках, ведущихся средствами ПЭНСИ:

- справочник расписания движения поездов: твердые нитки графика, зарезервированные для поездов системы ВГП, должны иметь особые метки (другой цвет, номер) и в стандартном режиме исключать их использование при прогнозировании отправления других грузовых поездов;
- справочник норм веса и длины составов по графику движения: в связи с обращением групповых поездов переменной величины состава для них должны быть созданы дополнительные таблицы с указанием диапазона допустимой величины (массы) групповых поездов для каждого участка;
- справочник плана формирования поездов: необходимо дополнение итоговой моделью организации вагонопотоков по системе ВГП (перечень назначений групп вагонов, формируемых каждым узловым пунктом первого уровня на каждое прилегающее направление, на котором обращаются поезда системы ВГП, и соответствующих им кодов единой сетевой разметки (ЕСР)). В итоговой модели указываются также минимальная величина каждой выделяемой группы;
- справочник станций составообразования: дополнительные таблицы станций, участвующих в обращении ВГП (перечень узловых пунктов первого уровня) или особые метки в существующих таблицах станций.

Функции и отличительные особенности модуля ВГП

Основными специфическими функциями модуля ВГП, не предусмотренными в подсистеме УСОГДП, являются:

- прогнозирование прибытия вагонов на станцию назначения;
- прогнозирование накопления групп вагонов на специально отмеченных станциях составообразования на назначения, предусмотренные действующей итоговой моделью;
- прогнозирование составообразования (ве-

личины, массы, композиции состава к моменту окончания накопления, устанавливаемого в соответствии с выделенной для данного поезда ниткой графика и технологией работы по формированию и отправлению поезда на станции);

- корректировка прогнозных данных по составообразованию на основе поступления реальных данных по поездам и вагонам из ИАС ПУР ГП;

- прогнозирование и планирование работы при резком кратковременном изменении вагонопотока: резервирование дополнительных ниток графика, формирование заявок на дополнительное количество локомотивов и бригад, снятие резерва, отказ от локомотива;

- разработка выходных форм прогноза прибытия поездов на станцию обмена групп (время прибытия по закреплённой нитке графика, композиция состава, величина групп и расположение их в составе);

- проверка плана работы локомотивов и локомотивных бригад по данному поезду (наличие локомотива и бригады под поезд, соответствие по количеству секций);

- контроль выполнения плана формирования и графика движения групповых поездов;

- сбор информации для расчета базовой модели и корректировки итоговой модели: величина и масса состава и отдельных групп в каждом поезде, статистика пропущенных ниток графика (отмены отправления группового поезда из-за величины состава менее минимальной) или дополнительных ниток графика (при резком увеличении вагонопотока на данном направлении),

Для работы модуля ВГП необходимо однозначное описание полигона (перечня станций и участков), плана формирования, графика движения, что в настоящее время не соблюдается, т.к. существующая база данных ПЭНСИ оперирует одновременно несколькими справочниками с расхождениями в идентификации объектов полигона и недостаточно полными сведениями.

Прогноз составообразования взаимосвязанных групповых поездов делается по техническим станциям, которые должны иметь специальную метку в перечне станций моделирования (таблица STA_MOD в базе данных ПЭНСИ). В связи с наличием резервных узловых пунктов первого уровня, имеющих потенциал перехода «узловой пункт первого уровня → узловой пункт второго уровня», эти метки являются динамическими и для них должен быть обозначен срок действия.

Для подсистемы УСОГДП введено понятие

однофункциональных со станцией моделирования отдельных пунктов, выполняющих ее функции на графике движения. Для модуля ВГП такое объединение неприемлемо. Ввиду необходимости взаимной увязки групповых поездов их продвижение должно быть описано зарезервированными нитками графика именно до того отдельного пункта (и даже отдельного парка на крупных станциях), где будет выполняться обмен групп. Аналогичное, однозначное описание должно быть и в плане формирования (в соответствующих таблицах базы данных ПЭНСИ). Это необходимо для точного определения допустимой величины интервала между прибытием и отправлением групповых поездов. С учетом этого интервала выполняется построение соответствующих согласованных ниток графика. Поэтому нормативным графиком движения должны быть охвачены все участки, перегоны, внутриузловые соединения, по которым предусмотрено обращение взаимоувязанных групповых поездов. В настоящее время на сервере АС «Графист» нет полных данных о графике движения по всем участкам, графиков движения внутри узлов нет вообще.

Особенности идентификации и оформления натуральных листов на поезда системы ВГП

Для корректного функционирования информационных систем важнейшим условием является однозначная идентификация объектов. По существующим правилам основным идентификатором поезда является его индекс, представляющий собой набор символов, содержащих код станции отправления, номер поезда и код станции назначения. В случае с поездами системы ВГП предстоит решить проблему записи индекса поезда. Очевидно, что трудно однозначно определить станцию отправления и назначения поездов, образующих сеть по всему полигону, изменяющих состав по величине и назначению групп на каждой технической станции, на которой они останавливаются. Принятые для обычных групповых поездов правила записи индексов не подходят, т.к. в плане формирования четко указана станция назначения группового поезда, которая является станцией назначения самой дальней группы. Остальные группы отцепляются до станции назначения поезда либо в одном узле со станцией назначения. Если предусмотрена перецепка групп на промежуточных технических станциях на маршруте следования поезда, то прицепляемые группы, как правило, имеют станцию назначения не далее станции расформирования

поезда. В любом случае, однозначно определена станция расформирования, после которой поезд дальше не идет.

В поездах системы ВГП по ходу следования поезда идет прицепка групп более дальних назначений (по сравнению с прибывшими на данный узловой пункт первого уровня).

Предлагается идентифицировать поезда системы ВГП по участковому принципу. В этом случае на каждом участке, начиная от пограничных узловых пунктов первого уровня (Брест, Гродно, Гомель, Кричев) индекс поезда будет изменяться, а в качестве станций отправления и назначения будут выступать станции прицепки-отцепки групп. Этот индекс предназначен для внесения в натурный лист, содержащий данные о поезде в целом. На каждую прицепляемую группу на станции ее формирования в этом случае также составляется дополнительный натурный лист, содержащий сведения о вагонах этой группы. В нем проставляется свой индекс с кодами станций отправления и назначения данной группы, на месте номера поезда – номер подборки прицепных групп. Нумерацию подборок прицепных групп можно вести общую сквозную с поездами своего формирования. Основной натурный лист следует с поездом один участок между узловыми пунктами первого уровня. Дополнительный натурный лист вместе с комплектом перевозочных документов следует с группой от станции ее формирования до станции расформирования. Таким образом, поезда системы ВГП сопровождают набор натуральных листов: основной натурный лист на поезд и дополнительные натурные листы на каждую группу. Поскольку группа за время своего следования до станции расформирования включается последовательно в несколько поездов, то записывать данные о поезде в целом в дополнительный натурный лист, как это предусмотрено пунктом 1.5.2 действующей инструкции [4] представляется нецелесообразным. Сведения из основного и дополнительного натуральных листов, переданные в дорожные информационные системы, обладают необходимой полнотой данных о поезде и отдельной группе и не требуют дублирования.

План формирования поездов, обращающихся по системе ВГП, предусматривается хранить в таблице PLF_VGP, которая будет копироваться в базу данных УСОГДП из ПЭНСИ. Род поезда в ней не указывается, поскольку все поезда одного рода (групповые). Наличие в составе одной группы считается частным случаем группового поезда. Назначение группового по-

езда соответствует ближайшему на данном направлении узловому пункту первого уровня. Назначение групп указывается согласно действующей итоговой модели организации вагонопотоков по системе ВГП.

Прогнозирование прибытия вагонов на станцию назначения

Функция существует и в подсистеме УСОГДП, но в модуле ВГП отличается методом ее реализации. На основе плана формирования и графика движения поездов в базе данных УСОГДП создается таблица VGP_ROUTES, отражающая маршруты поездов, в которые будут включаться вагоны указанных назначений (последовательность участков, которые будет проходить вагон данного назначения). План формирования ВГП однозначно определяет маршруты следования вагонопотоков, а постоянное расписание – последовательность ниток графика, по которым будут следовать поезда. Это дает возможность по времени отправления со станции формирования и индексу группы, содержащемуся в дополнительном натурном листе, определить как время прибытия вагонов на станцию назначения, так и время прибытия и отправления по промежуточным техническим станциям маршрута.

В отличие от остальных поездов, для поездов системы ВГП прогноз прибытия на конечную станцию заключается в подтверждении следования по постоянному расписанию. Для хранения данных о расписании движения предусматривается специальная таблица VGP_SCHEDULE. Если ввиду каких-либо оперативных изменений зарезервированные для взаимоувязанных групповых поездов нитки графика смещаются или не используются, то прогноз прибытия корректируется. По запросу путем связи таблицы VGP_ROUTES и данных о действующем в рассматриваемый период графике движения определяются новые нитки, используемые для пропуска ВГП и прогнозируется новое время прибытия, отличное от принятого по постоянному расписанию.

Прогноз накопления вагонов

Под накопление на поезда системы ВГП поступают вагоны, станция назначения которых лежит в пределах полигона дороги, либо вагоны со станцией назначения за пределами дороги (кроме назначений межгосударственного плана формирования и отправительских маршрутов).

Назначения формируемых групп вагонов и

соответствующие им диапазоны кодов ЕСП указываются в таблице PLF_VGP. В прогноз накопления на поезда системы ВГП попадают все вагоны из таблицы OP_VGO (вагонная модель ИАС ПУГ ГП), для которых выполняются следующие условия:

- вагоны находятся на станции моделирования состава образования системы ВГП (в таблице STA_MOD в базе данных ПЭНСИ такая станция имеет метку U1 – узловой пункт первого уровня) и вне поезда (признак VG_DISL='0') или прибывают с поездами на эту станцию в рассматриваемый горизонт планирования;

- назначения вагонов соответствуют для данной станции диапазонам, указанным в таблице PLF_VGP.

Для хранения данных прогноза накопления создаются таблицы ACCUMULATION_VGP и ACC_TIME_VGP, аналогичные соответствующим таблицам базы данных подсистемы УСОГДП со следующими отличиями:

- таблица ACCUMULATION_VGP должна содержать данные отдельно по назначениям групп. Учитывая возможную корректировку количества групп из-за их недостаточной величины, ссылка в поле PAR_ID идет не на накопление основной группы (в качестве которой может выступать только группа самого ближнего назначения), а на накопление группы предыдущего по ходу следования назначения (в соответствии с таблицей PLF_VGP);

- таблица ACC_TIME_VGP должна содержать дополнительные поля, предназначенные для фиксации прогнозного значения параметров массы и длины каждой группы и состава в целом. При заполнении таблиц ACCUMULATION_VGP и ACC_TIME_VGP учитывается прогнозная (прогноз накопления) и точная (сведения дополнительных натуральных листов, переданные в ЭВМ) информация с предыдущих узловых пунктов первого уровня. Это необходимо для определения массы и длины составов после прицепки сформированных групп к прибывшему поезду. В поле ACC_TIME (прогнозное время завершения накопления) автоматически заносится время, фиксированное на данной станции для поездов на конкретную зарезервированную нитку графика. При нарушении постоянного расписания это время может корректироваться вручную через АРМ ДНЦ.

Основным ограничителем накопления в системе ВГП является фиксированное время окончания накопления, определяемое привязкой состава к зарезервированной для него нит-

ке графика и технологической нормой на выполнение операций по окончанию формирования и отправлению поезда (с учетом продолжительности обмена групп). Поскольку величина состава поездов системы ВГП переменная, то при оценке параметров формируемых и отправляемых поездов используются нормативы максимально и минимально допустимого веса и длины поездов по каждому участку. Их хранение предусмотрено в копируемой из ПЭНСИ таблице RATE_VGP_TRAIN. При достижении максимальной массы или длины состава (с учетом вагонов, следующих через данную станцию транзитом с обменом групп) ранее фиксированного времени окончания накопления процесс накопления на данный состав прекращается. Выполняется окончание формирования групп, а в прогнозе накопления фиксированное время заменяется фактическим временем окончания накопления.

Прогноз составообразования

Большинство узловых пунктов первого уровня (специально отмеченных станций составообразования) формируют не поезда, а прицепные группы к ним. Поэтому в отношении модуля ВГП под прогнозом составообразования понимается прогноз характеристик планируемого к отправлению состава, который содержит как сформированные на станции прицепные группы, так и группы, следующие через нее транзитом.

Данные прогноза формирования содержатся в таблице FORM_VGP_TRAIN. Характеристики прогнозируемых поездов системы ВГП содержат те же параметры (масса, длина, количество порожних вагонов, негабаритность, наличие опасных грузов), что и обычные поезда, но с дифференциацией по группам. Также дополнительно заносятся данные о композиции состава (назначения групп и расположение их в составе). Определение композиции происходит автоматически. По прогнозу накопления определяется величина групп (в сумме с прибывающими транзитными группами) и сравнивается с минимальным значением, которое содержится в таблице PLF_VGP. Благодаря наличию ссылки в поле PAR_ID таблицы ACCUMULATION_VGP при несоблюдении минимально допустимой величины групп выполняется их объединение, начиная с самого дальнего назначения, и в результате в таблицу FORM_VGP_TRAIN выдается итоговая композиция. Индекс поезда и время отправления по постоянному расписанию также фиксируются

автоматически (в случае нарушения расписания возможна ручная корректировка времени отправления).

Информационное обеспечение тягового обслуживания системы ВГП

Особенностью системы ВГП является тяговое обслуживание групповых поездов с динамически изменяющимся в зависимости от массы состава числом секций. Диапазоны массы и соответствующее им количество секций локомотивов различных типов для каждого участка (при обращении на участке локомотивов нескольких типов) могут быть указаны в отдельных полях таблицы RATE_VGP_TRAIN. Таким образом, количество секций также является параметром, который необходимо указывать в прогнозе формирования.

Обращение ВГП по постоянному расписанию дает возможность сразу после разработки плана формирования и графика движения составить планы работы локомотивов и локомотивных бригад с привязкой их к зарезервированным ниткам и указанием количества секций для каждой нитки. Сведения этих планов могут храниться в специальных таблицах LOC_VGP и LOC_BR_VGP, которые заполняются через АРМ локомотивного диспетчера. В процессе составообразования возможны следующие варианты:

- количество секций соответствует заложенному в таблице LOC_VGP. Соответствие определяется в автоматическом режиме путем сравнения массы планируемого к отправке состава и данных таблицы RATE_VGP_TRAIN. Если расписание движения ВГП не нарушается, то сведения таблиц LOC_VGP и LOC_BR_VGP для конкретной зарезервированной нитки графика автоматически переносятся в прогноз формирования;

- количество секций не соответствует заложенному в таблице LOC_VGP. В этом случае по таблице RATE_VGP_TRAIN определяется потребное количество секций и автоматически формируется заявка-запрос на дополнительные секции или заявка-отказ от лишних секций.

При нарушении постоянного расписания движения поездов системы ВГП без увеличения их количества при прогнозе отправления выбирается ближайшая к зарезервированной свободная нитка графика. Порядок подвязки локомотива сохраняется. Если же из-за резкого кратковременного роста вагонопотока прогнозируется увеличение количества поездов, то на период планирования назначаются дополни-

тельные зарезервированные нитки в действующем графике движения и формируется заявка на дополнительные локомотивы и бригады. Присвоение нитке графика статуса «зарезервирована под поезд системы ВГП» производится вручную с АРМ ДНЦ. Для каждой нитки в соответствии с нормами на выполнение операций по формированию и отправлению фиксируется время окончания накопления, которое заносится в таблицу ACC_TIME_VGP.

Возможна ситуация, когда к моменту окончания накопления данные прогноза показывают, что величина группового состава меньше минимально допустимой. В этом случае в прогнозе автоматически выдается сообщение об отмене поезда, снимается признак резервирования с соответствующей нитки графика (это делает ее доступной для назначения других поездов) и отправляется заявка-отказ от локомотива и бригады (что также позволяет оперативно выдать их под другой поезд). В таблице ACC_TIME_VGP также автоматически изменяется время окончания накопления (устанавливается параметр, соответствующий следующей зарезервированной нитке) и этот процесс продолжается.

Формирование отчетных и статистических данных

К концу каждой смены и суток модуль ВГП формирует отчет в виде таблицы VGP_REPORT, содержащей сведения об отправленных групповых поездах с указанием их массы, длины, композиции, величины групп, количества секций и типа локомотивов, времени окончания накопления и времени отправления. Автоматическое задание композиции состава, использование таблиц ПЭНСИ при прогнозе накопления обеспечивает контроль соблюдения плана формирования взаимоувязанных групповых поездов, как по назначению, так и по соблюдению допустимого диапазона величины составов. Контроль исполнения графика движения достигается фиксацией в VGP_REPORT плановых показателей (количества зарезервированных ниток графика, времени отправления по графику) и их сравнением с количеством и параметрами ниток исполненного графика движения. Необходимо предусмотреть хранение и выдачу отчетов VGP_REPORT, а также формирование сводного отчета за любой требуемый период.

Модуль ВГП также предназначен для сбора статистических данных, используемых впоследствии для разработки плана формирования групповых поездов (корректировки итоговой модели

организации вагонопотоков по системе ВГП). Для этого в специальной таблице VGP_STAT аккумулируются данные о вагонопотоках, включаемых в поезда системы ВГП. Эти данные представляются в виде таблицы корреспонденций между станциями составления ВГП. Исходной информацией для заполнения таблицы VGP_STAT являются натурные листы ВГП. Сведения о вагонах из этих листов после поступления их в базу данных УСОГДП автоматически передаются в соответствующие ячейки таблицы VGP_STAT.

Выводы

Предлагаемый модуль ВГП охватывает все аспекты прогнозирования составления и продвижения групповых поездов, включая информационное обеспечение тягового обслуживания, контроль соблюдения плана формирования и графика движения. Данный модуль учитывает особенности обращения взаимоувязанных групповых поездов. Для адекватной идентификации объектов управления при функционировании системы ВГП потребуются внесение изменений в документальное оформление перевозок, в частности, в правила заполнения натурных листов. Интеграция в единую систему управления поездопотоками Белорусской железной дороги позволит модулю ВГП использовать общую базу данных и выполнять свои функции в увязке с прогнозами для других категорий поездов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Луговцов, М. Н. Организация вагонопотоков по системе взаимоувязанных цепочек групповых поездов и комплексная сравнительная оценка ее экономической эффективности [Текст] / М. Н. Луговцов, Н. А. Кекиш // Вестник БелГУТа «Наука и транспорт». – Мн., 2005. – № 1. – С. 69-72.
2. Комплексная система управления поездной работой на Белорусской железной дороге (КС УПР БЧ). Техническое задание ИШДЖ.596 ТЗ-2008 [Текст]. – Мн., 2008. – 14 с.
3. Подсистема КС УПР БЧ «Увязка составления на технических станциях с прогнозным графиком движения на железнодорожных участках» (УСОГДП). Техническое задание [Текст]. – Мн., 2009. – 37 с.
4. Инструкция по составлению натурального листа поезда [Текст] : Утв.: Совет по железнодорожному транспорту государств 12.02.2003. – Мн., 2003. – 84 с.

Поступила в редколлегию 14.10.2010.
Принята к печати 21.10.2010.

О. Ф. КІР'ЯНОВ, Г. Г. ПЕРЕВЕРЗЄВА (Кременчуцький державний університет ім. М. Остроградського)

НАПРЯМКИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ ВДМ

Наведено результати дослідження інтенсивності руху на регульованих перехрестях у місті Кременчуці. Розглянуто оптимальні організаційні заходи для зменшення коефіцієнта завантаження. Розраховано режими роботи світлофорів для ізолюваного перехрестя і взаємно-залежного вузла.

Ключові слова: транспортний потік, регульовані перехрестя, світлофори, фаза, ППР, коефіцієнт завантаження

Приведены результаты исследования интенсивности движения на регулируемых перекрестках в городе Кременчуге. Рассмотрены оптимальные организационные мероприятия для уменьшения коэффициента загрузки. Рассчитаны режимы работы светофоров для изолированного перекрестка и взаимно зависимого узла.

Ключевые слова: транспортный поток, регулируемые перекрестки, светофоры, фаза, час «пик», коэффициент загрузки

The results of traffic intensity investigation on Kremenchuk regulated road crossings are presented. Optimum organizational measures for diminishing of load factor are considered. The operational modes for traffic lights at the isolated crossing and mutually dependent junction are calculated.

Keywords: transport stream, regulated road crossings, traffic-lights, phase, IIM, load factor

Вступ

Швидкий процес автомобілізації з кожним роком охоплює все більшу кількість країн, постійно збільшується автомобільний парк, кількість людей, причетних до дорожнього руху. Зростання автомобілів і об'єму перевезень призводить до збільшення інтенсивності руху, що в умовах міст з історичною забудовою сприяє виникненню транспортних проблем. Особливо гостро вони проявляються на вузлових пунктах вулично-дорожньої мережі (ВДМ) – перехрестях. У цих місцях збільшуються транспортні затримки, виникають черги та затори, а це викликає зниження швидкості сполучення, невіправдані перевитрати палива, погіршення екологічного стану, підвищення зношуваності вузлів і агрегатів автомобілів. Проблема ускладнюється у міських районах старої забудови, які характерні вузькою проїжджою частиною, короткими квартальними відрізками між перехрестями, значною інтенсивністю пішохідного руху.

Аналіз попередніх досліджень

Викладена проблема знайшла своє відображення у десятках наукових публікаціях, моделях ВДМ, проте залишається і далі вкрай складною з огляду на специфіку кожної конкретної групи міських перехресть, що утворилась істо-

рично та значної кількості протирічних чинників, які необхідно врахувати при пошуку оптимального вирішення задачі [1, 2]. Авторами розроблено більше десятка методів, направлених на підвищення інтенсивності руху, ступіні завантаження перехресть, підвищення пропускної здатності ВДМ та безпеки руху. Проте проблему багатокритеріальності ні одна з відомих методик не вирішує з огляду на значну вагу індивідуального для кожного з вузлів параметрів. Збільшення пропускної здатності міських ВДМ у більшості методик можна досягти або за рахунок будівельних та реконструкційних заходів, або за рахунок впровадження ряду організаційних заходів, таких як розподіл транспортних потоків, впровадження інтелектуальних систем світлофорного регулювання (СФР), що діють на перехрестях тощо. Відомо, що застосування архітектурно-планувальних заходів вимагає, крім значних капіталовкладень, ще й досить значного періоду часу для виконання, тому їх впровадження відбувається у рамках генеральних реконструкцій ВДМ. Організаційні заходи також обмежені як з боку апаратного, так і алгоритмічного аспектів, проте дозволяють на певний час зменшити гостроту проблеми значно меншими витратами. Для їх впровадження, наприклад, систем СФР, необхідні певні фінансові витрати для реорганізації інформаційної підсистеми, встановлення детекторів

довжиною в квартали. Перехрестя з вулицею Пролетарської веде на міст через р. Дніпро, що є напруженою транспортною ділянкою міжнародної автомагістралі. Через ці перехрестя проходять значні транзитні транспортні потоки. Як наслідок, проблеми у сфері дорожнього руху на міській ВДМ відбиваються на ефективності роботи автотранспортного комплексу суміжних регіонів. Епюра інтенсивності руху дозволяє виділити години пік, в які виникають найбільш складні задачі організації руху. Найбільша інтенсивність в період з 11...14 год, що пов'язано з піком ділової активності населення (рис. 2).

Враховуючи вищенаведені фактори, не завжди доцільним є впровадження таких методів. Приймати подібні рішення слід виходячи з міркувань, що базуються на досить коректному техніко-економічному обґрунтуванні. Відомі з робіт моделі організаційного напрямку ґрунтуються на обліку чинників, що характеризують рух транспортних потоків, і використовують дані: про інтенсивність руху транспорту і пішоходів; про швидкість руху транспорту на різних ділянках ВДМ; про затримки транспортних і пішохідних потоків на окремих ділянках і в часі (по сезонах і годинам доби); про склад транспортного потоку і т.п. [2]. В практиці регулювання дорожнім рухом (ДР) найбільш розповсюджена модель Вебстера для розрахунку світлофорного циклу і його складових. В її основі лежить мінімізація середньої затримки автомобіля. На процес ДР впливає велика кількість чинників, тому його цільова функція повинна визначатися комплексним показником ефективності за часом руху учасників і завантаженням ВДМ. Для зменшення завантаження необхідно максимально збільшити пропускну здатність перехрестя, що призведе до збільшення тривалості світлофорного циклу і затримок. Тому доцільно розробити модель, за якої пропускну здатність збільшуватиметься до визначеного ефективного рівня з мінімальними затримками.

Для впровадження організаційних і регулювальних заходів перш за все необхідні дані інтенсивності руху, складу транспортного потоку, параметри ВДМ. Тому було проведено моніторинг транспортних потоків за рядом перехресть міста, найбільш критичних з позиції перевантаження. Моніторинг проводився в середині робочого літнього тижня протягом денного часу високої інтенсивності руху (з 7.00 до 19.00). Досліджувались транспортні потоки на перехрестях вулиці Першотравневої з вулицями Пролетарською, Шевченка та Гагаріна м. Кременчука та окремі суміжні перехрестя, показані на рис. 1.

□ Легкові автомобілі
 ■ Вантажівки

Аналіз даних натурних досліджень показує, що на вулицях міста переважає легковий транспорт (рис. 3).

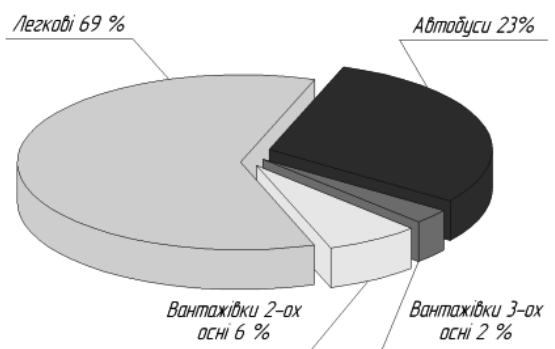


Рис. 3. Склад потоку на ВДМ

Для оцінки пропускної здатності доріг і коефіцієнта завантаження виникає необхідність приведення змішаного потоку автомобілів до потоку, що складається тільки з легкових автомобілів. Експериментально на основі часових інтервалів визначено значення коефіцієнтів приведення до легкового автомобіля:

$$E = \frac{\Delta t_k}{\Delta t_l}, \quad (1)$$

де Δt_k – часовий інтервал між розглянутими ТЗ, с; Δt_l – часовий інтервал між легковими автомобілями, с.

Використовуючи дані приведенної інтенсивності і розподілу транспортного навантаження за напрямками руху створено картограму погодинної інтенсивності руху, що показує найбільш критичні місця на перехресті з позиції перевантаження.

Для оцінки існуючих умов дорожнього руху на мережі було визначено пропускну здатність перехрестя і коефіцієнт завантаження. Як відомо з теорії транспортних потоків, регульовані перехрестя мають найменшу пропускну здатність. Тому систематичні затори створюються саме на керованих перехрестях, які являються т. з. «вузькими місцями» дороги. Якщо інтенсивність руху досягає значення пропускної здатності такого «вузького місця», то швидкість руху (пропускна здатність) не залежить від геометричних характеристик ділянки дороги, розташованої вище вузького місця. Тобто пропускна здатність вулиці визначається пропускну здатністю регульованих перехрестя [2].

Коефіцієнт завантаження не повинен перевищувати при 2-тактному регулюванні 0,8...0,9. В даному випадку більшість коефіцієнтів дорівнює одиниці, а то й вище:

$$z = \frac{N_{прив}^{zod}}{P_{прив}^{zod}}, \quad (2)$$

де $N_{прив}^{zod}$ – приведена інтенсивність в перерізі «стоп-лінії»; $P_{прив}^{zod}$ – пропускна здатність в перерізі «стоп-лінії».

Виявлено, що існуюча пропускна здатність на деяких підходах до перехрестя використовується не ефективно, тобто в одному напрямі надлишок дозволеного сигналу, а в іншому – зростає черга ТЗ. Методом цільового пошуку управляючих параметрів з використанням ПК визначено оптимальне співвідношення фаз циклу і тривалість циклу на кожному перехресті. В якості критеріїв оптимізації слугують значення середньої затримки (3), мінімізація коефіцієнта завантаження (4), рівномірність завантаження всіх підходів (умова $z_{max} - z_{min} \leq 0,4$). Математична інтерпретація даної моделі управління описується таким чином:

$$\bar{t} = f(T_c, t_{o1}, t_{o2}) \longrightarrow \min; \quad (3)$$

$$z = f(P_{прив}^{zod}, t_{o1}, t_{o2}) \longrightarrow \min, \quad (4)$$

де T_c – тривалість циклу СФР; t_{o1}, t_{o2} – тривалість основних тактів регулювання.

Початкові умови:

$$25 \leq T_c \leq 120; T_p = t_{p1} + t_{p2} = \text{const}, \quad (5)$$

де T_p – загальна тривалість проміжних тактів СФР; t_{p1}, t_{p2} – тривалість проміжних тактів регулювання.

Задаємо в якості початкового циклу T_c мінімально допустиме його значення, розраховуємо основні такти з кроком 0,02. Після перебору всіх значень T_c отримано оптимальне співвідношення фаз циклу і його загальну тривалість. Пропускна здатність перерозподілено відповідно до інтенсивності руху, при цьому зменшуються коефіцієнти завантаження і середня затримка. Оптимальних рівнів завантаження досягнуто на досліджуваній ВДМ, крім перехрестя Першотравнева-Пролетарська, так як прямий і перпендикулярний потоки настільки щільно насичені, що корегування двофазового СФР не дало ефективного результату.

Для перехрестя Першотравнева – Пролетарська використаємо метод управління рухом за окремими напрямками. Фазу, як правило визначає найбільш завантажений напрямок. В останніх менш завантажених напрямках фаза не насичена, тобто існує надлишок зеленого сигналу. Це призводить до збільшення тривалості циклу і зменшення пропускної здатності. Щоб лікві-

дувати цей недолік і підвищити гнучкість процесу управління визначаємо тривалість тактів для напрямів роздільно. За такою схемою спочатку пропускаємо прямий мало інтенсивний потік і відводимо час для пропуску зустрічного насиченого лівоповоротного напрямку. Таким чином вдалося максимально збільшити пропускну здатність вулиці Першотравневої і досягти бажаного коефіцієнта, проте невелике напруження залишилось на Пролетарській.

При існуючій інтенсивності засобами СФР не вдається досягти планових коефіцієнтів, тому доцільно зменшити надходження транспорту на досліджувану ВДМ, шляхом обмеження в'їзду вантажних автомобілів у години рекреаційних періодів «пік», а саме з 11 до 14 години (див. рис. 2). Такий підхід дозволить зменшити інтенсивність лівоповоротних напрямів, що значно зменшують пропускну здатність. Після повторного корегування циклу СФР отримані результати задовольняють поставленим вище умовам.

До цього досліджувані перехрестя розглядалися як ізольовані, але беззаперечно між ними існує тісний взаємозв'язок, затор на одному перехресті змінює ритм руху на сусідніх. Тому доречно запланувати координоване управління, що забезпечує включення дозволених сигналів в момент підходу групи автомобілів, які рухаються з визначеною швидкістю. Технічні можливості контролерів дозволяють використання більш складних алгоритмів, ніж існуюче жорстке з одним циклом. Для розрахунку режиму координованого управління використано графоаналітичний метод, що полягає у побудові графіка «відстань-час». Ключовим є перехрестя Першотравнева-Пролетарська, оскільки в нього максимальна тривалість циклу і найбільше завантаження (рис. 4). Цикл для всіх перехресть однаковий (58с), а співвідношення фаз відповідно до інтенсивності.

Основа графоаналітичного методу – максимізація ширини смужки часу. Якщо графік руху автомобіля знаходиться в середині цієї смужки, то йому гарантується беззупиночний рух. Тангенс кута нахилу цих ліній відповідає розрахунковій швидкості. В результаті затримка автомобілів наближується до нуля, збільшується швидкість і, відповідно, збільшується пропускна здатність, зменшується рівень завантаження.

Висновки

1. Пошук оптимальних рішень підвищення пропускну здатності для групи перехресть не-

обхідно вести по багатокритеріальні моделі, що враховує конкретні особливості даної групи.

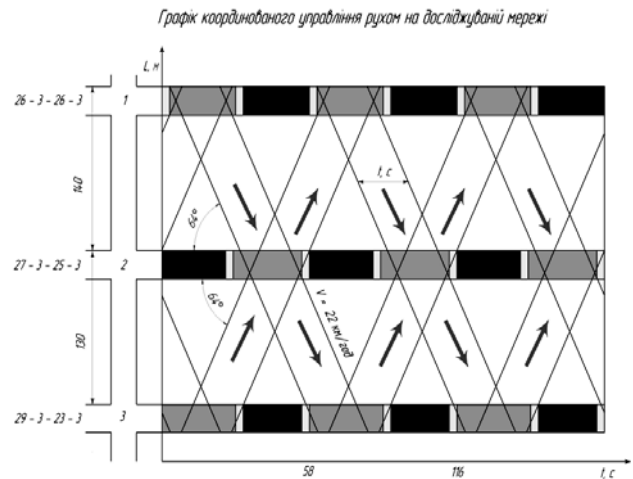


Рис. 4. Схема вузлового руху

2. Оптимальне співвідношення фаз циклу і тривалість циклу на кожному перехресті визначають методом цільового пошуку управляючих параметрів, де в якості критеріїв оптимізації слугують значення середньої затримки та мінімізація коефіцієнта завантаження.

3. Достатньо якісне, проте тимчасове рішення, дає впровадження координованого руху (локальної зеленої хвилі), що орієнтована на фактичні показники інтенсивності руху.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Глик, Ф. Г. Обследование транспортных потоков и прогнозирование нагрузки сети городских улиц и дорог [Текст] / Ф. Г. Глик // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов. – Екатеринбург, 1998. – 105 с.
2. Брайловский, Н. О. Моделирование транспортных систем [Текст] / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
3. Математическое моделирование автотранспортных потоков [Текст] / Н. Н. Смирнов [и др.]. – М.: Мехмат МГУ, 1999. – 59 с.
4. Семенов, В. В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса [Текст] / В. В. Семенов. – Препринт № 34 Ин-та прикл. математики им. М. В. Келдыша РАН, 2004. – 17 с.
5. Пугачев, И. Н. Организация и безопасность движения [Текст] : учеб. пособие / И. Н. Пугачев. – Хабаровск, 2004. – 42 с.

Надійшла до редколегії 08.10.2010.

Прийнята до друку 19.10.2010.

МОДУЛЬНА СИСТЕМА ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ СТУДЕНТАМИ ТЕХНІЧНИХ ВНЗ

У статті виконане порівняння класичної й комп'ютерної системи оцінки знань студентів, проаналізований ефект застосування системи дистанційного навчання «Прометей». Показано позитивні сторони проходження студентами модульного контролю.

Ключевые слова: классическая и компьютерная системы оценки знаний, модульный контроль, система дистанционного обучения

В статье выполнено сравнение классической и компьютерной системы оценки знаний студентов, проанализирован эффект применения системы дистанционного обучения «Прометей». Показаны позитивные стороны прохождения студентами модульного контроля.

Ключові слова: класична й комп'ютерна системи оцінки знань, модульний контроль, система дистанційного навчання

The comparison of classical and computer testing system is given in the article. The effect of usage of «Prometei» remote education system is analyzed. The positive effects of passing the Module Tests by students are shown.

Keywords: classical and computer testing system, Module Tests, remote education system

Вступ

У контексті сучасних тенденцій модернізації і гуманізації вищої освіти проблема якості підготовки майбутніх спеціалістів у технічних вищих навчальних закладах (ВНЗ) і стимулювання їх творчої діяльності є актуальним питанням.

Тенденція постійного скорочення аудиторного часу на вивчення графічних дисциплін у технічних ВНЗ потребує від викладача ретельного пошуку методів удосконалення навчального процесу.

Проведений аналіз педагогічного досвіду [1, 2] показує, що при традиційній побудові навчального процесу не стимулюється активна навчальна діяльність студентів, не забезпечується включення студентів у процес формування узагальнених знань і способів діяльності і, крім того, не забезпечується можливість самоосвіти, саморозвитку і самовираження в ході оволодіння студентами знаннями, вміннями та навичками.

Вивчення досвіду педагогічної та психологічної роботи у ВНЗ при вивченні графічних дисциплін, аналіз філософської, соціологічної і психолого-педагогічної літератури дозволили нам сформулювати проблему дослідження: «Модульна система як засіб підвищення якості при вивченні нарисної геометрії студентами технічних ВНЗ».

З 2005 року кафедра «Графіка» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту (ДНУЗТ) широко використовує проведення тестування з використанням системи дистанційного навчання (СДН) «Прометей». Дана система показала високу ефективність оцінювання знань студентів під час складання модульного контролю з дисциплін «Інженерна графіка» та «Нарисна геометрія».

Використання (СДУ) «Прометей» під час проведення модульного контролю у разі іспитів дозволяє активізувати працездатність, мислення та увагу. Запланований модульний контроль знань, враховуючи його неминучість, є мотивуючим фактором і стимулює навчально-пізнавальну активність студентів при вивченні графічних дисциплін. Тому важливим є питання дослідження методики складання тестових завдань.

Аналіз останніх джерел

Методологічною і теоретичною основою дослідження стали: наукові праці відомих педагогів і психологів, педагогічні і методичні роботи в області теорії розвиваючого навчання; теорії організації навчально-пізнавальної діяльності і теорії діагностики методів дослідження.

У галузі психології і методики розвитку просторового мислення (Г. Д. Глейзер, Дж. Гібсон, В. О. Далінгер, П. Я. Каплунович,

О. М. Леонт'єв, О. Д. Сьомушкін, Д. Б. Ельконін, І. С. Якиманська та ін.); результати теоретичних досліджень у галузі теорії та методики навчання (В. О. Гусєв, Г. А. Саранцев, О. В. Усачов, Т. М. Шамало); результати теоретичних досліджень у галузі комп'ютерних технологій (О. Г. Гейн, О. П. Єршов, В. А. Извозчиков, М. П. Лапчик, В. М. Монахов, І. В. Роберт та ін.).

Основні задачі дослідження:

- проаналізувати стан проблеми контролю знань з використанням модульної системи навчання в період адаптації студентів до навчального процесу у технічному ВНЗ;
- розробити методологію підготовки студентів до проведення контролю знань з використанням модульної системи, детально ознайомити їх з метою і методикою проведення такого контролю;
- виявити психолого-педагогічні умови переходу студентів у суб'єктну позицію у процесі проведення модульної системи навчання студентів нарисної геометрії;
- розробити рекомендації щодо розробки методичного забезпечення процесу проведення контролю знань студентів з використанням модульної системи навчання, для підвищення навчально-пізнавальної активності студентів.

Результати досліджень

Як показують дослідження недостатня розробка модульної системи і відмова від її використання при вивченні нарисної геометрії призводить до слабого засвоєння студентами навчальної програми, а відповідно і до зниження рівня підготовки спеціалістів, які випускаються ВНЗ.

Як показав аналіз класичної системи підготовки спеціалістів із вищою освітою має багато позитиву, однак має місце й ряд недоліків:

- відсутність систематичної роботи і низький рівень активності студентів протягом учебного семестру;
- вірогідність суб'єктивізму у оцінюванні знань студентів;
- значні затрати часу на проведення екзаменаційну перевірку відповідей;
- недостатній рівень адаптації до вимог світового ринку праці, що швидко змінюється;
- низька мобільність студентів стосовно змін направленості підготовки і спеціальностей;

В основі класичного розуміння контролю знань студентів лежать дидактичні виміри, тоб-

то аналіз та подальші вдосконалення відповідей тих, хто навчається, з питань різного ступеню складності.

У кількісному відношенні результат таких вимірів містить оцінку сукупності відповідей студентів, яка відображується на шкалі оцінок викладача.

Оскільки кожен викладач має власну шкалу оцінювання, то виміри такого роду завжди є суб'єктивними [3]. Для усунення суб'єктивізму дидактичних вимірів іноді вдаються до групового контролю, коли рівень знань студента оцінюється відразу декількома викладачами, а оцінка формується експертним шляхом. Це в деякому ступені підвищує об'єктивність оцінювання, однак, призводить до збільшення навантаження на викладацький склад. Більше того, навіть при експертному підході до перевірки знань неможливо уникнути помилок, які пов'язані з обмеженим числом питань, які надаються для контролю.

Одним із етапів підвищення ефективності дидактичних вимірів, зокрема при проведенні модульного контролю знань студентів, є перехід до комп'ютерного тестування, основною метою якого є отримання оцінки рівня знань студента з заданою точністю. Отримання, в результаті тестування, об'єктивної оцінки можна досягнути за рахунок підвищення інформативності всіх завдань тесту, або за рахунок збільшення кількості завдань.

Підвищення інформативності тесту – найбільш ефективний шлях вирішення поставленої задачі. Він реалізується за рахунок впровадження адаптивних процедур тестування.

Переваги адаптованого комп'ютерного тестування визначають наступні моменти:

- оцінювання результатів тестування здійснюється в реальному вимірі автоматично фіксується і зберігається на визначений час;
- можливість формування тестів, різних за рівнем підготовки тих, хто навчається;
- можливість керування змістом тесту і стратегій перевірок у ході тестування;
- відсутність необхідності в паперових носіях і аркушах-відповідях. Це важливо для забезпечення захисту від несанкціонованого доступу до контрольних матеріалів;
- нема необхідності в синхронізації процесу тестування для групи студентів, тобто кожен, хто складає тестування, самостійно обирає темп роботи з тестом;
- при комп'ютерному тестуванні легко ввести часові обмеження або тимчасове відслідкування процесу тестування, що важко здійснити

при паперовому тестуванні; це дозволяє враховувати психомоторні аспекти у студентів;

- підвищується ефективність тестування; зменшується час тестування (до 30 % у порівнянні з паперовою формою тестування) для досягнення того ж рівня надійності оцінювання.

В результаті проведених досліджень важливо розробити методичну систему ефективного педагогічного впливу на студентів в адаптаційний період вивчення нарисної геометрії з метою підвищення їх навчально-пізнавальної активності.

Прикладні дослідження представлені у вигляді: реального впровадження процесу контролю знань студентів з використанням модульної системи; результатів спостережень за проведенням занять та іспитів з нарисної геометрії в адаптаційний період навчання студентів-першокурсників.

Науково-теоретична значимість дослідження полягає в теоретичному підґрунті й експериментальної перевірки шляхів підвищення навчально-пізнавальної активності студентів і підвищення якості їх навчання за допомогою

впровадження розробленої нами методики навчання і контролю знань студентів з використанням модульної системи.

Дослідно-експериментальна робота виконувалась у три етапи відповідно до поставлених задач.

На першому етапі (2001-2003 рр.) вивчалась проблема використання модульної системи навчання студентів при вивченні курсу нарисної геометрії і методи підвищення навчально-пізнавальної активності. Визначались цілі, задачі, робоча гіпотеза дослідження, проводився констатуючий експеримент.

Другий етап (2003-2004 рр.) був присвячений організації експерименту, що формувався, узагальненню й перевірки отриманих результатів, розробці методичних посібників та рекомендацій.

На третьому етапі (2004-2005 рр.) проводилось впровадження результатів дослідження в практику роботи кафедри інженерної графіки.

Схема адаптивного комп'ютерного тестування наведена на рис. 1.



Рис. 1. Схема адаптивного комп'ютерного тестування

Як показали дослідження розподіл дисципліни на логічно завершені частини теоретичного і практичного матеріалу (модулі), а також використання 100-бальної шкали оцінок знань дозволяє викладачеві більш об'єктивно оціню-

вати знання і навички студента під час тестування.

Приклади тестових завдань різного рівня складності наведені на рис. 2-4.

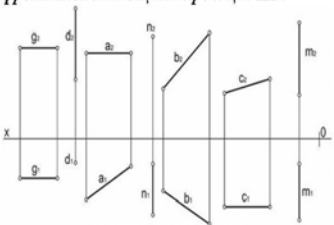
Змістова основа завдання	<p>Яка пряма розташована перпендикулярно до фронтальної площини проєкцій П2?</p> 
Варіанти відповідей	<p>1. <input type="radio"/> a 2. <input type="radio"/> b 3. <input type="radio"/> c 4. <input type="radio"/> d 5. <input checked="" type="radio"/> m 6. <input type="radio"/> m 7. <input type="radio"/> g</p>

Рис. 2. Приклад тестового завдання з модульного контролю № 1 по дисципліні «Нарисна Геометрія»

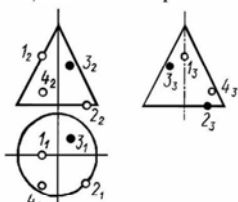
Змістова основа завдання	<p>Білими колами на кресленні зображені видимі проєкції точок, чорними - невидимі. Видимість якої точки на горизонтальній проєкції визначена невірно?</p> 
Варіанти відповідей	<p>1. <input type="radio"/> 1 2. <input type="radio"/> 2 3. <input checked="" type="radio"/> 3 4. <input type="radio"/> 4</p>

Рис. 3. Приклад тестового завдання з модульного контролю № 2 з дисципліни «Нарисна геометрія»

Змістова основа завдання	<p>Визначте, якому з чотирьох аксонометричних зображень моделей відповідає комплексне зображення (види спереду та зверху), яке позначене літерою А.</p> 
Варіанти відповідей	<p>1. <input type="radio"/> 1 2. <input type="radio"/> 2 3. <input checked="" type="radio"/> 3 4. <input type="radio"/> 4 5. <input type="radio"/> жодному</p>

Рис. 4. Приклад тестового завдання з модульного контролю № 3 з дисципліни «Нарисна геометрія»

Висновки

Приєднання України до Болонського процесу передбачає суттєві зміни в організації навчального процесу в вищих навчальних закладах, викликані необхідністю більш різнобічного і ретельного поточного контролю знань студентів. Введення модульного контролю знань потребує від викладацького складу значного збільшення часових затрат не лише на проведення, але й на аналіз результатів такого контролю.

На підставі проведених досліджень можна говорити про наступні позитивні якості проходження студентами модульного контролю:

- кожен конкретний тест є унікальним і не був раніше наданий, що підвищує його надійність;

- ефективність модульного тестування є достатньо високою, оскільки складність завдань, що надаються, відповідає рівню накопичених заздалегідь знань того, хто тестується;

- проходження студентами модульного тестування дозволяє розпізнавати не лише досліджуваних з низьким і середнім рівнем знань, але й дає можливість виявити найбільш підготовлених учнів.

Таким чином можна зробити висновок, що впроваджена в ДНУЗТ модульна система оцінювання знань студентів є ефективним інструментом підвищення показників як якості так і успішності навчання.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Основи розвитку вищої освіти України в контексті Болонського процесу [Текст] (документи і матеріали 2003-2004 рр.) / під ред. В. Г. Кременя, авт. кол.: М. Ф. Степко [та ін.]. – К.-Тернопіль: Вид-во ТДПУ, 2004. – 147 с.
2. Челишкова, М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов [Текст] / М. Б. Челишкова. – М.: Информ.-изд. дом «Филинь», 2003. – 236 с.
3. Малишев, Ю. В. Письменное тестирование в условиях модульного контроля. [Текст] / Ю. В. Малишев // Вісник ДНУЗТ. – 2008. – Вип. 25.

Надійшла до редколегії 28.10.2010.

Прийнята до друку 19.11.2010.

ПРИМУСОВА АВТОРИЗАЦІЯ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ

У статті висунуто перспективну ідею рішення все більш актуального питання ідентифікації особи в мережі Інтернет. Зростаюча популярність Інтернету несе з собою проблему анонімності людини в мережі. Стаття пропонує упровадити новий спосіб ідентифікації, який при всій своїй строгості уточнення інформації за паспортними і біометричними даними людини, є досить демократичним і надає користувачеві можливість самому вирішувати, як розпоряджатися цією інформацією.

Ключові слова: Інтернет, авторизація, ідентифікація

В статье выдвинута перспективная идея решения все более актуального вопроса идентификации личности в сети Интернет. Растущая популярность Интернета несет с собой проблему анонимности человека в сети. Статья предлагает внедрить новый способ идентификации, который при всей своей строгости уточнения информации по паспортным и биометрическим данным человека, является достаточно демократичным и предоставляет пользователю возможность самому решать, как распоряжаться этой информацией.

Ключевые слова: Интернет, авторизация, идентификация

The article describes a promising idea of solving more and more pressing problem of personality authentication in the Internet. Growing popularity of the Internet carries with itself the problem of man anonymity in a network. The article suggests inculcating a new identification method, which at all strictness of information clarification from passport and biometric data of a man, is democratic enough and gives possibility for user to decide how to dispose this information.

Keywords: Internet, authentication, identification

Вступ

Інтернет за останні декілька років став невід'ємною частиною життя суспільства. Із зростанням його розповсюдження феномен анонімності джерела інформації став представляти серйозну проблему. Адже будь-яка інформація, яку користувач передає в мережу, не контролюється і її достовірність лежить на совісті самого користувача. Тільки окремі ресурси із строго обмеженим колом відвідувачів можуть дозволити собі проводити реальний контроль достовірності.

Як показала практика, найбільш поширені способи контролю доступу виявляються безсилими проти достатньо досвідчених користувачів, які легко знаходять методи обходу подібних систем. Більш того, існують спеціальні послуги, що допомагають користувачам одурювати такі засоби контролю і відвідувати ресурси, закриті для їх доступу.

ІСНУЮЧІ СПОСОБИ

Існуючі способи ідентифікації користувача в основному засновані на реєстрації клієнта з прив'язкою до нього деякого ідентифікатора. Він варіюється від прапорця на призначеній для користувача стороні до значення, складно по-

будованого за певними ознаками клієнта, на стороні ресурсу (далі сервера).

Всі способи можна умовно розділити на три групи: з прив'язкою до комп'ютера, з прив'язкою до одного облікового запису і з прив'язкою до користувача.

Припустимо, що на сервері знаходиться якась служба, яка проводить опит. Для того, щоб один і той же відвідувач не голосував кілька разів, серверу необхідно якимсь чином його запам'ятати.

Перший спосіб – «Cookies». Він відноситься до категорії прив'язки до комп'ютера і є реєстрацією якоїсь змінної на стороні клієнта. Ідентифікатор цієї змінної прив'язується до сервера, а її значення указує на те, що даний клієнт проголосував в конкретному опиті. Коли ж користувач зробить спробу повторного голосування в тому ж опиті, сервер перевірить значення цієї змінної і, якщо воно указує на цей опит, відбудеться відмова в голосуванні.

Недолік такого способу в тому, що користувач у будь-який момент може видалити всі Cookies за допомогою браузера (програма-клієнт) або здійснити повторне голосування через інший браузер, який не має доступу до зареєстрованих раніше змінних Cookies [1].

Другий спосіб – ідентифікація IP клієнта. Він заснований на визначенні адреси клієнта в

мережі (IP). Він також відноситься до категорії прив'язки до комп'ютера. Під час обробки голосування сервером, визначається IP клієнта. Якщо клієнт ще не голосував в даному опиті, сервер записує його IP в базу даних, як той, що проголосував. При повторній спробі голосування тим же клієнтом, сервер визначає, що з його IP голос був врахований і відмовляє користувачеві.

На жаль, у даного способу є свої серйозні недоліки. По-перше, клієнт може змінити свій IP через анонімні проксі-сервера. Це дає можливість обходити системи, засновані на обмеженні доступу через ідентифікацію IP. По-друге, зараз досить поширені локальні мережі, які об'єднують в собі безліч клієнтів, що мають один зовнішній IP на всіх. При цьому якщо один клієнт вже проголосував в подібному опиті, сервер не дасть іншим клієнтам з цієї мережі пройти голосування, оскільки у них така ж IP-адреса, що і у того, що проголосував.

Третій спосіб – «Супербан». Він заснований на визначенні коду, складеного по унікальних особливостях комп'ютера, через який користувач здійснює доступ. Є найнадійнішим способом, що відноситься до категорії прив'язки до комп'ютера.

Після того, як клієнт вперше проголосував в опиті, який використовує даний метод ідентифікації, сервер за допомогою певних засобів на клієнтові визначає унікальні властивості комп'ютера клієнта (MAC-адреса мережевої карти, параметри монітора і т.д.) і складає якусь послідовність за отриманими даними. Далі, ця послідовність записується в базу даних сервера і вже при спробі повторного голосування з даного комп'ютера користувачеві буде відмовлено.

Ця система вважається найбільш надійною, але навіть її можна обійти шляхом зміни параметрів системи комп'ютера (наприклад, змінити параметри монітора).

Четвертий спосіб – «Open ID» та аналогічні системи. Він відноситься до категорії прив'язки до одного облікового запису, заснований на використанні єдиного облікового запису. Розглянемо його принцип дії.

Користувач, що виявив бажання реєструватися на конкретному ресурсі, часто зобов'язаний заповнити цілий ряд полів, таких як логін, пароль, E-mail, деяку особисту інформацію. При цьому для кожного нового ресурсу він зобов'язаний вводити всю цю інформацію наново. Ресурс, який використовує систему Open ID або подібну до неї, пропонує користувачеві ввести тільки свій OPENID, який є ідентифікатором, отриманим користувачем при реєстрації в самій системі Open ID. Поля облікового запи-

су, який був заведений користувачем у момент реєстрації в системі авторизації, пізніше будуть представлені ресурсу, таким чином, користувачеві можна буде не вводити наново всі ці значення.

Після введення OPENID, яке містить в собі ім'я користувача і посилання на провайдера ідентифікації, користувач потрапляє на сторінку провайдера, де повідомляє йому, чи довіряє він даному сайту. Якщо користувач довіряє, то провайдер надасть інформацію про нього ресурсу і перенаправить користувача назад на ресурс. В осоружному ж випадку, перенаправлення все одно відбудеться, але ресурсу буде відмовлено в наданні значень.

Варто відзначити, що необов'язковою опцією є створення деякого секретного ключа, узгодженого між провайдером ідентифікації і сервісом. Якщо з боку користувача відбудеться спроба зламати систему і він спробує обдурити її шляхом відвідування підробної сторінки провайдера, ресурс звірить цей секретний ключ з ключем, заздалегідь узгодженим з провайдером ідентифікації, який повинен був видати користувачеві повноваження використовувати його інформацію. Якщо ключ не відповідає, користувачеві буде відмовлено в доступі [3].

На прикладі з голосуванням, уніфікація користувачів проводитиметься по OPENID ідентифікатору. Але при цьому користувач може завести собі декілька облікових записів.

Перевага цієї системи полягає в тому, що вона дозволяє користувачеві завести один обліковий запис і більше не утрудняти себе в її повторному введенні для кожного ресурсу окремо.

Шостий спосіб – реєстрація з явкою клієнта. Він відноситься до категорії прив'язки до користувача, виконує реєстрацію клієнтів через спеціальні відділи реєстрації, які враховують їх в спеціальній базі даних. Цей спосіб дозволяє уникнути повторної реєстрації при голосуванні на виборах через Інтернет або для привласнення випускникам, що беруть участь в єдиному тестуванні, індивідуального коду. Особливість цієї системи в тому, що цей код видається по документах, підтверджуючих особу людини.

Недоліком цього способу є те, що він недостатньо поширений серед систем реєстрації користувачів в Інтернет і він може не врахувати той факт, що в деяких країнах дозволено подвійне громадянство і одна і та ж людина може мати декілька паспортів і, відповідно, може реєструватися кілька разів.

Висновок. Для способів прив'язки до комп'ютера характерний один недолік: користувач, що має певні навички, легко зможе обійти систему ідентифікації, помінявши комп'ютер, як

точку входу в мережу Інтернет. Але вони можуть стати хорошою основою для інших способів.

У способів прив'язки до одного облікового запису також є свій недолік: будь-який користувач може завести собі необмежене число облікових записів. Але при цьому такі способи дуже зручні для користувача, оскільки дозволяють ввести інформацію про себе тільки один раз, указуючи ресурсам тільки ім'я свого облікового запису, якщо ці ресурси підтримують таку систему ідентифікації.

Способи реєстрації з прив'язкою до користувача найнадійніші, оскільки не дозволяють одній людині завести декілька облікових записів. Але при цьому вони обмежені межами окремих організацій або країн і не адаптовані для масштабної роботи в мережі Інтернет.

ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ

У зв'язку із зростанням числа користувачів Інтернету виникла необхідність створення нової системи ідентифікації користувачів Інтернет-ресурсами, яка матиме надійну прив'язку до користувача і вимагатиме від нього введення достовірної інформації про себе. При цьому система повинна бути універсальною, безпечною, зручною і простою для користування і, що важливо для новаторських систем, не повинна вимагати значних змін у вже існуючій інфраструктурі мережі Інтернет.

При створенні нової системи ідентифікації слідє, до всього іншого, врахувати, що не всі користувачі захочуть, щоб інформація, яка може вказати на них, була доступна кому-небудь в Інтернет. Якщо ввести примусову авторизацію для доступу до кожного ресурсу в мережі, неминучі конфлікти і протести з боку користувачів.

Тому система також повинна бути прозорою для користувача, гарантувати йому конфіденційність і можливість повного управління наданою інформацією. На ранніх же стадіях впровадження вона не повинна вимагати своєї участі в процесі ідентифікації користувачів кожним ресурсом мережі Інтернет, таким чином, надаючи їм право вибору, адже існують сайти, що не потребують точної інформації про користувачів.

ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО СПОСОБУ

Автори пропонують новий варіант ідентифікації користувачів в мережі Інтернет, вільний від недоліків існуючих способів ідентифікації.

Суть його полягає в наступному.

Враховуючи всі правила, пропонується створити спеціальну web-службу, яка об'єднає

в собі всі переваги вищеописаних способів і виключить деякі їх недоліки.

Запропонована служба візьме від систем прив'язки до єдиного облікового запису одноразову реєстрацію, яка дозволить користувачеві отримати щось на зразок паспорта в Інтернеті, який міститиме в собі всю необхідну інформацію про користувача для кожного ресурсу.

Від систем прив'язки до користувача служба візьме уніфікацію кожного користувача за його паспортними даними. При цьому, виходячи з того, що паспортні дані можуть в деякій мірі співпадати або ж можуть розрізнятися стандарти складання паспорта в різних державах, пропонується також ввести уніфікацію користувача по його деякій біометричній ознаці.

Пропонована служба складатиметься з авторизованих відділів реєстрації клієнтів, серверів авторизації, а також із служби технічного контролю.

Відділ реєстрації є відведеним приміщенням, доступним для відвідування користувачами, обладнаним одним або більш (залежно від навантаження на відділ) комп'ютером (з доступом в Інтернет і спеціальними пристроями для реєстрації користувачів) і що має штат - навчений персонал, який обслуговуватиме клієнтів.

Сервера авторизації повинні складатися з єдиної бази даних клієнтів, серверної системи обслуговування і реєстрації клієнтів і системи, за допомогою якої здійснюватиметься контроль роботи серверів службою технічного контролю.

З приводу бази даних варто відзначити, що крім різних службових таблиць, вона повинна містити ще чотири таблиці.

Перша таблиця містить обов'язкову інформацію про користувача, яку вводять безпосередньо під час його реєстрації.

Друга таблиця містить необов'язкову інформацію, яку користувач може ввести і змінити у будь-який час через Інтернет або при явці у відділ реєстрації.

Третя таблиця містить інформацію про переваги ресурсів, які були віддані користувачем. Це адреси ресурсів, покажчики на користувачів, які працюють з цими ресурсами, і перелік дозволених значень, які можна видати даним ресурсам.

Четверта таблиця – налаштування. Вони містять в собі особисті налаштування користувача, що допомагають сервісу бути зручнішим в обігу.

Система обслуговування і реєстрації клієнтів виконує найголовнішу функцію. Саме ця система є центром серверів авторизації, яка стане найбільш важливою частиною проекту, оскільки вона буде схильна до найбільшого наван-

таження і швидше за все найбільшої кількості атак хакерів.

Система реєстрації клієнтів повинна мати серверну і клієнтську частину.

В ролі серверної частини виступає безпосередньо сам сервер, який здійснює роботу по обробці отриманих даних і їх занесенні в базу даних.

В ролі клієнтської частини виступає комп'ютер, що знаходиться в точці реєстрації.

Як же відбувається сам процес реєстрації?

Користувач, охочий реєструватися в системі, приходить в точку реєстрації з дійсним посвідченням особи. Таким посвідченням може служити паспорт або посвідчення водія.

Він укладає з підприємством, яке надає даний сервіс, договір, що зобов'язує це підприємство у жодному випадку не розголошувати інформацію про користувача без його угоди.

Пред'явивши посвідчення операторові системи реєстрації, користувач повідомляє, які дані він хоче занести через заповнення спеціальної анкети. Окрім обов'язкових даних, таких як прізвище, ім'я, по батькові, дата народження, місто мешкання, пароль і логін до облікового запису, користувач може вказати і необов'язкові, такі як точна адреса, фотографія, номер електронного гаманця, електронна поштова адреса і так далі. При цьому необов'язкову інформацію можна занести не тільки під час реєстрації. Можлива також додаткова явка користувача в будь-який відділ реєстрації для зміни або доповнення інформації. Також деяку інформацію можна доповнювати і через Інтернет.

Але навіть після введення оператором всієї обов'язкової інформації про користувача залишається одна проблема. Необхідна ідентифікація користувача за приватною ознакою, яка могла б його відрізнити від будь-якої іншої людини.

Припустимо, що такою ознакою може стати відбиток пальця користувача [2].

Склавши код за унікальною ознакою, можна вирішити ряд проблем.

По-перше, клієнт може дістати доступ до свого облікового запису, не маючи при собі ніяких посвідчень і не маючи пароля, якщо його обліковий запис, скажімо, зламали.

По-друге, система матиме унікальну інформацію про користувача, яка не мінятиметься при спробі повторної реєстрації в іншому відділі.

Зібрана інформація відправляється на сервер реєстрації через спеціальне безпечне з'єднання. Там в першу чергу перевіряється унікальний код користувача. Якщо такий вже існує, в реєстрації буде відмовлено. Тому складання і перевірку унікального коду варто проводити на

самому початку реєстрації. Якщо ж код не присутній в базі даних, сервер створює новий обліковий запис з своїм порядковим номером, записує туди всі введені значення і повідомляє оператора про вдалу реєстрацію користувача.

Подібні відділи реєстрації, на пізніх етапах впровадження системи, повинні знаходитися в досяжності користувачів по всьому світу (де є доступ до мережі Інтернет).

Система обслуговування клієнтів грає ключову роль в запропонованому методі. Вона буде найчастіше використовуватися і, найімовірніше, буде сильно схильна до спроб злому. Тому саме цій системі варто приділити більше всього уваги.

Основна ідея була узята у Open Id [4] (див. рис. 1).

Розглянемо на прикладі голосування. Вмиль, коли клієнт спробує проголосувати на деякому ресурсі, йому потрібно буде реєструватися на ньому за допомогою сервера авторизації. Клієнт автоматично переадресовується на сервер, де він вводить свої логін і пароль або пред'являє відбиток пальця. Після цього йому надається перелік необхідних для реєстрації на ресурсі даних. Затвердивши цей перелік повністю або частково, клієнт переадресовується назад на ресурс, де вже залежно від затверджених даних йому дозволяють або відмовляють реєструватися.

При цьому ресурс проводить запит на сервер авторизації для з'ясування переліку доступних йому даних.

У такого методу є недолік: якщо ресурс створювався недобросовісно, то клієнта можна переадресувати на підроблену сторінку сервера авторизації (див. рис. 2). При цьому довірливий клієнт введе свої логін і пароль або образ відбитку пальця в базу даних творця цього підробленого сервера для подальшого корисливого використання третіми особами. Щоб уникнути цього, клієнтові пропонується ввести секретне питання і відповідь, які відомі лише йому і серверу авторизації. Кожного разу, коли клієнта туди переадресовують, він вводить секретне питання, після чого сервер повинен відповісти на нього, використовуючи введену раніше клієнтом відповідь. Якщо відповідь саме така, яку очікує клієнт, то він може бути упевнений в тому, що він знаходиться на справжньому сайті сервера авторизації [5].

Слабкою стороною вищеописаного методу є те, що користувачі відноситимуться до подібного роду системам з недовірою і це серйозно ускладнить її впровадження. При правильній рекламі та сертифікації цього можна уникнути. Також з'являється людський чинник при реєстрації користувача – правильність роботи точок

реєстрації повністю лежить на сумлінності обслуговуючого їх персоналу.

Отже, для успішного впровадження запропонованого принципу необхідно буде в пода-

льшому вирішити ряд питань: організаційне, технічне та соціально-психологічне.

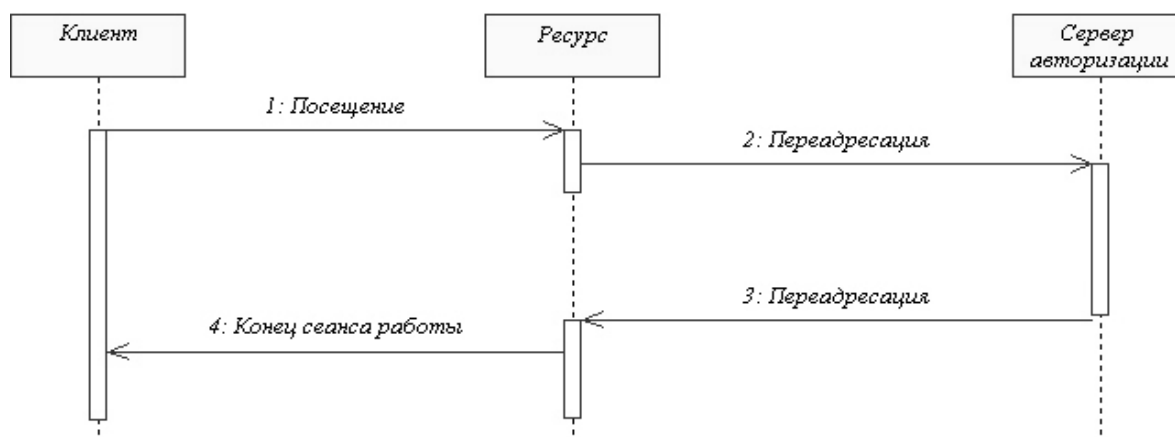


Рис. 1

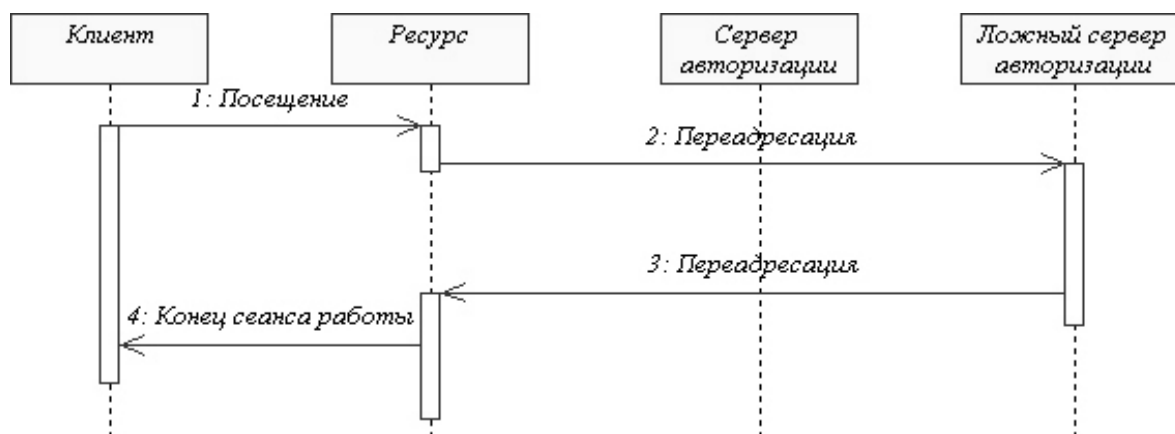


Рис. 2

Організаційне питання полягає у розгортанні доступної мережі пунктів реєстрації, якою могла би скористатися кожна людина.

Технічне питання полягає у оснащенні клієнтських терміналів дешевими засобами вводу біометричних даних.

Найважче питання, соціально-психологічне, потребує переконання користувача у корисності та безпечності такого способу ідентифікації.

У результаті запропонована система при правильному впровадженні забезпечить як з фізичної, так і з юридичної точки зору повну конфіденційність інформації, наданої користувачем. При цьому її достовірність гарантується точками реєстрації.

- Benantar, M. Access Control Systems: Security, Identity Management and Trust Models [Text] / Messaoud Benantar.
- Recordon, D. OpenID: The Definitive Guide: Identity for the Social Web [Text] / D. Recordon, L. Rae, Ch. Messina.
- Bell, G. Building Social Web Applications: Establishing Community at the Heart of Your Site [Text] / Gavin Bell.
- Andrews, M. How to Break Web Software: Functional and Security Testing of Web Applications and Web Services [Text] / M. Andrews, J. A. Whittaker.

Надійшла до редколегії 17.08.2010.

Прийнята до друку 25.08.2010.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- Кришнамурти, Б. Web-протоколы. Теория и практика [Текст] / Б. Кришнамурти, Дж. Рексфорд. – М.: БИНОМ, 2002. – С. 58-61.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЛАНУВАННЯ НЕОДНОРІДНИХ ДИНАМІЧНИХ ПОТОКІВ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ

У представленій статті виконано аналіз динамічних потоків, коли одиниці потоку мають індивідуальні властивості (неоднорідності).

Ключові слова: транспортні мережі, неоднорідні динамічні потоки, автоматизація планування

В представленной статье выполнен анализ динамических потоков, когда единицы потока имеют индивидуальные свойства (неоднородности).

Ключевые слова: транспортные сети, неоднородные динамические потоки, автоматизация планирования

The analysis of dynamic streams when the stream units have individual characteristics (heterogeneity) is executed in the represented article.

Keywords: transport systems, heterogeneous dynamic streams, automation of planning

Вступ

Задача знаходження максимального потоку в мережі є однією з фундаментальних в теорії графів і комбінаторної оптимізації. Вона вивчається впродовж багатьох років, що обумовлене широким спектром її використання в багатьох практичних додатках, пов'язаних з аналізом транспортних систем, систем матеріальних потоків, обчислювальних і комунікаційних мереж, енергетичних і електричних систем і т.д. Як правило, в цих додатках розглядаються однопотікові потоки в яких не враховуються індивідуальні властивості (неоднорідності) одиниць потоку і час пересування по дугах мережі, разом з тим урахування індивідуальних властивостей є дуже актуальним для планування на сьогоднішній день. У зв'язку з цим аспектом потікову задачу можна інтерпретувати, як неоднорідну динамічну потіковою задачу. Індивідуальними властивостями потоків можуть бути: переміщення по відомих маршрутах, обмеження на можливість сумісного руху по дугах, задання певної послідовності руху носіїв, право власності, тобто індивідуальні оцінки якості і мети переміщення носіїв, та ін.

Матеріал і результати дослідження

Розглянемо модель задачі знаходження неоднорідного динамічного максимального потоку, розглянуту в [1]. Припишемо кожній дузі (x, y) графа $G = (X, A)$ ціле позитивне число $t(x, y)$, яке визначає кількість деяких тимчасових інтервалів, необхідних для проходження одиниці потоку по дузі (x, y) . Величина $t(x, y)$ називається часом проходження по дузі (x, y) . Будемо через $c(x, y, T)$ позначати мак-

симальне число одиниць потоку, яке може входити в дугу (x, y) у момент часу T , де $T = 0, 1, \dots$. Динамічним потоком в графі G з вершини s у вершину t називається будь-який потік з s в t , який задовольняє обмеженням на пропускні спроможності дуг в кожний момент часу. Точніше, динамічним потоком з s в t називається будь-який потік між вказаними вершинами, для якого в кожен момент часу T входить не більше ніж $c(x, y, T)$ одиниць потоку. Відзначимо, що в динамічному потоці окремі його одиниці можуть відправлятися з джерела у моменти часу $0, 1, 2, \dots$. Також, кожна одиниця потоку повинна задовольняти якійсь індивідуальній властивості з набору властивостей I_s .

Максимальним динамічним неоднорідним потоком з вершини s у вершину t за період в p інтервалів часу є такий динамічний потік з s в t , для якого в стік t за період часу p проходить максимально можлива кількість одиниць потоку.

Розглянемо приклад з життя, в якому задача знаходження динамічного максимального потоку стає актуальною. Хай агент бюро подорожей повинен переправити на протязі 48 годин 75 пасажирів із Спрінгфілда до Стамбулу. Дана проблема може бути таким чином зведена до задачі про динамічний максимальний потік. Хай у відповідному графі Спрінгфілду відповідає джерело, а Стамбулу – стік. Хай кожен аеропорт, що належить можливому маршруту перельоту із Спрінгфілда до Стамбулу, також представлений деякою вершиною. У даному графі з'єднаємо вершини x і y дугою тільки в тому випадку, якщо є безпосадочний рейс між

відповідними аеропортами. Хай час проходження кожної дуги (x, y) рівний часу польоту між відповідними аеропортами, округленому до годин. (У тривалість польоту повинен бути включений час пересадки у відповідному аеропорту з одного рейса на інший.) Хай пропускна спроможність $c(x, y, T)$ дуги (x, y) у момент часу T рівна числу місць на відповідний рейс з часом відправлення T . Якщо вказаного рейса немає, то вважається $c(x, y, T) = 0$. Дана практична задача має розв'язок, якщо в побудованому вище графі існує динамічний потік в 75 одиниць з джерела в стік за період в 48 інтервалів часу і якщо ми можемо цей потік побудувати.

Очевидно, задача пошуку максимального динамічного потоку є складнішою, ніж задача пошуку максимального потоку. Це пов'язано з тим, що при розгляді задачі про динамічний потік необхідно простежувати переміщення кожної одиниці потоку з тим, щоб в жоден момент часу ні для однієї дуги не була перевищена її пропускна спроможність. У [2] показано, що, таке додаткове ускладнення задачі про динамічний потік (в порівнянні із задачею про статичний потік) можна обійти шляхом зведення першої задачі до другої в «розгорнутому в часі» варіанті початкового графа.

Позначимо через G_p розгорнутий в часі варіант початкового графа $G = (X, A)$ для періоду в p інтервалів часу. Множина вершин графа G_p визначається як:

$$X_p = \{x_i : x \in X, i = 0, 1, 2, \dots, p\}. \quad (1)$$

Множина дуг графа G_p визначається як:

$$A_p = \left\{ (x_i, y_j) : \begin{aligned} &(x, y) \in A, \\ &i = 0, 1, \dots, p - t(x, y), j = i + t(x, y) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Покладемо

$$c(x_i, y_j) = c(x, y, i). \quad (3)$$

Відмітимо, що множина вершин X_p графа G_p формується з вершин множини X , кожна з яких продубльована p раз для кожного моменту часу в періоді, що розглядається. У графі G_p вершини x_i і y_j з'єднуються дугою, якщо в початковому графі G потік може пройти з вершини x у вершину y за час $(j - i)$. Наприклад, одиниця потоку, що виходить з вершини x у момент часів 5 і що витрачає при прохо-

дженні по дузі (x, y) 8 одиничних інтервалів часу, може бути представлена в графі G_p одиницею потоку, яка проходить по дузі (x_5, y_{13}) .

Очевидно, будь-який динамічний потік з s у t в графі G еквівалентний потоку з групи джерел в групу стоків в графі G_p . Справедливе і зворотне твердження.

Оскільки кожен динамічний потік еквівалентний статичному потоку в розгорнутому в часі варіанті початкового графа, то максимальний динамічний потік за період в p інтервалів часу може бути визначений за допомогою відповідного алгоритму пошуку максимального (статичного) потоку в розгорнутому в часі варіанті початкового графа (розгорнутому на період часу p). Таким чином, у принципі немає необхідності в розробці нового алгоритму для розв'язку задачі про динамічний потік. Проте якщо p достатньо велике, то достатньо великим стає і граф G_p . Відповідно істотно зростає об'єм обчислень, необхідних для пошуку максимального потоку в графі.

На щастя Форд і Фалкерсон в [2] розробили алгоритм, названий ними алгоритмом пошуку максимального динамічного потоку, який буде відповідний потік значно ефективніше, ніж алгоритм пошуку максимального потоку після зведення задачі про динамічний потік до звичної задачі про потік. Проте необхідно мати на увазі, що алгоритм пошуку максимального динамічного потоку може бути використаний тільки для не залежних від часу вхідних пропускних спроможностей, тобто виконуватися за умови, що $c(x, y, T) = c(x, y)$ для всіх $T = 0, 1, \dots, p$ і всіх дуг $(x, y) \in A$.

Помітимо, що вище – при обговоренні динамічних потоків – не розглядалася можливість зупинки або затримки в якій-небудь вершині одиниці потоку протягом деякого періоду часу, перш ніж ця одиниця потоку продовжить свій рух до стоку. Проте така можливість є цілком реальною.

Для випадку коли допускається затримка потоку, граф G слід скоректувати, додавши до нього дуги вигляду (x_i, x_{i+1}) . При цьому одиниці потоку, досягнувши вершини x , можуть бути відправлені з неї через деякий час.

Цікаво поставити наступне питання: чи зміниться величина максимального динамічного потоку за період в p інтервалів часу за умови допустимості затримок потоку. Очевидно, можливість затримки потоку не може привести до зменшення цієї величини. Насправді, легко та-

кож показати, що величина максимального динамічного потоку за період в p одиничних інтервалів часу за наявності затримок не може і зрости.

Оскільки, у результаті, динамічний потік еквівалентний статичному потоку в розгорнутому в часі варіанті початкового графа то, використовуючи методику, розглянуту в статті [3], ми можемо знаходити неоднорідний динамічний потік в транспортних мережах. Для цього модернізуємо граф відповідний статичному потоку, додаючи фіктивне джерело s^* з'єднавши його зі всіма вершинами групи джерел s_i для всіх $i = 0, 1, \dots, p$, також додамо фіктивний стік t^* з'єднавши його зі всіма вершинами групи стоків t_i для всіх $i = 0, 1, \dots, p$. Пропускні

спроможності дуг (s^*, s_i) і (t_i, t^*) будуть рівні нескінченності для всіх $i = 0, 1, \dots, p$. Таким чином ми одержали мережу з одним джерелом s^* і одним стоком t^* .

Дослідимо залежність величини динамічного максимального потоку від обмежень, що накладаються набором індивідуальних властивостей на наступному прикладі. Розглянемо задачу про динамічний максимальний потік в мережі (представленої у вигляді графа) з однорідними носіями (рис. 1, 2), і з індивідуальними властивостями носіїв потоку (рис. 1, 3). Прийнемо, що індивідуальною властивістю є вимога, згідно якої тільки 1 носій повинен рухатися по траєкторії $s \rightarrow x \rightarrow t$.

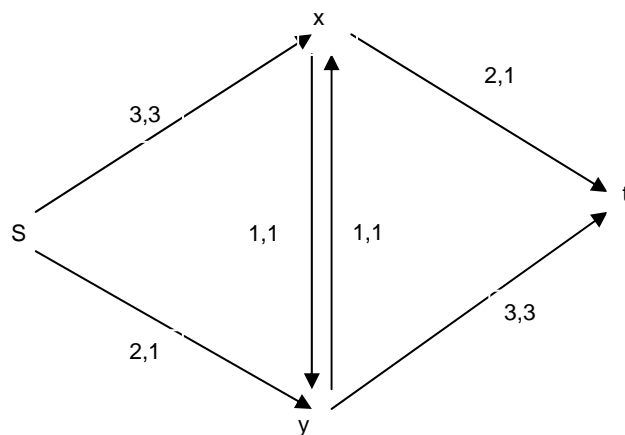


Рис. 1. Початковий граф (перше число, написане біля дуги, є її пропускна здатність, а друге – час проходження цієї дуги)

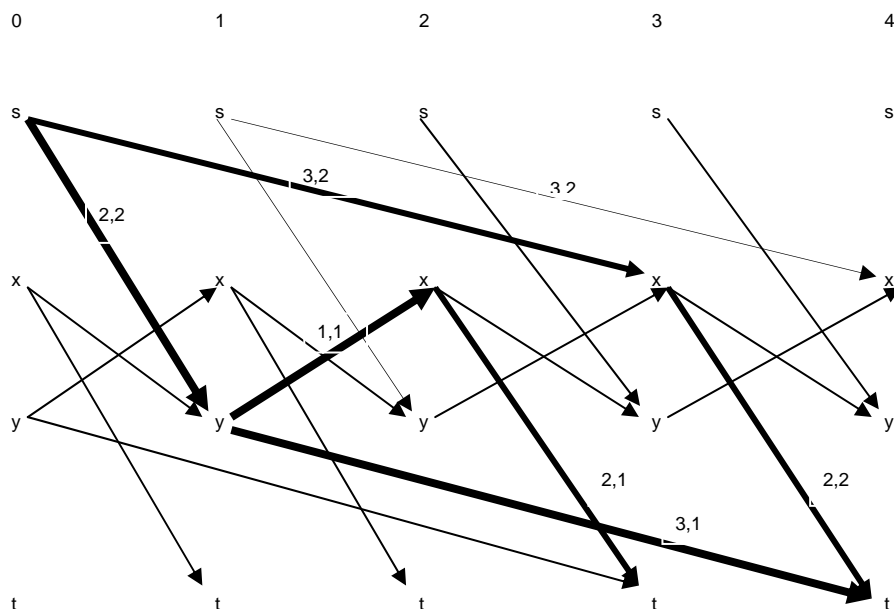


Рис. 2. «Розгорнутий в часі» варіант початкового графа ($p = 4$), із знайденим максимальним потоком без індивідуальних властивостей носіїв

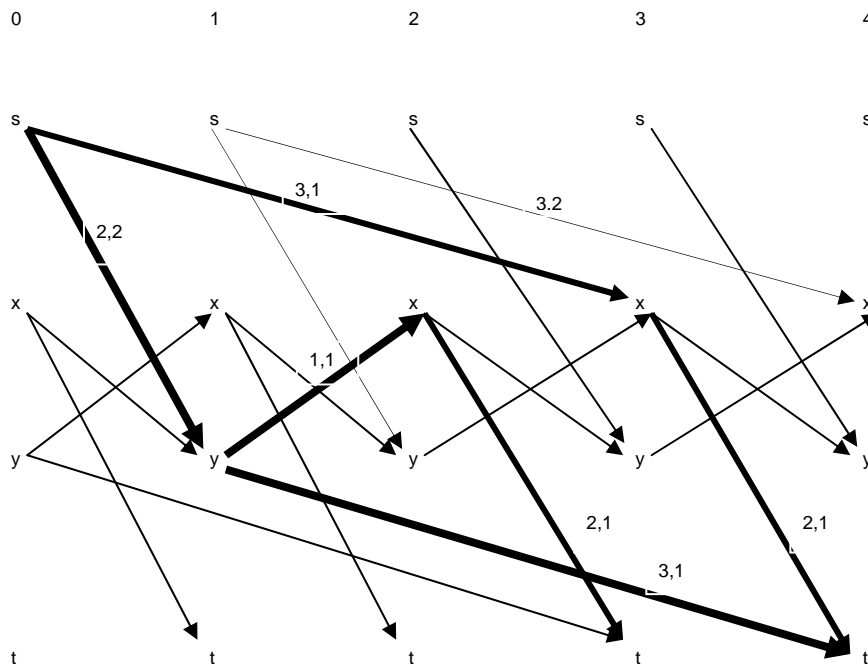


Рис. 3. «Розгорнутий в часі» варіант початкового графа ($p = 4$), із знайденим максимальним потоком з індивідуальними властивостями носіїв

Слід уточнити, що для «розгорнутих в часі» варіантах початкового графа (рис. 2, 3), зверху рисунків розташовані значення одиниць часу $i = 0, 1, 2, 3, 4$. Для задачі рис. 1, 2 максимальний потік, розрахований згідно [4], рівний 4, а для задачі рис. 1, 3 він рівний 3. Це значить, що є пряма залежність величини динамічного потоку від індивідуальних властивостей (неоднорідностей) носіїв потоку.

Висновки

Показано, що в динамічних поточкових задачах з урахуванням індивідуальних властивостей носіїв істотно впливають на величину потоку не тільки види та характеристики цих індивідуальних властивостей, але і період часу за який ми розглядаємо поведінку носіїв потоку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мейника, Э. И. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах [Текст] / Э. И. Мейника. – М.: Мир, 1981. – 325 с.
2. Форд, Л. Р. Потоки в сетях [Текст] / Л. Р. Форд, Д. Р. Фалкерсон. – М.: Мир, 1966. – 276 с.
3. Скалозуб, В. В. Моделирование и анализ поточковых задач с неоднородными носителями [Текст] / В. В. Скалозуб, Л. А. Паник // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 19. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 134-137.
4. Филлипс, Д. И. Методы анализа сетей [Текст] / Д. И. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Надійшла до редколегії 17.05.2010.
Прийнята до друку 27.05.2010.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СТЕРЖНЯ ОПРАВКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО СТАНА

Розглянуто задачу про параметричні коливання системи «гільза (труба) – оправлення – стрижень» автоматичного стану трубопрокатного агрегату. Складено диференціальне рівняння руху стрижня оправки автоматичного стану трубопрокатного агрегату. Динамічні процеси представлені системою диференціальних рівнянь у вигляді рівнянь Мат'є-Хілла. Встановлено області стійкості функціонування механізму утримання оправки автоматичного стану.

Ключові слова: динаміка, стрижень, оправлення, труба

Рассмотрена задача о параметрических колебаниях системы «гильза (труба) – оправка – стержень» автоматического станa трубопрокатного агрегата. Составлено дифференциальное уравнение движения стержня оправки автоматического станa трубопрокатного агрегата. Динамические процессы представлены системой дифференциальных уравнений в виде уравнений Мат'е-Хилла. Установлены области устойчивости функционирования механизма удержания оправки автоматического станa.

Ключевые слова: динамика, стержень, оправка, труба

The problem about parametrical fluctuations of system «sleeve (pipe) – mandrel – core» of an automatic mill of the pipe-rolling unit is considered. The differential equation of movement of a core mandrel of an automatic mill of the pipe-rolling unit is worked out. Dynamic processes are presented by the differential equations system in the form of Matier-Hill equations. The stability areas of functioning the mechanism of keeping the automatic mill mandrel are determined.

Keywords: dynamics, core, mandrel, pipe

Введение

Технологические процессы производства горячекатаных бесшовных труб на автоматическом стане трубопрокатного агрегата (ТПА) предусматривает продольную прокатку гильз в рабочих валках и на оправки, которая удерживается посредством стержневой системы, стационарных проводок и упорно-регулирующего механизма в очаге деформации [1].

Интенсификация процесса прокатки гильз и повышение качества бесшовных труб на автоматическом стане ТПА преимущественно обусловлены особенностями динамики и поведения стержня оправки.

На условия функционирования и динамику оборудования выходной стороны автоматического станa отрицательно влияют колебания системы «гильза (труба) – оправка – стержень», что значительно ухудшает технологический процесс прокатки гильз.

Высокая виброактивность стержня оправки приводит к получению гильз повышенной разностенности и к существенному снижению стойкости оборудования выходной стороны автоматического станa (рис. 1а) [2].

Непосредственно через прокатываемую гильзу 3, рабочий валок 1 на оправку 2 и стержень 4 действуют большие статические и динамические нагрузки, что в ряде случаев может привести к неожиданной потере его устойчивости в пределах упругости системы согласно условиям изложенных в работе (рис. 1б) [3].

Постановка задачи

Обеспечение динамической устойчивости стержня оправки в очаге деформации требует исключения определенных условий и режимов прокатки гильз, обуславливающих возникновение различного рода нежелательных параметрических колебательных явлений в системе.

Динамическим процессам выходной стороны автоматического станa посвящены некоторые теоретические и экспериментальные работы [4, 5], где дается обширный анализ сил, действующих на стержень оправки, и указаны возможные условия возникновения поперечных колебаний в механизме удержания оправки. Однако, данные работы посвящены исследованию упрощенных моделей динамики механической системы и охватывают ряд вопросов, касающихся параметрических колебаний стержня оправки.

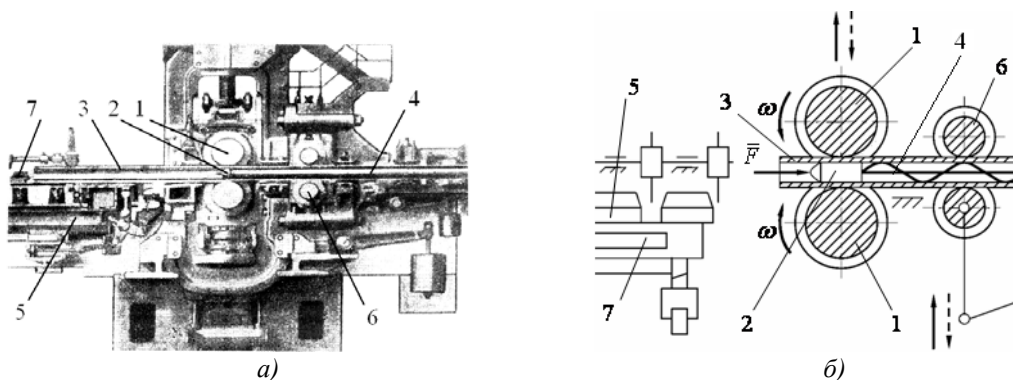


Рис. 1. Автоматический стан ТПА 140 (а) и выходная сторона стана (б)

Данная работа направлена на исследование параметрических поперечных колебаний стержня оправки автоматического стана с учетом нестационарного воздействия очага деформации и прокатываемой трубы, что отличает ее от известных решений [6, 7].

Расчетная схема рассматриваемой динамической системы составлена с учетом технологических особенностей продольной прокатки гильз, что отражает воздействие усилия прокатки и распределенной нагрузки, перемещающейся вдоль стержня со скоростью \bar{v} гильзы (трубы) (рис. 2а).

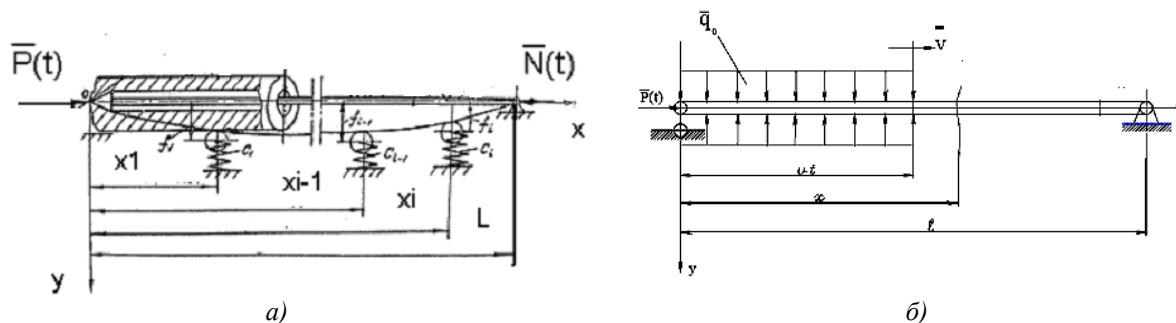


Рис. 2. Исходная и принятая расчетные схемы стержня оправки автоматического стана ТПА

Приведенная расчетная схема достаточно близка к реальному технологическому процессу прокатки гильз на автоматическом стане и очевидно глубже отражает динамические явления стержня оправки.

Метод решения задачи

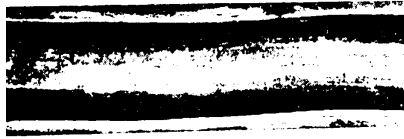
Рассматриваемые поперечные колебания стержня механизма удержания оправки автоматического стана, следуя принятой расчетной схеме (рис. 2б), описываются дифференциальным уравнением (1) согласно [2, 5], где $y(x, t)$ – динамический прогиб стержня оправки автоматического стана; EI – изгибная жесткость стержня; $q(x, t)$ – интенсивность нагружения стержня прокатываемой гильзой; m_0 – погонная масса стержня; v – скорость продольной прокатки гильзы.

Дифференциальное уравнение поперечных колебаний (1) для рассматриваемой динамической

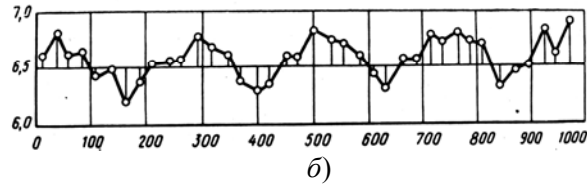
модели системы составлено с учетом инерции стержня оправки, изменяющегося осевого составляющего усилия прокатки и интенсивности воздействия прокатываемой гильзы.

$$EI \frac{\partial^4 y(x, t)}{\partial x^4} + m_0 \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} + P(t) \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2} = \begin{cases} q(x, t), 0 \leq x \leq vt; \\ 0, vt < x \leq l. \end{cases} \quad (1)$$

При некоторых допущениях учтем, что частота изменения усилия прокатки приблизительно совпадает с частотой изменения наведенной продольной разностенности гильзы после прошивного стана ТПА (рис. 3). Есть достаточно полное основание предполагать, что в первом приближении можно принять условия, описанные в работе [5].



а)



б)

Рис. 3. Разностенность гильз после прошивного стана ТПА-140 (труба $\varnothing 97 \times 6,5$; сталь 20):

а) тимплет трубы; б) картина продольной разностенности трубы

Многочисленные экспериментальные исследования энергосиловых параметров очага деформации автоматического стана ТПА показывают, что осевая составляющая усилия прокатки, действующая на стержневую систему, носит преимущественно периодический характер и, очевидно, соответствует гармоническому закону

$$P(t) = P_0 + P_1 \cdot \cos(\omega t), \quad (2)$$

где P_0 – статическая составляющая осевого усилия прокатки гильзы на автоматическом стане; P_1 и ω – соответственно динамическая составляющая усилия продольной прокатки гильзы и частота ее изменения.

Дифференциальное уравнение поперечных колебаний стержня оправки (1) с учетом (2) при этом переписывается в виде:

$$\begin{aligned} EI \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + m_0 \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} + \\ + (P_0 + P_1 \cos(\omega t)) \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = \\ = \begin{cases} q(x,t), & 0 \leq x \leq \nu t; \\ 0, & \nu t < x \leq \ell. \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

Решение дифференциального уравнения движения системы (3) ищем в виде разложения в ряд по фундаментальным функциям поперечных колебаний стержня оправки в форме

$$y(x,t) = \sum_{k=1}^n f_k(t) \sin\left(\frac{k \pi x}{\ell}\right), \quad (4)$$

где $f_k(t)$ – искомая функция времени, подлежащая определению в ходе решения задачи; $\sin\left(\frac{k \pi x}{\ell}\right)$ – фундаментальная функция поперечных колебаний шарнирно закрепленного по концам стержня оправки; ℓ – длина стержня оправки.

Для решения дифференциального уравнения вынужденных колебаний механической системы (3) распределенную нагрузку прошиваемой

гильзы $q(x,t)$, воздействующую на стержень в процессе прокатки, раскладываем в ряд Фурье по фундаментальным функциям задачи. Очевидно, фундаментальные функции задачи для собственных колебаний стержня оправки автоматического стана в распространенной форме имеют вид:

$$q(x,t) = \sum_{k=1}^n b_k \sin\left(\frac{k \pi x}{\ell}\right); \quad b_0 = 0, \quad (5)$$

где принято во внимание условие, что интенсивность распределенной нагрузки прокатываемой гильзы есть определенно-нечетная функция $q(x,t) = -q(-x,t)$.

После разложения распределенной нагрузки (5) в ряд имеем:

$$b_k = \frac{2}{\ell} \int_0^{\nu t} q_0 \sin\left(\frac{k \pi x}{\ell}\right) dx. \quad (6)$$

После выполнения процедуры интегрирования (6) окончательно находим:

$$b_k = \frac{2q_0}{k \cdot \pi} \left(1 - \cos\left(\frac{k \pi \nu t}{\ell}\right)\right). \quad (7)$$

Подставляя (4) и (7) в дифференциальное уравнение (3), учитывая свойство ортогональности форм собственных колебаний для стержня и применив алгоритм решения задачи по методу Бубнова-Галеркина, запишем:

$$\begin{aligned} \int_0^{\ell} \sum_{k=1}^n \left[EI \left(\frac{k \cdot \pi}{\ell}\right)^4 f_k(t) + m_0 f_k''(t) - \right. \\ \left. - (P_0 + P_1 \cos(\omega t)) \left(\frac{k \pi}{\ell}\right)^2 f_k(t) \right] \sin^2\left(\frac{k \pi x}{\ell}\right) dx = \\ = \int_0^{\ell} \sum_{k=1}^n \frac{2q_0}{k \cdot \pi} \left[1 - \cos\left(\frac{k \pi \nu t}{\ell}\right)\right] \sin^2\left(\frac{k \pi x}{\ell}\right) dx. \end{aligned} \quad (8)$$

Опустив соответствующие знаки суммы, интегрируя выражение (8), после преобразований дифференциальное уравнение движения стержня оправки представим в виде:

$$f_k''(t) + \frac{EI \left(\frac{k\pi}{\ell} \right)^4 + (P_0 + P_1 \cos(\omega t)) \left(\frac{k\pi}{\ell} \right)^2}{m_0} f_k(t) = \frac{2q_0}{k\pi m_0} \left[1 - \cos\left(\frac{k\pi \omega t}{\ell} \right) \right]. \quad (9)$$

Для удобства анализа динамических процессов в рассматриваемой системе автоматического стана, дифференциальные уравнения поперечных колебаний стержня оправки (9) представим в параметрической форме.

Введя частоту колебаний стержня оправки в виде Ω_k и другие согласно [6] общепринятые в литературе обозначения

$$\begin{aligned} \omega_k^2 &= \left(\frac{k\pi}{\ell} \right)^4 \frac{EI}{m_0}; \\ P_{кр.к} &= \left(\frac{k\pi}{\ell} \right)^2 EI; \\ \Omega_k &= \omega_k \sqrt{1 - P_0 / P_{кр.к}}, \end{aligned} \quad (10)$$

соответственно получаем

$$\begin{aligned} f_k''(t) + \omega_k^2 \left[1 - \frac{P_0 + P_1 \cos(\omega t)}{P_{кр.к}} \right] f_k(t) &= \\ = \frac{2q_0}{k\pi m_0} \left[1 - \cos\left(\frac{k\pi \omega t}{\ell} \right) \right], \end{aligned} \quad (11)$$

где $P_{кр}$ – эйлерова критическая сила стержня оправки; ω_k – частота свободных поперечных колебаний стержня оправки.

После подстановок параметров динамической модели системы и упрощений дифференциальных уравнений (11) получим уравнения в виде уравнений Матье-Хилла, удовлетворяющие условиям поставленной задачи и принятой обобщенной математической модели, в виде:

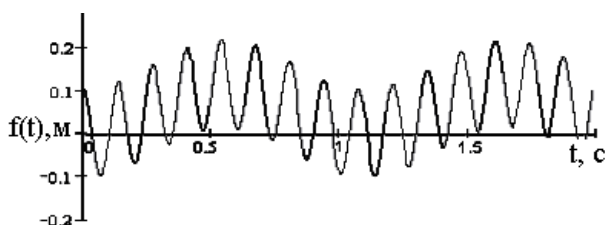


Рис. 4. Параметрические колебания стержня оправки автоматического стана ТПА 140 (труба диаметром 114 x 12, сталь 20)

Карта устойчивости для стержня оправки автоматического стана ТПА при поперечных коле-

$$\begin{aligned} f_k''(t) + \Omega_k^2 \cdot \left[1 - 2\mu_k \cos(\omega t) \right] f_k(t) &= \\ = \frac{2q_0}{k\pi m_0} \left[1 - \cos\left(\frac{k\pi \omega t}{\ell} \right) \right]; \end{aligned} \quad (12)$$

$k = \bar{1}, \bar{n}$

где Ω_k – частота свободных колебаний стержня оправки, нагруженного статической составляющей усилия прокатки гильзы на автоматическом стане P_0 ; $\mu_k = \frac{P_1}{2 \cdot [P_{кр.к} - P_0]}$ – коэффициент динамического возбуждения стержня оправки.

Коэффициент динамического возбуждения μ_k и частота свободных колебаний стержня оправки Ω_k определяются из условия взаимного изменения, как технологических параметров очага деформации, так и параметров стержня оправки автоматического стана ТПА.

Дифференциальное уравнение (12) с правой частью составлено и представлено в виде известных параметрических уравнений Матье-Хилла, что с достаточно высокой степенью точности описывает динамику стержня оправки автоматического стана. Решение дифференциального уравнения (12) позволяет оценить динамические перемещения изображающей точки стержня оправки для наиболее распространенных форм колебаний системы. Следует отметить, что изменение крепления стержня оправки на упорно-регулирующем механизме приводит к некоторой стабилизации уровня колебаний системы.

Кривые, приведенные на рис. 4. и 5, наиболее полно описывают динамические процессы, происходящие в стержне механизма удержания оправки автоматических станом ТПА разных типов-размеров.

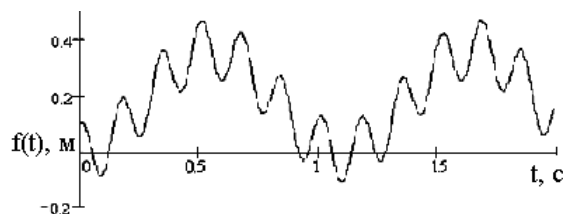


Рис. 5. Параметрические колебания стержня оправки автоматического стана ТПА 350 (труба диаметром 325 x 16, сталь 09Г2С)

баниях системы представлена в виде диаграммы Айнса-Стретта на рис. 6, согласно [3, 7].

Математическая модель системы с высокой степенью достоверности описывает и существенно уточняет поведение стержня оправки автоматических станов ТПА 140 и ТПА 350.

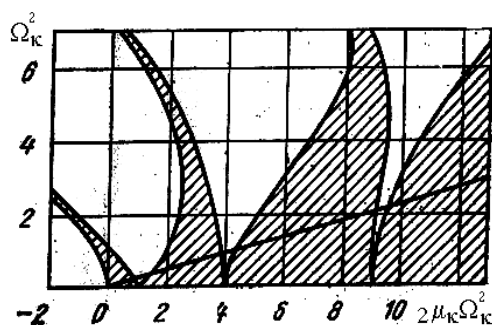


Рис. 6. Карта параметрической устойчивости для обобщенной динамической модели стержня оправки автоматического стана

Диаграмма устойчивости функционирования стержня оправки для рассматриваемой обобщенной динамической модели колебаний системы позволяет проанализировать возможные области параметрической устойчивости и оценить поведение самой оправки в очаге деформации автоматического стана и может быть использовано при назначении режимов прокатки гильз.

Выбор рациональных режимов продольной прокатки гильз на автоматическом стане следует осуществить с помощью карты устойчивости (заштрихованные области). Очевидно, что учет интенсивности воздействия прокатываемой гильзы, надвигающейся со скоростью V , является определяющим параметром в рамках динамической модели стержневой системы механизма удержания оправки.

Возможность моделирования режимов прокатки гильз на этапе проектирования технологических процессов существенно отличает полученные результаты от результатов ранее известных работ в области исследования динамической устойчивости и виброактивности стержневой системы механизма удержания оправки автоматического стана ТПА.

Выводы

1. Параметрическая устойчивость стержня оправки автоматического стана представлена дифференциальными уравнениями вынужденных колебаний системы «гильза (труба) – оправка – стержень» в виде уравнений Матье-Хилла.

2. Результаты математического моделирования динамических процессов указывают на необходимость снижения колебаний системы до допустимого уровня виброактивности стержня оправки автоматического стана ТПА.

3. Математическое моделирование процессов продольной прокатки гильз позволяет, на этапе проектирования технологических процессов, промоделировать и назначать рациональные режимы эксплуатации автоматического стана ТПА.

4. Применение модернизированных центрующих проводок на упругом основании с выходной стороны автоматического стана приводит к стабилизации динамических процессов и улучшению качества гильз.

5. Математическая модель динамических процессов достоверно описывает параметрические явления и определяет амплитудно-частотные характеристики стержневой системы за время реализации всего технологического процесса прокатки гильз на автоматическом стане ТПА.

6. Достигнуто повышение качества гильз путем стабилизации положения оправки в очаге деформации.

7. Увеличение стойкости элементов упорно-регулирующего механизма обеспечивается в результате стабилизации уровня виброактивности стержня системы удержания оправки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болотин, В. В. Динамическая устойчивость упругих систем [Текст] / В. В. Болотин. – М.: Гостехиздат, 1956. – 630 с.
2. Оклей, Л. Н. Качество горячекатаных труб [Текст] / Л. Н. Оклей. – М.: Металлургия, 1986. – 144 с.
3. Джанелидзе, Г. О. Устойчивость упругих систем при динамических нагрузках [Текст] / Г. О. Джанелидзе. – В кн.: Проблемы устойчивости в строительной механике. – М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1965. – 395 с.
4. Лордкипанидзе, Д. Л. Исследование колебания стержня стана винтовой прокатки [Текст] / Д. Л. Лордкипанидзе, И. В. Чхартшвили // Сообщение Академия Наук Грузинской ССР. – 1977. – № 1. – С. 76-82.
5. Разработка мероприятий по предотвращению изгиба стержня оправки автоматического стана ТПА-140 [Текст] / Т. М. Сулухия [и др.] // Тр. Грузинского политехн. ин-та. – 1976. – С. 98-102.
6. Устойчивость стержней станом винтовой прокатки под действием осевых сил [Текст] / С. И. Тавхелидзе [и др.] // Сообщение Академии Наук Грузинской ССР. – 1974. – № 2. – С. 45-51.
7. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории упругих колебаний [Текст] / Я. Г. Пановко. – М.: ГНТИ, 1957. – 546 с.

Поступила в редколлегию 14.10.2010.

Принята к печати 19.10.2010.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ІНДИКАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РЕГІОНАЛЬНИМИ ІННОВАЦІЙНИМИ ПРОЕКТАМИ

У відповідності до системного підходу пропонується модель побудови системи індикативного управління інноваційними проектами на регіональному рівні. Організаційні аспекти системи розкривають її формальну структуру, інфраструктуру, тобто форму втілення, а економічні аспекти відображають змістовну основу.

Ключові слова: індикативне управління, інноваційні проекти, моделювання

Согласно принципам системного подхода предлагается модель построения системы индикативного управления инновационными проектами на региональном уровне. Организационные аспекты раскрывают формальную структуру, инфраструктуру или форму реализации системы, а экономические аспекты отображают ее содержательную основу.

Ключевые слова: индикативное управление, инновационные проекты, моделирование

The method of determination of basic parameters of forming of models of cutting of costs, related to the property risks is offered. For forming of models the exponential distribution is used for description of distributing of size of really nascent losses during realization of property risks.

Keywords: indicative management, innovation projects, modeling

ВСТУП

Перехід до ринкової економіки, здійснений Україною, потребує докорінних змін методів розробки і реалізації регіональної економічної політики. Це пов'язано по-перше, із принципово новою роллю держави у ринковій економіці, яка із активного адміністратора економічних процесів повинна перетворитися у гнучкий механізм, що утворює необхідні умови і сприятливе середовище для розвитку бізнесу. По-друге, нові методи реалізації економічної політики базуються на принципово нових підходах забезпечення макроекономічної збалансованості в умовах ринку у порівнянні із централізовано-плановою економікою. Сучасна економіка перетворюється в економіку систем, стихійна конкуренція переростає у конкуренцію систем, що переходять із стану стихійного саморегулювання у стан жорсткої самоорганізації і взаємоорганізації. Тому актуально постає задача поновлення системи управління господарюючими суб'єктами з боку державних, регіональних або місцевих органів влади. Управління становиться практично неможливим без стратегічного замислу, визначення цілей оперативного регулювання і координації дій із єдиного центру.

Вирішення цієї проблеми можливо за допомогою індикативного управління, як механізму координації інтересів і діяльності суб'єктів господарювання різних форм власності і підпорядкування, розташованих на території того чи іншого регіону. Індикативне управління сполу-

чає державне регулювання з ринковим саморегулюванням економіки і базується на використанні системи показників – індикаторів соціально-економічного розвитку. Воно передбачає визначення загальнонаціональних пріоритетів, цілей розвитку на всіх рівнях управління національною економікою. Індикативне управління розглядається як сукупність процедур узгодження процесів відтворення і реалізується на різних рівнях управління, в тому числі і на регіональному [3].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Система індикативного управління регіональними інноваційними проектами визначається нами як сукупність організаційно-економічних форм і методів, інструментів і важелів впливу на інноваційну діяльність, що взаємопов'язані у єдиному механізмі і дозволяють визначити стратегію управління регіональними інноваційними проектами з метою досягнення кращого корисного ефекту і забезпечення стабільного інноваційного розвитку як регіону так і його територіальних суб'єктів господарювання.

Система індикативного управління повинна охоплювати всі етапи управління регіональною інноваційною діяльністю, бути збалансованим, дієвим, цілісним інструментом задля підпорядкованості основній стратегічній цілі розвитку регіону.

Регіональний центр координації інноваційної діяльності (РЦ КІД) виступає у якості інно-

ваційного посередника – ідеолога, організатора і користувача системи індикативного управління інноваційними проектами. Як виразник регіональних інтересів РЦ КІД формує змістовну основу системи управління регіональними проектами, її економічну складову. Для цього послідовно визначаються регіональні пріоритети на плановий період часу, відповідні критерії добору і оцінки проектів, а також економічні інтереси учасників регіональної інноваційної діяльності. Отриманий таким чином економічний механізм визначатиме бажаний напрямок інноваційного розвитку, умови досягнення інтересів всіх учасників інноваційного середовища, а також вимоги до інноваційних проектів відносно регіональних пріоритетів.

Для досягнення визначеного економічним механізмом рівня інноваційного розвитку РЦ КІД формує також організаційний механізм у вигляді трьох основних його складових, а саме: бази нормативно-правового і методичного забезпечення інноваційної діяльності, бази регіональних інноваційних проектів і бази учасників інноваційної діяльності – новаторів, інвесторів, виробників.

Таким чином утворюються умови для функціонування регіонального інноваційного середовища і послідовного вирішення основних задач системи управління інноваційними проектами.

МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ

Згідно із запропонованою моделлю на регіональному рівні виділяються наступні етапи системи індикативного управління інноваційними проектами: експертний прогноз складу проектів на плановий період, визначення стратегії управління кожним проектом, діагностика проектів на відповідність регіональним інтересам, оцінка надійності і ефективності системи після виконання попередніх трьох етапів і формування інформаційної картки по кожному проекту з визначеними рекомендаціями по управлінню. Інформаційні картки проектів передаються зацікавленим у проекті суб'єктам господарювання в якості управлінських рекомендацій, а також надсилаються для зберігання до регіональної бази інноваційних проектів. Після отримання звітів про виконання рекомендацій від суб'єктів господарювання у цих картках робляться відповідні помітки. Ці помітки накопичуються у процесі спільної роботи РЦ КІД і підприємства і використовуються для прийняття рішень стосовно фінансової підтримки проекту або інших можливих переваг

з боку регіональної влади по відношенню до процесу впровадження кожного проекту. Таким чином у системі індикативного управління регіональними інноваційними проектами здійснюється зворотній зв'язок і виконуються такі функції управління як організація і стимулювання.

У рамках системного підходу організаційно-економічний механізм розглядається як логічна послідовність операцій (функцій) з прийняття рішень відносно подальшої долі регіональних інноваційних проектів.

Слід пам'ятати, що прийняття рішень здійснюється за правилами індикативного управління. Розробка організаційно-економічної моделі індикативного управління інноваційною діяльністю починається з визначення системи індикаторів, за допомогою яких можна формалізувати процес управління регіональним інноваційним розвитком, потім визначаються інструменти, за допомогою яких можлива реалізація того чи іншого регіонального індикатора, уточнюються результати, які необхідно отримати на кожному етапі системи індикативного управління.

Процес управління класично подається як процес, що складається із наступних функцій управління: планування, обліку, аналізу, діагностики, регулювання, стимулювання і організації виконання розроблених управлінських рішень. Всі ці функції управління можна звести до обмеженого кола моделей прийняття рішень [1]. Таким чином розробка конкретної системи управління, у нашому випадку регіональними інноваційними проектами, вимагає від дослідника визначитися із змістовним наповненням функцій управління для подальшого використання відповідної моделі прийняття рішень.

Перелік функцій управління і специфіка об'єкту дослідження обумовлюють добір індикаторів, призначених для оцінки ефективності виконання кожної функції відповідно до поставленої мети. Тому, перш за все необхідно визначитися із об'єктом і предметом дослідження.

Об'єктом дослідження виступають регіональні інноваційні проекти, а предметом дослідження є методи, моделі і технології управління цими проектами на регіональному рівні. Результатом роботи системи індикативного управління інноваційними проектами вважається визначення стратегії управління кожним проектом і оцінка регіонального інноваційного потенціалу.

Розглянемо послідовно функції управління з метою визначення змісту індикаторів, здатних

визначити і формалізувати коло задач, пов'язаних із реалізацією кожної функції, і у подальшому оцінити ефективність її виконання.

Розгляд процесу управління класично починається з функції планування, призначеною для визначення найкращої траєкторії функціонування об'єкту дослідження. Відносно регіональних інноваційних проектів, як об'єкту дослідження, слід зауважити, що їх перелік і направленість дій залежать від багатьох чинників і визначаються, перш за все, регіональними пріоритетами інноваційного розвитку з урахуванням найбільш поширених джерел виникнення інноваційної ідеї і можливостями суб'єктів господарювання продукувати відповідні інноваційні проекти. Тому роботу з планування слід починати заздалегідь шляхом визначення регіональних пріоритетів і доведенням їх до учасників інноваційного середовища. Разом із цим необхідно розробити зрозумілу і водночас інформативну форму подання документів, необхідних для оформлення і реєстрації проектів і відкрити центр, або сайт чи телефонну лінію для консультацій з цього приводу.

Планування для регіональних інноваційних проектів значною мірою відрізняється від функції планування для конкретного виробництва. Основна задача органів регіональної влади – спонукати суб'єкти господарювання до розробки інноваційних ідей, що відповідають визначеним регіональним пріоритетам. При цьому зрозуміло, що процес оформлення ідеї у проект потребує значного часу, тому поточна ситуація не обмежує коло проектів тільки пріоритетними, до розгляду приймаються підготовлені і оформлені проекти, робота над якими можливо починалася без визначених регіональних пріоритетів або з часом пріоритети змінювалися. На етапі планування важливо спрогнозувати кількісний і якісний склад проектів, що будуть запропоновані до розгляду. Функцію прогнозування можливо надати у вигляді моделі ранжирування [2].

Нехай X – множина інноваційних проектів, що можуть бути надані до розгляду у плановому періоді, а P – відношення суворої переваги, що визначається у відповідності до імовірності підготовки проекту на період планування. Розподіл імовірностей на множині X доцільно визначати методами експертного опитування.

Функція обліку одна з найважливіших, її виконання призводить до формування інформаційної бази даних, що необхідна для всіх інших функцій управління. Обробка облікової

інформації полягає в узагальненні даних, їх стисканні відповідно регіональному рівню управління. Специфіка облікової інформації регіонального рівня управління інноваційними проектами нами визначається наступним чином.

Доступними і корисними для обробки вважаються узагальнені характеристики проектів, що відповідають основним критеріям їх оцінки, обраним таким чином, щоб висвітлити ступінь відповідності регіональним пріоритетам і інтересам:

Значення цих характеристик обирається з переліку можливих значень за прозорою процедурою обґрунтування рішення і не потребує спеціальної експертизи проекту. Цю роботу можуть виконувати спеціалісти координаційного центру.

Процедура узагальнення, стискання даних у часі і у просторі адекватно формалізується у вигляді моделі класифікації.

Дані обліку використовуються для реалізації функцій аналізу, основна задача якого оцінити проблемну ситуацію на підставі облікових даних і віднести її до заздалегідь визначених агрегованих класів. Кожному класу відповідає своя стратегія управління, саме можлива кількість різних стратегій і визначає кількість агрегованих класів, які можна сформулювати після аналізу.

Таким чином функцію аналізу можна надати у вигляді моделі класифікації. В цьому випадку за X приймаємо множину всіх класів проектів, отриману після класифікації на етапі обліку. У відповідності до визначеного відношення подібності множина X розбивається на агреговані класи X_1, X_2, \dots, X_l .

Основна задача регулювання – обрати найкраще управлінське рішення для кожного інноваційного проекту з урахуванням інтересів всіх суб'єктів інноваційного регіонального середовища. Для цього проекти кожного агрегованого класу необхідно діагностувати на ступінь відповідності колу інтересів суб'єктів господарювання і регіону у цілому. Для вирішення цієї задачі доцільно використовувати моделі розпізнавання образів.

Функції стимулювання і організації забезпечують зворотній зв'язок у системі управління регіональними інноваційними проектами, реалізуються моделлю ранжирування. Вони націлені, перш за все, на забезпечення ефективності втілення, реалізації управлінських рішень, їх супроводження. Якість виконання функцій стимулювання і організації оцінюється рівнем

надійності системи управління і ступінню виконання планових, а у нашому випадку прогнозованих, показників.

Після змістовного визначення функцій управління регіональними інноваційними проектами доцільно зробити деякі узагальнення відносно добору індикаторів кожної функції і відповідних інструментів, розробка і подальше використання яких дозволять отримати бажані результати згідно запропонованого організаційно-економічного механізму управління регіональними інноваційними проектами. Це дозволить отримати схему процесу управління у послідовності розкриття етапів індикативного управління інноваційною діяльністю на регіональному рівні.

Кожній функції управління, а саме плануванню, обліку, аналізу, регулюванню, стимулюванню і організації ставиться у відповідність свій індикатор. Значення індикаторів обирається експертами і у подальшому використовується на вході моделей, призначених у якості своєрідного інструменту для реалізації означених функцій управління.

Для функції планування індикатором виступає система цільових критеріїв відповідності інноваційних проектів регіональним пріоритетам розвитку. Ці критерії дозволять експертам виконати прогноз кількісного складу проектів на плановий період. Основним результатом роботи моделі експертного прогнозу стане перелік запланованих до розгляду інноваційних проектів з метою визначення у подальшому для кожного проекту стратегії управління і відповідних управлінських рекомендацій.

На наступному кроці здійснюється функція обліку регіональних проектів. Кожний проект фіксується за визначеною структурою у регіональній базі даних. Але на цьому функція обліку не закінчується. Ефективне використання бази проектів потребує їх подальшої класифікації за регіональними пріоритетами. Тому індикатором на етапі обліку виступають критерії класифікації проектів. Вони використовуються на входах моделі класифікації. Як результат цієї функції управління всі проекти розподіляються за класами. Тобто вже на етапі обліку проект не тільки фіксується відповідним чином, але і отримує сутнісну узагальнену характеристику того класу до якого він потрапив після класифікації. На цьому етапі починає формуватися інформаційна картка проекту і крім суто вхідних даних вона вже доповнюється результативною інформацією, а саме номером класу.

На етапі аналізу проектів вже необхідно визначитися із стратегією управління кожним проектом. Вибір стратегії залежить від класу проектів, але, як правило, класів більше ніж можливих стратегій, що якісно і суттєво відрізняються одна від одної. Тому індикатором функції аналізу виступають критерії формування агрегованих класів проектів. Їх значення використовуються на вході моделі класифікаційного аналізу, яка визначає агрегований клас проекту і відповідну до класу стратегію управління проектом. Інформаційна картка проекту продовжує доповнюватися. На етапі аналізу в ній фіксується обрана стратегія управління з усіма своїми характеристиками.

Функція регулювання призначена для розробки управлінського рішення. В автоматизованих системах управління рішення, отримані за результатами роботи відповідних моделей, називають рекомендаціями. Вони можуть стати управлінськими рішеннями після узгодження з особою, відповідальною за це рішення і можливі наслідки від його впровадження. Індикатором добору відповідного рішення для кожного проекту виступає значення інтегрального показника організаційно-економічного і соціального рівня відповідності проекту регіональним інтересам. Значення цього індикатору використовується на вході моделі діагностики регіональних проектів. Модель продукує у якості результату для кожного проекту відповідні рекомендації по управлінню з характеристикою позитивних і негативних аспектів впливу проекту на регіональний розвиток. Вони заносяться до інформаційної картки проекту.

Виконання функцій стимулювання і організації пов'язується із заохоченням всіх учасників інноваційного середовища у виконанні запропонованих рекомендацій. Саме дані про виконання розроблених рішень виступають індикаторами якості виконання функцій стимулювання і організації. Вони поступають на вхід моделі оцінки надійності і ефективності роботи системи управління регіональними проектами. Результатом цього етапу є оцінка впливу системи управління регіональними інноваційними проектами на рівень її надійності у співвідношенні до вартості і часу роботи.

ВИСНОВКИ

Таким чином, запропонована система індикативного управління регіональним інноваційним розвитком є дієвим інструментом утворення і розвитку регіонального інноваційного середовища, який, з одного боку, розробляє сис-

тому досягнення інноваційних цілей, а, з іншого боку, визначає і логічно пов'язує всі етапи здійснення інноваційної діяльності і функції управління нею.

Складність задач оцінки і селекції інновацій, обумовлену неможливістю кількісної оцінки наукової і прикладної цінності проектів, долається за допомогою використання запропонованої організаційно-економічної моделі індикативного управління з механізмом оригінального використання якісних методів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ковальчук, К. Ф. Оцінка ефективності інформаційно-інтелектуальних технологій [Текст] : моно-

нографія / К. Ф. Ковальчук, Л. М. Бандоріна, Л. М. Савчук. – Д.: ІМА-прес, 2007. – 132 с. – ISBN 978-966-331-127-2.

2. Чучман, Ю. Оцінка доцільності державних і приватних інвестиційних проектів [Текст] / Ю. Чучман; [пер. з англ. С. Соколик]. – К.: Вид-во УАДУ, 1998. – 104 с.
3. Шаров, Ю. П. Стратегічне планування в муніципальному менеджменті: концептуальні аспекти [Текст] / Ю. П. Шаров. – К.: Вид-во УАДУ, 2001. – 302 с. – ISBN 966-7800-01-6.

Надійшла до редколегії 11.10.2010.

Прийнята до друку 20.10.2010.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТЕРМІНАЛЬНИХ СИСТЕМ

Проведено аналіз технологічних процесів термінальних систем, розкрито особливості та визначено основні проблеми сучасної технології. Запропоновані напрямки удосконалення технології функціонування термінальних систем.

Ключові слова: технологія, термінальні системи, підвищення ефективності

Проведен анализ технологических процессов терминальных систем, раскрыты особенности и определены основные проблемы современной технологии. Предложены направления усовершенствования технологии функционирования терминальных систем.

Ключевые слова: технология, терминальные системы, повышение эффективности

The analysis of technological processes of the terminal systems is conducted, features are exposed and the basic problems of modern technology are certain. Directions of improvement technology of functioning of the terminal systems are offered.

Keywords: technology, terminal systems, efficiency improvement

Вступ

Технологія перевізного процесу є важливою ланкою в організації перевезень вантажів у прямому й змішаному сполученнях. Складові технології перевезень активно впливають на вибір виду сполучення й швидкість доставки вантажів. Взаємодія різних видів транспорту при перевезеннях вантажів є складним процесом у плані організації, рівень якого визначається узгодженням їхніх технологій. Тому розробка типових технологічних рішень для організації транспортного процесу є завданням першорядної важливості, рішення якого дозволить підвищити економічну ефективність перевезень вантажів у масштабах району, міста, регіону й держави.

Таким чином, розширення попиту на перевезення всіма видами транспорту на світових ринках супроводжується новими, більше високими вимогами до якості транспортних послуг. У результаті названих обставин виникла необхідність у створенні ефективної системи, що забезпечує взаємозв'язок видів транспорту, в якості якої виступає термінальна система.

Характерною тенденцією останнього часу діяльності та розвитку терміналів є уніфікація технологічних процесів перевантажувальних і сортувальних робіт з урахуванням логічних систем.

Аналіз джерел

В роботі [1] зазначено, що:

– термінальні технології та технічна база, що використовуються при обслуговуванні су-

часних міжнародних транспортних потоків потребують кардинальних змін;

– необхідний комплексний контроль над перевезеннями, що заснований на широкому застосуванні сучасних електронних, комунікаційних, інформаційних технологій.

Для підвищення ефективності організації та управління транспортно-складськими комплексами в роботі [2] автор запропонував модель логістичної системи транспортно-складського комплексу.

В [3] запропоновано підходи для підвищення ефективності обслуговування вантажовласників на терміналі шляхом прискореної переробки тарно-штучних вантажів.

Між тим питання комплексного дослідження такого складного техніко-економічного об'єкта як вантажний термінал, де здійснюється взаємодія одного (автомобільного) або декількох видів транспорту, зміна транспортної одиниці для подальшого транспортування вантажу з урахуванням міжнародних аспектів та принципів логістики, і, зокрема, шляхи вибору стратегії його розвитку та питання удосконалення технології функціонування не знайшли до цього часу відповідного висвітлення у наукових роботах.

Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є аналіз технологічних процесів термінальних систем.

Задачі дослідження:

– надання характеристики технологічних процесів термінального комплексу;

– проведення аналізу та виявлення особливостей термінальної технології доставки дрібнопартійних вантажів.

Аналіз технологічних процесів термінальної системи доставки дрібнопартійних вантажів

Сутність термінальної технології полягає в розчленовуванні процесу доставки вантажу на три взаємозалежних підсистеми:

- 1) підвіз - розвіз дрібнопартійних вантажів між клієнтами й вантажними терміналами;
- 2) формування (розформування) великотоннажних відправлень на терміналах;
- 3) міжтермінальні перевезення вантажів автопоїздами великої вантажопідйомності.

Розчленовування термінальної системи на технологічні підсистеми дозволяє вести аналіз щодо впливу часу виконання технологічних операцій по кожній підсистемі на сумарний час доставки вантажу до місця призначення. Подібні дослідження сприяють розкриттю недоліків

в організації процесів кожної технологічної підсистеми. Такий диференційований підхід дозволяє вчасно вживати заходи щодо усунення відзначених недоліків.

У цьому аспекті термінальна система визначає форми організації й управління перевезеннями, розміри й структуру парку рухомого складу по видах транспорту, диктує технічні вимоги до фірм, що виробляють рухомий склад. Однак важливою умовою чіткої роботи всієї системи є централізоване управління, що дозволяє синхронізувати функціонування підвозу-розвозу та самих терміналів з лінійними перевезеннями.

Головні проблеми функціонування термінальних систем відображені на рис. 1.

Сучасний вантажний термінал є підприємством, що здійснює різноманітну діяльність, включаючи продаж такої послуги, як перевезення, обробку й зберігання вантажів, надання безлічі додаткових послуг, у тому числі транспортування вантажу.



Рис. 1. Структурно-логічна схема функціонування термінальної системи

Термінали передбачають спрощення й здеешевлення складських операцій за рахунок ефективного використання складських площ, обладнання та робочої сили. Успішне використання усіх складських операцій потребує не тільки високої організації складського господарства, а й раціонального налагодження технологічного процесу.

Технологічний цикл вантажного терміналу складається з наступних технологічних процесів: імпорт, експорт і транзит.

Імпорт включає вивантаження вантажу, розміщення вантажу на складі з наступною видачею клієнтові.

Експорт включає продаж перевезення відправникові вантажу, приймання вантажу на склад, доставку його зі складу і його завантаження.

Транзит є сукупністю перших двох процесів, найчастіше з додаванням проміжних операцій.

У зв'язку зі зростанням міжнародних автомобільних перевезень вантажів актуальності набуває підвищення ефективності виконання зовнішньоторговельних операцій. Особливого рішення вимагає проблема обслуговування перевезеннями експортно-імпортних вантажів споживачів, які знаходяться в середніх містах з невеликими обсягами перевезень, а також в ма-

лих містах. Підвищити ефективність міжнародних перевезень вантажів можна за рахунок:

- використання більш раціонального типу рухомого складу;
- вибору найкоротшого маршруту прямування;
- скорочення витрат на паливо шляхом визначення оптимальних місць заправок;
- вибору варіанту доставки вантажу декількома видами транспорту;
- шляхом раціоналізації технології митного оформлення вантажів.

Основні технологічні процеси супроводжуються низкою допоміжних, таких як:

- складання розкладу й відстеження графіка виконання всіх етапів технологічного циклу;
- відстеження стану й підготовка тари;
- надання різноманітних послуг клієнтам, нарахування оплати й відстеження платежів;
- підтримка функціонування розгалуженого складського господарства;
- виявлення несправностей при перевезеннях, у тому числі розшук вантажу й ідентифікація вантажу без маркування;
- здійснення митного контролю складів тимчасового зберігання.

Настільки багатофункціональна діяльність неможлива без застосування сучасних інформаційних технологій і автоматизованих систем. Використання таких систем дозволяє зменшити терміни й підвищити якість обробки вантажів. Це досягається завдяки більш повному контролю виконання технологічного циклу й зменшенню втрат і порушень при обробці вантажу.

Зі зменшенням витрат пов'язані наступні фактори:

- виключення помилок при розрахунку сум за послуги;
- повний контроль оплати при видачі вантажу;
- своєчасне повідомлення клієнтів;
- своєчасне виявлення залежаних і відмовних вантажів;
- повний облік зроблених знижок.

Зі збільшенням доходів пов'язані фактори:

- збільшення вантажообігу за рахунок зменшення часу обробки вантажів;
- залучення нових клієнтів і перевізників за рахунок поліпшення якості обслуговування;
- поліпшення якості прийнятих рішень за рахунок повної й оперативної інформації.

Робота на терміналі пов'язана з відносно постійною номенклатурою вантажу, який постачають з визначеною періодичністю і невели-

ким терміном збереження, що і дає змогу автоматизувати обробку вантажу або більше механізувати виконувані операції.

Системи подібного роду будуються на основі єдиної інтегрованої бази даних і охоплюють весь технологічний цикл терміналу. Вони дозволяють проводити облік проходження вантажу, тари й документів по всіх етапах технологічного циклу, управляти складами й здійснювати автоматизований обмін інформацією із зовнішніми інформаційними системами контрагентів.

До типового складу підсистем системи автоматизації технологічного циклу вантажного терміналу відносяться:

- імпорт;
- експорт;
- транзит;
- управління складами;
- розшук вантажів;
- облік тари;
- контроль технологічних процесів;
- статистика;
- контроль служби безпеки;
- адміністрування;
- митний контроль;
- зв'язок із внутрішніми системами;
- зовнішні функції;
- зв'язок із зовнішніми системами;
- продаж і облік послуг;
- облік договірних клієнтів;
- продаж перевезення.

Перші п'ять підсистем дозволяють здійснити підтримку основного технологічного циклу вантажного комплексу. Останні три підсистеми є агентськими підсистемами, використовуваними при виконанні терміналом функцій продажу перевезення й додаткового обслуговування клієнтів. Передбачено вбудовані підсистеми митного контролю й контролю з боку служби безпеки, а також видача великої кількості статистики для прийняття управлінських рішень. Вантажна система також повинна бути відкрита для взаємодії з фінансовою системою підприємства й з технологічним обладнанням, таким як штрих-кодова апаратура, автоматичні склади й т.д.

Створення терміналів можливе як на базі існуючих вантажних залізничних станцій, портів, аеропортів, які мають значний резерв пропускної та перероблювальної спроможності, так і шляхом спорудження нових комплексів. При цьому одним із шляхів збільшення пропускної й перероблювальної спроможності терміналів, у тому числі тих, що споруджуються на базі

портів, аеропортів, залізничних станцій, є вдосконалення технології організації їхньої роботи й вибір раціональних параметрів їхнього функціонування. Однак в будь-якому випадку необхідне врахування сучасних вимог щодо доставки вантажів, передбачення функціонування відповідних служб (у випадку міжнародних перевезень) та взаємоузгодженої роботи окремих підсистем.

В результаті проведеного аналізу технологічних процесів термінальних систем визначено наступні особливості та проблеми, що перешкоджають ефективному функціонуванню термінальних систем:

- наявність великих обсягів інформації, які виникають у процесі виконання перевезень та вимагають термінової обробки, що потребує застосування автоматизованих систем як інструмента вирішення системних та часткових задач транспортного ринку на основі використання принципів логістики та маркетингу;
- нестача кваліфікованих кадрів;
- недостатня кількість спеціального сучасного обладнання;
- застосування недосконалого програмного забезпечення, що не відповідає сучасним вимогам;
- не в повній мірі враховується велика кількість часових і технологічних обмежень;
- наявність сильного впливу неврахованих факторів зовнішнього середовища, що підтверджує необхідність врахування ризиків при прийнятті технологічних рішень;
- спостерігаються значні коливання попиту на послуги терміналів, що обумовлює необхідність розгляду окремих процесів термінальної системи для умов невизначеності;
- має місце неузгодженість роботи окремих підсистем терміналу, що призводить до небажаної затримки вантажу;
- наявність великої кількості вантажодержувачів і відправників вантажу на терміналах, що потребує розробки заходів підвищення ефективності та якості їх обслуговування;
- не аналізуються досить ретельно альтернативні стратегії обслуговування вантажовласників при митному оформленні вантажу та при організації технології роботи підсистеми «підвозу-розвозу» вантажу;
- нераціональне використання транспортного та складського обладнання, трудових та виробничих ресурсів на окремих етапах технології.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведено аналіз технологічних процесів термінальних систем, розкрито особливості та визначено основні проблеми, що перешкоджають ефективному функціонуванню термінальних систем на сучасному етапі їх розвитку.

У зв'язку з цим виділено основні етапи подальших досліджень щодо удосконалення технології та підвищення ефективності функціонування термінальних систем:

- розробка комплексних критеріїв ефективності функціонування транспортних систем;
- математична формалізація технологічних процесів функціонування термінальних систем;
- визначення оптимальних стратегій функціонування окремих підсистем та термінальних систем в цілому з урахуванням наявності ризиків та умов невизначеності;
- вибір оптимальних ресурсів для функціонування термінальної системи на окремих етапах технології: технологічних параметрів, параметрів рухомого складу і вантажно-розвантажувального обладнання, їх кількісних показників;
- розробка методології та імітаційної моделі функціонування термінальної системи на основі розвитку технологій, які поєднували б переваги геоінформаційних систем, математичного програмування та евристики.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Транспортная логистика [Текст] : учеб. / под ред. Л. Б. Миротина. – 2-е изд. – М.: Экзамен, 2005. – 512 с. – ISBN 5-472-00395-4.
2. Нечаев, Г. И. Модель логистической системы транспортно-складского комплекса [Текст] / Г. И. Нечаев // Вісник Східноукр. держ. ун-ту. – Луганськ: СУДУ, 1997. – № 6. – С. 118-129.
3. Нагорний, Є. В. Оцінка ефективності прискореної переробки тарно-штучних вантажів на терміналі [Текст] / Є. В. Нагорний, А. С. Самойленко // Восточноевропейский журнал передовых технологий: сб. науч. тр. / редкол.: Д. А. Демин [и др.]. – 2008. – Вып. 1/2 (31). – С. 51-53.

Надійшла до редколегії 30.09.2010.

Прийнята до друку 12.10.2010.

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ ПОЇЗДОПОТОКУ ПО ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТАХ

Запропоновано імітаційну модель для вирішення задачі раціонального розподілу поїздопотоків за двома показниками: час руху поїзда та затрати механічної роботи.

Ключові слова: раціональний розподіл поїздопотоків, оптимальний маршрут, імітаційна модель, час руху поїзда, затрати механічної роботи

Предложена имитационная модель для решения задачи рационального распределения поездопотоков по двум показателям: время движения поезда и затраты механической работы.

Ключевые слова: рациональное распределение поездопотоков, оптимальный маршрут, имитационная модель, время движения поезда, затраты механической работы

The simulation model for solution of the task of the rational train traffic volume distribution in consideration of two indices, namely the train traffic time and the expenditure of mechanical work, was suggested.

Keywords: rational train traffic volume distribution, optimum route, simulation model, train traffic time, expenditure of mechanical work

Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення, в якому буде реалізована запропонована математична модель з визначення оптимальних маршрутів руху та розподілення поїздопотоків по цих маршрутах між відповідними пунктами.

Задача з визначення оптимальних маршрутів руху поїздопотоків ділиться на дві підзадачі, а саме:

- побудова всіх простих, допустимих маршрутів між станціями;
- розподілення поїздопотоків по отриманих маршрутах.

Кожну з підзадач можна представити як окрему компоненту програми. Крім того, при реалізації окремих компонент виникає необхідність у створенні додаткових, допоміжних процедур.

Для побудови допустимих, простих маршрутів між усіма станціями необхідні дані про сітку мережі залізниці, а також інформація про поїздопотік між станціями, тому виникає потреба у записі цих даних у файлі з метою їх подальшого використання. Також необхідні процедури по роботі з файлом, а саме: допис інформації у файл, відображення у зручній формі інформації, що зберігається у файлі та корегування даних, що зберігаються у файлі.

Враховуючи підзадачі та зазначені вище вимоги програмний, продукт повинен забезпечувати виконання наступних функцій:

- робота з файлом;
- розрахунок всіх простих, допустимих маршрутів слідування з будь-якої станції в усі можливі;

- розподіл поїздопотоків по маршрутах з урахуванням мінімального загального часу руху, пропускної спроможності колії та кількості поїздів, що слідують з однієї станції в іншу;

- розподіл поїздопотоків по маршрутах з урахуванням мінімальної загальної механічної роботи при слідуванні поїздів, пропускної спроможності колії та кількості поїздів, що слідує з однієї станції в іншу;

- розподіл поїздопотоків по маршрутах, одночасно враховуючи загальний час руху та затрати механічної роботи, при обмеженнях з пропускної спроможності колії та заданій величині поїздопотоків між станціями;

- розрахунок загальної кількості поїздів, що пройде по кожній колії та вивід даної інформації в таблицю;

- відображення даних про сполучення між двома сусідніми станціями в таблицю.

Враховуючи те, що в один файл зберігається інформація, він повинен містити певну послідовність в збереженні даних. Спочатку повинні вноситися назви станцій та номери, що присвоюються автоматично, потім дані про сполучення між двома сусідніми станціями та в кінці – дані про поїздопотік між всіма станціями.

Вибір парадигми програмування

Внутрішнє проектування слід починати з вибору парадигми програмування, тобто підходу до написання програм. Найбільш поширеними парадигмами програмування, які до того ж можуть бути використані для розробки проекту, є парадигми процедурного та об'єктно-орієнтованого програмування.

Об'єктно-орієнтований підхід полягає в наступному наборі основних принципів:

- обчислення здійснюються шляхом взаємодії (обміну даними) між об'єктами, при якому один об'єкт вимагає, щоб інший об'єкт виконав деяку дію. Об'єкти взаємодіють, посылаючи та одержуючи повідомлення. Повідомлення – це запит на виконання дії, доповнений набором аргументів, які можуть знадобитися при виконанні дії;

- кожен об'єкт має незалежну пам'ять, яка складається з інших об'єктів;

- кожен об'єкт є представником (примірником) класу, який висловлює загальні властивості об'єктів;

- у класі задається поведінка (функціональність) об'єкта. Тим самим усі об'єкти, які є екземплярами одного класу, можуть виконувати одні і ті ж дії;

- класи організовані в єдину деревоподібну структуру з загальним корінням, що названа ієрархією наслідування. Пам'ять і поведінка, пов'язані з примірниками певного класу, автоматично доступні будь-якому класу, розташованому нижче в ієрархічному дереві.

Таким чином, програма являє собою набір об'єктів, що мають стан і поведінку. Об'єкти взаємодіють за допомогою повідомлень. Природним чином вибудовується ієрархія об'єктів: програма в цілому – це об'єкт, для виконання своїх функцій вона звертається до об'єктів, які до неї входять, та які, у свою чергу, виконують запит шляхом звернення до інших об'єктів програми. Природно, щоб уникнути нескінченної рекурсії у зверненнях, на якомусь етапі об'єкт трансформує звернене до нього повідомлення в повідомлення до стандартних системних об'єктів, що надаються мовою і середовищем програмування.

Стійкість і керованість системи забезпечується за рахунок чіткого розподілу відповідальності об'єктів (за кожну дію відповідає певний об'єкт), однозначного визначення протоколів міжоб'єктної взаємодії і повної ізольованості внутрішньої структури об'єкта від зовнішнього середовища (інкапсуляції).

Вибір мови програмування

Для вибору мови програмування необхідно з'ясувати особливості розробки програми.

Програма вимагає великої кількості екранних форм і діалогових вікон для введення, перегляду і зміни інформації. Для швидкої розробки інтерфейсу потрібна система, що підтримує візуальне програмування.

Середовище програмування по можливості повинно мати вбудовані засоби налагодження та перевірки помилок на етапі виконання.

Вищевказаним вимогам повною мірою задовольняють два середовища програмування: Borland Delphi та Builder C++, що підтримують мови Object Pascal та C/C++ відповідно.

В якості середовища програмування було обрано Builder C++. Цей вибір обумовлений тим, що це середовище дозволяє створити зручний інтерфейс. Але тільки тим можливості Builder C++ не обмежуються. Ідеологія форм, об'єктно-орієнтований підхід, надзвичайно швидкий компілятор, тісна інтеграція з програмуванням у середовищі Windows і технологія компонентів – це ще один довід використання даного пакета.

Але найважливішою частиною є мова C++, на фундаменті якої будувалося все інше. Builder C++ швидко подає потрібну інформацію. А технологія Code Insight (система підказок для написання коду) допомагає швидко писати програму й уникнути помилок при написанні тих або інших назв елементів інтерфейсу або назв процедур і функцій.

Проектування інтерфейсу користувача

Програма, що розроблюється, повинна мати інтерфейс, який спроектовано під операційну систему Windows. Важливим аспектом, який враховувався під час проектування інтерфейсу, є простота освоєння і запам'ятовування операцій системи.

Основним будівельним блоком інтерфейсу є форма. Будь-яка програма має форму, яка називається головною. Ця форма з'являється на екрані під час запуску програми. Використаємо головну форму для побудови інтерфейсу. У верхній частині форми буде розташовуватись головне меню користувача. При виборі якогонебудь з пунктів меню на формі стають активними відповідні елементи інтерфейсу, що необхідні для реалізації даного пункту меню. Потрібно знати, що користувач після запуску програмного продукту отримує можливість використати програму у своїх розробках, тому затрати на вивчення роботи інтерфейсу програми повинні бути мінімальні та інтерфейс повинен бути легкозасвоюваним.

Виходячи з вищевказаних міркувань, передбачається створення короткого за змістом та легкого за ступенем сприйняття інтерфейсу, що володіє властивістю швидкості досягнення мети та ефективного отримання розв'язку задачі. На рис. 1 зображено граф станів і переходів спроектованого головного меню користувача.

Проектування архітектури програми

Виходячи з того, що задача ділиться на підзадачі, організуємо кожну підзадачу в окремий модуль.

Таким чином маємо наступні модулі:

– головний модуль програми;

– модуль для роботи з даними та файлом;
– модуль для розрахунку простих, допустимих маршрутів;
– модуль для розподілення поїздопотоків по маршрутам.

Структура програми наведена на рис. 1.

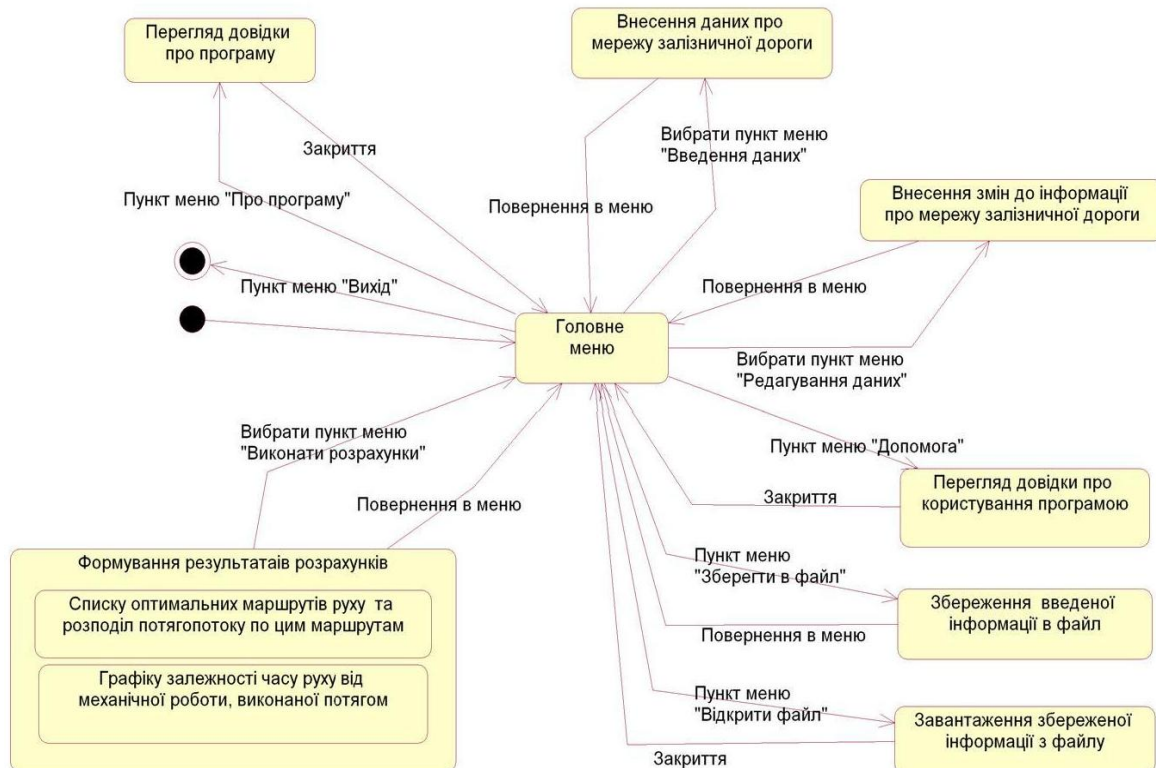


Рис. 1. Граф станів і переходів головного меню користувача

Об'єднаємо функції та процедури, що відповідають за інтерфейс програми, у головному модулі. Крім того в цьому модулі будуть знаходитись глобальні змінні, з якими будуть працювати всі модулі.

Для покращення роботи програми з даними, об'єднаємо всі процедури та функції, що виконують роботу з даними, в один модуль. Цей модуль буде містити такі основні функції:

- зчитування даних з файлу;
- додавання інформації в файл;
- вивід даних на екран, відображення на головній формі;
- редагування даних та їх збереження.

Для розрахунку простих, допустимих маршрутів треба користуватися математичними формулами та методами. Виходячи з цього, виникає необхідність всі процедури та функції, що пов'язані з цією задачею, об'єднати в модуль.

За цією ж причиною виділимо модуль для розподілення поїздопотоків по маршрутам. Реалізація цієї задачі базується на одному математичному методі. Крім того, для складання таблиці завантаження кожної колії необхідні дані,

що виникають в результаті розрахунку розподілу поїздопотоків по маршрутам. Взаємозв'язок між модулями програми наведений на рис. 2.

Формалізація вихідних даних та аналіз результатів роботи програми

Результатом роботи став програмний продукт «Розрахунок оптимальних маршрутів руху поїздопотоків», який визначає раціональні маршрути слідування поїздів на заданій мережі залізниці за умов виконання обмежень з пропускної спроможності колій та розподілу заданого поїздопотоків між станціями.

Вихідні дані

Для розв'язання поставленої задачі розрахунку оптимальних маршрутів слідування поїздопотоків необхідні наступні вихідні дані, які вводяться користувачем в діалогові режимі в таблицю:

- назва станції ділянки залізниці – текстовий формат;

- вибір зі списку введених назв станцій двох суміжних станцій;
- число колій між вибраними станціями – числовий формат;
- напрям руху по колії – текстовий формат;
- середній час руху поїзда по колії (хв.) – числовий формат;

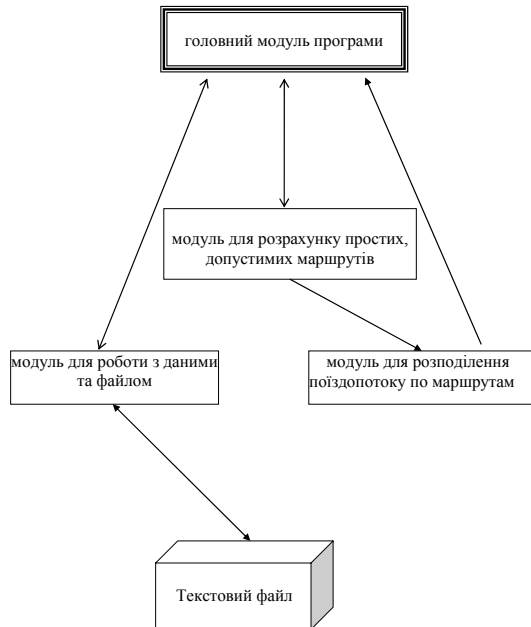


Рис. 2. Взаємозв'язок модулів програми

- пропускна спроможність колії, поїздів за добу – числовий формат;
- затрати механічної роботи при русі поїзду (КДж) – числовий формат;

– поїздопотік між станціями по всій ділянці залізниці (поїздів) – числовий формат.

Результати роботи програми

Результатом роботи програми, тобто даними, які отримає користувач на виході, є:

- список всіх оптимальних маршрутів та значення поїздопотоків, який реалізується на кожному з маршрутів; кожний рядок списку буде містити маршрут у форматі:
«Назва початкової станції – номер колії – назва проміжної станції – номер колії – – назва кінцевої станції»;
- графік залежності затрат механічної роботи від затрат часу для всієї ділянки.

Розроблений продукт дає можливість швидко розраховувати дані та видає користувачу інформацію про маршрути, які є оптимальними за двома показниками: час руху та затрати механічної роботи при русі по колії, тобто ці показники є якомога меншими.

Всі вихідні дані можна зберігати у файли та в подальшому використовувати їх у програмі з можливістю редагування. Також програма надає користувачу залежність витрат механічної роботи від часу руху поїздів для заданої мережі у вигляді графіка. В подальшому цю інформацію можна використовувати для розрахунку тарифів перевезення вантажів, враховуючи вимоги замовників.

Проаналізуємо роботу програми, рухаючись по схемі, що зображена на рис. 3.

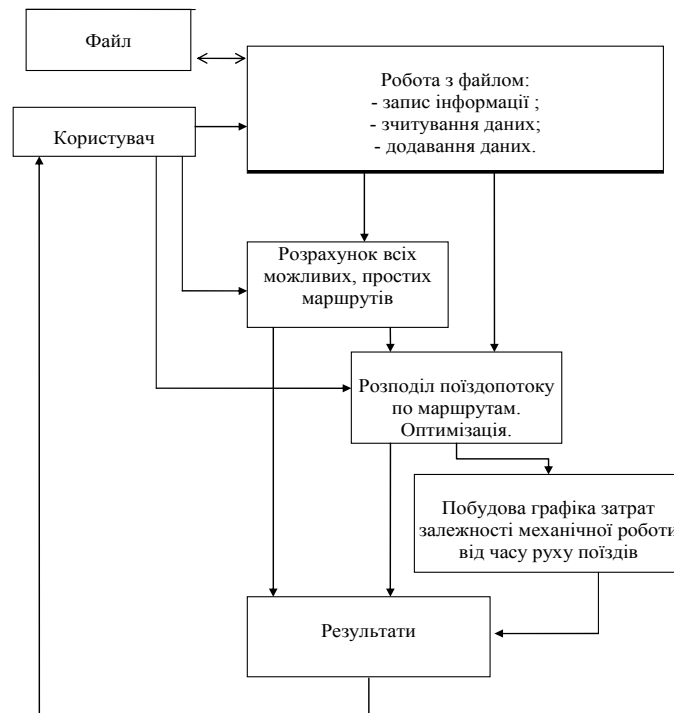


Рис. 3. Порядок роботи з програмним продуктом

За даним рисунком видно, що користувач в результаті отримає оптимальні маршрути слідування поїздів, що розраховується на основі вихідних даних, наприклад Дніпропетровського вузла (рис. 4), інформації про колії та поїздопотік (рис. 5), та графік залежності витрат

механічної роботи від часу руху поїздів. Кінцевий результат програми (рис. 6) – список маршрутів з указаною кількістю поїздів по кожному з них, графічна залежність витрат механічної роботи від часу руху поїздів, а також навантаження на кожну з колій.

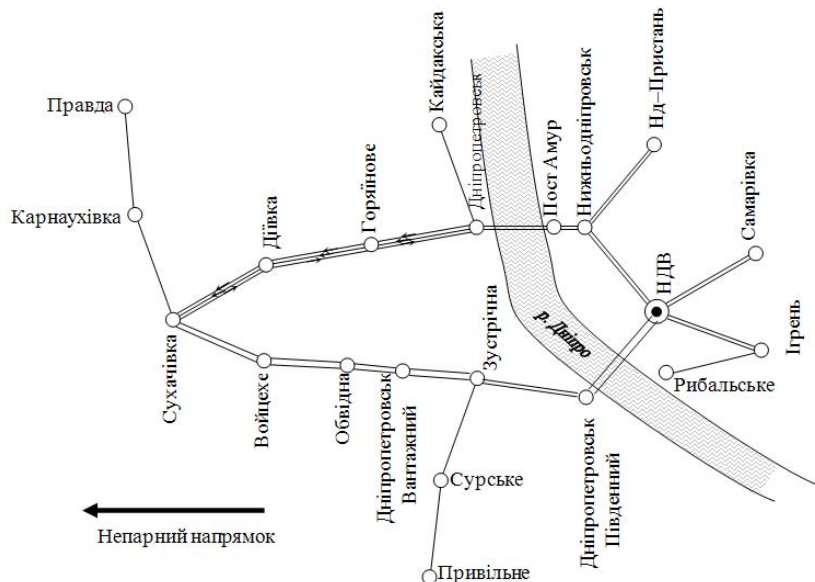


Рис. 4. Схема Дніпропетровського вузла

Програма для розрахунку оптимальних маршрутів руху потягопотоків

Файл Редагування Розрахунок Допомога

Список перегонів						
Станція	Станція	Напрямок	Час	Поїзд./добу	Затрати, МДж	Колії
Правда	Карнаухівка	Непарний	17	123	850	1
Карнаухівка	Сухачівка	Непарний	14	128	750	1
Сухачівка	Дівка	Непарний	10	130	650	1
Сухачівка	Дівка	Парний	10	130	650	2
Сухачівка	Дівка	Парний	9	126	520	3
Дівка	Горішнє	Непарний	6	130	705	1
Дівка	Горішнє	Непарний	6	130	705	2
Дівка	Горішнє	Парний	6	135	540	3
Горішнє	Дніпропетр	Непарний	4	135	515	1
Горішнє	Дніпропетр	Непарний	4	135	515	2
Горішнє	Дніпропетр	Парний	4	138	497	3
Дніпропетро	Кайдакська	Парний	5	121	570	1
Дніпропетро	Пост Амур	Парний	5	132	568	1
Дніпропетро	Пост Амур	Непарний	5	132	570	2
Пост Амур	Нижньодніп	Парний	3	138	425	1
Пост Амур	Нижньодніп	Непарний	3	138	425	2
Нижньодніп	Нд - Пристає	Парний	7	123	745	1
Нижньодніп	НДВ	Парний	4	140	670	1
Нижньодніп	НДВ	Непарний	4	140	670	2
НДВ	Самарівка	Парний	5	136	620	1
НДВ	Самарівка	Непарний	5	136	620	2
НДВ	Ігрені	Парний	4	138	660	1
НДВ	Ігрені	Непарний	4	138	660	2
Ігрені	Рибальське	Парний	5	110	750	1
Днро, Півден	НДВ	Парний	8	136	950	1

Поїздопотік						
поч./кінець	Правда	Карнаухівка	Сухачівка	Дівка	Войцехів	Го
Правда	неможливо	0	23	0	0	0
Карнаухівка	0	неможливо	0	0	0	0
Сухачівка	0	0	неможливо	0	0	0
Дівка	0	0	0	неможливо	0	0
Войцехів	0	0	0	0	неможливо	0
Горішнє	0	0	0	0	0	не
Обідна	0	0	0	0	0	0
Дніпропетро	0	0	0	0	0	0
Кайдакська	0	0	0	0	0	0
Дніпропетро	0	0	0	0	0	0
Привільне	0	0	0	0	0	0
Сурське	0	0	0	0	0	0
Зустрічна	0	0	0	0	0	0
Днро, Півде	0	0	0	0	0	0
Пост Амур	0	0	0	0	0	0
Нижньодніп	0	0	0	0	0	0
НДВ	0	0	9	0	0	0
Нд - Пристає	0	0	0	0	0	0
Рибальське	0	0	0	0	0	0
Самарівка	0	0	0	0	0	0
Ігрені	0	0	0	0	0	0

Рис. 5. Головне меню програми. Вихідні дані.

Висновки

В результаті проведеної науково-технічної роботи було розроблено програмне забезпечення, яке призначене для розрахунку оптимальних маршрутів руху поїздопотоків, враховуючи пропускну спроможність колій та заданий поїздопотік на мережі залізниці. Маршрути обира-

ються оптимальними за двома показниками: час руху поїздів та затрати механічної роботи при русі поїзда по колії, ці показники для кожного маршруту одночасно є якомога меншими.

Також користувач має можливість графічного відображення залежності затрат часу від виконаної механічної роботи поїздів в масштабах всієї ділянки.

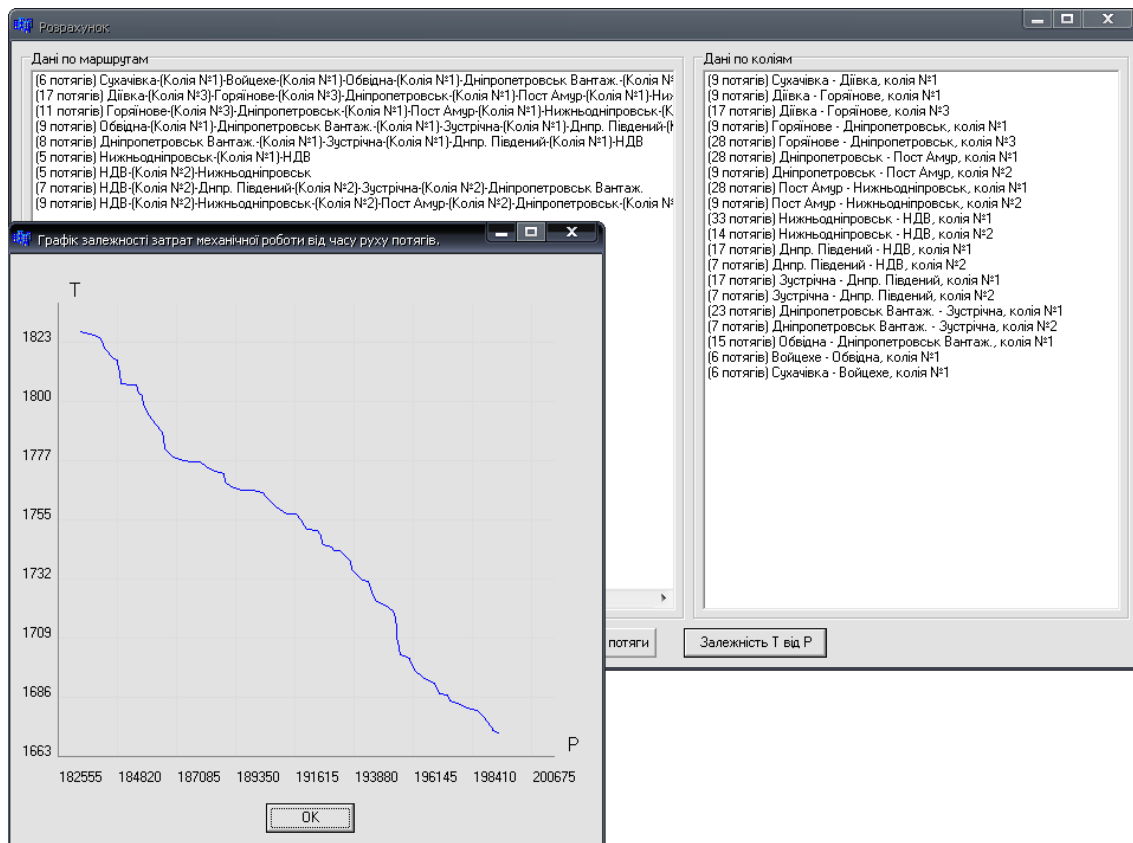


Рис. 6. Результати роботи програми

З економічної точки зору цю інформацію можна використовувати при встановленні тарифів на перевезення вантажів. Для кожного значення часу доставки вантажів, який буде влаштовувати замовника, можливо отримати значення величини виконаної механічної роботи і відповідно встановити тариф. А також розрахувати маршрути руху при заданому часі та композицію составів вантажних поїздів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- Анדרсон, Дж. А. Дискретная математика и комбинаторика [Текст] / Дж. А. Андерсон : [пер. с англ.]. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 960 с.
- Долгополов, П. В. Побудова моделі корпоративної мережі управління експлуатаційною роботою залізничного вузла [Текст] / П. В. Долгополов // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – Вип. 62. – Х., 2004.
- Устич, П. А. Управление транспортом на основе математического моделирования [Текст] / П. А. Устич, А. А. Иванов // Ж/д трансп. – 2008. – № 7. – С. 39-42.
- Орловский, П. Н. Моделирование на ЭЦВМ процесса пропуска поездов по главному ходу железнодорожного узла [Текст] / П. Н. Орловский // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на железнодорожных станциях. – 1975. – 160/8. – С. 107-115.
- Апатцев, В. И. Оптимизация работы железнодорожных узлов [Текст] / В. И. Апатцев // Ж/д трансп. – 1998. – № 11. – С. 2-6.
- Грунтов, П. С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] / П. С. Грунтов. – М.: Транспорт, 1994. – 543 с.
- Кочнев, Ф. П. Организация движения на железнодорожном транспорте [Текст] : учеб. для ВУЗов ж.-д. транспорта / Ф. П. Кочнев – М.: Транспорт, 1963. – 520 с.
- Соболь, И. М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями [Текст] / И. М. Соболь, Р. Б. Статников. – М.: Наука, 1981. – 210 с.
- Поденоский, В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач [Текст] / В. В. Поденоский, В. Д. Ногин. – М.: Наука. Главн. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1982. – 256 с.
- Парето-оптимальное моделирование инженерных задач [Текст] / В. И. Седых [и др.] // Комп'ютерний журнал. – 2004. – 22 с.
- Bosov, A. A. Vector Optimization by Two Objective Functions [Electron. resource] / A. A. Bosov, G. N. Kodola, L. N. Savchenko. – Access mode: <http://arxiv.org/pdf/0708.4307v1>

Надійшла до редколегії 22.11.2010.

Прийнята до друку 29.11.2010.

І. О. ВАКУЛЕНКО (ДІТ), Б. І. КІНДРАЦЬКИЙ (Інститут інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка»), С. О. ЯКОВЛЄВ, І. Є. КРАМАР, О. І. ШАПТАЛА (ДІТ)

ВПЛИВ СТРУКТУРНОГО СТАНУ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ НА ПРОЦЕС УТВОРЕННЯ АУСТЕНИТУ ПРИ НАГРІВІ В ДВОФАЗНУ ($\alpha + \gamma$)-ОБЛАСТЬ

На основі аналізу результатів дослідження кінетики процесу аустенізації визначається порядок розташування вихідних структур в напрямку зростання швидкості утворення аустеніту.

Ключові слова: вуглецева сталь, аустеніт, кінетика, структурний стан, двофазна область

На основе анализа результатов исследования кинетики процесса аустенизации определяется порядок расположения исходных структур в направлении роста скорости образования аустенита.

Ключевые слова: углеродистая сталь, аустенит, кинетика, структурное состояние, двухфазная область

Based on the analysis of research results for the kinetics of austenitization process the order of the original structures in the direction of increasing the rate of austenite formation is determined.

Keywords: carbon steel, austenite, kinetics, structural state, two-phase region

В сучасних умовах експлуатації залізничні колеса та бандажі, окрім значних пластичних деформацій по поверхні кочення з визначеним градієнтом углиб металу, в процесі гальмування можуть розігріватися до достатньо високих температур. При цьому швидкість розігріву та температура, до якої відбувається нагрівання, значною мірою залежать не тільки від режиму гальмування, але й від відстані прошарку металу від поверхні кочення [1]. З урахуванням цього, розвиток процесів внутрішньої перебудови металу коліс та бандажів визначає зміну комплексу властивостей. Причому, чим більші спостерігаються відмінності за морфологічними ознаками та дисперсністю структурних складових, тим більше змінюються властивості металу.

З урахуванням наведеного, аналіз структурних перетворень у вуглецевих сталях у процесі нагріву має достатньо вагоме значення для розуміння ступеню зміни комплексу властивостей залізничних коліс та бандажів під час їх експлуатації.

Метою роботи є дослідження впливу температури розігріву та морфології структурних складових вуглецевих сталей на процес утворення аустеніту.

Матеріалом для дослідження були вуглецеві сталі з кількістю вуглецю 0,45 і 0,6 % з різним структурним станом. Комплекс властивостей металу визначали при розтяганні, структурні параметри – при дослідженнях сталей під світловим мікроскопом з використанням методик кількісної металографії.

Так, у більшості випадків при інтенсивному гальмуванні в тонкому приповерхневому шарі металу ободу колеса температура може дуже швидко збільшуватися до значень, яких достатньо для початку розвитку процесів фазових перетворень [2]. Після закінчення гальмівного процесу, в залежності від швидкості охолодження металу колеса, відбуваються процеси структурних перетворень за різними механізмами. Реалізація механізму фазових перетворень при охолодженні суттєво залежить від значної кількості чинників, які визначають як стан металу поперед початком охолодження, так і умови самого процесу охолодження.

В першому наближенні, кількість зміцнюючої фази (мартенситу, бейніту або продуктів їх розпаду) в доєвтектоїдних сталях, в тому числі й тих, що використовують для виготовлення залізничних коліс і бандажів, значною мірою визначається об'ємною часткою аустеніту, який формується при нагріві вище A_{c1} . Аналіз ділянки загальної діаграми «залізо–вуглець», яка відповідає двофазній ($\alpha + \gamma$)-області, у більшості випадків дає тільки оціночні відомості стосовно співвідношення фаз, їх хімічного складу (рис. 1). Обумовлено наведене положення, у першу чергу, відсутністю даних відносно впливу невизначної швидкості нагріву або охолодження елемента колеса на положення критичних точок фазових перетворень, досягнення умов рівноваги фазових складових сталей. До наведених чинників, окрім зсуву точок початку фазових перетворень, необхідно віднести ступінь завершення аустенітного перетворення,

неспівпадіння фактичного перерозподілу хімічних елементів між фазами порівняно з теоретичними, за діаграмою.

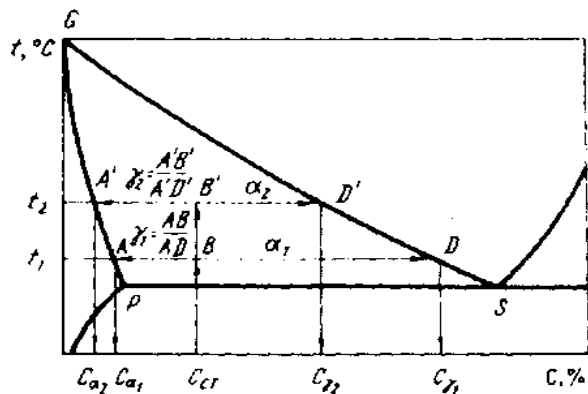


Рис. 1. Діаграма рівноваги Fe-C. Співвідношення α - та γ -фаз і вміст розчиненого в них вуглецю залежно від температури нагріву в двофазній ($\alpha + \gamma$)-області [3]

З метою розуміння розвитку процесів структурних перетворень при нагріві залізничного колеса (приповерхнева частина, поблизу місця контакту з гальмовим елементом) необхідно розглянути деякі фактори, що впливають на кінетику формування аустеніту, місця його зародження та морфологічні особливості будови. Серед таких факторів є вихідна структура, хімічний склад сталі, кількість, морфологія, дисперсність часток другої фази, їх розташування та ін.

Враховуючи, що структура металу залізничних коліс після термічного зміцнення складається з дрібнодисперсних перлітних колоній, переривчастої сітки структурно вільного фериту та визначеної частки глобулярних структур [4], зародження аустенітної фази в цих структурах має свої особливості. Так, процес формування аустеніту в сталі з пластинчастим перлітом починається від виникнення зародків на границях перлітних колоній. Процес дифузії атомів вуглецю від деградованих цементних пластин в напрямку периферійних ділянок феритного прошарку перлітної колонії супроводжується виникненням фронту фазового перетворення. В першому наближенні можна вважати, що навіть у випадку неповного перетворення перлітної колонії, сформована аустенітна ділянка не відрізняється за концентрацією вуглецю від тієї, яка повністю перетворена в аустенітну фазу.

Для структур із глобулярним цементитом процес формування аустеніту при нагріві має свої особливості. Наведена фаза зароджується поблизу міжфазової межі, що відділяє карбідну

частку від феритної матриці. З урахуванням цього, центрів формування зародків значно більше в порівнянні з пластинковим перлітом, а їх розташування відносно рівномірне. Вважається [5], що карбідні частки, які можуть мати різну рівномірність розташування у феритній матриці, практично не впливають на процес зародження аустеніту і, поступово деградує на атоми заліза і вуглецю, поглинаються аустенітною ділянкою.

З іншого боку, враховуючи виникнення на поверхні кочення залізничних коліс і бандажів ділянок зі структурним станом, подібних тим, що спостерігають при розвитку структурних перетворень за мартенситним або проміжним механізмом, процес формування аустеніту при подальшому нагріві повинен відрізнятися від розглянутих пластинкових та глобулярних форм карбідної складової. Так, при нагріві до температур двофазної ($\alpha + \gamma$)-області сталі з похідною структурою після гартування, аустеніт, що формується, повторює орієнтацію кристалів первинного мартенситу (рис. 2). При цьому, як підтверджується експериментальними даними [6], чим вищою була температура попереднього нагріву, тим більшою мірою аустенітна фаза повторює орієнтацію й форму мартенситних кристалів. Аналогічні за характером результати отримані при аналізі процесу утворення аустеніту при нагріві сталі з грубо пластинковим мартенситом.

В цьому випадку зародження перших осередків аустенітної фази спостерігається на стиках декількох колишніх аустенітних зерен (гартування сталі з попередньо сформованою грубозеренною структурою аустеніту). З урахуванням узагальнення визначеної кількості експериментальних даних структурних досліджень [5, 6], можна розташувати у порядку зменшення вірогідності зародження аустеніту при нагріві металу до температур початку фазових перетворень. Так, у першу чергу осередки аустенітної фази починають виникати на стиках колишньої (перед гартуванням) зеренної структури аустеніту, і тільки після цього аустеніт формується на межах мартенситних кристалів. З урахуванням особливостей зародження та зростання мартенситного кристалу, в металі виникає надмірна кількість дефектів кристалічної будови (в першу чергу, дислокацій одного знаку), що неодмінно має свій відбиток на процесі аустенізації. Вповільнення процесу зростання об'ємної частини аустеніту обумовлене в основному відсутністю джерел постачання необхідної кількості дислокацій протилежного

знаку порівняно з тими, що були сформовані при мартенситній реакції. На підставі цього формується вкрай неоднорідна структура аустенітних зерен, яка при подальшому перетворенні при охолодженні приведе до зниження комплексу властивостей металу. Однак, технологія експлуатації залізничних коліс неодмінно включає процес пластичного деформування по поверхні кочення як складову загального ланцюга впливань на метал коліс та бандажів. На підставі цього, необхідно відзначити, що наведений вплив обумовлює введення додаткової кількості дефектів кристалічної будови різних знаків і, як наслідок цього, до якісних змін процесу аустенізації. Проявляється наведений вплив через утворення додаткових місць зародження аустеніту (гетерогенне зародження), що врешті-решт сприяє подрібненню аустенітної зеренної структури. На рис. 3 наведено вплив температури нагріву в двофазну ($\alpha + \gamma$)-область вуглецевої сталі після гарячої та наступної холодної пластичної деформації 78 % з подальшим гартуванням. Формування стрічкової аустенітної структури обумовлено сумарним впливом послідовних процесів гарячого і холодного пластичного деформування, які сприяють виникненню анізотропних структур. Пропорційно збільшенню температури нагріву визначається зростання об'ємної частки аустеніту. Незважаючи на достатньо високу температуру нагріву (760 °C), повністю усунути вплив попередньої пластичної деформації на зеренну будову аустеніту досягнуто не було. Однією з причин наведеного впливу, окрім можливого неоднорідного розподілу деформації по товщині прокату, може мати місце різна швидкість розвитку процесів анігіляції дефектів кристалічної будови в мікроб'ємах металу під час його нагріву.

Таким чином, на основі аналізу результатів дослідження кінетики процесу аустенізації можна визначити порядок розташування вихідних структур в напрямку зростання швидкості утворення аустеніту. Мінімальній швидкості формування аустенітних ділянок відповідає вихідна структура глобулярного цементиту з рівномірним розподілом у феритній матриці. Далі слідують колонії пластинкового перліту, структури гартування та структури холоднодеформованого металу, яким відповідають підвищені швидкості утворення аустенітних ділянок під час нагріву до температур двофазної ($\alpha + \gamma$)-області.

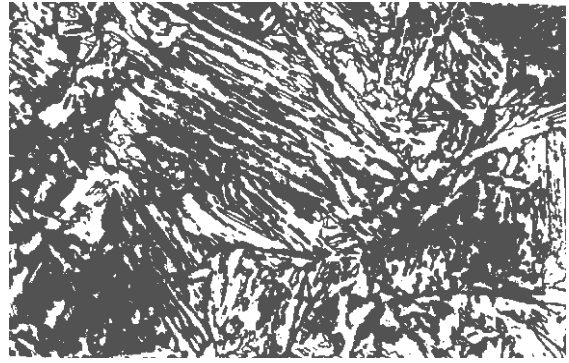
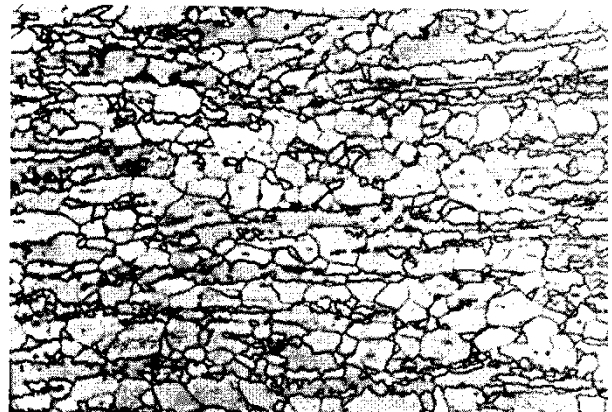


Рис. 2. Мікроструктура двофазної ферито-мартенситної сталі після попереднього гартування на мартенсит ($\times 800$)



а)

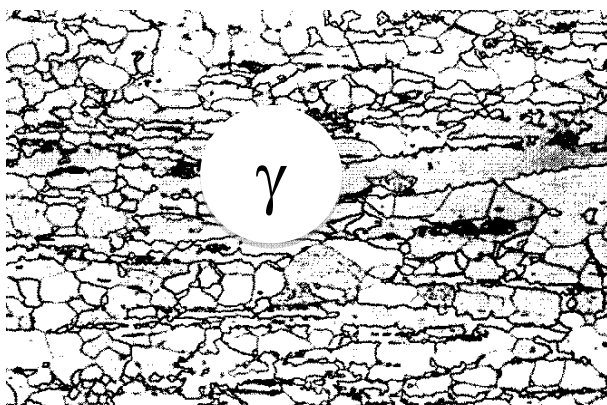


б)

Рис. 3. Вплив температури нагріву в двофазну ($\alpha + \gamma$)-область (а – 723; б – 728; в – 735; г – 742; д – 760 °C) вуглецевої сталі (попередня обробка – гаряча деформація, холодна деформація 78 %) на об'ємну частку та морфологію аустеніту, що утворюється (γ) ($\times 300$)



а)



б) (γ)



в) (γ)

Рис. 3 (закінчення). Вплив температури нагріву в двофазну ($\alpha + \gamma$)-область (а – 723; б – 728; в – 735; г – 742; д – 760 °С) вуглецевої сталі (попередня обробка – гаряча деформація, холодна деформація 78 %) на об'ємну частку та морфологію аустеніту, що утворюється (γ) ($\times 300$)

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дефекти залізничних коліс [Текст] / І. О. Вакуленко [та ін.]. – Д.: Маковецький, 2009 – 112 с.
2. Vakulenko, I. A. Structural Changes in a Railway Wheel Rim during Operation [Text] / I. A. Vakulenko, N. A. Grishchenko // Russian Metallurgy. – v. 2010, № 5. – P. 408-411.
3. Кузін, О. А. Металознавство та термічна обробка металів [Текст] / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. – К.: Основа, 2005. – 324 с.
4. Вакуленко, І. О. Визначення оптимального структурного стану залізничного колеса [Текст] / І. О. Вакуленко, М. А. Грищенко, О. М. Перков // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 207-209.
5. Голованенко, С. А. Двухфазные низколегированные стали [Текст] / С. А. Голованенко, Н. М. Фонштейн. – М.: Металлургия, 1986. – 207 с.
6. Садовский, В. Д. Структурная наследственность в стали [Текст] / В. Д. Садовский. – М.: Металлургия, 1973. – 205 с.

Надійшла до редколегії 23.11.2010.

Прийнята до друку 26.11.2010.

СЕК'ЮРИТИЗАЦІЯ БАНКІВСЬКИХ АКТИВІВ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ

У статті досліджується механізм сек'юритизації банківських активів у якості сучасного інструменту управління фінансовими ризиками кредитної установи.

Ключові слова: банківські активи, сек'юритизація, кредитна установа, управління фінансовими ризиками, ризик-менеджмент

В статье исследуется механизм секьюритизации банковских активов в качестве современного инструмента управления финансовыми рисками кредитного учреждения.

Ключевые слова: банковские активы, секьюритизация, кредитное учреждение, управление финансовыми рисками, риск-менеджмент

In the article the mechanism of securitization of bank assets as the modern tool of management of financial risks of a bank is investigated.

Keywords: bank assets, securitization, bank, financial risk management

Вступ

Відомо, що в сучасних кризових умовах перед системою ризик-менеджменту фінансового сектору стоять наступні завдання: диверсифікація джерел фінансування; зменшення кредитного ризику; збільшення власної ліквідності. Одним з інструментів вирішення цих завдань є сек'юритизація банківських активів.

Значний вклад у дослідження проблем сек'юритизації активів здійснили такі західні та вітчизняні економісти, як Ф. Маршал, С. Фрост, Г. Фонбаер, Ф. Фабоці, Д. Барт, Т. Френкел, Т. Кох, П. Бер, Е. Жуков, Б. Кишакевич, О. Чуб, О. Селіванівський, Ю. Туктаров, О. Ковальов.

Постановка завдання

Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених сек'юритизації активів, практичний аспект застосування цього інструменту у системі ризик-менеджменту в них розглянуто загально і потребує подальшого дослідження.

У зв'язку з цим у статті ставиться завдання проаналізувати механізм сек'юритизації банківських активів у контексті системи ризик-менеджменту кредитних установ.

Результати

Відомо, що процес сек'юритизації активів наприкінці 80-х років був викликаний такими економічними факторами:

- посиленням конкуренції між фінансово-кредитними установами;

- зростанням вартості залучених ресурсів;
- зниженням операційної маржі, що призвело до зменшення доходів банківських установ;
- погіршенням якості кредитних портфелів, що, в свою чергу, викликало підвищення вимог регулюючих органів до розмірів власного капіталу банків.

Піонером розвитку сек'юритизації є США, де, з метою створення вторинного ринку заставних, у 1970 році були утворені державні агенції. Їх діяльність допомогла стандартизувати оформлення документів і підписання іпотеки. Разом з тим сек'юритизація викликала інтерес і в інших фінансових установах, тому що забезпечила новими фінансовими інструментами таких потенційних інвесторів, як страхові компанії та пенсійні фонди.

Наприкінці 80-х років сек'юритизацію упровадили в Канаді, Великобританії, Австралії і Японії, на початку 90-х років – у всій Західній Європі, ПАР, Гонконзі та Індії. У 2000-х році техніка сек'юритизації активів стала використовуватися в Центральній і Східній Європі, Північній Африці і на Близькому Сході. У 2003 році перші такі операції відбулися в Польщі, Чехії й Казахстані, в 2004 році – у Росії і Латвії, у 2005 році – у державах Південно-Східної Азії [1].

Розглянемо, що містить поняття «сек'юритизація».

Базельський комітет розглядає сек'юритизацію як «структуровані угоди, в яких банки використовують кредитні деривативи для того, щоб передати кредитний ризик певного пулу

активів третім особам, в тому числі страховим компаніям, іншим банкам і нерегульованим особам» [2].

У міжнародних стандартах фінансової звітності № 39 «Фінансові інструменти: визнання і оцінка» сек'юритизація трактується як «процес трансформації фінансових активів у цінні папери» [3].

Ю. Туктаров також зазначає, що сек'юритизація – це перерозподіл ризиків шляхом трансформації активів банку у цінні папери для продажу інвесторам [4].

О. Селіванівський стверджує, що сек'юритизація – це фінансування або рефінансування будь-яких активів компанії, що приносять дохід, за допомогою «перетворення» таких активів у ліквідну форму шляхом емісії облігацій або інших цінних паперів [5].

О. Чуб визначає сек'юритизацію як операцію, у процесі якої банк «продає» повністю або частково виданий кредит, списуючи його зі свого балансу до настання строку погашення, і передає право одержання основного боргу та відсотків по ньому новому кредиторі, причому не обов'язково банку [6].

Враховуючи вищевказане, можна зробити висновок, що сек'юритизація – це трансформація неліквідних активів в більш ліквідні – гроші, що відповідно веде до покращення ліквідності та зменшення кредитного ризику фінансової установи.

Відомо, що у системі ризик-менеджменту до методів управління кредитного ризику та ризику ліквідності відносяться: диверсифікація, лімітування, створення резервів, сек'юритизація.

Метод диверсифікації полягає у розподілі кредитного портфеля серед широкого кола позичальників, які відрізняються умовами діяльності, такими, як галузь економіки та географічний регіон.

Метод лімітування полягає у встановленні максимально припустимих розмірів наданих позичок, що дозволяє обмежити кредитний ризик. Ліміти можуть встановлюватися за видами кредитів, категоріями позичальників або групами взаємопов'язаних позичальників, за найбільш ризикованими напрямками кредитування, такими, як надання довгострокових позичок, кредитування в іноземній валюті тощо. Ліміти визначаються як максимально допустимий розмір позички і виражаються як в абсолютних граничних величинах (сума кредиту у грошовому вираженні), так і у відносних показниках (коефіцієнти, індекси, нормативи).

Метод резервування полягає в акумуляції частини коштів, які надалі використовуються для компенсації неповернених кредитів. З одного боку, резерв під кредитні ризики є захистом вкладників, кредиторів та акціонерів банку, а з іншого – резерви підвищують надійність і стабільність банківської системи в цілому.

Сек'юритизація, у свою чергу, включає три методи:

- класичний, при використанні якого банк продає свої активи спеціалізованій юридичній компанії SPV (special purpose vehicle), яка фінансує купівлю цих активів шляхом випуску цінних паперів на ринку капіталу. SPV повинна бути повністю відокремлена від первинного власника активів, щоб не допустити включення її в консолідовану групу з фінансовою установою і уникнути можливих наслідків неплатоспроможності первинного власника акцій;

- синтетичний, який характеризується тим, що активи залишаються на балансі кредитної установи. Цей метод доцільно використовувати у випадку, коли пул активів формується з низькоризикових кредитів і їх списання може погіршити якісні характеристики (нормативи) кредитного портфеля банку;

- накопичувальний, який, завдяки простій реалізації, є найпопулярнішим серед невеликих банків. При застосуванні накопичувальної сек'юритизації банк формує кредитний портфель, а потім на його обсяг випускає облігації, які розміщуються серед іноземних банків. Видані кредити є забезпеченням за цінними паперами (фактично продаж позик не відбувається) [6].

Основними учасниками сек'юритизації є: банк-оригінатор, гарант, андерайтер, спеціалізована юридична компанія, консалтингові та рейтингові компанії, інвестори (див. табл. 1).

Відзначимо, що сек'юритизація як елемент системи ризик-менеджменту застосовує інструмент внутрішнього або зовнішнього збільшення кредитної якості випущених цінних паперів. Механізм зовнішнього збільшення кредитної якості передбачає участь третьої сторони у формі гаранта, поручителя. Механізм внутрішнього збільшення кредитної якості здійснюється за рахунок банку-оригінатора або спеціалізованої юридичної компанії.

На кредитну якість і ліквідність цінних паперів впливає також і питання власності на сформований пул активів. Залежно від цього критерію цінні папери класифікуються на два класи з різними структурами сек'юритизації активів, а саме:

1. Структура прямого розподілу, за якої інвестор після покупки цінних паперів одержує й частку в портфелі активів. Грошові потоки, що генеруються пулом активів, передаються власникам цінних паперів без змін в обсягах або

строках.

2. Структура по управлінню платежу, за якої спеціальна юридична компанія зберігає пул активів у своїй власності й випускає цінні папери, використовуючи пул активів як забезпечення.

Таблиця 1

Функції основних учасників процесу сек'юритизації

Учасники	Функції
Банк-оригінатор	Формування пула активів (кредити)
Спеціалізована юридична компанія (SPV)	Покупає пул активів у банку – оригінатора та робить емісію цінних паперів
Гарант (банк, страхова компанія)	Надання фінансових ресурсів у випадку, коли банк – оригінатор не в змозі обслуговувати видані кредити
Андерайтер	Оцінка й підтримка відповідної ціни емітованих цінних паперів
Консалтингові компанії	Надання консультацій з питань оподаткування, фінансової звітності й т.д.
Рейтингові компанії	На підставі аналізу якісно-кількісних характеристик пула активів і фінансової стабільності учасників процесу сек'юритизації визначає рейтинг емітованих цінних паперів
Інвестори	Вкладають грошові кошти в емітовані цінні папери

Зазначимо, що незважаючи на складність реалізації процесу сек'юритизації активів банк-оригінатор при цьому отримує значні переваги стосовно управління фінансовими ризиками, а саме:

- замість строкових активів банк одержує ліквідні кошти, які можна використати для подальшого розвитку. Досить часто банки мають значні обсяги недостатньо ліквідних активів, продаж яких у потрібний момент не завжди можлива. Це може призвести до втрати платоспроможності банку. З цієї точки зору сек'юритизація являє собою важливий інструмент управління активами, уможлиблюючи їх реалізацію з належною швидкістю й ефективністю в умовах насиченого конкуренцією ринку;
- розширення кола потенційних інвесторів;
- зменшення ймовірності виникнення у банку процентного та кредитного ризиків, а також ризику ліквідності. Сек'юритизація перерозподіляє такі банківські ризики між кредитною установою, інвестором і посередником;
- поліпшення діючих нормативів (наприклад, відношення зобов'язань до власного капіталу);
- можливість позиціонувати себе, як фінансову установу, котра здатна працювати з складними міжнародними фінансовими інструментами;

В Україні за класичною схемою сек'юритизації у березні 2007 р. Приватбанк реалізував

операцію з випуску єврооблігацій на суму 180 млн дол. США. Цінні папери були забезпечені іпотечними кредитами (ця операція стала однією з найбільших у Східній Європі). До портфелю увійшли близько 10 тисяч кредитів позичальників з різних регіонів України, причому середня величина одного кредиту складала приблизно 17 тис. дол. США. Висока якість іпотечного портфеля Приватбанку забезпечила високий рейтинг за цими паперами – він був встановлений вищим за рівень суверенного рейтингу України. Основними інвесторами виступили банки й інвестиційні компанії з Європи і Північної Америки, причому британські інвестори викупили 28 % випуску, інвестори з Німеччини і Австрії – по 21 %, в пулі інвесторів випуску також взяли участь французькі, португальські, російські, італійські, грецькі і канадські інвестиційні банки та компанії. На думку експертів, завдяки проведенню успішної операції сек'юритизації іпотечних активів, Приватбанк зміг на той час понизити ставки по кредитах на купівлю житла і таким чином поліпшив свої позиції на іпотечному ринку.

У 2006 р. вітчизняний банк Дельта Банк, використовуючи накопичувальний метод, реалізував операцію сек'юритизації портфеля споживчих кредитів на суму 100 млн дол. США.

Однак, більшість українських банків не поспішають реалізовувати сек'юритизацію своїх

активів, що можна пояснити декількома причинами.

По-перше, нерозвиненою законодавчою базою. Нормативне регулювання сек'юритизації активів повинно відповідати правовому вирішенню питань з передачі прав вимог, корпоративному законодавству, законодавству щодо банкрутства, податкового і банківського законодавству тощо. На теперішній час в українському законодавстві відсутня уніфікована документація оформлення подібних операцій. Чималі труднощі виникають і при встановленні правового статусу SPV.

У Законі України «Про іпотечні облігації» вказаний тільки один механізм сек'юритизації – сек'юритизація іпотечних позик. Актуальним залишається питання розробки і впровадження закону, який регламентує усі форми сек'юритизації, а також внесення необхідних поправок в чинні законодавчі акти.

По-друге, в Україні відсутня ефективна ринкова інфраструктура. Недостатність ліквідних фінансових інструментів, негнучкість податкової системи, обмежена кількість кредитоспроможних учасників фінансового ринку – всі ці неринкові чинники заважають розвитку процесу сек'юритизації.

По-третє, низький рівень стандартизації кредитів. Вітчизняним банкам бракує алгоритму формування пулів з однорідних активів.

Вчетверте, низький суверенний рейтинг України. У травні 2008 р. міжнародне рейтингове агентство «Fitch Ratings» знизило прогноз рейтингу України з «позитивного» до «стабільного». У жовтні того ж року прогноз був ще раз зменшений зі «стабільного» до «негативного». В обох випадках рейтинг був переглянутий у зв'язку з політичною невизначеністю, відсутністю постійно діючого законодавчого органа, високим рівнем інфляції та зростаючим дефіцитом платіжного балансу.

Однак головною проблемою щодо ефективності розвитку сек'юритизації активів є незадовільний рівень системи ризик-менеджменту у фінансових установах.

Висновки

Одним з варіантів вирішення проблеми банків щодо нестачі фінансових ресурсів є розвиток системи рефінансування банківських активів на основі сек'юритизації.

За своєю суттю, сек'юритизація знижує вартість позикових грошових коштів, «очищає» баланс кредитної організації, покращує її фінансові показники і є нічим іншим, як трансформацією неліквідних активів у ліквідні цінні

папери. Але ці переваги можливі тільки при ефективному використанні методів оцінки кредитного ризику та ризику ліквідності. Тому державні органи регулювання мають бути активно задіяні не тільки у розробках методик оцінки ризиків, але й у контролі за їх використанням у системах ризик-менеджменту кредитних установ.

Сучасна фінансова криза довела необхідність розвитку локальної сек'юритизації. Для цього необхідна присутність на фінансовому ринку, у якості активних гравців, пенсійних фондів, страхових компаній та крупних корпоративних інвесторів, що у свою чергу потребує відповідної зміни правового поля.

Наступний крок – це розробка та впровадження єдиних стандартів формування кредитних пулів, державний контроль за їх дотриманням.

Також необхідно розглянути схеми державної підтримки учасників іпотечного ринку, шляхи створення спеціалізованих фінансових установ як із кредитування, так і з мобілізації довгострокових ресурсів населення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ковалев, А. Сек'юритизация – финансовая инновация в Украине [Текст] / А. Ковалев // Финансовый директор. – 2006. – № 11 (51). – С. 46-53.
2. ISDA Margin Survey 007 [Електрон. ресурс] / Аналитический обзор. – Режим доступа: http://www.isda.org/c_and_a/pdf/
3. Голов, С. Ф. Бухгалтерський облік і фінансова звітність за міжнародними стандартами [Текст] / С. Ф. Голов, В. М. Костюченко. – Х.: Фактор, 2007. – 976 с.
4. Туктаров, Ю. Синтетическая сек'юритизация [Текст] / Ю. Туктаров // Рынок ценных бумаг. – 2007. – № 13. – С. 22-28.
5. Селивановский, А. Правовые риски ипотечного агента [Текст] / А. Селивановский // Хозяйство и право. – 2005. – № 8. – С. 9-10.
6. Чуб, О. До питання використання банками механізмів сек'юритизації активів [Текст] / О. Чуб // Банківська справа. – 2009. – № 3(87). – С. 69-70.
7. Трахтман, Д. Мировой финансовый кризис: причины, профилактика, дальнейшие меры [Електрон. ресурс] / Д. Трахтман. – Режим доступа: <http://www.america.gov/st/econrussian/2009/June/20090508162301naneerg0.5007898.html>
8. ЛІГА Online [Електрон. ресурс] / Аналитический обзор. – Режим доступа: <http://www.liga.net>

Надійшла до редколегії 27.04.2010.

Прийнята до друку 30.04.2010.

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ СУТНОСТІ ПОНЯТТЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ

У статті визначено сутність понять «проект», «інвестиційний проект», також визначено відмінність у трактуванні поняття проекту від плану та програми. Розглянуто основні підходи до трактування поняття «інвестиційний проект».

Ключові слова: інвестиційний проект, трактування поняття, основні підходи, план, програма

В статье определена сущность понятий «проект», «инвестиционный проект», также определено отличие в трактовке понятия проекта от плана и программы. Рассмотрены основные подходы к трактовке понятия «инвестиционный проект».

Ключевые слова: инвестиционный проект, трактовка понятия, основные подходы, план, программа

The essence of terms “project”, “investment project” is defined in the article, as well as the difference between definitions of terms “project”, “plan” and “program” is determined. The main approaches to the treatment of definition of term “investment project” are considered.

Keywords: investment project, treatment of term definition, main approaches, plan, program

Підвищення ефективності використання природно-ресурсного, трудового та виробничого потенціалу України є підґрунтям її економічного зростання. Суттєву роль у цьому, а отже, у створенні високопродуктивної національної економіки належить інвестиційній діяльності. Ефективність використання інвестицій, і передусім реальних інвестицій, капітальних вкладень, залежить від значної кількості різноманітних організаційно-економічних, технічних і фінансових чинників, що зумовлює потребу ретельного обґрунтування кожного проекту інвестування діючого або новостворюваного підприємства, технології чи об'єкта. У зв'язку з пріоритетністю проблем кардинального поліпшення стану справ в інвестиційній сфері, особливої актуальності набуває завдання комплексного теоретичного і практичного удосконалення елементів механізму управління портфелем інвестиційних проектів на підприємстві. Актуальність проблеми, її практичне значення і недостатня теоретична розробленість обумовили вибір теми статті.

Теоретико-методологічні засади, щодо визначення сутності поняття інвестиційного проекту досліджували багато українських та зарубіжних вчених, зокрема: Г.О. Бардиш, В. А. Верба, О. А. Загородніх, С. О. Москвін, Т. В. Майорова, А. В. Гукова, А. Дамодаран, М. І. Книш, А. А. Пересада, О. О. Ляхова та ін., але їх праці недостатньо досліджені, тому ціллю статті є відокремити та згрупувати основні теоретичні аспекти щодо визначення понять

«план», «програма», «проект», «інвестиційний проект». *Метою статті* є визначення сутності поняття інвестиційного проекту, що дозволить розробити дієві елементи механізму управління портфелем інвестиційних проектів на підприємстві.

Після 1991 року у вітчизняній науці і практиці почали відбуватися деякі зміни в тлумаченні, а відповідно і в розумінні понять «проекти», «інвестиційний проект». Здебільшого ці зміни привносились спеціалістами, далекими від інвестиційної діяльності, від інвестиційно-виробничого комплексу, внаслідок некомпетентного перекладу з іншомовних джерел, хоча створення проекту заводу, підприємства, електростанції тощо не відрізняється від аналогічного в Німеччині, США чи інших країнах. Так само подібний і весь комплекс робіт організаційного, технічного, фінансово-економічного спрямування тощо. Передусім, після виникнення ідеї ведуть пошукові роботи, організують відведення земельної ділянки, розробляють проектно-кошторисну документацію, а в разі необхідності здійснюють і науково-дослідні роботи, організують кошти і грошові потоки, проводять експертизи, аналізи і т.ін. Відмінності полягають лише в методах, інструментарію і в здатності організувати кошти, враховуючи теперішній економічний стан країни.

Деколи в перекладній літературі поняття «план», «програма», «проект», «інвестиційний проект» ототожнюють, що не завжди однозначне по суті [1].

Під поняттям «план» розуміють фіксацію системи цілей, задач і засобів, які передбачають спрямовану зміну ситуації при передбаченому стані середовища.

В свою чергу, під поняттям «програма» розуміють запланований комплекс економічно-соціальних, науково-дослідницьких заходів, спрямованих на досягнення генеральних цілей або реалізацію певного напрямку розвитку [2].

Розглянемо термін «проект» та його змістове навантаження. Так, 1987 року Інститутом управління проектами (США) було запропоновано таке визначення: «Проект є якимсь завданням з певними вихідними даними і бажаними результатами (цілями), які обумовлюють спосіб його вирішення». Вадами цього визначення було визнано те, що спосіб вирішення завдання обумовлюється не тільки і не завжди результатом (цілями) його вирішення, так і те, що у визначенні проекту не згадано засоби його реалізації. Наприклад, «проект містить в собі задум (проблему), засоби її реалізації (вирішення проблеми) і одержані внаслідок її реалізації результати». Або ще: «проект – це сукупність певних елементів (об'єктів матеріальної та нематеріальної природи) і зв'язків між ними, що забезпечує досягнення поставлених цілей». Ці визначення можна вважати універсальними, методично виваженими й достатньо повними. До їх вад можна віднести те, що в них практично відсутній змістовий аспект [3], тому під поняттям проекту слід розуміти комплекс взаємопов'язаних заходів, спрямованих на задоволення визначеної потреби шляхом досягнення конкретних результатів при встановленому матеріальному (фінансовому, ресурсному) забезпеченні з чітко визначеними цілями протягом заданого періоду часу (терміну) [4].

І програма, і проект мають в основі комплекс заходів, спрямованих на досягнення результату або цілей, але проект спрямований на задоволення визначеної потреби шляхом досягнення конкретних результатів при встановленому матеріальному (фінансовому, ресурсному) забезпеченні протягом заданого періоду часу (терміну), тобто проект є більш орієнтований на конкретизацію цілей. Наприклад: програмою може бути – програма розвитку виробництва, а програма розвитку виробництва може включати конкретний проект-реконструкцію виробничого приміщення або модернізацію обладнання, машин і устаткування. Проект може містити у собі план з чіткою фіксацією системи цілей, задач і засобів, які передбачають спря-

мовану зміну ситуації при передбаченому стані середовища.

На практиці поняття проекту найчастіше застосовується в локальному розумінні: технічний та робочий проект, проект організації будівництва та виробництва продукції. Тому, щоб не було плутанини у поняттях, необхідно визначити, що проект, пов'язаний із реалізацією повного циклу інвестицій (від вкладення капіталу до здавання його в експлуатацію та одержання прибутку), краще назвати інвестиційним [4].

Трактування поняття інвестиційного проекту вітчизняними вченими є досить неоднозначним, тому для розкриття сутності поняття розглянемо декілька з них. М. І. Книш, Б. А. Перекатов, Ю. П. Тютіков трактують поняття інвестиційного проекту, як основного документу, що визначає необхідність здійснення реального інвестування, в якому в загальноновизначеній послідовності його розділів подаються основні характеристики проекту та фінансові показники, пов'язані з його реалізацією [5]. Г. О. Бардиш дає визначення поняття інвестиційного проекту, як повного комплексу організаційно-технічних і фінансово-економічних документів і заходів, необхідних для досягнення поставленої мети (розвиток техніко-економічної бази, започаткування виготовлення продукції, здійснення нових методів або форм діяльності і т.ін.) в умовах обмеженості наявних ресурсів з обов'язковим отриманням позитивного економічного чи соціального ефекту [1]. В. А. Верба, О. А. Загородніх визначають, що інвестиційний проект – це пакет інвестицій і пов'язаних з ними видів діяльності, які характеризуються певною метою (цілями), вирішенням проблеми досягнення результатів, обмеженістю фінансових ресурсів і періоду від початку до завершення проекту, наявністю певних зовнішніх умов (інституційних, економічних, правових), взаємозв'язаністю процесів вкладення ресурсів (грошових, фінансових, інтелектуальних) та отримання результатів [2]. Д. М. Черваньов, у свою чергу, визначає, що інвестиційний проект – це інвестиційна акція, яка передбачає вкладення ресурсів з метою досягнення певного запланованого результату і становить сукупність взаємопов'язаних заходів, які спрямовуються на досягнення завдань при встановленому обмеженому бюджеті протягом певного періоду [6]. Т. В. Майорова дає визначення інвестиційного проекту, як системно обмеженого і закінченого комплексу заходів, документів і робіт, фінансовим результатом якого є прибуток (дохід), ма-

теріально-речовим результатом – нові або реконструйовані основні фонди (комплекси об'єктів), або придбання та використання фінансових інструментів чи нематеріальних активів з подальшим отриманням доходу чи соціального ефекту [4].

Окремими вченими, а саме Т. В. Майоровою, Г. О. Бардишевим інвестиційний проект розглядається як діяльність, що передбачає здійснення комплексу заходів для досягнення мети, а іншими вченими, такими як М. І. Книш, Б. А. Перекатов, Ю. П. Тютіков, інвестиційний проект розглядається як система організаційно-правових та розрахунково-фінансових документів, необхідних для здійснення визначених заходів, які містять їх опис.

Якщо результатами реалізації проекту виступають певні фізичні об'єкти (будівлі, споруди, виробничі комплекси), то визначення проекту (так званого «реального» проекту) може бути конкретизоване так: реальний інвестиційний проект – система сформульованих в його рамках цілей, фізичних об'єктів, що створюються або модернізуються, технологічних процесів, технічної та організаційної документації, матеріальних, фінансових, трудових та інших ресурсів, а також управлінських рішень щодо їх реалізації [7].

Проаналізувавши трактування поняття різними авторами, можна запропонувати власний варіант щодо визначення терміну інвестиційного проекту, а саме інвестиційний проект являє собою системно-обмежений і закінчений комплекс заходів, документів і робіт, економічним результатом якого є зростання багатства інвестора, фінансовим результатом – прибуток (дохід), матеріально-речовим – нові або реконструйовані основні фонди (комплекси об'єктів), або ж придбання і використання фінансових інструментів або нематеріальних активів з наступним отриманням доходу чи досягненням соціального ефекту протягом певного часу при встановлених ресурсних обмеженнях. Саме таке розуміння поняття інвестиційного проекту дозволить розробити дієві елементи механізму управління портфелем інвестиційних проектів на підприємстві. На стадії розроблення проектів спорудження нових підприємств (об'єктів) чи розширення або реконструкції діючих повинні бути використані новітні досягнення сучасних технологічних і організаційних рішень, що, у свою чергу, неможливе без знання основ створення інвестиційних проектів.

Отже, виходячи з визначень сутності понять «план», «програма», «проект», «інвестиційний

проект», можна зробити висновок, що під поняттям «план» розуміють фіксацію системи цілей, задач і засобів, які передбачають спрямовану зміну ситуації при передбаченому стані середовища. Під поняттям «програма» розуміють запланований комплекс економічно-соціальних, науково-дослідницьких заходів, спрямованих на досягнення генеральних цілей або реалізацію певного напрямку розвитку. Під поняттям «проект» слід розуміти комплекс взаємопов'язаних заходів, спрямованих на задоволення визначеної потреби шляхом досягнення конкретних результатів при встановленому матеріальному (фінансовому, ресурсному) забезпеченні з чітко визначеними цілями протягом заданого періоду часу (терміну). Під поняттям «інвестиційний проект» слід розуміти системно-обмежений і закінчений комплекс заходів, документів і робіт, економічним результатом якого є зростання багатства інвестора, фінансовим результатом – прибуток (дохід), матеріально-речовим – нові або реконструйовані основні фонди (комплекси об'єктів), або ж придбання і використання фінансових інструментів або нематеріальних активів з наступним отриманням доходу чи досягненням соціального ефекту протягом певного часу при встановлених ресурсних обмеженнях.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бардиш, Г. О. Проектний аналіз [Текст] : підручник. – 2-ге вид. стер. / Г. О. Бардиш. – К.: Знання, 2006. – 415 с.
2. Верба, В. А. Проектний аналіз [Текст] : підручник / В. А. Верба, О. А. Загородніх. – К.: КНЕУ, 2000. – 322 с.
3. Москвін, С. О. Проектний аналіз [Текст] : підручник / С. О. Москвін. – К.: ТОВ «Вид-во Лібра», 1998. – 368 с.
4. Майорова, Т. В. Інвестиційна діяльність [Текст]: підручник для студ. ВНЗ / Т. В. Майорова. – К.: Центр учбової літ-ри, 2009. – 472 с.
5. Кныш, М. И. Стратегическое планирование инвестиционной деятельности [Текст] : учеб. пособие / М. И. Кныш, Б. А. Перекатов, Ю. П. Тютиков. – СПб.: Изд. дом «Бизнес-Пресса», 1998. – 26 с.
6. Черваньов, Д. М. Менеджмент інвестиційної діяльності підприємств [Текст] : навч. посіб. / Д. М. Черваньов. – К.: Знання-Прес, 2003. – 622 с.
7. Пересада, А. А. Проектне фінансування [Текст]: підручник / А. А. Пересада, Т. В. Майорова, О. О. Ляхова. – К.: КНЕУ, 2005. – 736 с.

Надійшла до редколегії 22.11.2010.

Прийнята до друку 25.11.2010.

О. Г. ДЕЙНЕКА (УкрДАЗТ, Харків), А. Р. БОЖОК (Донецький інститут залізничного транспорту)

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ПОДОЛАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ

У статті висвітлено проблему адаптації залізничного транспорту до вимог ринку, досліджуються шляхи підвищення його конкурентоспроможності. Запропоновано заходи та резерви покращення ефективності роботи залізничного транспорту.

Ключові слова: залізничний транспорт, заходи та резерви підвищення ефективності роботи, конкурентоспроможність

В статье представлена проблема адаптации железнодорожного транспорта к требованиям рынка, исследуются пути повышения его конкурентоспособности. Предложены мероприятия и резервы улучшения эффективности работы железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, мероприятия и резервы улучшения эффективности работы, конкурентоспособность

In the article a problem of adapting the railway transport to market requirements is presented and the ways of improving its competitiveness are investigated. Some measures and reserves of improving the operation efficiency for the railway transport are offered.

Keywords: railway transport, measures and reserves of improving the operation efficiency, competitiveness

Постановка проблеми

Ринкова економіка України народилась із соціалістичного господарства СРСР. В радянській економіці всі важливі параметри діяльності підприємств встановлювались централізовано. Вищим пріоритетом було не одержання прибутку, а виконання плану. До того ж закритість економіки заважала використовувати досягнення інших країн. Великі радянські підприємства не мали системи ефективного управління. Відірваність від стратегічних інвестиційних і маркетингових рішень стримувала впровадження інновацій та унеможливлювала розвиток природного конкурентного механізму функціонування підприємств в економіці. З переходом України до ринкових відносин підприємства отримали можливість вступити до конкурентної боротьби. Нажаль адаптація великих підприємств до сучасних вимог ринку відбувається надзвичайно повільно. Ця проблема особливо відчувається в залізничній галузі, сучасний стан якої потребує особливої уваги з боку науковців та фахівців. На сьогодні найбільш актуальними питаннями є пошук можливих напрямків підвищення ефективності роботи залізниць, а також шляхів підвищення конкурентоспроможності їх у порівнянні з іншими видами транспорту не тільки з точки зору вартості та швидкості, але й рівня сервісного

обслуговування. Сучасні потреби у ефективному функціонуванні залізничного транспорту вимагають удосконалення його організаційної структури, оновлення основних фондів і рухомого складу, і, в першу чергу, захоплення нових секторів транспортного ринку. Україна вже визначила свій шлях адаптації залізниць до роботи в ринкових умовах – через корпоративну реструктуризацію на основі економічно обгрунтованої моделі реформування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема пошуку шляхів щодо покращення ефективності роботи залізничного транспорту відображена в концепції Державної програми реформування залізничного транспорту [1]. Вагомий внесок у розв'язання цієї проблеми здійснили такі вчені як І. М. Аксьонов [2], Ю. С. Бараш [3], Г. Д. Ейтутіс [4], О. М. Кривопішин [5], Т. А. Мукмінова [6]. Проте зазначена проблема і досі залишається предметом дискусій вчених-економістів. В умовах складної економічної ситуації в країні, дефіциту коштів самих залізниць і критичного стану рухомого складу потребують якісно нового осмислення механізми, інструменти та резерви підвищення ефективності роботи залізничного транспорту.

Мета статті полягає в дослідженні проблеми адаптації залізничного транспорту до

вимог ринку та розробці напрямків підвищення ефективності його роботи в умовах сучасної економічної ситуації.

Залучення масового споживача становить для залізничного транспорту життєво важливу необхідність. Величезні виробничі потужності, значні витрати на науку й техніку – основа могутності залізничної галузі. Але ж вони можуть привести до банкрутства у випадку серйозного зниження обсягів перевезень. Справа – у колосальній величині вкладених коштів. Якщо витрати не будуть розподілятися на величезні обсяги перевізної роботи, то знайомий нам механізм фіксованих витрат зробить перевезення залізничного транспорту неконкурентоспроможними.

Залучити споживачів можуть низькі ціни, висока якість перевезень і сервісу. Спираючись на низькі витрати, можна встановлювати привабливі ціни, але справа не зводиться до однієї цінової політики. Ті ж кошти, які витрачаються на здешевлення продукції залізничного транспорту можуть бути витрачені на підвищення її якості або поліпшення сервісу при колишній ціні. Адже разом з якістю зростає і цінність перевезень для споживача, і запас конкурентоспроможності.

Однак і якість, і сервіс потребують додаткових витрат. Прагнучи їх поліпшити, необхідно пам'ятати, що ціна пропонованих послуг не має стати занадто високою для масового споживача. На практиці повинна підшукуватись оптимальна пропорція, треба встановлювати, яке сполучення цінових, якісних та інших характеристик здатне залучити широкі верстви клієнтів.

Ситуація на залізничному транспорті ускладнюється фізичним і моральним зносом рухомого складу, що призводить до збільшення витрат на його ремонт та на забезпечення безпеки руху.

У період 1992–1999 рр. у зв'язку зі спадом обсягів перевезень народногосподарських вантажів створився надлишок вантажних вагонів. У зв'язку з цим закупівля нових вагонів практично не проводилась. Починаючи з 2000 року намітилась тенденція зростання обсягів перевезень, змінилась структура вантажів, які перевозяться, що, в свою чергу, призвело до збільшення потреби у вантажних вагонах. Разом із тим, на цей період випало інтенсивне старіння їх інвентарного парку, через це велика кількість вагонів була списана. Тобто, до 2000 року темпи падіння обсягів перевезень перевищували темпи старіння й виведення з експлуатації ос-

новних фондів, особливо їх активної частини – рухомого складу. На теперішній час резерви залізниць в цьому напрямку вичерпані. До того ж діючий рівень тарифів на перевезення в більшості випадків покриває лише експлуатаційні витрати та потреби у ремонтах, а на модернізацію рухомого складу з подовженням терміну служби цих коштів не вистачає. Якщо не оновлювати наявний парк, то у найближчий час буде перетнута критична межа безпеки експлуатації майже всього рухомого складу. Неспроможність залізниць задовольнити потребу у перевезеннях негативно вплине на конкурентоспроможність вітчизняних залізничних перевізників, а також на всю економіку України, чого допустити не можна.

Вирішення цієї нагальної проблеми шляхом проведення капітальних ремонтів і простої заміни рухомого складу на морально застарілі зразки можливо розглядати не більше, ніж допоміжний варіант. Пріоритетом повинно стати забезпечення залізниць України рухомим складом нового покоління з більш високим рівнем якісних, технічних та економічних показників експлуатації. Це дозволить покращити техніко-економічні показники діяльності і підвищити конкурентоспроможність залізниць.

Ситуація з пасажирськими вагонами також набуває критичного стану. Закон України «Про залізничний транспорт» (ст. 10) передбачає, що придбання залізничного рухомого складу для перевезень пасажирів у поїздах далекого слідкування та місцевого сполучення повинне здійснюватись за рахунок коштів Державного бюджету України, але до цього часу цільові бюджетні кошти, через їх дефіцит, для закупівлі пасажирських вагонів не передбачались. Враховуючи складну економічну ситуацію в країні, подальше виділення їх у потрібній кількості нереальне. Коштів залізниць також недостатньо для забезпечення покриття експлуатаційних витрат та оновлення в необхідних обсягах пасажирських вагонів. Тому, виходячи з ситуації, яка на сьогодні склалася, доцільно визначитись з планом робіт, які треба виконати з парком пасажирських вагонів для утримання його на належному рівні. Для запобігання скорочення інвентарного парку, необхідно подовжувати нормативний термін служби вагонів. Це, зокрема, технічне обстеження вагонів, у яких закінчився установлений виробником термін експлуатації вагонів після виконання рекомендованого виду ремонту, можливе виконання капітально-відновлювального ремонту паса-

жирських вагонів із подовженням терміну експлуатації [7].

Найбільш доцільним вирішенням проблеми оновлення парку тягового рухомого складу (ТРС) з техніко-економічної точки зору вважається придбання нового ТРС з кращими характеристиками. Це надасть можливість знизити витрати локомотивного господарства за рахунок: підвищення ефективності експлуатації ТРС, збільшення середньодобового пробігу, підвищення середньої маси поїзду, оптимізації системи технічного обслуговування і ремонту, зменшенні кількості працівників у ремонті та експлуатації.

Для того щоб вистояти в конкурентній боротьбі з іншими видами транспорту, ефективність використання інфраструктури повинна бути значно підвищена. Це передбачає зниження витрат, які виникають при експлуатації мережі при одночасному підвищенні продуктивності. Важливо надати у розпорядження кожному виду перевезень на найважливіших напрямках в значній мірі незалежну від інших видів перевезень мережу для надання вантажовідправникам послуг більш високої якості і за доступними тарифами. У зв'язку з цим для майбутньої конфігурації мережі встановлюються три стратегічні цілі:

- покращення співвідношення «ціна-продуктивність» при високій ефективності інфраструктурних заходів;
- покращення цього ж співвідношення за рахунок зниження витрат на існуючій мережі;
- покращення пропозиції в галузі вантажних перевезень, перш за все, завдяки можливості цілодобово вивозити вантажі, а в пасажирських – за рахунок зниження тривалості поїздок.

Основними критеріями при оцінці запроваджених заходів повинні бути: обсяг інвестицій по кожному окремому заході; строки реалізації і можливість ефективного використання, експлуатаційні витрати, витрати на технічне утримання, маршрутна швидкість поїздів.

Якщо на одній лінії виконуються перевезення різних видів (вантажні поїзди, пасажирські дальнього сполучення, пасажирські регіонального сполучення) із середніми швидкостями, які сильно між собою розрізняються, то виникають вільні інтервали часу, що помітно знижують пропускну спроможність інфраструктури. Крім того, існуюча мережа може бути не оптимальною, а навпаки, використовуватися в значній мірі нерівномірно: деякі лінії і коридори утворюють вузькі місця, у той час як інші

мало завантажені. Завдяки вирівнюванню (гармонізації) швидкостей, тобто їхньому зближенню для пасажирських і вантажних потягів, досягається краще використання інфраструктури.

При режимі змішаного руху поїздів різних категорій перешкоди для окремих видів перевезень повинні бути усунуті. Перевезення кожного виду повинні одержати ділянку інфраструктури відповідну висунутим вимогам (враховуючи принцип: кожний платить стільки, скільки замовляв) без перешкод з боку інших перевезень, необхідних для задоволення потреб транспортного ринку. Ця мета може бути досягнута за рахунок створення спеціальних мереж між економічними центрами.

Завдяки поділу перевезень за видами і після реалізації заходів щодо реконструкції, можуть бути створені власні мережі для швидких пасажирських перевезень далекого прямування і мережі для вантажних перевезень між економічними центрами. У нічний час вантажним перевезенням необхідно надати більшу мережу, яка додатково містить у собі високошвидкісні ділянки, що поступаються вдень швидким пасажирським поїздам (якщо ці ділянки придатні для вантажних перевезень), а також лінії зі змішаним рухом. Для того, щоб спеціалізовані мережі для швидких пасажирських і вантажних перевезень проходили через вузли рівномірно і без конфліктів, необхідно виконати для вузлів детальний аналіз, особливо з погляду регіональних перевезень.

Лінії існуючої залізничної мережі розраховані переважно на різні види перевезень. Це вимагає, поряд з організацією обгонів, також устаткування лінії (наприклад, контактної мережі, сигналізації, верхньої будови колії) у розрахунку на самого «вимогливого» клієнта. Інші ж клієнти змушені використовувати інфраструктуру рівня, який перевищує їхні власні вимоги. Якби цим користувачам довелося платити за використання інфраструктури, то вони б несли невинновано високі витрати або доходи залізниці виявилися непорівнянні з якістю, наданою клієнтам інфраструктури. Поділ або гармонізація видів перевезень веде до того, що якість інфраструктури буде відповідати конкретним вимогам усіх користувачів. В ряді випадків це означає, що інфраструктура буде переустаткована відповідно до специфіки конкретного користувача. Це знову веде до значного зниження витрат у сфері організації експлуатаційної роботи і технічного утримання. Як самий значний

фактор зниження витрат при цьому варто розглядати відмову від роздільних пунктів на мережі, що використовуються тільки для обгонів.

Для підвищення ефективності роботи залізничного транспорту необхідно постійно вести пошук шляхів зниження собівартості перевезень. Щоб виявити резерви зниження собівартості потрібно, перш за все, глибоко і комплексно аналізувати господарську діяльність підприємств залізничного транспорту. На основі всебічного аналізу можна встановити недоліки в роботі і виявити причини їх виникнення. Втрати, які були понесені внаслідок тих або інших недоліків в роботі, можуть обернутися при їх усуненні резервами підвищення ефективності діяльності залізничного транспорту.

Важливим фактором зниження собівартості залізничних перевезень є покращення використання технічних засобів на основі удосконалення технологічних процесів експлуатаційної роботи – підвищення навантаження вагону, скорочення порожніх пробігів вагонів, збільшення середньодобових пробігів локомотивів і вагонів, збільшення швидкостей руху і вантажних норм поїздів, зменшення простоїв рухомого складу, машин, механізмів. Повний економічний ефект від покращення використання технічних засобів не обмежується тільки зниженням собівартості перевезень і характеризується також іншими важливими показниками: економія капітальних вкладень, ефект від прискорення доставки вантажів і т.п.

До найважливіших факторів зниження собівартості залізничних перевезень відноситься технічний прогрес. При цьому нова техніка дозволяє знизити експлуатаційні витрати не тільки в тих господарствах, де вона вводиться, але і в суміжних.

Слід також враховувати, що розвиток технічного прогресу на залізничному транспорті вплине на стабільність у сфері зайнятості через зменшення трудомісткості робіт, підвищення продуктивності праці та зменшенні обсягу тих робіт, які пов'язані з необхідністю містити зайву робочу силу. Чисельність персоналу в секторі супутніх послуг буде більш стабільною, проте кількість працівників в чисто залізничному секторі, звичайно, буде меншою. Тому, необхідно вживати заходи з перекваліфікації залізничників, щоб полегшити перехід персоналу на нову роботу. Частина персоналу може бути переорієнтована на нові види діяльності, такі як обслуговування клієнтури, забезпечення безпеки, інформування пасажирів, надання їм інших послуг і т.п.

Впровадження енергозберігаючих технологій є одним з основних напрямків загального підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту, що особливо актуально в умовах економічної кризи і зниження доходів від перевезень. Крім того, значний потенціал криється у зменшенні споживання імпортованих енергоносіїв і в переході на вітчизняну паливну сировину.

Подальше забезпечення підвищення ефективності роботи залізничного транспорту можливе за рахунок проведення реформ. Тому силами науковців та фахівців залізничного транспорту розроблена концепція Державної програми реформування залізничного транспорту України. Проведення реформи, крім підвищення галузевої ефективності, дозволить отримати і загальноекономічний ефект за рахунок стимулювання розвитку транспортного машинобудування та експорту транспортних послуг за європейськими стандартами.

Таким чином, зусилля держави і керівництва залізничного транспорту повинні бути спрямовані на:

- 1) створення високоефективної сучасної транспортної системи, її комплексний розвиток;
- 2) створення умов для фінансового оздоровлення підприємств всіх видів транспорту, підвищення їх рентабельності;
- 3) повне безперервне, стійке задоволення потреб економіки країни в перевезеннях вантажів та пасажирів;
- 4) запровадження сучасних видів техніки, оновлення, модернізація та заміна застарілого рухомого складу, устаткування;
- 5) підвищення ефективності використання інфраструктури;
- 6) забезпечення єдності розвитку техніки, технології, економіки та управління;
- 7) підвищення якості транспортних послуг, розширення їх асортименту;
- 8) впровадження системи менеджменту на всіх рівнях управління, застосування наукових підходів до стратегічного менеджменту;
- 9) удосконалення організації управління транспортною системою;
- 10) розробку та реалізацію програм соціального захисту, покращення умов праці та матеріального рівня працівників, підвищення їх кваліфікації та перепідготовку;
- 11) застосування сучасних методів досліджень і розробок;
- 12) вивчення заходів своїх конкурентів та зарубіжних країн з удосконалення перевезень.

Реалізація зазначених вище заходів потребує фінансових вкладень і визначення джерел їх можливого фінансування є проблематичним. На жаль, криза істотно позначилася і на інвестиційних можливостях самих залізниць, і на можливостях по залученню сторонніх фінансових ресурсів. Однак, інвестиційна привабливість національних залізниць може підвищитись за рахунок реструктуризації активів. В результаті виникне можливість прискорити техніко-технологічну модернізацію залізничного транспорту на рівні європейських і світових стандартів, що буде сприяти максимальній реалізації транзитного потенціалу України, прискоренню темпів євроінтеграції.

Напрямки подальших досліджень

В умовах реалізації Концепції реформування залізничного транспорту передбачається утворення конкурентного середовища. Внаслідок цього актуальним є розробка економічного механізму підвищення ефективності структурних підрозділів інфраструктури, в тому числі підприємств з обслуговування та ремонту рухомого складу. Цей вектор проблеми є предметом наступних публікацій.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту [Текст] : Затв.: Постановою Кабінету Міністрів України № 651-р від 27.12.2006 р. // Офіційний Вісник України. – 2007. – № 1. – С. 250.

2. Аксенов, И. М. Особенности реструктуризации в современных условиях [Текст] / И. М. Аксенов, В. В. Пасечник // Заліз. трансп. України. – 2001. – №1. – С. 11-14.
3. Бараш, Ю. С. Основні напрямки структурної реформи залізничного транспорту [Текст] / Ю. С. Бараш // Заліз. трансп. України. – 2004. – № 2. – С. 3-5.
4. Ейтутіс, Г. Д. Механізм управління підприємствами залізничного транспорту України з урахуванням регіональних умов [Текст] / Г. Д. Ейтутіс // Заліз. трансп. України. – 2006. – № 3. – С. 18-21.
5. Кривопишин, А. М. Региональная политика железных дорог Украины в период их реформирования [Текст] / А. М. Кривопишин, Г. Д. Эйтутис // Заліз. трансп. України. – 2007. – № 1. – С. 44-46.
6. Мукмінова, Т. А. Реформування залізничної галузі: ключові аспекти [Текст] / Т. А. Мукмінова // Заліз. трансп. України. – 2006. – № 3. – С. 10-13.
7. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008–2020 рр. [Текст] / В. М. Самсонкін [та ін.].

Надійшла до редколегії 12.05.2010.

Прийнята до друку 14.05.2010.

Д. Г. ЕЙТУТИС (Укрзалізниця, Київ)

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМЕРЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЦЬ ПО УПРАВЛІННЮ ПАРКОМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Досліджено методи вдосконалення технології комерційної роботи залізниць по управлінню парком вантажних вагонів

Ключові слова: перевізник, оператор, ефективність, консолідований парк, агентський договір, вантажовідправники, власники вагонів

Исследованы методы усовершенствования технологии коммерческой работы железных дорог по управлению парком грузовых вагонов

Ключевые слова: перевозчик, оператор, эффективность, консолидированный парк, агентский договор, грузоотправители, владельцы вагонов

Methods for improving the technology of commercial work of railways on management of freight car stock are investigated.

Keywords: carrier, operator, efficiency, agency contract, shippers, car owners

Існуюча система взаємодії при організації перевізного процесу орієнтована на виконання перевізником комплексної транспортної послуги, складається з надання вагонів і надання послуги перевезення [1].

На сьогоднішній день частина послуг передана від перевізника до операторів, тобто забезпечення навантажувальними ресурсами здійснюють оператори приватного рухомого складу, а перевізники надають послуги перевезення.

Безумовно, всі учасники транспортного ринку мають свої інтереси, свій бізнес і свою відповідальність. Вантажовласникам важливий своєчасний вивіз запланованих обсягів вантажів при доступній вартості перевезення, операторам – ефективна робота своїх приватних парків вагонів з прибутковістю не нижче запланованої, а перевізнику – максимальне задоволення потреб усіх учасників ринку в перевезеннях у рамках наявних можливостей інфраструктури.

Оператори приватного рухомого складу, будучи зацікавленими в максимальному фінансовому результаті від використання своїх вагонів, самі планують маршрути роботи парку вагонів. Кожен з власників рухомого складу сам або доручивши оператору управляє порожніми рейсами вагонів, не погоджуючи їх переміщення з перевізником, що періодично призводить до порушень роботи окремих ланок інфраструктури, а отже, до неможливості для перевізника виконання своїх зобов'язань за договорами перевезення. Більш того, відсутня взаємодія з

операторами з найважливішого елементу – планування перевезень.

За багато років склалася практика, коли планування навантажених вагонопотоків виконувалося в ув'язці з плануванням порожніх вагонопотоків. На основі заявок на перевезення вантажів формувалася «шахівниця» навантажених вагонопотоків. По ній розраховувалися регульовальні розриви залізниць і план передачі порожніх вагонів по міждорожніх стикових пунктах.

Сьогодні при плануванні вагонопотоків не повною мірою враховуються порожній вагонопоток, відсутня значна частка інформації про планований переміщення порожніх вагонів власників.

Порожній приватний вагонопоток формується за пред'явленням оператором пакету перевізних документів незалежно від можливостей інфраструктури і переробних здібностей станцій, а також від можливостей перевізника виконувати свої зобов'язання з організації перевізного процесу.

На практиці виходить, що порожній вагон до перевезення приймається без урахування пропускних спроможностей ділянок, по яких пройде його маршрут. У результаті з'являється ризик щодо виконання терміну доставки, оскільки вагон під навантаженням подано з запізненням. Заявка забезпечена не в строк, і навантажений рейс вагону починається із запізненням. Нерівномірність ж підходу навантажених вагонопотоків, наприклад в порт, що має обмежену переробну здатність, призводить до ускладнень в його роботі.

Перевізник, погоджуючи заявку, бере на себе відповідальність за її виконання, перевіряючи можливість її реалізації при існуючих можливостях інфраструктури. При прийомі порожніх власних вагонів цього не відбувається. Відповідальність настає, а можливість узгодження відсутня, так як це не передбачено нормативно-правовою базою. У результаті такої відповідальності не завжди вдається виконати. Неузгодженість можливостей і потреб призводить до збоїв при організації перевезень.

Проблема браку можливостей інфраструктури на окремих напрямках загострилася тому, що багато десятиліть інфраструктура залізниць будувалася для роботи в інших умовах – для роботи інвентарним парком вагонів, при якій продуктивність і взаємозамінність вагона була вище, ніж у приватних парків вагонів багатьох власників. При роботі приватними парками вагонів для виконання того ж обсягу перевезень потрібні великі пропускні і переробні можливості.

Проте йти тільки шляхом додаткового розвитку інфраструктури не можна, оскільки на це потрібні тривалий час і інвестиції. Крім того, витрати на розвиток інфраструктури в результаті будуть покладені на клієнтів у вигляді додаткової тарифної навантаження.

Перехід до роботи приватними парками різних власників визначає більш жорсткі вимоги до обліку пропускних і переробних здібностей інфраструктури, що може бути досягнуто тільки узгодженням завантажених та порожніх вагонопотоків з можливостями інфраструктури.

В інтересах усіх учасників транспортного ринку – створити умов для планування завантажених та порожніх вагонопотоків всіх власників вагонів з урахуванням реальних можливостей інфраструктури для гарантованого виконання запланованих обсягів перевезень.

Порядок планування порожніх вагонопотоків повинен бути єдиним для всіх – і для операторів, які розподіляють свій вантажний ресурс, що належить їм на майновому або інше право, і для вантажовідправників, що мають власні парки вагонів.

Повинні бути встановлені відкриті і зрозумілі для всіх учасників транспортного ринку критерії, за якими перевізник отримає права на узгодження можливості переміщення приватних порожніх вагонів в залежності від ситуації, що склалася із завантаженням інфраструктури.

По-перше, необхідно нормативно закріпити за залізницею право приймати до перевезення порожній приватний вагон, враховуючи пропу-

скні спроможності та обмеження інфраструктури.

По-друге, залізниці повинні мати право самостійно переміщати порожні вагони, що не беруть участь в перевізному процесі і створюють труднощі з організацією перевезень, на станцію приписки або відстою з наступною компенсацією витрат перевізника.

Найважливішим етапом створення нормативно-правової бази є розробка Укрзалізницею та затвердження Кабінетом Міністрів України Положення про основи правового регулювання діяльності операторів залізниць та їх взаємодії з перевізниками, що встановлює обов'язковість договору між оператором та перевізником в якості підстави для виконання перевезень приватним парком.

Необхідно встановити істотні умови договору оператора з перевізником, а обов'язковість цього договору та інші загальні принципи його діяльності повинні бути врегульовані на рівні закону.

Договір з перевізником повинен визначати технологію взаємодії з кожним конкретним оператором і передбачати заходи щодо ефективного використання рухомого складу.

Необхідно, щоб всі ці заходи, були сформовані у вигляді узгодженої з перевізником технології взаємодії, яка повинна стати обов'язковим додатком до договору і складовою частиною Єдиного технологічного процесу роботи мережі.

І тому на даному етапі виникає потреба у постійному вдосконаленні технології перевізного процесу, під яку повинна розроблятися відповідна юридична база [2].

Історично розвиток вітчизняних залізниць і розробка теорії їх експлуатації виходили з принципу інтенсифікації використання основних капіталомістких коштів транспортного виробництва (інфраструктури та рухомого складу). Показник приведених експлуатаційних витрат, виражених через вагоно-години, поєднував у собі вартість як залізничних шляхів, так і вагонів. Як наслідок, ємність існуючого колійного розвитку станцій, ділянок, вузлів знаходиться в строгій відповідності з парком експлуатованого рухомого складу, що зумовлює необхідність у високій ефективності його використання [2].

Уповільнення обороту вагона, у тому числі зростання частки порожнього пробігу призводить до збільшення робочого парку вагонів Укрзалізниці, вимагає або розвитку інфраструктури, або переходу на нові технологічні рі-

шення. Але перший варіант вельми капіталомісткий, тому розробка нових технологій, що забезпечують інтенсивне використання інфраструктури в умовах 100 % нового приватного парку є найбільш прийнятним в нинішніх умовах шляхом руху вперед.

Для підтвердження даного висновку в дисертаційній роботі пропонується здійснити оцінку якості використання вагонного парку по 4-рівневій залежності якісних показників [3].

З'ясовано, що інтегральним показником, який характеризує ефективність використання робочого парку є продуктивність вагонів до найвищого його значення досягнутого у 2007 р. (докризисний період) і відповідно найнижчого – у 1999 р. (табл. 1).

Розглянемо вплив долі вагонів операторів у перевезенні вантажів на ефективність використання вагонного парку у 2010 р. та аналогічно у 1999 і 2007 рр.

Встановлено, що з 1999 р. по 2010 р. парк інвентарних вагонів Укрзалізниці скоротився на 61173 од., за цей період парк власних вагонів зріс на 32240 од. і відповідно доля власних вагонів у 1999 р. склала 13 %, а у 2010 р. – 33 %.

При цьому продуктивність вагону у 2010 р. по відношенню до 1999 р. збільшилась на 22,4 %, а до 2007 р. зменшилась на 5,4 %. Відомо, що на збільшення продуктивності вагонів позитивно впливають ріст динамічного навантаження робочого парку та середньодобового пробігу вантажного вагона.

Проте на динамічне навантаження робочого вагона у 2010 р. по відношенню до 2007 р. здійснили негативний вплив збільшення частки порожнього пробігу до загального (+5,3 %), а також відповідно на повний рейс вантажного вагона збільшення порожнього рейсу вагона (+7,9 %).

Таблиця 1

Динаміка якісних показників використання вагонного парку

Найменування якісного показника	Позначення	Одиниця виміру	Звітні дані			2010 р. до:,%	
			1999 р.	2007 р.	2010 р.	1999 р.	2007 р.
Продуктивність вагона	E_v	тис. т-км нетто	4118	5330	5042	122,4	94,6
Динамічне навантаження вагона робочого парку	$P_{др}$	т/ваг	36,24	38,07	37,64	103,9	98,9
Динамічне навантаження завантаженого вагона	$P_{дг}$	т/ваг	60,85	60,87	62,16	102,2	102,1
Статичне навантаження	$P_{ст}$	т/ваг	61,66	62,06	63,37	102,8	102,1
Частка порожнього пробігу до загального	α	%	40,6	37,5	39,5	97,3	105,3
Середньодобовий пробіг вагона	S_v	км	114	140	134	117,5	95,7
Повний рейс вагона	L_n	км	819	818,3	839,0	102,4	102,5
Обіг вагона	O_v	діб	7,21	5,84	6,27	87,0	107,4
Навантажений рейс вагона	$L_{гр}$	км	488	511,7	508,1	104,1	99,3
Порожній рейс вагона	$L_{пор}$	км	331	306,6	330,9	100,0	107,9
Час перебування вагона в русі	$t_{дв}$	год	21,3	19,25	18,86	88,5	98,0
Час перебування вагона на проміжних станціях	$t_{пр.ст}$	год	3,9	3,41	2,77	71,0	81,2
Час перебування вагона на технічних станціях	$t_{тех}$	год	9,65	7,34	8,31	86,1	113,2
Час перебування вагона під вантажними операціями	$t_{гр}$	год	42,15	36,91	38,39	91,1	104,0
Робочий парк вантажних вагонів	n	од.	114371	134484	117503	102,7	87,4

На рис. 1 графічно проілюстровано характер динаміки порожнього пробігу та обігу вантажного вагона у вигляді трикутника повернутого тупим кутом донизу, напрямком інших кутів мають однополярні координати.

Отже, порожній пробіг спричинив подвійний негативний вплив на продуктивність ваго-

ну через його завантаженість та пробіг, що зменшило потенціал виконання продуктивності вагона на 13,6 % і в кінцевому результаті призвело до збільшення робочого парку Укрзалізниці на 10 тис. вантажних вагонів.

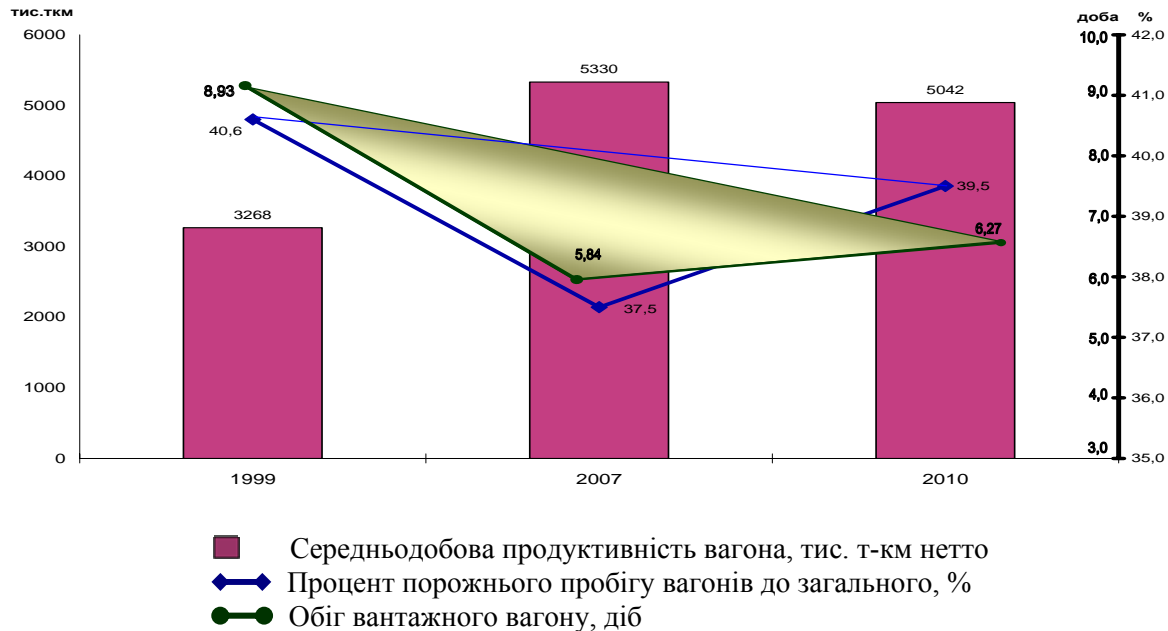


Рис. 1. Основні фактори впливу на продуктивність вагону

Представляється, що основу принципово нових технологій перевізного процесу, які повинні бути підкріплені відповідною нормативно-правовою базою, повинен становити принцип поєднання ринкових механізмів з централізованим плануванням перевезень. Необхідно проаналізувати з цих позицій теорію організації перевезень в усіх аспектах, включаючи систему планування, розробку планів формування поїздів і вагонів з контейнерами і графіків руху поїздів, систему нормування та оцінки функціонування транспортного комплексу (так само перевізника і операторів), порядок оперативного регулювання вагонопотоків і технологію роботи сортувальних та інших станцій, вузлів і напрямків. При цьому повинні бути структуровані входи і виходи з підсистем як у кількісному, якісному, так і в часовому та інформаційному аспектах.

І перш за все необхідно визначити питання відносин щодо взаємодій вантажовласника, оператора рухомого складу і перевізника, в результаті спільної діяльності у перевізному процесі.

В умовах існуючої нормативно-правової бази на перше місце виходять оператори, які володіють рухомим складом, створюють логісти-

чні технології перевезень, тим самим залучають капітал у транспортну галузь. Однак, в умовах ринку вантажовласники, і тільки вони, визначають, у вагонах якої компанії везти вантаж, і вже після цього консолідовано з операторами повинні звертатися до перевізника.

З урахуванням цього представляється необхідним визначити нові форми правовідносин між вантажовласниками та операторами і між операторами і перевізником, такі, щоб оператори після укладення договорів з вантажовласниками несли публічну, а перевізник – солідарну відповідальність на належну організацію перевезення вже в рамках договірних відносин з оператором рухомого складу. Це ставить завдання кардинального перегляду всієї технології організації перевезень і комерційної роботи, починаючи з планування, прийому вантажу до перевезення і закінчуючи порядком взаєморозрахунків.

Досвід роботи залізничного транспорту в умовах росту частки вантажного парку показує, що для раціонального використання можливостей інфраструктури, оптимізації роботи вантажних і сортувальних станцій необхідно створювати консолідований парк вантажних вагонів. Можливість створення умов для роботи

парків вагонів різних власників консолідованим парком повинна припускати врахування економічних інтересів всіх учасників перевізного процесу на основі агентських договорів перевізника з власниками вагонів з одного боку і з іншого – з вантажовідправниками.

Тепер про планування перевезень. Як відомо, технологія перевізного процесу на залізничному транспорті формувалася роками і складається з наступних основних етапів: планування, нормування, підготовка планів формування, їх реалізація в графіку руху поїздів, оперативне регулювання вагоно- і поїздопотоків. Ключовим питанням є планування перевезень (тобто завантаження інфраструктури) на майбутній період та підготовка відповідної нормативної документації в рамках міждержавних угод відповідно до визначених правил та обліком пропускних здібностей ліній, станцій та вантажних фронтів.

Початкова фаза – планування – є однією з ключових, визначальних подальший хід технологій ще й тому, що саме на ній повинні активно працювати оператори. Саме на цій фазі і функціонує ринок послуг з надання рухомого складу, коли власники вантажів і вагонів приходять до взаємоприйнятних угод. Саме на ній і повинні закладатися основи переходу в подальшому на вільне (ринкове) ціноутворення.

Безумовно, зі зміною форми відносин як всередині залізниць, так й із споживачами послуг залізничного транспорту необхідно знайти технологічні можливості залучення компаній-операторів до планування перевізного процесу. У першу чергу цього можна досягти шляхом зміни самої системи планування. Залізницям слід не просто приймати консолідовані заявки на перевезення від операторів (підтверджені контрактами з вантажовласниками), а планувати використання вагонів власників не лише на окремих відрізках рейсу в процесі роботи вагона, а в цілому в рамках динамічних транспортних схем, вибудованих операторами.

Власники вагонів, працюючи на ринку транспортних послуг, укладають з перевізником відповідні контракти на забезпечення клієнтів порожніми вагонами і переміщення цих вагонів, з вагоноремонтними депо – на ремонт рухомого складу. Природно прагнення власників з метою зниження власних витрат знаходити оптимальне поєднання маршрутів переміщення вагонів між станціями, на яких здійснюється навантаження вантажів у операторів клієнтами, з якими у операторів укладені договори і де в разі необхідності організується відстій

рухомого складу. При цьому оператори створюють логістичні ланцюжки, враховуючи існуючі технології роботи перевізника, територіальне розміщення клієнтури і вагоноремонтних депо, режими роботи підприємств, наявність і тип перевантажувального обладнання, складські ємності, ринкову кон'юнктуру і багато інших чинників.

Вантажовідправники вибудовують свої договірні відносини із власниками вагонів і мають право вибрати ту чи іншу компанію, а вже після укладення контрактів – звернутися до перевізника з консолідованою заявкою на перевезення вантажу або передоручити це право оператору.

Саме тут – на фазі укладання контрактів – і зароджуються та діють ринкові механізми, коли в умовах надлишку рухомого складу власники вагонів змушені знижувати ціни на перевезення в рамках вагонної складової, шукати шляхи підвищення ефективності роботи своїх компаній і підвищувати якість перевезень. Саме тут можна спостерігати вплив ринку на перевезення і встановлення об'єктивних цін.

Існуюча система планування, починаючи від моменту прийому заявки ф. ГУ-12 від вантажовласника та до формування відповідного розвитку в бік розширення можливостей операторів в подачі як заявок на відправлення своїх вагонів з вантажами клієнтів, так і заявок на переміщення порожніх вагонів у рамках вироблених логістичних схем. На нашу думку, слід розширити діапазони надання заявок на перевезення.

У кінцевому підсумку пропонується перейти на планування перевезень та їх технологічне нормування в рамках динамічних транспортних систем (нове технологічне поняття, що припускає планування переміщення вагонів зі станції відправлення/приписки по всьому маршруту пересування вагону, включаючи заїзд під планові види ремонту, на відстій у разі необхідності на колії залізниць з позначенням видом відправлень і вантажів, що перевозяться на всіх технологічних відрізках з урахуванням тимчасового тренда, погодженого з перевізником відповідно до нормативів плану формування та технологічними процесами роботи станцій). Можливо, слід прийняти регламент заявок на навантажений і порожній рейс вагонів одночасно і передбачити для цього тарифне стимулювання.

Основна технологічна задача – створити такі плани, щоб повністю задовольнялись заявки на перевезення вантажів і, що об'єднує всіх учасників ринку, ефективно використовувалася

інфраструктура. Видається, що це положення може бути реалізоване тільки у випадку активної й особистої участі великих компаній операторів рухомого складу при плануванні перевезень з урахуванням раціонального переміщення парків і скорочення непродуктивного порожнього пробігу вагонів. Це дозволить мати картину на більш глибокий період планування до дислокації парків у розрізі типів рухомого складу і власників і визначити недоліки та збитки навантажувальних ресурсів і допомогти ринку визначитися з договірною компанією на перевезення з неминучим переміщенням порожніх парків.

Варто також оцінити, наскільки виявилося ефективним безперервне планування, яке було введено в період різкого спаду перевезень. Практика показує, що система організації вагонопотоків є стійкою в умовах стабільного плану, а його часті зміни ведуть до експлуатаційних втрат не лише в господарствах руху, але й у суміжних сферах залізничного транспорту, в першу чергу при плануванні тяги. Досить очевидно, що період планування повинен бути значно більше періоду накопичення складів поїздів та їх організованого пересування.

На нашу думку, назріло питання щодо повернення до кратності періоду планування. Раніше це було місячне і подекадно планування. В даний час з урахуванням світових тенденцій в логістиці можна розглядати період планування, кратний тижня. До цього періоду до днів тижня «прив'язуються» міжнародні перевізники та експедитори. Та й робота вітчизняних підприємств, у тому числі і структурних підрозділів залізниць по взаємодії із суміжниками і на сухопутних прикордонних переходах, істотно залежить від робочих або вихідних днів.

На основі аналізу взаємодії ринку і системи планування можна прийняти рішення про призначення поїздів регулярного обертання, то ж, за групою вагонів, розробити набір взаємно ув'язаних динамічних транспортних схем перевезення вантажів певних номенклатур, пропозиції щодо відправницького і ступінчастою маршрутизації навантаженого і порожнього вагонопотоку, взаємно ув'язані «шахівниці» ваго-

нокореспонденцій (завантажених та порожніх) на майбутній період планування.

Тепер про цілком зрозуміле прагнення перевізника впорядкувати роботу з операторами шляхом визначення різних форм взаємин з компаніями, що мають різну кількість вагонів. На нашу думку, штучне визначення перевізником тієї чи іншої компанії в певну нішу може призвести до конкурентних переваг одних компаній щодо інших, а це суперечить антимонопольному законодавству і може істотно стримувати розвиток ринку.

Треба також мати на увазі відсутність чітких меж між компаніями при веденні транспортно-го бізнесу як за типом рухомого складу і його кількості, структурі перевезених вантажів, так і по диверсифікації бізнесу, застосовуваним логістичними схемами та районах його ведення. Менеджмент компанії має ефективно реагувати на зміну кон'юнктури вантажних перевезень і приймати рішення, що сприяють зростанню перевезень вантажів своєї компанії, її капіталізації та в кінцевому підсумку розвитку економіки країни. Тому доцільно на державному рівні проводити ліцензування компаній-операторів по багатьом факторам, а залізницям – запропонувати операторам, які пройшли ліцензування, різні технології перевезень вантажів і схеми технологічної взаємодії. Тільки в рамках двосторонніх договорів можливі ті чи інші рішення щодо механізмів управління парком вагонів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кунаева, Е. А. О новой системе управления вагонными парками разных собственников [Текст] : монография / Е. А. Кунаева // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 11. – С. 37-40.
2. Осминин, А. Т. Новые технологии перевозочного процесса [Текст] / А. Т. Осминин // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 11. – С. 57-60.
3. Ейтутіс, Г. Д. Теоретико-практичні основи реформування залізниць України [Текст] : монографія / Г. Д. Ейтутіс. – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2009. – 240 с.

Надійшла до редколегії 26.11.2010.

Прийнята до друку 29.11.2010.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ МУЛЬТИПЛІКАТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОСТКРИЗОВОГО КОЕФІЦІЄНТА

В даній статті розглянуто та пояснено, що собою являє метод мультиплікаторів при визначенні вартості бізнесу. Також досліджено і розраховано значення мультиплікаторів для підприємств різних галузей економіки України і проведено їх порівняння з підприємствами розвинутих країн. Вперше запропоновано і розраховано коефіцієнт, що дозволяє передбачити зміну мультиплікаторів у разі настання кризових явищ.

Ключові слова: визначення вартості бізнесу, метод мультиплікаторів, посткризовий коефіцієнт

В данной статье рассмотрено и объяснено, что собой представляет метод мультипликаторов при определении стоимости бизнеса. Также изучено и рассчитано значение мультипликаторов для предприятий различных отраслей экономики Украины и проведен их сравнительный анализ с предприятиями развитых стран. Впервые предложен и рассчитан коэффициент, который позволяет предусмотреть изменение мультипликаторов в случае наступления кризисных явлений.

Ключевые слова: определение стоимости бизнеса, метод мультипликаторов, посткризисный коэффициент

In this article it is described and explained what is a method of multipliers for comparative approach in estimation of business value. Also the multipliers for Ukrainian enterprises of different industry sectors are analyzed and calculated and their comparative analysis with enterprises of developed countries is conducted. The coefficient allowing to foresee changes in multipliers if crisis phenomena appear is calculated and implemented for the first time.

Keywords: business value estimation, method of multipliers, post-crisis factor

Визначення вартості бізнесу здійснюється за допомогою різних методів, але всім їм, як відомо, притаманні різні ступені припущень та застосування експертних показників [1]. Більшість методів оцінки бізнесу не враховують можливі зміни ринку в залежності від стадії розвитку кризових явищ в економіці, що може привести до значних похибок при здійсненні оцінки [2]. Тому удосконалення відомих методів оцінки з метою урахування можливих коливань економічних показників діяльності підприємств в залежності від ступеня впливу кризових явищ є актуальною науково-прикладною задачею, що потребує вирішення в сучасних умовах.

Існує декілька основних підходів до оцінки, але зосередимося на порівняльному підході. Визначення ринкової вартості підприємства порівняльним підходом засноване на використанні одного з трьох методів: мультиплікаторів, компанії-аналога, операцій [2–3]. Розглянемо далі більш детально саме метод мультиплікаторів. Мультиплікатор – це коефіцієнт, що показує співвідношення між ринковою ціною підприємства і певним фінансовим показником [1–4].

Під ціною у даних мультиплікаторах зазвичай розуміють капіталізацію компаній, адже найбільш часто ці показники розраховуються саме для акціонерних товариств, але це не за-

важає використання отриманих результатів для підприємств з іншою формою власності, потрібно лише ввести деякі поправки, найбільш коректною виглядає – знижка на недостатню ліквідність [2–5].

Для розрахунку мультиплікатора необхідно:

- визначити ціну акцій за всіма компаніями, обраними як аналог, це дасть можливість розрахувати першу складову, що зазначається у чисельнику, а саме ринкову капіталізацію підприємства, шляхом перемноження ціни акції, на загальну кількість акцій;
- обчислити фінансовий показник (прибуток, чистий прибуток, вартість чистих активів і т.д.) або за певний період, або станом на дату оцінки, це дасть змогу розрахувати другу складову, що відображається у знаменнику [3–6].

Зазвичай ринкова ціна акції береться на останню дату, передуючу даті оцінки, при умові що оцінка проводиться у середовищі, в якому не планується чи невідомо про процеси злиття чи поглинання цих об'єктів (адже перед цими процесами ціна акцій необґрунтовано збільшується, що може привести до спотворень результатів оцінки), або вона представляє собою середньозважену ціну акцій за останній довгостроковий період, наприклад рік (у цьому випадку нівелюється вище згаданий ефект).

У ролі фінансового показника повинен виступати показник фінансових результатів за останній звітний рік, або за останні 12 місяців, або середня величина за декілька років, передуючих даті оцінки [7].

У практиці оцінки використовуються два типи мультиплікаторів – інтервальні та моментні.

До інтервальних мультиплікаторів належать [7]:

- 1) ціна/прибуток;
- 2) ціна/грошовий потік;
- 3) ціна/дивідендні виплати;
- 4) ціна/виручка від реалізації.

До моментних мультиплікаторів належать [7]:

- 1) ціна/балансова вартість активів;
- 2) ціна/чиста вартість активів.

Мультиплікатори ціна/прибуток P/S, ціна/грошовий потік є найбільш поширеним способом визначення ціни, оскільки інформація про прибуток оцінюваної компанії і підприємств-аналогів є найбільш доступною. Основна вимога – повна ідентичність фінансової бази для аналога і оцінюваної фірми, тобто мультиплікатор, обчислений на основі прибутку до сплати податків, не можна застосовувати до прибутку до сплати відсотків і податків [8].

Цей мультиплікатор істотно залежить від методів бухгалтерського обліку. Тому якщо аналогом виступає зарубіжна компанія, слід привести порядок розподілу прибутку до єдиних стандартів.

Як база для розрахунку мультиплікатора використовується не тільки сума прибутку, отримана в останній рік перед датою оцінки, але так само можна використовувати середньорічну суму прибутку, обчислену, за останні декілька років (але не більше п'яти).

Крупні підприємства краще оцінювати на основі чистого прибутку, а дрібні компанії – на основі прибутку до сплати податків, бо в цьому випадку усувається вплив відмінностей в оподаткуванні.

Мультиплікатор ціна/дивіденди може розраховуватися як на базі фактично виплачених дивідендів, так і на основі потенційних дивідендних виплат. Під потенційними дивідендами розуміються типові дивідендні виплати по групі аналогічних підприємств, обчислені у відсотках до чистого прибутку.

Мультиплікатор ціна/виручка від реалізації використовується рідко, в основному для перевірки об'єктивності результатів, отриманих іншими способами.

Якщо метою оцінки є поглинання компанії, то краще орієнтуватися на мультиплікатор ціна/виручка від реалізації, оскільки він виключає можливість підвищення ціни за рахунок короткочасного зростання прибутку, забезпечуваного зусиллями фінансового менеджменту.

Значення цього мультиплікатора можуть сильно різнитися в залежності від галузі, до якої належить підприємство. Нижче, у табл. 1 наведено результати аналізу значення мультиплікаторів в залежності від галузі їх діяльності. Для коректності розрахованих показників найменше і найбільше значення не враховувались [6].

Як видно із наведеної таблиці, лише у 6 з 40 компаній, що складає 15 %, мультиплікатор збільшився після фінансової кризи. При чому це збільшення складає від 2,41 % для окремих підприємств нафтопереробної галузі до 149,29 % для деяких підприємств промисловості з виробництва труб. У той час, як у більшості компаній (85 % усіх проаналізованих) він скоротився, що свідчить про певну тенденцію. Так, для металургії це середньогалузеве зменшення складає 50,24 %, для машинобудування – 24,58 %, для виробництва труб – 43,00 %, для хімічної промисловості – 46,45 %, для нафтопереробної галузі – 17,80 %. Діапазон, в рамках якого здійснюється все зменшення діяльності складає від 17,80 % до 50,24 %. Для більш зручного аналізу отриманих даних результати оформлено у вигляді табл. 2. Дана інформація, у вигляді залежностей, представляє собою, безсумнівно, певну новизну, адже знання середнього зменшення по кожній із галузей надає можливість у разі настання нових криз передбачати вартість компаній після завершення кризових явищ із певною долею вірогідності. Розраховане значення для кожної галузі пропонується автором у подальшому вводити, як посткризовий коефіцієнт, для країн що розвиваються, під час фінансових криз, для розрахунку вартості підприємств методом мультиплікаторів.

Посткризовий коефіцієнт являє собою середньогалузеву поправку, яка розраховувалася наступним чином – були розраховані мультиплікатори для промислових підприємств різних галузей у останній докризовий період (кінець 2007 р.). Після чого були розраховані мультиплікатори для цих самих підприємств, у перший посткризовий період (кінець 2010 р.). Надалі була розрахована різниця (наскільки змінилось значення мультиплікатора у посткризовий період у порівнянні з до кризовим періодом) по кожному з підприємств.

Значення мультиплікатора P/S, підприємств України за галузями у 2007 р. та 2010 р.

№	Назва компанії	Кількість акцій 2007 р.	Серед-ньозва-жена вартість акцій за 2007 р.	Капіталізація компаній 2007 р.	Кількість акцій 2010 р.	Серед-ньозва-жена вартість акцій за 2010 р.	Капіталізація компаній 2010 р.	Дохід 2007 р.	Дохід 2010 р.	P/S 2007 р.	P/S 2010 р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Металургія											
1	БАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь»	843 681 779	3,02	2 547 918 972,58	2 643 681 779	3,84	10 151 738 031,36	8 573 205 000,00	14 368 243 000,00	0,29720	0,70654
2	БАТ «Донецький металопрокатний завод»	571 764 100	0,25	142 941 025,00	571 764 100	0,30	171 529 230,00	355 258 000,00	509 850 000,00	0,40236	0,33643
3	БАТ «Алчевський металургійний комбінат»	10 775 254 803	0,34	3 663 586 633,02	25 775 254 803	0,20	5 196 291 368,28	6 756 905 000,00	12 208 402 000,00	0,54220	0,42563
4	ПАТ «Свраз – ДМЗ ім. Петровського» (Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського)	849 350 440	2,04	1 732 674 897,60	849 350 440	0,40	339 740 176,00	2 925 642 000,00	3 883 597 000,00	0,59224	0,08748
5	БАТ «Дніпровський металургійний комбінат ім. Ф. Е. Дзержинського»	2 376 544 000	1,94	4 610 495 360,00	2 376 544 000	0,64	1 520 988 160,00	6 459 296 000,00	12 574 025 000,00	0,71378	0,12096
6	ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»	3 351 712 480	4,63	15 518 428 782,40	3 351 712 480	2,31	7 750 835 110,00	15 107 730 000,00	26 175 080 000,00	1,02718	0,29612
7	БАТ «Електрометалургійний завод «Дніпропеталь» ім. А.М.Кузьміна»	1 075 030	3 259,47	3 504 028 034,10	1 075 030	1 683,33	1 809 630 249,90	2 676 609 000,00	4 373 132 000,00	1,30913	0,41381
8	БАТ МК Азовсталь	5 621 805 013	4,08	22 936 964 453,04	4 204 000 000	3,11	13 084 950 000,00	15 165 494 100,00	35 786 308 000,00	1,51244	0,36564
9	ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	3 859 533 000	10,99	42 416 267 670,00	3 859 533 000	9,35	36 086 633 550,00	15 085 511 000,00	24 280 132 000,00	2,81172	1,48626
10	ПАТ «Дружківський завод металевих виробів»	6 453 976	0,85	5 485 879,60	6 453 976	0,80	5 163 180,80	274 039 800,00	459 082 000,00	0,02002	0,01125
Середнє значення по галузі											
Машинобудування											
11	ПАТ «Дніпроважмаш»	3 562 306	13,25	47 200 554,50	3 562 306	20,20	71 958 581,20	324 561 000,00	433 448 000,00	0,14543	0,16601
12	ПАТ «Старокраматорський машинобудівний завод»	42 155 320	1,00	42 155 320,00	42 155 320	1,00	42 155 320,00	158 350 900,00	583 184 000,00	0,26621	0,07228

І	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	БАТ «Дніпроагномаш»	16 635 800	11,48	190 978 984,00	16 635 800	52,81	878 480 036,28	512 254 800,00	2 646 314 000,00	0,37282	0,33196
14	ПАТ «Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе»	17 400 280	10,67	185 660 987,60	17 400 280	3,00	52 200 840,00	443 363 300,00	379 428 000,00	0,41876	0,13758
15	ПАТ «Маріупольський завод важкого машинобудування»	15 387 464	94,41	1 452 730 476,24	15 387 464	24,01	369 437 623,18	2 903 325 000,00	3 106 883 000,00	0,50037	0,11891
16	ПАТ «Азовстальмаш»	46 504 000	34,48	1 603 457 920,00	46 504 000	15,77	733 393 192,16	1 903 180 000,00	6 171 775 000,00	0,84252	0,11883
17	БАТ «Полтавський турбомеханічний завод»	147 037 000	1,49	219 085 130,00	147 037 000	0,87	128 216 264,00	186 733 700,00	202 266 000,00	1,17325	0,63390
18	ПАТ «Запоріжтрансформатор»	1 768 200 000	0,78	1 379 196 000,00	2 210 250 000	2,70	5 967 675 000,00	1 085 011 800,00	2 345 675 000,00	1,27113	2,54412
19	ПАТ «Дружківський машинобудівний завод»	207 535 684	3,43	711 847 396,12	207 535 684	2,50	519 565 584,89	516 811 600,00	1 383 934 000,00	1,37738	0,37543
20	Холдингова компанія «АвтотКрАЗ» у виді БАТ	1 062 969 820	0,87	924 783 743,40	1 062 969 820	0,18	187 720 470,21	624 177 900,00	625 009 000,00	1,48160	0,30035
21	БАТ «Мотор Січ»	2 077 990	974,17	2 024 315 518,30	2 077 990	2 284,06	4 746 249 683,42	1 278 964 000,00	5 106 758 000,00	1,58278	0,92941
22	БАТ «Ясинуватський машинобудівний завод»	22 785 888	10,97	249 961 191,36	22 785 888	0,30	6 906 402,65	141 097 800,00	214 491 000,00	1,77155	0,03220
23	ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»	114 679 552	27,32	3 133 045 360,64	114 679 552	28,41	3 257 931 392,77	1 209 199 000,00	4 623 634 000,00	2,59101	0,70463
Середнє значення по галузі											
Виробництво труб											
24	ПАТ «Харківський трубний завод»	548 800 000	2,77	1 520 176 000,00	2 598 495 120	1,34	3 475 487 223,00	3 219 372 500,00	2 952 429 000,00	0,47220	1,17716
25	БАТ «Дніпропетровський трубний завод»	1 055 718	724,78	765 163 292,04	1 055 718	133,33	140 758 880,94	882 105 100,00	735 112 000,00	0,86743	0,19148
26	БАТ «Інтерпайп Новомосковський трубний завод»	12 000 000	94,85	1 138 200 000,00	200 000 000	2,93	585 800 000,00	941 222 200,00	1 289 974 000,00	1,20928	0,45412
27	БАТ «ІНТЕРПАЙП Нижньодніпровський трубопрокатний завод»	53 885 000	156,41	8 428 152 850,00	400 000 000	10,17	4 067 640 000,00	4 115 223 000,00	5 101 615 000,00	2,04804	0,79732
Середнє значення по галузі											
Хімічна промисловість											
28	ПАТ «Ясинівський коксохімічний завод»	136 672 000	4,13	564 455 360,00	273 598 680	3,96	1 082 520 537,29	1 635 275 000,00	4 163 875 000,00	0,34517	0,25998
29	БАТ «Рівнеазот»	340 376 120	1,06	360 798 687,20	340 376 120	0,70	238 263 284,00	741 235 000,00	1 879 014 000,00	0,48675	0,12680
30	ПАТ «Запорожжкокс»	119 325 280	8,35	996 366 088,00	119 325 280	3,11	371 459 596,64	1 922 016 000,00	3 425 014 000,00	0,51840	0,10845
31	ПАТ «Бром»	35 559 536	1,15	40 893 466,40	35 559 536	0,33	11 556 849,20	62 692 700,00	99 204 000,00	0,65228	0,11650

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
32	ПАТ «Дніпрозот»	35 158 375 000	0,02	703 167 500,00	35 158 375 000	0,02	703 167 500,00	1 113 087 500,00	3 002 935 000,00	0,63173	0,23416
33	ВАТ «Алчевський коксохімічний завод»	3 001 960 000	0,76	2 281 489 600,00	3 001 960 000	0,39	1 180 670 868,00	2 558 175 000,00	7 088 468 000,00	0,89184	0,16656
34	ВАТ «Дніпродзержинський коксохімічний завод»	682 337 284	1,80	1 228 207 111,20	682 337 284	0,75	511 752 963,00	834 150 800,00	1 554 257 000,00	1,47240	0,32926
35	ПАТ ПВП «Кривбасвуглепром»	97 022 000	8,25	800 431 500,00	97 022 000	3,46	335 958 079,40	472 444 000,00	303 369 000,00	1,69424	1,10742
36	ПАТ «Концерн Стірол»	27 125 280	135,70	3 680 900 496,00	27 125 280	81,48	2 210 121 701,42	3 998 019 000,00	2 203 292 000,00	0,92068	1,00310
Середнє значення по галузі											
Нафтопереробка											
37	БАТ «Укрнафта» 231	54 228 550	398,00	21 582 962 900,00	54 228 550	595,85	32 312 081 517,50	13 609 002 700,00	27 871 834 000,00	1,58593	1,15931
38	БАТ «НПК – ГАЛИЧИНА»	870 674 950	0,85	736 155 670,23	870 674 950	0,25	213 315 362,75	2 217 421 400,00	3 666 988 000,00	0,33199	0,05817
39	БАТ «Нафтохімік Прикарпаття»	13 121 008	25,00	328 025 200,00	13 121 008	5,00	65 605 040,00	2 494 339 000,00	4 519 287 000,00	0,13151	0,01452
40	ПАТ «ЛУКОЙЛ – Одеський НПЗ»	18 252 898 550	1,00	18 252 898 550,00	18 252 898 550	1,00	18 252 898 550,00	8 146 133 000,00	7 954 393 000,00	2,24068	2,29469
Середнє значення по галузі											
0,80968											
0,44756											

Таблица 2

Значення галузевого посткризового коефіцієнта

№№ з/п	Галузь	Граничні значення по окремих підприємствах		Посткризовий коефіцієнт (середньогалузева зміна мультиплікатора), %
		min, %	max, %	
1.	Металургія	- 91,590	137,736	- 50,243
2.	Машинобудування	- 98,182	190,341	- 24,576
3.	Гірничодобувна промисловість	- 66,640	149,390	- 57,159
4.	Виробництво труб	- 77,926	149,295	- 43,004
5.	Виробництво феросплавів	- 66,236	59,032	- 39,882
6.	Хімічна промисловість	- 86,170	71,429	- 46,450
7.	Будівництво та будівельні матеріали	- 69,415	90,731	- 16,282
8.	Нафтопереробка	- 88,961	2,410	- 17,795

Дані наведені в таблиці, розраховано на основі повного масиву мультиплікаторів і переліку підприємств, що включає 93 підприємства України, у даній статті в Табл. 1 наведена лише частина цих результатів.

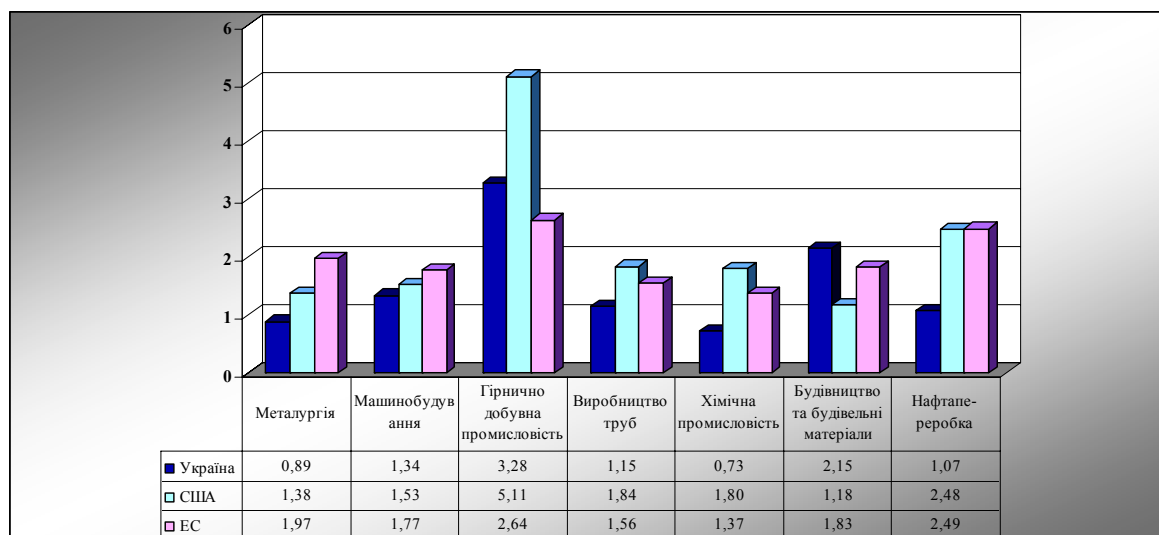
Для коректності даних, найбільші та найменші значення при розрахунку постризвового коефіцієнту (середньогалузева зміна мультиплікатора) участі не брали.

Після чого для кожної галузі було розраховано середнє значення, шляхом розрахунку середньої арифметичної вартості зміни усіх підприємств цієї галузі.

Отже на основі виконаних теоретичних досліджень сформульовано алгоритм визначення та розраховано величину посткризового коефіцієнта для основних галузей економіки України. Наявність отриманих результатів дозволяє прогнозувати значення мультиплікатора, та, як наслідок, дозволяє визначати вартість підприємства станом на закінчення наступної хвилі Світової фінансової кризи, яку зараз так активно прогнозують більшість світових експертів з економіки. Звичайно, ці показники не можуть бути використані для прогнозування значення мультиплікатора, а значить і вартості підприємства, у розвинених країнах, без попередніх досліджень, адже розрахунок виконувався для

підприємств країн, що розвиваються. Цей показник є новим і вживається вперше у практиці оціночної діяльності та пропонується для подальшого використання, тому що цей коефіцієнт є впливовим інструментом при прогнозуванні вартості підприємства з урахуванням кризових явищ в економіці певної держави.

Варто відзначити, що середньогалузеве значення мультиплікатора P/S у різних країнах дуже різняться, що пояснюється відмінностями в державному регулюванні країн, ступенем розвитку їх економік та чутливістю до кризових явищ. Як видно з діаграм на рис. 1 та 2, де наведено порівняння зазначеного мультиплікатора для України, США та держав ЄС, що некоректно використовувати запропоновані у даному дослідженні посткризові коефіцієнти для країн з розвинутою економікою.



Наведені в таблиці дані розраховано на основі повного масиву мультиплікаторів і переліку підприємств, що включає 93 підприємства України, у статті у Табл. 1 наведена лише частина цих результатів.

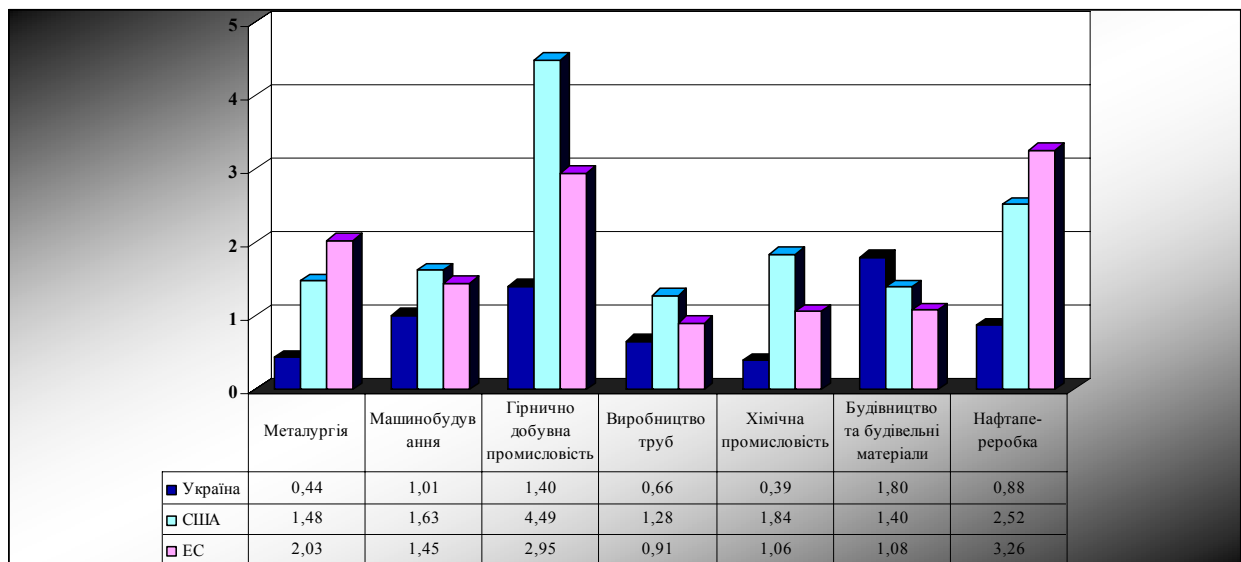
Рис. 1. Галузеве значення мультиплікатора в США, Європі (ЄС) [9] та Україні, станом на кінець 2007 р.

Як видно із наведених діаграм значення мультиплікаторів у країнах ЄС та США у всіх галузях більші ніж значення цих мультиплікаторів для українських компаній. Ця різниця коливається від 14% для машинобудівної галузі до 145% для гірничодобувної промисловості у 2007 р., у 2010 р. діапазон коливань складає – від 39% для виробництва труб до 368% для хімічної промисловості.

Виняток становить лише будівельна галузь, у якій значення мультиплікатора українських компаній перевищує значення мультиплікаторів цієї галузі у США та ЄС. У 2007 р. це перевищення складало 45% та 15% для США і ЄС відповідно, а у 2010 р. 22% та 40% відповідно.

Поясненням цієї особливості може бути штучне, надмірне завищення цін на об'єкти нерухомості в Україні, що спостерігається останнім часом, це й призводить до таких необ'єктивних значень мультиплікаторів.

Дані аналізу посткризового коефіцієнта (табл. 2), в першу чергу свідчать про те, що вартість іноземних компаній у декілька разів перевищує їх річний прибуток, у той же час як в Україні лише гірничодобувна та будівельна промисловість мають такі особливості. Це пояснюється тим, що іноземні компанії є більш капіталомісткими, а також свідчить про більшу стійкість іноземних компаній до втрат пов'язаних із зменшенням обсягів продажу.



Наведені в таблиці дані розраховано на основі повного масиву мультиплікаторів і переліку підприємств, що включає 93 підприємства України, у статті у Табл. 1 наведена лише частина цих результатів.

Рис. 2. Галузеве значення мультиплікатора в США, Європі (ЄС) [9] та Україні, станом на кінець 2010 р.

Не менш показовою є також тенденція того, що в Україні після світової фінансової кризи усі середньогалузеві мультиплікатори зменшилися, як вже згадувалося вище, у той час як у США та країнах ЄС, ця тенденція не простежується. Так, у США зменшилися середньогалузеві мультиплікатори лише у гірничодобувній промисловості та у виробництві труб, у ЄС зменшилися показники наступних галузей: машинобудування, виробництва труб, хімічній промисловості та будівництві. Це ще раз підтверджує висновок, що посткризовий коефіцієнт є дієвим для країн, які розвиваються, але не може бути використаний для розвинутих країн без проведення попередніх досліджень. Те що не відбулося зменшення середньогалузевих мультиплікаторів у більшості галузей США та країнах ЄС, на думку автора може бути пояснено наступними факторами:

- Наявність висококваліфікованого менеджменту у американських та європейських підприємствах;
- Ефективне впровадження антикризових заходів;
- Висока капіталомісткість компаній, що дозволяє їм маневрувати при недоотриманні прибутку;
- Цільова державна підтримка національних підприємств;
- Застосування науково-обґрунтованих підходів при формуванні антикризових заходів;

- Ефективне використання процесів глобалізації.

Далі розглянемо моментні мультиплікатори.

Мультиплікатор ціна/балансова вартість, чиста вартість активів. У якості фінансового показника для розрахунку використовуються балансова вартість або чиста вартість активів аналогічних компаній на дату оцінки або на останню звітну дату. Ці мультиплікатори відносяться до так званих моментних показників, оскільки вживається інформація про стан на конкретну дату, а не за певний відрізок часу.

Розглянемо, як здійснюється формування підсумкової величини вартості.

Процес формування підсумкової величини вартості складається з трьох основних етапів:

- вибору величини мультиплікатора;
- зважування проміжних результатів;
- внесення підсумкових коректувань.

Підсумкова величина вартості, яка отримана в результаті застосування мультиплікаторів, повинна бути відкоригована залежно від конкретних обставин, найбільш типовими є наступні поправки [10].

Портфельна знижка надається за наявності непривабливого для покупця характеру диверсифікації виробництва. Якщо в процесі фінансового аналізу виявлені або недостатність власного оборотного капіталу, або екстрена потреба в капітальних вкладеннях, отриману величину необхідно відняти. В деяких випадках вноситься поправка у вигляді премії за пакети акцій, що надають інвесторові елементи контролю.

Висновки

Таким чином, порівняльний підхід, не дивлячись на достатню складність розрахунків і аналізу, є невід'ємним прийомом визначення обґрунтованої ринкової вартості. Результати, що отримані у такий спосіб, мають хорошу об'єктивну основу, рівень якої залежить від можливості залучення широкого кола компаній-аналогів.

Запропоновано порядок обчислення та виконано розрахунки посткризового коефіцієнта за галузями промисловості, що є підґрунтям для подальшої оцінки бізнесу при виникненні кризових явищ. Такий підхід максимально зменшить похибку оцінки та наблизить вартісну оцінку до реальної ринкової вартості підприємства. Він може бути використаний для оцінки підприємств не тільки країн з економікою, що розвивається, а й для оцінки бізнесу в розвинених державах з виконанням відповідних досліджень для розрахунку посткризового коефіцієнта. При цьому залишається основний принцип порівняльного підходу, лише змінюються критерії та їх абсолютні показники.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Абдуллаева, Н. А. Оценка стоимости предприятия (бизнеса) [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / Н. А. Абдуллаева, Н. А. Колайко. – М.: ЭКМОС, 2000. – 52 с.
2. Сычева, Г. И. Оценка стоимости предприятия (бизнеса) [Текст] : учеб. пособие для проф. оценщиков / Г.И. Сычева, Е. Б. Колбачев, В. А. Сычев. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – С. 380-382.
3. Кошкина, В. И. Организация и методы оценки предприятия (бизнеса) [Текст] : учебник / В. И. Кошкина. – М., 2002. – С. 193-198.
4. Федотова, М. А. Оценка недвижимости и бизнеса [Текст] : учебник / М. А. Федотова, Э. А. Уткин. – М.: Ассоциация авторов и издателей «Тандем», ЭКМОС, 2000. – С. 201-205.
5. Zhyzhko, K. V. An analysis of main methods for determining the value of enterprises [Text] / K. V. Zhyzhko // Proc. of the 6th Int'l Sci. Conf. «Transbaltica 2009» (Vilnius: VGTU, Lithuania. – 22.04-23.04.2009). – P. 263-266.
6. Грязнова, А. Г. Оценка бизнеса [Текст]. – Изд 2-е, перераб. и доп. / А. Г. Грязнова, М. А. Федотова. – М.: Финансы и статистика, 2008. – С. 80-221.
7. Зайцева, А. В. Оценка бизнеса [Электрон. ресурс] : электрон. учеб. курс / А. В. Зайцев. – М.: ФГОУ ВПО «КубГАУ», 2005. – Режим доступа: <http://ozenka-biznesa.narod.ru/glava6.htm>
8. Жижко, К. В. Оцінка промислових об'єктів для здійснення іноземного інвестування до України [Текст] / К. В. Жижко // 36. наук. пр. до 90-річчя ДНУ ім. О. Гончара «Економіка: проблеми теорії та практики». – Т. 1. – Д.: ДНУ ім. О. Гончара, 2009. – С. 92-99.
9. Значення мультиплікаторів для США та країн ЄС [Електрон. ресурс] : електрон. щорічний звіт – USA: NYU Stern (Leonard N. Stern School of Business), 2011. – Режим доступу: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/data.html?pagewanted=all
10. Козодаев, М. А. Оценка и бизнес [Текст] / М. А. Козодаев, М. В. Пылов. – М., 2003. – С. 45-51.

Надійшла до редколегії 26.11.2010.

Прийнята до друку 29.11.2010.

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ВИТРАТ І ДОХОДІВ ПАСАЖИРСЬКИХ КОМПАНІЙ У ЗАЛІЗНИЧНИХ ПРИМІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

У статті розглянуто основні підходи до визначення та оптимізації структури витрат і доходів пасажирських приміських компаній у залізничному сполученні, наведено розрахунок експлуатаційних витрат приміської пасажирської компанії, що входять до локомотивної складової собівартості тарифу з визначення економічного ефекту.

Ключові слова: реформування, приміські пасажирські компанії, структура експлуатаційних витрат, економічний ефект

В статье рассмотрены основные подходы к определению и оптимизации структуры расходов и доходов пассажирских пригородных компаний в железнодорожном сообщении, приведен расчет эксплуатационных расходов пригородной пассажирской компании, входящих в локомотивную составляющую себестоимости тарифа с определением экономического эффекта.

Ключевые слова: реформирование, пригородные пассажирские компании, структура эксплуатационных расходов, экономический эффект

The article describes the main approaches to defining and optimizing the structure of expenditures and revenues of passenger suburban railway companies; the calculation of their operating costs as a part of the locomotive cost component of the tariff prime cost with the determination of economic effect is presented.

Keywords: reform, suburban passenger companies, operating cost structure, economic effect

Вступ

Компанії по обслуговуванню пасажирів в приміському сполученні (далі ППЗК) повинні організовувати свою діяльність відповідно до чинного законодавства, наказів, вказівок та інших нормативних актів Міністерства транспорту та зв'язку України, Укрзалізниці, залізниць, а також Статуту підприємства. ППЗК здійснюють свою діяльність у сфері транспортних послуг, а також можуть виконувати інші не заборонені законодавством України види діяльності, передбачені Статутом підприємства.

Аналіз стану проблеми та постановка задачі роботи

Ефективне функціонування приміських залізничних перевезень пов'язане з удосконаленням його організаційної структури; оновленням основних фондів і рухомого складу; впровадженням новітніх технологій і підвищенням швидкості руху; наданням нових видів послуг і захопленням нових секторів транспортного ринку; збільшенням прибутковості перевезень пасажирів.

Щоб оцінити економічну ефективність створення і функціонування приміської пасажирської компанії, необхідно проводити глибокий аналіз всіх виробничо-фінансових показників діяльності ППЗК.

Метою статті є дослідження шляхів підвищення ефективності залізничних пасажирських перевезень у приміському сполученні у сучасних умовах господарювання шляхом оптимізації структури витрат і доходів ППЗК.

Виклад основного матеріалу

По кожному з видів діяльності ППЗК несе відповідні витрати і одержує доходи.

Загальна сума витрат ППЗК з обслуговування пасажирів у приміському сполученні складається з наступних складових [1]:

- експлуатаційні витрати, пов'язані з організацією, виконанням і забезпеченням приміських перевезень;
- витрати на виконання підсобно-допоміжної та іншої діяльності.

Під прямими витратами розуміють витрати, що припадають на ППЗК при безпосередній організації і виконанні приміських пасажирських перевезень.

Непрямі витрати – витрати інфраструктурних підрозділів залізниці по забезпеченню приміських перевезень (господарства локомотивне, електрифікації, перевезень, колії і т.ін.).

Всі витрати ППЗК будь-якої організаційно-виробничої форми можливо класифікувати за наступними групами (рис. 1):

- Послуги Державної акціонерної компанії ДАК «УЗ»;
- Власні витрати приміської пасажирської компанії;
- Послуги сторонніх організацій.

В свою чергу послуги Державної акціонерної компанії ДАК «УЗ» залежно від департаменту, який буде виконувати даний вид робіт, можна поділити на дві складові:

1) Локомотивна складова, яка включає витрати локомотивного господарства (це господарство може належати локомотивному Департаменту або Департаменту інфраструктури);

2) Інфраструктурна складова, яка включає витрати Департаменту інфраструктури на утримання інфраструктури залізниць та організацію руху приміських пасажирських поїздів по ній.

Власні витрати приміської пасажирської компанії для полегшення розрахунків тарифів можна умовно поділити на п'ять складових:

- Моторвагонна складова, що включає витрати на утримання моторвагонних електросекцій, дизель-поїздів, рейкових автобусів та вагонів-трамваїв;
- Вагонна складова, яка включає звичайні пасажирські вагони, які ще експлуатуються на неелектрифікованих ділянках залізниць України та належать Департаменту пасажирських перевезень у дальньому сполученні. Можна було б узяти дані вагони в оренду, але вони дуже застарілі не тільки фізично, а й морально;
- Витрати на утримання власної пасажирської інфраструктури, що знаходиться на балансі компанії;
- Витрати на утримання власної вокзальної інфраструктури або продажу квитків у вокзалах, що належать іншим власникам;
- Інші витрати приміської пасажирської компанії, частина з яких мусить включатися до складу тарифів на перевезення.

Послуги сторонніх організацій виділено окремо, оскільки частина з них включаються до складу тарифів на перевезення пасажирів не напряму, а після певних розрахунків. До них слід віднести:

- Оренду рухомого складу за різними договорами;
- Послуги сторонніх депо та заводів з ремонту рухомого складу, що належить пасажирській компанії;
- Послуги сторонніх організацій з ремонту будівель та споруд, що належать пасажирській компанії;

- Інші види послуг.

Додатково слід враховувати те, що кожна приміська пасажирська компанія може мати різні форми стосунків з Державною акціонерною компанією ДАК «УЗ»:

- Мати власні вокзали 3 – 5 класу, або орендувати в них приміщення;
- Орендувати приміську інфраструктуру або викупити її;
- Ремонтувати рухомий склад в ДАК «УЗ» або у моторвагонних депо та заводах інших власників;
- Розраховуватися з ДАК «УЗ» за нитку графіка або на інших умовах.

Структура витрат з основної діяльності, які відносяться на приміські пасажирські перевезення, представлена в табл. 1. Найбільшу питому вагу мають витрати локомотивного господарства (46,21 %) і господарств інфраструктури (43,8 %), хоча і спостерігається значний розкид значень по залізницях. Так, витрати локомотивного господарства мають мінімальну питому вагу на Придніпровській залізниці (30,55 %) і максимальну – на Південній залізниці (61,43 %), і навпаки, максимум частки витрат господарств інфраструктури доводиться на Придніпровську залізницю (58,53 %) і практично мінімальне значення для Південної залізниці (31,64 %) [2].

Незначна частка витрат вагонного господарства (0,59 %) обумовлена тим, що на залізницях пасажирські вагони в основному не використовуються для виконання приміських перевезень, а також можливістю обліку витрат по обслуговуванню і експлуатації пасажирських вагонів у витратах пасажирського господарства. Середньомережева частка витрат пасажирського господарства складає 10,52 %.

Користуючись середньомережевими даними питомої ваги кожного господарства залізниці в загальній сумі витрат по приміському сполученню, можна оцінити можливі частки власних витрат і витрат, що підлягають відшкодуванню залізниці, у витратах компанії приміських пасажирських перевезень. При виборі організаційно-виробничих варіантів структури компанії на базі депо (моторвагонного, дизель-поїзного або вагонного) частка власних витрат складе 52,8 %, відповідно частка витрат за використання інфраструктури залізниці – 47,2 %. З урахуванням особливостей приміських перевезень на кожній залізниці і вибраної виробничої структури компанії приміських пасажирських

ких перевезень частки основних груп витрат можуть відхилятися від представленого співвідношення.

Розрахунок експлуатаційних витрат приміської пасажирської компанії (ЕППК) в загальному вигляді можна представити так:

$$E_{\text{ППК}} = E_{\text{ВППК}} + E_{\text{ДАК}} + E_{\text{СО}},$$

де $E_{\text{ВППК}}$ – власні витрати приміської пасажирської компанії, грн;

$E_{\text{ДАК}}$ – послуги Державної акціонерної компанії ДАК «УЗ», грн;

$E_{\text{СО}}$ – послуги сторонніх організацій, грн;

$$E_{\text{ВППК}} = E_{\text{еп}} + E_{\text{дп}} + E_{\text{ра}} + E_{\text{вт}} + E_{\text{пі}} + E_{\text{ві}} + E_{\text{і}},$$

де $E_{\text{еп}}$ – витрати на роботу та утримання електропоїздів, грн;

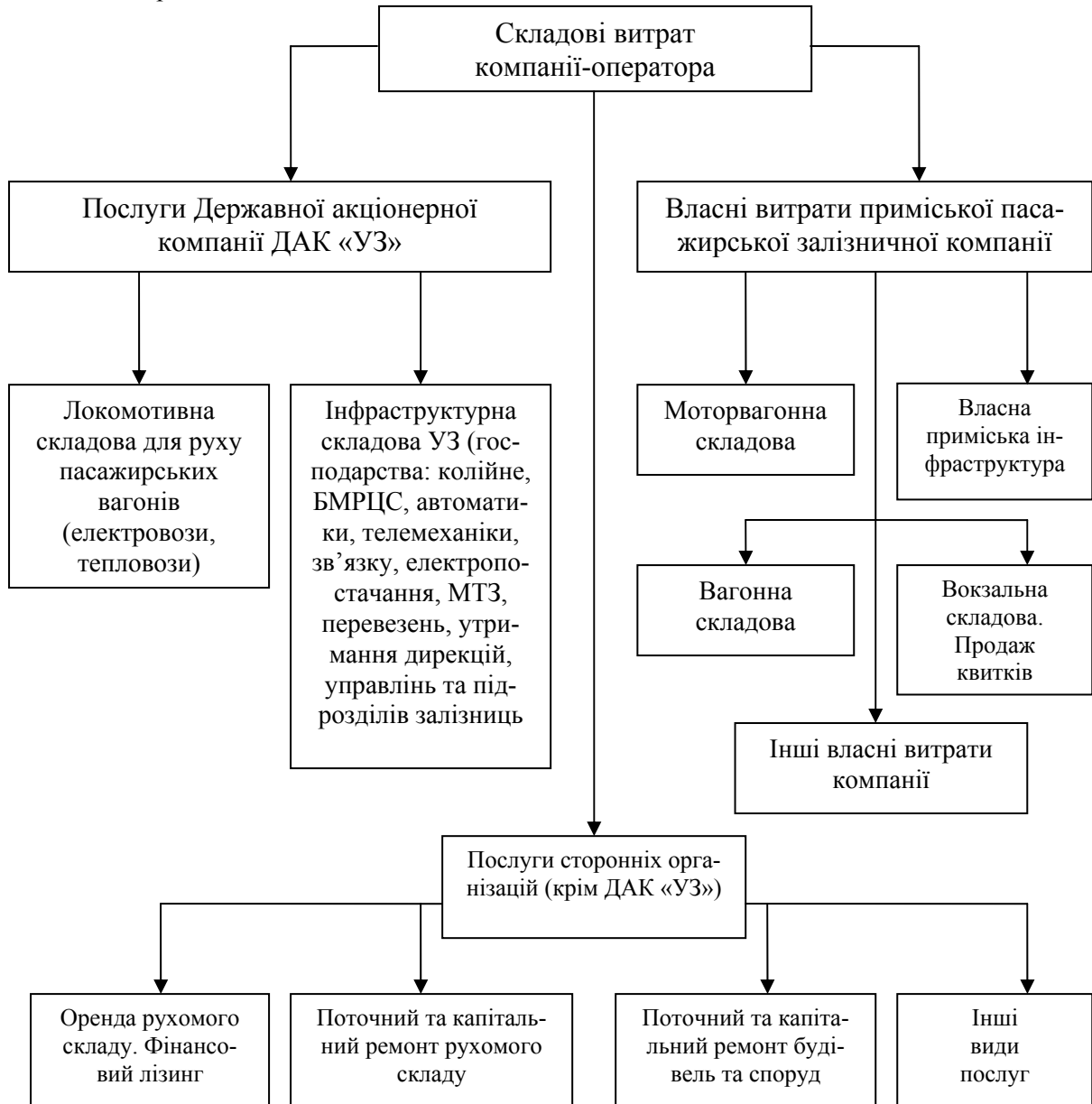


Рис. 1. Основні складові експлуатаційних витрат ППЗК

$E_{\text{дп}}$ – витрати на роботу та утримання дизель-поїздів, грн;

$E_{\text{ра}}$ – витрати на роботу та утримання рейкових автобусів, грн;

$E_{\text{вт}}$ – витрати на роботу та утримання вагонів-трамваїв, грн;

$E_{\text{пі}}$ – витрати на утримання власної пасажирської інфраструктури, грн;

$E_{\text{ві}}$ – витрати на утримання власної вокзальної інфраструктури, грн;

$E_{\text{і}}$ – інші витрати пасажирської компанії (крім третьої групи), грн.

$$E_{\text{ДАК}} = E_{\text{Л}}(e) + E_{\text{Л}}(т) + E_{\text{інф}},$$

де $E_{\text{Л}}(e)$ – витрати за користування локомотивів електричної тяги, грн;

$E_{\text{Л}}(т)$ – витрати за користування локомотивів теплової тяги, грн;

$E_{\text{інф}}$ – витрати за користування залізничною інфраструктурою, грн.

$$E_{\text{СО}} = E_{\text{орс}} + E_{\text{ррс}} + E_{\text{рбс}} + E_i,$$

де $E_{\text{орс}}$ – витрати на оренду рухомого складу за різними договорами, грн;

$E_{\text{ррс}}$ – витрати на поточний та капітальний ремонт власного рухомого складу, грн;

$E_{\text{рбс}}$ – витрати на поточний та капітальний ремонт інших будівель та споруд, що не увійшли до складу власної пасажирської інфраструктури, грн;

E_i – інші витрати (крім витрат другої групи).

Враховуючи існуючу методику розподілу експлуатаційних витрат у приміському сполученні [1] та запропонований вище розподіл витрат (рис. 1), можливо розраховувати величину основних частин витрат.

Локомотивна складова витрат.

За перевезення пасажирів у приміському сполученні пасажирськими вагонами, що виконуються локомотивами депо (знаходяться на балансі локомотивної служби), компанії приміських перевезень повинні здійснити оплату Укрзалізниці відповідно статтям номенклатури витрат (табл. 1). При цьому оплата розподіляється за послуги електровозів та тепловозів.

В даному випадку виключення роботи, не пов'язаної безпосередньо з діяльністю ППЗК за допомогою уточнення нормативів розподілу умовно-постійних витрат залізничного транспорту призведе до зниження експлуатаційних витрат, що відносяться на пасажирські приміські перевезення компанії-оператора.

При розподілі витрат, що входять до локомотивної складової собівартості тарифів, пропонується виключити повністю або частково витрати на роботу локомотивів у колійному господарстві, роботу локомотивів на маневрах, комісійний огляд локомотивів, екіпірування поїзних та маневрових локомотивів й ін.

Таблиця 1

Розподіл витрат, що входять до локомотивної складової собівартості тарифів

№ п/п	Номер статті	Найменування статті витрат	Існуючі витрати на приміські перевезення пасажирів	Перерозподіл витрат приміської пасажирської компанії	Пропозиції щодо зниження витрат	Різниця
1	2	3	4	5	6	7
Електровози						
1	5002 5042	Робота електровозів у приміському сполученні Робота електровозів у колійному господарстві	7734	7115,3	впровадження нового ефективного рухомого складу	618,7
2	5003	Робота електровозів на маневрах	437	402,0	передача непрофільних видів діяльності стороннім організаціям	35,0
3	5005, 5041	Екіпірування поїзних та маневрових електровозів	309	284,3	впровадження нового ефективного рухомого складу	24,7
4	5006, 5007	Амортизація поїзних та маневрових електровозів	1164	1070,9	- // -	93,1
5	5008÷ 5015	Технічне обслуговування поїзних та маневрових електровозів	1392	1280,6	- // -	111,4

Таблиця 1 (закінчення)

1	2	3	4	5	6	7
6	5016	Комісійний огляд електровозів	11	10,1	- // -	0,9
7	6210÷ 6220	Поточні та капітальні ремонти та сервісне обслуговування електро- возів	4344	3996,5	- // -	347,5
		Загальновиробничі, адміністративні витрати, витрати на збут п. 1	1082,8	996,1		86,6
		Загальновиробничі, адміністративні витрати, витрати на збут п. 4	163,0	149,9		13,0
		Загальновиробничі, адміністративні витрати, витрати на збут пп. 2, 3, 5-7	909,0	836,3		72,7
Тепловози						
8	5202, 5203	Робота тепловозів у приміському сполученні Робота тепловозів у колійному господарстві	82984	76345,3	впровад- ження нового ефективного рухомого складу	6638,7
9	5202, 5203	Робота тепловозів на маневрах	1071	985,3	передача непрофільних видів діяльнос- ті стороннім організаціям	85,7
10	5205, 5281	Екіпірування поїзних та маневрових тепловозів	963	886,0	впровад- ження нового ефективного рухомого складу	77,0
11	5206, 5207	Амортизація поїзних та маневрових тепловозів	25620	23570,4	- // -	2049,6
12	5208, 5215	Технічне обслуговування поїзних та маневрових тепловозів	1519	1397,5	- // -	121,5
13	5216	Комісійний огляд тепловозів	15	13,8	- // -	1,2
14	6410÷ 6420	Поточні та капітальні ремонти та сервісне обслуговування тепловозів	2147	1975,2	- // -	171,8
		Загальновиробничі, адміністративні витрати, витрати на збут п. 8	11617,8	10688,3		929,4
		Загальновиробничі, адміністративні витрати, витрати на збут п. 11	3586,8	3299,9		286,9
		Загальновиробничі, адміністративні витрати, витрати на збут пп. 8, 9, 11–14	5327,0	4900,8		426,2
Сумарний економічний ефект, тис. грн						11307,9

Оптимізація витрат (табл. 1) за статтями 5002, 5042, 5202, 5203 здійснюється за рахунок реорганізації управлінської структури, модернізації і оновлення рухомого складу, переходу потягів локомотивної тяги на альтернативне біологічне паливо (паливні гранули – палети); за статтями 5003, 5202, 5203 – за рахунок передачі непрофільних видів діяльності стороннім

організаціям (договірні відношення з залізницею); за статтями 5005, 5041, 5205, 5281 – придбання нового рухомого складу; за статтями 5006, 5007, 5206, 5207 – модернізації та оновлення РС; за статтями 5008–5015, 5208, 5215 – аналогічно ст. 5006, 5007, 5206, 5207; за статтями 5016, 5216 – за рахунок реорганізації управлінської структури; за статтями 6210–

6220, 6210–6220 – аналогічно ст. 5006, 5007, 5206, 5207.

Як показано вище, сума витрат, які відносяться на приміські пасажирські перевезення, визначається згідно діючих номенклатури витрат і калькуляції собівартості пасажирських перевезень по видах сполучення.

Відповідно до організаційно-виробничої структури ППЗК частину експлуатаційних витрат можливо віднести до власних витрат підприємства, а витрати за користування інфраструктурою підлягають відшкодуванню залізниці.

Аналогічно визначається економічний ефект від оптимізації експлуатаційних витрат на інші складові загального показника, які представлені на рис. 1.

Висновок

Оптимізуючи структуру експлуатаційних витрат та доходів, приміська пасажирська компанія-оператор отримає економічний ефект, що

прямо впливає на фінансовий результат її діяльності.

Рішення вищезгаданих проблем має саме безпосереднє відношення до проведених реформ пасажирського комплексу на залізницях України і є ефективним стимулом для подальшого розвитку залізничного транспорту і сприяє реалізації задач, визначених програмою структурної реформи на залізничному транспорті і транспортної стратегії України до 2020 року.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Смехова, Н. Г. Эксплуатационные расходы и объем работы [Текст] / Н. Г. Смехова, Л. Б. Панкратова // Ж/д трансп. – 1997. – № 3. – С. 44-48.
2. Аналіз технічного та технологічного стану господарства приміських перевезень [Текст] : звіт від 10.09.2009 р., № 11/09 – ЦТЕХ-521/09-ЦЮ.

Надійшла до редколегії 09.11.2010.

Прийнята до друку 23.11.2010.

СОЦІАЛЬНИЙ ТА ЕТИЧНИЙ ВПЛИВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ЗАГАЛЬНИЙ СОЦІАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ДЕРЖАВИ

У даній статті проведено аналіз взаємозв'язку соціальних та етичних аспектів використання інформаційних мереж і визначено їх вплив на соціальний розвиток держави.

Ключові слова: інформаційні системи та мережі, соціальні та етичні аспекти, соціальний розвиток держави

В данной статье проведен анализ взаимосвязи социальных и этических аспектов использования информационных сетей и определено их влияние на социальное развитие государства.

Ключевые слова: информационные системы и сети, социальные и этические аспекты, социальное развитие государства

In this article the analysis of intercommunication of social and ethical aspects of the use of information networks is conducted and their influence on social development of the state is determined.

Keywords: information systems and networks, social and ethical aspects, social development of state

Постановка проблеми

Сьогодні в усіх країнах незалежно від рівня економічного і соціального розвитку виробництва відбувається структурна перебудова, пов'язана зі зростанням інформаційного сектора економіки, що відповідно спричиняє за собою кардинальні соціальні, економічні та культурні зміни у суспільстві. Інформаційний сектор в Україні є однією із найефективніших в економіці. А вже розвиток нових інформаційних технологій, інформатизація суспільства, зростання потреб суспільства в різноманітних інформаційних послугах сприяли виникнення багатой чисельності соціальних та етичних проблем.

Аналіз попередніх досліджень

Дослідженням інформаційних систем, їх становленням функціональними займалися такі вчені, як В. Л. Тамбовцев, А. С. Ашіцький, Г. Г. Почепцов, Ю. М. Канигін, Я. Г. Берсуцький, В. В. Дорофійенко. Проте недостатньо опрацьованими залишилися питання, що стосуються теоретичного і практичного вивчення соціального та етичного впливу інформаційних систем.

Тому *метою статті* є проведення аналізу взаємозв'язку соціальних, етичних аспектів використання інформаційних мереж та визначення їх впливу на соціальний розвиток у державі.

Виклад основного матеріалу

Інформаційні технології представляють собою двояку зброю. З одного боку, при трансформаційних змінах є безліч переваг. Одним із

найбільших досягнень сучасних комп'ютерних систем є те що ними надається зручна форма обробки комп'ютерної інформації. Відомості, що відносяться до кіберкорпорації, можливо легко аналізувати, передавати, а також спільно використовувати. У той же час ці універсальні можливості породжують і нові складності. З'являється безліч лазівок для порушення законодавства, а також можливостей за приховування доходів. Необхідність балансування між зручністю використання інформації та обмеженнями прав особи, які проявляються у створенні електронних дос'є на споживачів, представляє одну з серйозних проблем, породжену сучасними інформаційними системами. І саме зараз необхідно приділити пильну увагу наступним питанням.

Серед інших проблем можна назвати наступні: захист прав інтелектуальної власності; визначення рівнів відповідальних за наслідки інформаційних систем; встановлення стандартів якості для систем захисту інформації, що знаходяться на сторожі прав особи і законності, а також збереження тих цінностей і традицій, які мають істотне значення для якості життя в інформаційному суспільстві. У ході дослідження буде розглянута ця проблематика і запропоновані напрямки вирішення виникаючих у цих сферах проблем.

Перш ніж розглядати дані питання, необхідно визначити взаємозв'язок між соціальними та етичними аспектами.

Етика спирається на принципи добра і зла, що застосовуються індивідуумами в якості вільних моральних агентів при виборі визначають поведінку дій наслідком [6]. Інформаційні

технології та інформаційні системи ставлять перед особистістю і суспільством нові етичні питання, породжуючи умови для інтенсивних соціальних змін і тим самим створюючи певні передумови для перерозподілу владних повноважень, фінансів, перегляду законів і зобов'язань. Подібно іншим технологіям, таким як і телефон, радіо, електрика, інформаційна технологія може використовуватися як для досягнення соціального прогресу, так і при вчиненні злочинів, що становлять загрозу основних соціальних цінностей. Розвиток інформаційної технології безумовно приносить вигоду, але даний процес пов'язаний також із зростанням витрат для інших членів суспільства. При використанні інформаційних систем бажано отримати відповідь на питання, яка етична та соціальна відповідальність за прийняті дії?

Безумовно соціальний, етичний аспекти досить тісно пов'язані, їх взаємозв'язок наведений на рис. 1.

До того як перейти до аналізу соціальних та етичних аспектів, наведемо короткий огляд основних технологічних і системних трендів, пов'язаних із розглянутими проблемами:

Ключові технологічні тенденції, що призводять до загострення проблем у галузі етики

А саме етичні проблеми мають більш широкую передмову, ніж інформаційна технологія.

З цими проблемами стикаються члени всіх вільних суспільств. Проте інформаційна технологія загострює суперечності етичного характеру, посилює тиск на існуючі соціальні інститути свідчать про те, що наявні закони повністю застаріли або потребують ґрунтовної переробки.

1. Інформаційні права: права особи та свобода в інформаційному суспільстві.

Права особистості припускають вимоги особистої свободи для індивідуума, неприпустимість організації спостереження або будь-якого втручання з боку інших осіб, організацій або держави. Вимога дотримання прав особи також має враховуватися і на робочому місці: мільйони службовців є суб'єктами електронного або іншого високотехнологічного втручання в їх життя. Інформаційні технології та системи представляють загрозу права і свободи особистості, оскільки саме вторгнення в цю область відносин дешево, ефективно і надає дохід.

Визначення соціальних і етичних аспектів полягає у тощо, що етична проблема у сфері

захисту прав особистості на даному етапі полягає в наступному: за яких умов можна втручатись у приватну сферу інших людей? На яких правах можна досить делікатно втручатися в особисте життя інших громадян? Чи слід повідомляти людей про наявність підслуховуючих пристроїв? Чи варто доводити до відома користувачів про те, що інформація по кредитній діяльності використовується з метою контролю зайнятості?

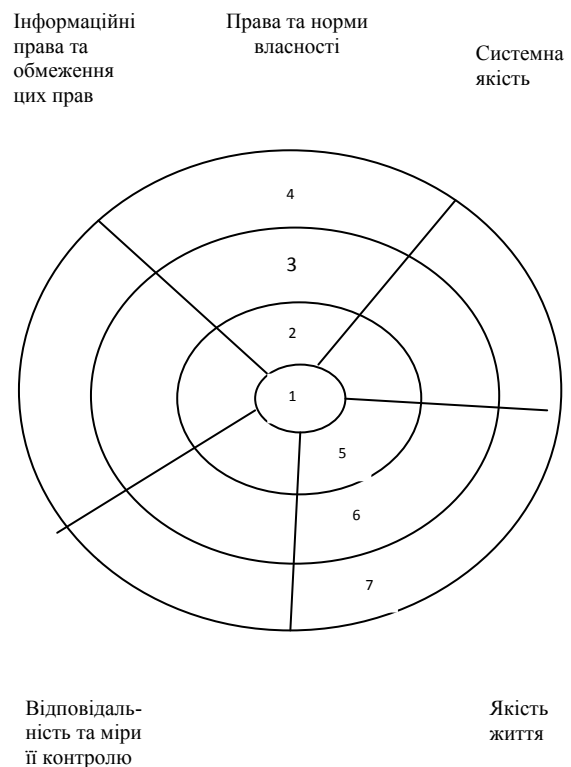


Рис. 1. Зв'язок соціального, політичного та етичного аспектів у інформаційному суспільстві:

1. Інформаційна технологія та системи
2. Етичні проблеми
3. Соціальні проблеми
4. Політичні проблеми
5. Особистість
6. Суспільство
7. Держава

Соціальний аспект захисту прав особистості пов'язаний з формуванням «очікувань особистості» або приватних норм, які використовуються для регулювання відносин в суспільстві. Наприклад, чи можна з точки зору суспільства гарантувати громадянам право на приватне життя при використанні електронної пошти, мобільних телефонів, електронних дошок оголошень, поштового зв'язку, а також при знаходженні на робочому місці або на вулиці? Чи

повинні права охорони приватного життя поширюватися на злочинців?

2. Права власності: інтелектуальна власність.

Сучасні інформаційні системи представляють серйозний виклик діючим законодавчим актам та соціальним практикам, що захищають особисту інтелектуальну власність. Інтелектуальна власність – це нематеріальна власність, яка створюється окремими громадянами і корпораціями. Інформаційна технологія ускладнює захист інтелектуальної власності, оскільки комп'ютеризована інформація легко копіюється і поширюється по мережах. Інтелектуальна власність захищається багатьма способами, які сформовані на базі трьох різних законних підстав: професійної таємниці, авторського права і закону про патентування [1].

Соціальним аспектом даного тренду є то, що після впровадження нової інформаційної технології виникає кілька соціальних проблем, пов'язаних з питаннями власності. Більшість експертів прийшли до згоди, що наявні в даний час закони про захист інтелектуальної власності застаріли. Неймовірно прискорюється процес поширення ідей, пов'язаний з копіюванням програмного забезпечення. Поширена практика копіювання програм дозволяє вважати про наше суспільство як про сукупність порушників законності. Піратське ставлення до інтелектуальної власності може сповільнити процес поширення інформаційних технологій, що, у свою чергу, загрожує подальшому просуванню на шляху підвищення ефективності праці та рівня соціального добробуту [2].

Основна етична проблема, яка стоїть перед індивідуумами, пов'язана впровадженням програмного забезпечення: чи можна копіювати для власного використання частину програмного забезпечення, захищену у вигляді комерційного секрету, за допомогою авторського права чи закону про патент? На даному етапі досить просто можна отримати прекрасні, функціональні копії програмного забезпечення, оскільки компанії з розробки персонального обладнання навмисно не використовують схеми із захисту програм, що дозволяє їм розширити ринок збуту власних продуктів. Судові позови з цих питань виникають порівняно рідко. Але якщо кожен буде копіювати програмне забезпечення, програмісти позбавлені можливості отримати дохід. У результаті цей сектор виробництва буде значно зменшено.

3. Деякі проблеми, пов'язані з комп'ютерною відповідальністю.

Центральною етичною проблемою при впровадженні нових інформаційних технологій, пов'язаної з питаннями відповідальності, є наступна: «Чи можна вважати окремих громадян і організації, які займаються створенням, виробництвом або продажем мереж (апаратні та програмні засоби), морально відповідальними за наслідки застосування подібної технології?» Якщо це так, то за яких умов? Якого роду законна відповідальність (і обов'язок) поширюється на користувача і якою мірою несе відповідальність провайдер? [3].

Центральною соціальною проблемою, пов'язаною з питаннями відповідальності, є очікування, які суспільство може заохочувати і розвивати при реалізації інформаційних систем з підтримки послуг. Чи слід окремим користувачам (і організаціям) займатися розробкою власних пристроїв для резервування інформації на випадок системних збоїв або організації несуть сувору відповідальність за підтримку системних служб? Якщо організації у разі збоїв в роботі інформаційних систем можна притягати до відповідальності у законному порядку, який вплив матиме цей факт на процес розробки нових системних послуг? Чи може суспільство дозволити передачу за допомогою мереж і дощок оголошень образливою, неточною і безумовно неправдивою інформацією, яка може принести шкоду багатьом громадянам? Або ж компанії, що підтримують роботу інформаційних служб, введуть практику самоцензури?

4. Якість систем: якість даних і системні помилки.

Ведуча соціальна проблема, що відноситься до якісних показників інформаційних систем, знову відноситься до області очікувань: з точки зору громадської вигоди чи доцільно підтримувати у людей думку, що системи не схильні до збоїв і помилки в даних просто неможливі? Чи хочемо ми жити в суспільстві, де люди скептично налаштовані по відношенню до даних, які пройшли комп'ютерну обробку, не викликає це певною заборгованості при відношенні до нових інформаційних технологій? Або мова йде про певну частку ризику, з приводу якої слід інформувати суспільство? Посилюючи тривожні настрої в суспільстві з приводу помилок у системах, не перешкоджаємо ми тим самим розвитку всіх систем, що в кінцевому разі від-

бивається на соціальному рівні життя всього суспільства?

Центральною етичною проблемою, пов'язаною з якістю впроваджуваних інформаційних систем, є мета, яку ви переслідуєте при випуску програми чи послуг, призначених для споживання іншими користувачами. На якій базі можливо зробити висновок про досягнення необхідного рівня якості персональних засобів і наданих послуг в технологічному та економічному сенсах? Що змушує вас звернути увагу на якість ваших програм? Процедури, виконані в рамках тестування, або функціональні характеристики?

5. Якість життя: справедливість, доступність, обмеження.

Негативні соціальні наслідки при впровадженні інформаційних технологій і систем починають накопичуватися разом із зростанням технологічних можливостей. Багато чого з цього соціального негативу не має відношення ні до порушень прав особистості, ні до злочинів проти норм власності. Однак ці негативні наслідки приносять багато шкоди окремим членам суспільства, всьому суспільству у політичній інституції. Комп'ютери й інформаційні технології можуть потенційно нівелювати цінності, що належать до культурної основи всього суспільства, навіть за умови певних суспільних вигод. Чи існує баланс добрих і поганих наслідків реалізації в суспільстві інформаційних систем, хто несе відповідальність за негативні наслідки цього процесу? Дані негативні соціальні наслідки впровадження мереж будуть коротко охарактеризовані з огляду позиції індивідуума і соціуму.

5.1 Баланс між «сильним» центром і периферією.

На ранніх етапах розвитку інформаційних технологій існували величезні, централізовані комп'ютерні інформаційні центри. За допомогою даної форми організації вся інформаційна міцність зосереджувалась в обласних центрах країни. Потім почався процес децентралізації комп'ютерної технології, посилений ідеологічними установками, спрямованими на встановлення «довірчих» відносин з тисячами службовців. Проходив також процес децентралізації і в питаннях прийняття рішень, все більше повноважень передавалося інстанціям нижчого рівня, зменшувалася централізована міцність великих

інститутів. Але всі елементи довірливого ставлення до службовців мають відтінок тривіальності. Службовці, які займають невисокі посади, можуть сміливо приймати лише рішення, які не мають визначального значення в житті підприємства, корпорації. Ключові політичні рішення мають диктуватися з єдиного центру, як і раніше.

5.2 Високий темп змін: зменшення часу на перебудову у конкурентній боротьбі.

Інформаційні системи допомагають сформувати більш ефективні національні та інтернаціональні ринки, скорочуючи звичні соціальні резерви, якими багато років користувалися бізнесмени у досягненні успіху в конкурентній боротьбі. Заснована на «випередженні в часі» конкуренція має й негативну сторону: бізнес не залишає часу для формування глобальних відповідей конкурентам, зазвичай протягом року, поки йде виробничий процес, бізнес завершує своє існування. Виникає ризик утворення товариств, що функціонують виключно «за календарним графіком».

5.3 Підтримка обмежень: сім'я, робота, дозвілля.

Соціальна небезпека, пов'язана з присутністю комп'ютера у будь-якому місці: літак, потяг у період відпусток, тобто дистанційною присутністю на робочому місці. Якщо дана тенденція буде розповсюджуватися, значно знизиться значення традиційних мереж, що відокремлюють робочий час від часу, присвяченого сім'ї та дозвіл्लю. І хоча вже традиційним є те, що письменники працюють майже всюди (портативні друкарські машинки відомі вже майже сто років), поява інформаційних систем разом із зростанням обсягів розумового труду призводить до того, що більша кількість людей працюють тоді, коли вони повинні відпочивати або підтримувати відносини в родині або з друзями. «Робоча доба» зараз охоплює значно більший час, ніж традиційний восьмигодинний робочий день.

Наслідки цих перетворень пов'язані з чітко окресленими ризиками для індивідуума. Історично склалося так, що сім'я і друзі є потужною опорою особистості, вони допомагають підтримувати баланс у суспільстві, зберігаючи приватне життя. Саме в цьому середовищі найпростіше концентруватися з думками, обдумати взаємини в робочому колективі, мріяти.

5.4 Залежність і вразливість.

В даний час і бізнес, і діяльність урядів, шкіл, приватних асоціацій, таких як церкви, у величезній мірі залежать від інформаційних систем. Внаслідок цього зростає вразливість цих організацій при наявності збоїв у мережі. Має місце наступний парадокс. При наявності такої поширеної мережі, як, наприклад, мобільний зв'язок, слід пам'ятати про те, що в даному випадку відсутні регулятивні сили або загальноприйняті стандарти, як це прийнято при користуванні звичайним телефоном, електрикою, радіо, телебаченням або іншими, що мають суспільну технологічну цінність. Відсутність стандартів і критичний режим функціонування деяких системних додатків, можливо, стануть вагомою підставою для формування національних стандартів, а можливо, і громадського контролю з боку суспільства.

5.5 Комп'ютерні злочини та зловживання.

Більшість нових технологій, що з'явилися в індустріальну еру, створюють плідне середовище для порушення законності в суспільстві. Технології, включаючи комп'ютери, створюють нові цінності, за якими відбувається полювання, формуються новітні методики розкрадань, а також значно збільшується можливість нанесення шкоди всьому суспільству. Комп'ютерний злочин являє собою незаконні дії, які реалізовані за допомогою комп'ютера або напрямки проти комп'ютерної мережі. Комп'ютери чи комп'ютерні мережі можуть служити об'єктом злочину а також можуть бути інструментом злочину (крадіжка комп'ютера призводить до нелегального доступу до комп'ютерної мережі за допомогою домашнього комп'ютера). Простий доступ до комп'ютера, ідентифікації або спроба нанесення шкоди, навіть якщо це сталося випадково, є злочином. Комп'ютерне зловживання являє собою набір дій з залученням комп'ютера, які хоч і не трактується незаконними, але вважаються неетичними.

5.6 Зайнятість: вимивання технологій і втрата робочих місць при реінжинірингу.

Реалізація реінжинірингу зазвичай вітається в спільнотах оснащених інформаційними системами, як велике досягнення нової інформаційної технології. Час від часу згадують, що редизайн бізнес-процесів може призвести мільйони менеджерів середньої ланки і конторських службовців до втрати своїх робочих місць, що обумовлено розвитком промисловості. Але за-

лишаються категорія робітників, а також люди старшого віку, менш підготовлені менеджери середньої ланки. Важко уявити, щоб ці групи службовців можливо було легко перепідготувати для виконання висококваліфікованої (вартісної) роботи. І тільки під час проведення ретельного планування, що враховує інтереси службовців, компанії зможуть перебудувати роботу з мінімальними втратами серед працівників.

5.7 Питання соціальної справедливості та суспільної рівності: посилення расового і класового розчарування.

Безумовно виникає питання: «Чи всі громадяни мають однакові можливості в століття нових інформаційних технологій?» При реалізації технології інформаційних мереж чи буде наростати розшарування суспільства, надаючи нові переваги заможним громадянам перед іншими членами суспільства? На ці запитання важко дати вичерпні відповіді, оскільки недостатньо вивчено вплив системних технологій на різні суспільні групи. Важливо, що різні суспільні групи, що відрізняються за соціальним або расовою ознакою, мають неоднакові можливості доступу до таких ресурсів, як інформація, знання, комп'ютери і багатьом іншим джерелам інформації. Якщо на соціальному рівні залишити цей факт без уваги, найімовірніше, сформується суспільство, певна, досить забезпечена частина якого буде мати доступ до інформації в усіх її видах, володіти комп'ютерною грамотністю і виявляти відповідні вміння, в той же час утворюється велика група людей, для яких всі ці блага цивілізації залишаться недоступні.

5.8 Наявність ризику для здоров'я.

Синдром повторних стресів. Даний діагноз діагностується, коли групи м'язів перевантажуються при частому виконання дій, що повторюються з великими навантаженнями (наприклад, при грі в теніс) або при виконанні десятків тисяч повторюваних дій з невеликими навантаженнями (такими, як робота на клавіатурі комп'ютера) [4].

Найбільш широко розповсюдженим різновидом захворювання, пов'язаного з роботою на комп'ютері, є кистьовий тунельний синдром, при якому відбувається здавлення серединного нерва кісткової структури зап'ястя, що отримала назву кистьового тунелю, формує больові відчуття. Здавлення виникає при постійному виконанні натискань на клавіші: протягом однієї зміни текстовий процесор може відреагувати

приблизно на 23 тис. натискань на клавіші. Серед симптомів кистьового тунельного синдрому спостерігаються нерухомість, напади болю, неможливість виконання хапальних рухів і поколювання в області кисті. Мільйони працівників звертаються до лікаря з подібними скаргами, і досить часто діагностується саме це захворювання.

Синдром порушення здорового сприйняття пов'язаний із перенапруженням очей при користуванні екраном комп'ютера. Зазвичай спостерігаються тимчасові симптоми, серед яких головний біль, нечіткість бачення, сухість і подразнення очей [5].

Висновки

Проаналізувавши взаємозв'язок соціального та етичного аспектів, пов'язаних із реалізацією інформаційних систем, можливо підкреслити, що в інформаційному суспільстві соціальні та етичні аспекти тісно пов'язані між собою. Етичні проблеми виникають перед індивідумом, що обирає напрямок дій, причому досить часто дві або більш етичних принципів конфліктують між собою (дилема). Соціальні проблеми впливають з етичних питань. У суспільстві необхідно підтримувати наміри окремих членів, обирати правильний напрямок дій, соціальна проблематика пов'язана з дослідженням різних ситуацій і очікувань, які підтримують суспільний розвиток і дозволяють індивідууму сформувати правильний стиль поведінки.

Ідентифікувавши основні моральні аспекти інформаційного суспільства і розглянувши варіанти їх вирішення в певних ситуаціях, виділено, що є п'ять основних соціально-етичних аспектів, що зв'язують разом етичні, соціальні та політичні проблеми в житті інформаційного суспільства. Цими моральними аспектами є: інформаційні права і обов'язки, права і гарантії власності, питання обліку і контролю, якість системи та якість життя.

Застосувавши основні положення соціального аналізу у дослідженні складних ситуацій, визначено що соціальний аналіз являє собою методологію з п'яти етапів, що застосовується для аналізу ситуації. Цей метод передбачає ідентифікацію фактів, цінностей, визначення зацікавлених сторін, їх можливостей і наслідків певних дій. Застосовуючи подібний підхід, розглянуто, якими соціальними та етичними принципами слід скористатися при забезпеченні соціального розвитку в державі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Закон України «Про інформацію» від 02.10.93 № 2657-ХІІ [Текст] // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 48. – С. 1447-1462.
2. Мельник, Л. Г. Информационная экономика [Текст] / Л. Г. Мельник. – Сумы: Университетская книга, 2003. – 284 с.
3. Гладышев, А. Г. Основы социального управления [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Гладышев, В. Н. Иванов; под ред. В. Н. Иванова. – М.: Высш. шк., 2001. – 271 с.
4. Афанасьев, В. Г. Социальная информация и управление обществом [Текст] / В. Г. Афанасьев. – М., 1975.
5. Колин, К. К. Информатика в системе опережающего образования [Текст] / К. К. Колин. – М., 1996.
6. Социальные технологии. Толковый словарь [Текст]. – М.-Белгород, 1995.
7. Бережной, О. А. Інформаційно-аналітичне забезпечення прийняття ефективних управлінських рішень [Текст] / О. А. Бережной // Актуальні проблеми економіки. – 2004. – № 9. – С. 26-29.
8. Гаман, Т. В. До питання створення та визначення основних напрямків діяльності інформаційно-аналітичних служб в регіонах України [Текст] / Т. В. Гаман // Менеджер. – 2005. – № 3. – С. 83-87.

Надійшла до редколегії 27.11.2010.

Прийнята до друку 30.11.2010.

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЛІЗИНГУ ТА ЙОГО АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ

В статті наведено класифікацію методик оцінки економічної ефективності лізингу, де в якості критерію взято правило моделювання грошового потоку, розкриті їх переваги та недоліки.

Ключові слова: лізинг, правило моделювання грошового потоку, економічна ефективність, класифікація методик оцінки лізингу

В статье приведена классификация методик оценки экономической эффективности лизинга, где в качестве критерия взято правило моделирования денежного потока, раскрыты их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: лизинг, правило моделирования денежного потока, экономическая эффективность, классификация методик оценки лизинга

In the article a classification of techniques of estimation of economic efficiency of leasing, where the rule of modeling a currency flow is taken as a criterion, is presented; their advantages and demerits are demonstrated.

Keywords: leasing, rule of modeling a currency flow, economic efficiency, classification of methods of leasing estimation

Постановка проблеми

Доцільність і необхідність лізингової діяльності, як і будь-якої іншої економічної діяльності, може бути обгрунтована, в остаточному підсумку, однією найважливішою категорією – ефективністю її здійснення. Отже, найважливішим завданням лізингового бізнесу є правильна оцінка ефективності, доцільності інвестування шляхом лізингових операцій. Із цього погляду, надзвичайно важливі самі основи оцінки інвестування. Вихідне положення, на якому потрібно зупинитися, полягає в тому, що вибір найбільш ефективного способу інвестування починається із чіткого виділення всіх можливих альтернативних варіантів. Досвід світового й українського бізнесу однозначно довів, що відсутність альтернативних способів і напрямків капітальних вкладень змушує приймати єдино наявний варіант. При цьому ефективність його, як правило, або недостатня, або досить сумнівна. Сказане повною мірою стосується й лізингової діяльності, оскільки й у ній багатоваріантність присутня (або повинна бути присутньою) у значній мірі:

- лізингоотримувач стоїть перед вибором варіантів: свого технічного оснащення, інвестування для здійснення цього переоснащення, джерел фінансування, здійснення розрахунків (платежів) за лізингове майно;

- лізингодавець стоїть перед вибором об'єкта інвестування й лізингоотримувача; перед вибором варіантів і строків погашення позичкової заборгованості й лізингових платежів.

Відзначені аспекти використання оцінки варіантів застосування лізингових відносин ще раз показують, що оцінка довгострокових проєктів (а саме такими і є лізингові проєкти) особливо важка, тому що прогнозування тривалої перспективи найбільш трудомістко, а ймовірність виконання прогнозу невисока. Причому, чим більше період часу – тим менше ймовірність точності економічного прогнозу.

Оскільки результати будь-якого капітального проєкту й витрати на нього звичайно численні й не завжди легко розраховуються, визначення ефективності перетворюється в тривалий аналіз всіх стадій і аспектів інвестиційного проєкту. В результаті такий складний аналіз став концепцією, що кладе в основу оцінки інвестиційних проєктів (у тому числі й лізингових) у країнах з ринковою економікою. Безумовно, така принципово важлива оцінка повинна проводитися за певною методикою, обгрунтованою й послідовною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Внаслідок низки причин – орієнтація на мілливу вітчизняну законодавчу базу, складність та різноманітність видів лізингових угод, урахування особливостей одного конкретного виду або лізингової схеми, відсутність достатнього практичного досвіду серед вітчизняних підприємців фахівцями пропонуються до використання різнопланові методики визначення ефективності лізингу.

Науковцями напрацьовано ряд методів фінансово-економічної оцінки альтернативних

джерел оновлення основних засобів виробництва. Аналіз означених підходів дозволив поділити їх на три групи [1]:

- перша група ґрунтується на оціночно-діагностичних методах, для яких вирішальним показником ефективності є прибуток (або його показник – коефіцієнт випереджувального зростання фінансових результатів) [2 – 5];

- друга група базується на аналізі динамічності, який передбачає розрахунок точки беззбитковості та співставлення прибутковості інвестицій та продажу і може застосовуватись у випадках, коли прості та дисконтні методи оцінки не дають змоги зробити висновок про економічну ефективність [6];

- третя група використовує комплексні методи, які тісно пов'язані з визначенням звичайного та дисконтованого періоду окупності, чистої теперішньої вартості, рівня звичайної та модифікованої внутрішньої норми прибутку [7 – 10].

Таким чином, на сьогодні як лізингоотримувачі, так і лізингодавці стикаються з проблемою вибору найбільш достовірної методики для визначення умов, при яких лізинг буде економічно вигідним.

Виділення невирішених частин загальної проблеми

Представлені у різних джерелах інформації методики оцінки економічної ефективності лізингу розрізняються кількістю вихідних даних, ступенем складності розрахунків, кінцевими показниками, що є критеріями оцінки ефективності.

В результаті виникла необхідність класифікації, яка обумовлена декількома причинами:

- по-перше, її відсутності у відомих нам джерелах. Відсутність класифікації не дозволяє побачити специфіку явищ, їх розмаїтість, властивості, зв'язки й залежності, спільне й специфічне та за допомогою цього зрозуміти їхню сутність;

- по-друге, представлені методики розрізняються алгоритмами, ступенем складності проведених розрахунків, обсягом і складом вихідних даних, певними допущеннями й критеріями, на основі яких визначається економічна доцільність використання того або іншого методу фінансування. Це ускладнює процес вибору адекватної методики оцінки економічної ефективності лізингу лізингоотримувачем, що служить додатковою причиною рішення завдання класифікації існуючих методик, подання їх у строго впорядкованому виді.

Мета статті

На підставі вищевикладеного виникає нагальна потреба вирішення відразу двох завдань: 1) диференціювати методики оцінки економічної ефективності лізингу; 2) провести порівняльний аналіз, тобто не тільки зіставити методики, визначити їхні переваги та недоліки, але дати оцінку якості розглянутих методик, яка повинна бути проведена на основі критерію комплексності, що припускає урахування найбільшої кількості факторів, які впливають на кінцевий результат.

Виклад основного матеріалу

Для систематизації всієї сукупності всіляких методик був використаний прийом класифікації – це дихотомічне подання різних методик оцінки економічної ефективності лізингу, виділених по одному критерію. Таким чином, незважаючи на те, що класифікація є однокритеріальною і характеризується достатнім ступенем укрупненості, однак вона дозволяє елімінувати неупорядковану множину відомих методик. Як критерій виступає правило моделювання грошового потоку.

Критерій – правило моделювання грошового потоку – дозволив, у нашому випадку, розчленувати відомі методики на дві групи: 1) методики оцінки економічної ефективності лізингу, засновані на моделюванні грошових потоків на основі витрат, пов'язаних винятково з фінансуванням активу; 2) методики оцінки економічної ефективності лізингу, засновані на моделюванні грошових потоків шляхом розрахунку чистих доходів. У кожній із зазначених груп існують методики, що відрізняються за критерієм, на підставі якого проводиться вибір того або іншого методу фінансування реальних інвестицій. Засобами оцінки виступають різні показники. Основними показниками щодо розглянутих методик, які дозволяють зробити оцінку, є: NPV (Net Present Value) – показник або чиста приведена вартість; IRR (Internal Rate of Return) – показник або внутрішня норма прибутковості; еквівалентний кредитний аналіз або еквівалентна позика (ЕП).

Зазначені показники, що виступають критеріями оцінки ефективності, використовуються в першій групі методик побудованої класифікації, у другій групі як результуючий критерій оперують NPV-показником.

Для проведення порівняльного аналізу доцільно привести короткий опис позначених методик.

Перший спосіб, що буде розглянутий, відноситься до першої групи класифікації, а як результуючий показник виступає NPV-показник. Даний метод, визначений як «NPV-аналіз» [11], полягає в порівнянні дисконтованих грошових потоків покупки права власності й оренди. Цей метод з невеликими відмінностями викладений в [12 – 15]. Алгоритм «NPV-аналізу» складається із трьох послідовних кроків: обчислюється чистий грошовий потік покупки або ефективність покупки, його дисконтування; обчислюється чистий грошовий потік оренди або ефективність оренди, його дисконтування; порівняння приведених витрат покупки й оренди.

Чистий грошовий потік (NCF) придбання права власності на актив визначається в такий спосіб: чиста ціна покупки активу в нульовий період (відтік); витрати на обслуговування активу (відтік); податкова економія на обслуговуванні, що дорівнює множенню ставки податку на прибуток на величину витрат (приплив); податкова економія на амортизації (приплив); ліквідаційна вартість активу (приплив); податок на дохід від ліквідації активу (відтік).

У випадку лізингу чистий грошовий потік (NCF) розраховується шляхом підсумовування негативного грошового потоку (відтік) у формі орендних платежів і позитивного грошового потоку (приплив) у формі податкової економії на орендній платі, рівної добутку ставки податку на прибуток на величину орендних платежів (у кожний період). Після того як чисті грошові потоки, зв'язані винятково з фінансуванням активу по покупці права власності й оренді, визначені їх варто дисконтувати. Як відзначають автори: «Більшість аналітиків рекомендують використовувати ціну позикового капіталу... Оскільки сума відсотків, що сплачуються, підлягає відрахуванню з оподатковуваного прибутку, варто використати післяподаткову ціну позикового капіталу...» [11, с. 145]. Післяподаткова ставка дисконтування розраховується за наступною формулою:

$$r^* = r(1 - T), \quad (1)$$

де r^* – скоректована (післяподаткова) ставка дисконтування, частка одиниці;

r – ціна позикового капіталу (наприклад, ставка по банківському кредиті), частка одиниці;

T – податок на прибуток, частка одиниці.

Зробивши розрахунок за зазначеною ставкою наведених витрат по покупці ($PV_{\text{покупка}}$) і

по оренді ($PV_{\text{оренда}}$), оцінка ефективності того або іншого методу фінансування проводиться на основі показника NAL (Net Advantage to Leasing) – чистого ефекту оренди, що знаходиться в такий спосіб:

$$NAL = PV_{\text{покупка}} - PV_{\text{оренда}}. \quad (2)$$

У результаті, якщо величина показника NAL позитивна, то лізинг варто зволіти покупці й навпаки.

Розглянуті методику та алгоритм вибору методу фінансування між покупкою права власності й лізингу можна трансформувати для порівняльного аналізу лізингу й альтернативного йому методу фінансування – кредиту. Процедура оцінки залишається незмінною: грошові потоки моделюються виходячи з витрат, пов'язаних з фінансованим активом, критерієм оцінки ефективності виступає NPV-показник. Коригуванню підлягають відповідно елементи грошового потоку, формованого кредитом. Порівняльний аналіз лізингу й кредиту на основі представленої методики викладений у ряді джерел [14 – 16]. Найбільш деталізований і наочний порівняльний аналіз проведено в [12]. Наочність даного методу забезпечується табулюванням одночасного аналізу запозичення й придбання та аналізу оренди. Грошові потоки, обумовлені запозиченням, включають:

- 1) програму погашення кредиту:
 - а) виплати по кредиту (сума п. б) і п. в));
 - б) відсотки;
 - в) виплати основної суми боргу;
 - г) залишок, що залишається.
- 2) програму нарахування зносу:
 - а) основа для амортизації (первісна вартість активу);
 - б) амортизаційні відрахування.
- 3) грошові виплати:
 - а) кредитні платежі;
 - б) процентна економія на податках;
 - в) амортизаційна економія на податках;
 - г) обслуговування обладнання (у післяподатковому вираженні);
 - д) чисті грошові виплати при покупці (за рахунок запозичення).

Чисті грошові виплати при оренді розраховуються аналогічно першій розглянутій методиці із включенням в останній рік аналізованого періоду придбання за ціною опціону (обраній ціні) об'єкта лізингу. Чисті грошові виплати дисконтуються за ставкою, обумовленою автором як «витрати по заборгованості після сплати податків» [12, с. 502]. В якості результуючого

показника, що виступає засобом оцінки, є «чисті переваги оренди», що розраховується в такий спосіб:

$$\begin{aligned} & \text{Чисті переваги оренди} = \\ & = \text{Усього ДС витрат володіння} - \\ & - \text{Усього ДС витрат оренди.} \end{aligned} \quad (3)$$

Другий спосіб, що входить у першу групу, але з кінцевим показником IRR – внутрішня норма прибутковості – має несуттєві відмінності від вищеприписаного способу. Він наводиться в [11, 15], одержав назву «IRR-аналіз» та використовується для порівняльного аналізу лізингу з покупкою. Критерієм, на основі якого проводиться оцінка, виступає післяподаткова ціна капіталу по оренді, що зіставляється з післяподатковою ціною позикового капіталу. Післяподаткова ціна капіталу обчислюється як внутрішня норма прибутковості (IRR) чистого грошового потоку, формованого орендою. Даний показник «являє собою орендний еквівалент позичкового відсотка в післяподатковому обчисленні» [11, с. 146], обчислюється ставка дисконтування – k_l (в умовних позначках авторів), що сумарну наведену вартість чистого грошового потоку оренди зводить до нуля:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1 + k_l)^t} = 0. \quad (4)$$

Особливий інтерес являє собою спосіб, що входить у першу групу, заснований на еквівалентуванні, тобто як критерій оцінки ефективності виступає обсяг фінансування, забезпечуваний еквівалентною позикою. Даний спосіб викладений в [11, 14, 17] і має назву «еквівалентний кредитний аналіз». Найбільш деталізований аналіз проведений Р. Брейлі та С. Майерсом. Основний принцип ухвалення рішення щодо вибору методу фінансування реальних інвестицій формулюється так: «... фінансовий лізинг є переважніше покупки або одержання позики, якщо фінансування, обумовлене лізингом, перевершує фінансування внаслідок еквівалентної позики» [17, с. 726]. З цього виходить: якщо суб'єкт господарювання, що потребує певного активу, здатний сформулювати таке запозичення, яке забезпечує аналогічний відтік грошових коштів в кожному майбутньому періоді, що і лізинг, але найбільший одномоментний приплив грошових коштів, то еквівалентний позиці слід віддати перевагу над лізингом і навпаки.

Найбільш простий і діючий метод одержання величини еквівалентної позики – дисконтування чистого грошового потоку при лізингу по

післяподатковій ціні позикового капіталу. Грошові потоки, формовані лізингом з урахуванням оподаткування, можуть бути табульовані, а гіпотетичний потік коштів по роках має вигляд (табл. 1).

Таблиця 1

Чистий грошовий потік при лізингу

	Рік (t)				
	t_0	t_1	t_2	...	t_n
Чистий грошовий потік при лізингу	+ГП t_0	-ГП t_1	-ГП t_2	...	-ГП t_n

Представлений у табл. 1 часовий ряд відтоків коштів дисконтується по післяподатковій ставці кредиту (r^*), що господарюючий суб'єкт може одержати для фінансування придбання активу:

$$\frac{-ГП_{t_1}}{1 + r^*} + \frac{-ГП_{t_2}}{(1 + r^*)^2} + \dots + \frac{-ГП_{t_n}}{(1 + r^*)^n} = ЕП. \quad (5)$$

Отримана величина є сумою еквівалентного лізингу позики. Її необхідно зіставити з одномоментним припливом коштів, забезпечуваним лізингом у нульовому періоді (+ГП t_0).

Першій групі методик властива загальна ознака: потоки коштів, що генеруються експлуатацією активу, не враховуються. Даний грошовий потік апіорі вважається позитивним, у протилежному випадку актив не здобувається.

Релевантною відмінністю другої групи методик оцінки ефективності альтернативних методів фінансування реальних інвестицій є моделювання грошових потоків, що враховують величину доходу. Одним із базових методів, що наповнюють другу групу, є метод, викладений Х.-Й. Шпітлером [18]. Суть даного методу зводиться до зіставлення сумарної величини фактичної (дисконтованої) вартості нетто-доходу, отриманого від використання активу, придбаного за допомогою лізингу, й покупки через кредит. Автор виходить із передумови, що господарюючий суб'єкт у кожному часовому періоді (рік) протягом усього строку угоди одержує фіксовану величину бруто-доходу. Алгоритм моделі лізингу зводиться до наступного: із щорічного бруто-доходу віднімаються лізингові платежі, податок із промислового прибутку, податок на прибуток корпорацій. Далі, отримані річні величини нетто-доходу множаться на «фактор фактичної вартості», тобто приводяться до одного моменту часу – початку угоди. Алгоритм моделі покупки складається з наступних послідовних кроків: з передбачува-

ного щорічного бруutto-доходу віднімаються амортизаційні відрахування, податок із промислового капіталу, відсотки на взятий позиковий капітал, податок на промисловий дохід, податок на прибуток корпорацій, «відсотки на власний капітал» від використання власних коштів у фінансуванні проекту. Отримані результати (щорічний нетто-дохід) дисконтується до моменту початку угоди. У якості ставки дисконтування використовується очікуваний відсоток із власного капіталу. Після зроблених розрахунків, отримані «фактичні вартості нетто-доходів» при лізингу й покупці зіставляються. Ефективність лізингу порівняно з кредитом буде виражатися в найбільшій величині дисконтованого нетто-доходу, і навпаки.

Для створення еквівалентних умов при порівнянні обох моделей, у моделі покупки передбачається, що придбаний у власність актив продається в момент закінчення договору лізингу за залишковою балансовою вартістю, якщо по закінченні договору лізингу лізингоотримувач повертає його лізингодавцю. Якщо ж актив викупляється лізингоотримувачем за залишковою вартістю, то зазначені дії в моделі покупки провадити не слід. Вищеописана вимога є істотною, тому що порівняльний аналіз буде коректним тільки в тому випадку, якщо обидві моделі будуть представляти однаковий період. Ігнорування даної вимоги (порівняльності термінів) представляється неприпустимим з теоретичної точки зору, інакше результати порівняльного аналізу можуть бути неточними.

Результати дослідження вітчизняного ринку лізингових послуг показали, що необхідною умовою при укладанні лізингової угоди є вимога лізингових компаній про виплату авансового платежу з боку лізингоотримувача. Виплата авансового платежу являє собою участь лізингоотримувача у фінансуванні угоди. Отже, при проведенні порівняльного аналізу альтернативних методів фінансування варто враховувати альтернативні витрати лізингоотримувача разом з альтернативними витратами при кредиті (якщо вони мають місце в обох варіантах).

Принципово схожою з вищеописаною методикою оцінки ефективності лізингу є методика, пропонує А. Кіркоровим [19]. Дана методика одержала назву «моделювання грошових потоків і визначення чистого доходу». Процедура визначення економічної ефективності лізингу проводиться поетапно. Спочатку формуються грошові потоки з урахуванням оподаткування для визначення щорічного чистого доходу ($ЧД_i$) при лізингу й при кредиті. Далі

сальдо грошового потоку кожного часового періоду ($ЧД_i$) приводиться до певного моменту часу (початок угоди). Доцільність використання того або іншого методу фінансування визначається порівнянням чистих дисконтованих доходів при лізингу й кредиті. Передбачається, що витрати і витрати по основній діяльності не залежать від методу фінансування інвестицій. У рамках даної методики розглядається суб'єкт господарювання, що працює тільки на майні, придбаному за рахунок кредиту або лізингу.

Таким чином, у зазначеній методиці використовується схожий алгоритм розрахунку, а як критерій оцінки ефективності виступає величина NPV-показника. Проте, методики даної групи мають відмінності, деякі з яких пов'язані зі специфікою національного оподаткування. Відмітні риси розглянутих методик другої групи зводяться до наступного:

- методика моделювання грошових потоків і визначення чистого доходу не враховує такий аспект, як фінансування деякої частини інвестицій за рахунок власних коштів (авансовий платіж), тобто лізингова компанія здійснює повністю фінансування придбання активу. Покупка також припускає 100-відсоткове фінансування. Метод Х.-Й. Шпітлера враховує альтернативні витрати при покупці активу;

- методика моделювання грошових потоків і визначення чистого доходу виходить зі специфіки українського податкового законодавства, урахує розрахунки ПДВ в обох варіантах.

Способи, що становлять першу групу оцінки ефективності фінансування реальних інвестицій, що характеризуються різними результуючими критеріями, дають однакові результати, тобто мають ідентичний рівень вірогідності, що обумовлено використанням практично однакових вихідних даних і однозначно певної послідовної процедури розрахунку кінцевого показника.

Методики даної групи мають загальні ознаки:

- по-перше, автори вищерозглянутих методик роблять припущення про повне фінансування за допомогою і кредиту, і лізингу;

- по-друге, використовується відносно мінімальна кількість вихідних даних. Досить інформації про актив, що здобувається, і режими оподаткування лізингоотримувача. Методики першої групи використовуються без урахування особливостей діяльності господарюючого суб'єкта, тобто не розглядається величина та динаміка доходу від експлуатації активу, особ-

ливості фінансування інвестиційного проекту (наприклад, альтернативні витрати).

У результаті того, що методики першої групи не досить деталізовані, виходячи із прийнятих обмежень (допущень), що значно спрощує послідовну процедуру розрахунку, це може не дозволити повною мірою врахувати ризик неотримання податкової економії.

Ризик неотримання податкової економії нівельюється при відповідних розмірах доходів і специфіки оподатковування. Для вищеписаних методик характерним є позитивний грошовий потік, що генерується експлуатацією активу, який здобувається.

Методики другої групи класифікації враховують при моделюванні грошових потоків розмір доходу, що генерується у результаті використання активу (при цьому він вважається постійним), а як критерій оцінки ефективності виступає чистий дисконтований дохід.

В аналізі ефективності інвестиційних проектів найбільш прийнятними для ухвалення відповідного рішення є значення показників NPV і IRR. На практиці прерогатива вибору того або іншого методу фінансування реальних інвестицій і відповідно критерію оцінки ефективності залишається за лізингоотримувачем (Укрзалізницею, незалежними перевізниками), при цьому їхні значення використовуються в якості лише одного з формалізованих аргументів при ухваленні рішення відносно даного вибору.

До переваг першої групи методик можна віднести: невелику кількість вихідних даних; зрозумілу послідовну процедуру розрахунку. Зокрема, для методу «IRR-аналіз» немає необхідності призначати ставку дисконтування, а для методу еквівалентування інтерпретація критерію оцінки ефективності очевидна.

До недоліків можна віднести: імовірність виникнення ризику неотримання податкової економії; допущення про повне фінансування.

До загальної переваги методик другої групи можна віднести найбільшу деталізацію, що забезпечує точнішу оцінку ефективності того або іншого методу фінансування. Методики даної групи можуть використовуватись для ухвалення остаточного рішення про вибір методу фінансування, оскільки з їхньою допомогою можна врахувати особливості діяльності лізингоотримувача.

До загального, але незначного, недоліку другої групи методів можна віднести абсолютне значення критерію, на основі якого здійснюється оцінка.

Методика Шпіттлера враховує альтернативні витрати в моделі покупки, що є її перевагою, але в моделі лізингу не розглядаються. Методика моделювання грошових потоків і визначення чистого доходу враховує специфіку вітчизняного оподатковування.

Висновки

Таким чином, в результаті диференціації методик оцінки ефективності лізингу були виявлені переваги й недоліки обох груп, що дозволить лізингоотримувачу, а саме Укрзалізниці, управлінням залізниць або їх лінійним підрозділам вибрати потрібну методику оцінки економічної ефективності лізингу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ковальчук, К. Ф. Методологія вибору ефективного виду лізингової угоди основними учасниками [Текст] : монографія / К. Ф. Ковальчук, К. М. Савчук, Т. В. Вишнякова. – Д.: ІМА-прес, 2007. – 117 с.
2. Бинкин, Б. А. Эффективность управления: наука и практика [Текст] / Б. А. Бинкин, В. И. Черняк. – М.: Наука, 1982. – 56 с.
3. Вітлінський, О. Кредитний ризик та його врахування при обчисленні ставки відсотка [Текст] / О. Вітлінський, М. Пернарівський // Банківська справа. – 1997. – № 5. – С. 63-65.
4. Внукова, Н. Н. Мир лизинга [Текст] / Н. Н. Внукова, О. В. Ольховиков. – Х.: Основа, 1994. – 224 с.
5. Газман, В. Д. Лизинг: теория, практика, комментарии [Текст] / В. Д. Газман. – М.: Фонд «Правовая культура», 1997. – 416 с.
6. Шахмарова, Е. Д. Фінансова оцінка інноваційних проектів [Текст] / Е. Д. Шахмарова // Фінанси України. – 2002. – № 36. – С. 122-126.
7. Газман, В. Д. Метод расчета платежей по лизингу, обеспечивающий безубыточность работы лизингодателя [Текст] / В. Д. Газман, Ю. Руднев // Лизинг ревю. – 1998. – № 1-2. – С. 15-17.
8. Лизинг малых предприятий [Текст] / под ред. В. С. Штерна, Ю. В. Гладкова. – М., 1996. – 97 с.
9. Стукало, Н. В. Міжнародний лізинг та деякі проблеми митно-тарифного регулювання [Текст] / Н. В. Стукало // Фінанси України. – 2000. – № 3. – С. 125-129.
10. Економіка підприємства [Текст] : підручник / за заг. ред. С. Ф. Покропивного. – 2-е вид., перероб. та доп. – К.: КНЕУ, 2001. – 528 с.
11. Бригхем, Ю. Финансовый менеджмент: Полный курс [Текст] : учеб. пособие для вузов по экон. спец. – В 2-х т. / Ю. Бригхем,

- Л. Гапенски; [пер. с англ. под ред. В. В. Ковалева]; Ин-т «Эконом. shk.», СПб., Ун-т экономики и финансов, Гос. ун-т. – Высш. shk. экономики. – СПб.: Эконом. shk., 2004. – Т. 2. – 668 с.
12. Бригхем, Ю. Ф. Энциклопедия финансового менеджмента [Текст] / Ю. Ф. Бригхем : [сокр. пер. с англ.]; ред. кол. А. М. Емельянов [и др.]. – 5-е изд. – М.: РАГС; ОАО «Изд-во «Экономика», 1998. – 823 с.
 13. Бирман, Г. Капиталовложения: Экономический анализ инвестиционных проектов [Текст] / Г. Бирман, С. Шмидт : [пер. с англ. под ред. Л. П. Белых]. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 631 с.
 14. Михайлова, Ю. Ю. Финансовый лизинг как способ долгового финансирования компании [Текст] / Ю. Ю. Михайлова. – М.: Компания Спутник+, 2002. – 59 с.
 15. Оценочная деятельность в экономике [Текст] : учеб. пособие / В. М. Джуха [и др.]. – М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издат. центр «МарТ», 2003. – 304 с.
 16. Аспекты лизинга: бухгалтерский, валютный и инвестиционный [Текст]. – М.: ИСТ-сервис, 1994. – 86 с.
 17. Брейли, Р. Принципы корпоративных финансов [Текст] / Р. Брейли, С. Майерс : [пер. с англ. Н. Барышниковой]. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2004. – 1008 с.
 18. Шпиттлер, Х.-И. Практический лизинг [Текст] / Х.-И. Шпиттлер : [пер. с нем.]; общ. ред. и вступ. ст. Б. Г. Дякина. – 2-е изд., доп. – М.: ЦНИИЭПСЕЛЬСТРОЙ, 1991. – 164 с.
 19. Киркоров, А. Методы определения эффективности финансового лизинга по сравнению с кредитом [Текст] / А. Киркоров // Лизинг ревю. – 2000. – № 5/6. – С. 30-38.

Надійшла до редколегії 15.09.2010.

Прийнята до друку 28.09.2010.

ВИСВІТЛЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В НАУКОВИХ ПРАЦЯХ

В даній роботі подано аналіз пропозицій науковців та фахівців щодо підвищення ефективності пасажирських перевезень у приміському сполученні, зроблено критичний аналіз цих заходів.

Ключові слова: залізничний транспорт, пасажирське господарство, приміські перевезення, ефективність

В настоящей работе приведен анализ предложений научных работников и специалистов относительно повышения эффективности пригородных пассажирских перевозок, сделан критический обзор предлагаемых мероприятий.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, пассажирское хозяйство, пригородные перевозки, эффективность

In the article an analysis of proposals of researchers and experts re. improving the efficiency of suburban passenger transportations; a critical review of the measures suggested is performed.

Keywords: railway transport, passenger facilities, suburban transportation, efficiency

Вступ

Майже в усіх країнах світу приміські пасажирські перевезення є збитковими, і ця проблема урядами країн вирішується по-різному. В наукових працях можна виділити кілька шляхів підвищення ефективності пасажирських перевезень у приміському сполученні:

1. Удосконалення організації руху приміських залізничних поїздів;
2. Модернізація інфраструктури та рухомого складу
3. Використання рухомого складу нового покоління та швидкісного трамваю;
4. Підвищення швидкості руху приміських поїздів;
5. Удосконалення тарифної політики;
6. Збільшення обсягів перевезень за рахунок поєднання приміського руху з місцевим;
7. Введення державою різних концесійних схем обслуговування приміських та регіональних перевезень.

Постановка задачі

Вказану проблему у різні часи вирішували вітчизняні та закордонні науковці: економісти, фахівці з управління процесами перевезень, менеджери та управлінці з логістики, зокрема:

- в радянські часи – А. П. Абрамов, І. В. Белов, В. Г. Галабурда, М. І. Бещев, М. Н. Біленький, О. В. Дмитренко, М. У. Дмитрієв, Ф. П. Кочнев, М. В. Правдін, Н. Г. Сміхова, В. І. Терзи та ін.;
- в пострадянські часи – В. Л. Дикань, Ю. Ф. Кулаєв, Є. М. Сич, М. В. Макарен-

ко, Ю. М. Цвєтов, О. Г. Дейнека, В. П. Гудкова, О. Г. Теплухіна, О. Б. Бєднікова, П. В. Самарцев, Р. В. Панк, Д. В. Глазков, Н. В. Левадна та ін.;

- в останні роки підвищенням ефективності приміських пасажирських перевезень в Україні активно займаються І. М. Аксьонов, Ю. С. Бараш, Н. М. Колесникова, В. М. Самсонкін, Є. І. Балака, О. М. Кривошішин, О. М. Гудков, О. В. Семенцова, К. В. Шерепа та ін.

В умовах сучасного ринку, соціальної спрямованості та суттєвої збитковості приміських залізничних пасажирських перевезень виникла загроза витіснення їх автомобільним транспортом на багатьох напрямках руху.

Для уникнення цього небажаного явища автор дослідила пропозиції науковців та фахівців щодо підвищення ефективності приміських пасажирських перевезень та зробила їх критичний аналіз з метою розробки додаткових заходів, які дозволять частково ліквідувати їх збитковість.

Результати

Доктор економічних наук **І. М. Аксьонов** для підвищення ефективності пасажирських перевезень пропонує використовувати методи логістики та стратегічного маркетингу [2]. В роботі [1] він констатує, що «Весь процесс управления пассажиропотоками с начала образования и до момента завершения составляет единую логистическую цепь, которая может дополняться информационными, сервисными и другими потоками». Далі автор наводить схему

логістичної підприємницької системи обробки пасажирських потоків, за допомогою якої він пропонує підвищити ефективність пасажирських перевезень.

Проблема в такій постановці дуже важлива, оскільки зараз в Головному пасажирському управлінні Укрзалізниці введено посади фахівців з маркетингу, а додатком до Державної цільової програми реформування [6] передбачено відкрити в Україні 82 центри з логістики. Для цього від 6 залізниць до Дніпропетровського національного університету надійшли замовлення на щорічну підготовку 19 студентів з логістики.

Фахівці Державного науково-дослідного центру залізничного транспорту України **В. М. Самсонкін** та **О. М. Гудков** [14] проаналізували показники роботи пасажирського господарства Південно-Західної залізниці з метою підвищення ефективності пасажирських перевезень. Порівняння показників приміського та дальнього сполучення показує наступне:

- пасажирообіг за видами сполучень майже однаковий, але в приміському сполученні перевозиться пасажирів у 4,1 разу більше, ніж у дальньому;

- у приміському сполученні пасажирів відправляється в 9 разів, а поїздів – у 2,9 разу більше, ніж у дальньому;

- доходи від дальнього сполучення в 9,3 разу більші, ніж від приміського, а експлуатаційні витрати більші тільки в 3,2 разу;

- доходи від одного відправленого пасажирів в приміському сполученні в 84 рази нижчі, ніж у дальньому сполученні, а від одного відправленого поїзда доходи нижчі в 27 разів.

Далі автори пропонують такі шляхи підвищення ефективності перевезення пасажирів у приміському сполученні:

- оптимізацію графіка руху приміських поїздів за рахунок скороченні відстані курсування до 150 км;

- для курсування приміських поїздів на відстань понад 150 км слід впровадити внутрішньодержавні тарифи;

- впровадження зонного графіку руху приміських пасажирських поїздів, який дозволить знизити витрати на їх експлуатацію;

- запобігання безквиткового проїзду пасажирів;

- оптимізацію тарифної політики;

- удосконалення правового забезпечення перевезення пільгових категорій пасажирів.

Запропоновані вказаними фахівцями заходи дозволять суттєво підвищити ефективність

пасажирських перевезень у приміському сполученні, але в своїх подальших роботах автори зупинилися на дослідженні лише частини з них.

Проблеми організації приміських пасажирських перевезень у місті Києві та шляхи їх вирішення досліджує в своїй роботі [10] **О. М. Кривопішин**: «...Цілодобово з приміського вокзалу м. Києва відправляється та прибуває понад 60 тис. пасажирів і цей потік з року в рік зростає. Незважаючи на це, збитки від приміських перевезень зростають. Достатньо сказати, що лише 21 % витрат залізниці від приміських перевезень покриваються доходами. Приблизно на такому ж рівні покриваються збитки від перевезень пільгових категорій пасажирів. Частка приміського сполучення в пасажирообороті Південно-Західної залізниці сягає 38 % від пасажирообороту Укрзалізниці.»

На сьогодні 77 % інвентарного парку електропоїздів залізниці відпрацювало нормативний термін служби (28 років). Основні проблеми міських пасажирських перевезень м. Києва наступні:

- 1) різна кількість населення в окремих районах міста та відсутність в них необхідної залізничної інфраструктури;
- 2) недостатня пропускна спроможність існуючих міських мостів через р. Дніпро;
- 3) значна концентрація пасажиропотоків на окремих пересадочних вузлах міста перевищує їх пропускну спроможність;
- 4) недостатня ефективність взаємодії окремих видів міського транспорту із залізничним транспортом.

Для вдосконалення міських пасажирських перевезень залізничним транспортом автор пропонує залучити «Інвестора», яким може бути транспортна компанія – замовник перевезень. Між «Інвестором», залізницею та Київською міською державною адміністрацією укладається спеціальна угода, за якою «Інвестор» мусить придбати 10 електропоїздів, які будуть його власністю. Він буде сплачувати кошти за доступ та користування залізничною інфраструктурою та технічне обслуговування рухомого складу. Залізниця забезпечує рух електропоїздів за встановленим графіком і обслуговує інфраструктуру та електропоїзди, забезпечує їх належний стан та виконує необхідні будівельно-монтажні роботи на зупиночних пунктах та перегонах дільниці. Київська міська державна адміністрація вирішує питання щодо організації додаткових виходів з метрополітену.

Запропоновані автором заходи щодо організації транспортної компанії, побудованої на

власності «Інвестора», залізниці та Київської державної адміністрації, цілком реальні і враховані Укрзалізницею в Проекті реформування залізничного транспорту [18].

В науковій статті [9] **О. М. Кривопішин** досліджує старіння основних засобів, зокрема рухомого складу: «...Старіння основних засобів відбувається випереджаючими темпами в порівнянні з їх відновленням та модернізацією. Основною причиною інвестиційного голоду в оновленні основних фондів є порушення принципу простого відтворення за рахунок амортизаційних відрахувань на реновацію. У ході інфляційних процесів допущено значне, більш як у 4 рази, відставання балансової вартості основних фондів від реальної їх вартості. Це призвело до адекватного скорочення амортизаційних відрахувань та необґрунтованого підвищення прибутку від звичайної діяльності, який на 75...80 % відраховується до бюджету у вигляді податків».

Автор відмічає, що у 90 роках минулого століття Уряд країни видав багато законодавчих актів стосовно пільг у сфері приміських залізничних перевезень для незахищених верств населення та державних службовців. Ці пільги мають компенсуватися бюджетними коштами, але фактично з різних видів бюджетів фінансування пільгових перевезень надходить не в повному обсязі. Так, за 9 місяців 2007 року місцевими державними адміністраціями збитки від перевезень пільгових категорій пасажирів фактично компенсовано всього на 39 %.

З метою підвищення ефективності приміських пасажирських перевезень фахівцями Південно-Західної залізниці було проведено маркетингові дослідження населеності поїздів та необхідної кількості рухомого складу, які дозволили:

- змінити маршрути прямування електропоїздів підвищеного комфорту;
- поліпшити та скоротити обіг електропоїздів на окремих дільницях;
- відмінити деякі поїзди та ввести додаткові нові маршрути зі скороченням часу руху;
- відпрацювати схему впровадження рейкового автобуса одночасно на трьох напрямках.

Вказані заходи дозволять підвищити ефективність перевезень, забезпечити більше зручності пасажирам, вивільнити дефіцитний рухомий склад та використати його на інших приміських ділянках залізниці, а також зменшити кількість обслуговуючого персоналу на 120 осіб.

Запропоновані заходи щодо удосконалення

організації пасажирських перевезень у приміському сполученні є досить ефективними, їх слід використовувати на інших залізницях разом з новими методами організації руху поїздів, логістики та особливості конкретного регіону.

Цікавий підхід до підвищення ефективності приміських пасажирських перевезень запропоновано **Є. І. Балакою** та **О. В. Семенцовою** в роботах [15, 3]. Вони пропонують зберегти принцип соціально-значущих приміських перевезень, але пільги громадянам пенсійного віку надавати залежно від сукупного річного доходу (пенсія плюс зарплата та інші доходи). Якщо пенсіонер отримує сукупний дохід нижче мінімальної заробітної плати, то він має право на пільгу з безкоштовного проїзду, якщо вище за середню зарплатню, то пільга йому не надається, а у межах між мінімальною та середньою заробітною платою пільга поступово знижується до нуля. Це дозволить урівняти пенсіонерів з працюючими робітниками, які не мають пільги на проїзд у приміському залізничному транспорті. Авторами досліджено проблемоутворюючі фактори, що призводять до системних кризових явищ у функціонуванні приміського пасажирського залізничного транспорту і зроблено логічний висновок про можливість поліпшення економічного стану цієї галузі тільки на основі комплексного підходу, який охоплює організаційно-економічні, соціально-економічні та фінансово-економічні аспекти її адаптації до ринкових умов. Далі автори обґрунтовують недоцільність подальшого збереження в існуючих умовах за приміськими пасажирськими залізничними перевезеннями статусу «соціально-значущих» і роблять такий висновок: «...збереження в умовах ринку для приміських залізничних перевезень статусу «соціально значущих» і, як наслідок, низьких тарифів на них, не відповідає реальному характеру економічних відносин, що склалися в країні. Цей статус гальмує зростання заробітної плати, не сприяє зростанню пенсійного фонду і, що найголовніше, ставить приміський залізничний комплекс у скрутний фінансовий стан без перспективи виходу з нього...».

Дана робота є корисною для підвищення ефективності приміських пасажирських перевезень, оскільки запропонований принцип справедливості може бути поширений на інші категорії громадян, які користуються пільгами на перевезення.

Удосконаленню економічного механізму управління в сфері приміських пасажирських перевезень у період реформування залізнично-

го транспорту України присвячена наукова праця **О. М. Кривопішина** та **Г. Д. Ейтутіса** [11]. «Цей механізм являє собою сукупність стабільних елементів, послідовність дії яких забезпечує реалізацію визначеної мети щодо створення необхідних умов для управління економічними процесами, і має системний характер, що підтверджується нижченаведеними властивостями. Він є системою, бо допускає узгодження різних цілей і задач, які забезпечують реалізацію загальної мети функціонування підприємств галузі». Розглянута авторами система містить в собі три основні складові: планування, організацію і управління, які між собою взаємозалежні і взаємообумовлені.

Практично процес удосконалення економічного механізму управління приміськими пасажирськими перевезеннями передбачено концепцією [19], де сказано, що з метою збільшення ефективності приміських пасажирських перевезень, зацікавленим компаніям, що матимуть відповідний сертифікат та ліцензію, надаватиметься можливість придбання франшизи на право здійснення приміських перевезень протягом відповідного періоду. Прогнозується, що їх частка у загальних обсягах приміських перевезень на кінець третього етапу буде близько 15 %.

Використовуючи досвід європейських країн, процес організації перевезень приміськими пасажирськими компаніями можна поділити на етапи:

- отримання права доступу компанії до залізничних колій;
- надання залізницею нитки графіка для руху поїздів;
- визначення механізму взаємодії сторін та складання угоди на право доступу до залізничних колій.

Взаємовідносини між залізницею та компанією регламентується відповідною угодою, яка передбачає надання залізницею послуг з обслуговування інфраструктури та рухомого складу, а також відшкодування витрат залізниці. При визначенні порядку сплати коштів за послуги, що надаються при користуванні інфраструктурою та рухомим складом, можливо проведення розрахунків за двома варіантами:

- 1) за ставкою плати за 1 вагоно-км (поїздо-км);
- 2) за ставкою плати за 1 вагоно-год. (поїздо-год.).

Наведені дослідження є дуже корисними, оскільки автори пропонують новий механізм управління пасажирськими перевезеннями у

приміському сполученні після впровадження реформування залізничного транспорту.

В дисертаційній роботі [5] **О. М. Гудков** пропонує нове термінологічне значення механізму пасажирських перевезень. «...механізм організаційно-економічного розвитку системи пасажирських перевезень, що включає: структурно-функціональну модель, яка дозволяє цілеспрямовано і послідовно структурно впорядковувати та уточнити функціональну спрямованість елементів системи; модель моніторингу станів, яка динамічно та усебічно відслідковує зміну змісту системи».

За схемою, представленою в роботі [5], об'єкт дослідження представлено у тривимірному динамічному просторі: структурно діючий пасажирський комплекс залізничного транспорту включає загальну і галузеві вертикалі управління з відповідними рівнями пірамід; функціонально охоплює перевезення за видами сполучення і додаткові послуги; за змістом характеризується ресурсами, до яких належать економічні засоби, фінансові кошти, інформація (бази фактичних і нормативних даних, сукупність документів та методик, необхідних для прийняття рішень).

У межах побудованої моделі систематизовано резерви зниження збитковості перевезень, які уточнено в контексті видів сполучення та розширено за рахунок впровадження нових норм організації розрахункових взаємовідносин. Автор відмічає, що основним резервом зниження збитковості у приміському сполученні є:

- віднесення перевезень на відстань більш ніж на 150 км до дальнього сполучення;
- модернізація платформ та інших споруд;
- введення механізму опосередкованого придбання послуг;
- удосконалення тарифоутворення;
- впровадження автоматизованої обліково-платіжної системи.

Оскільки автор є фахівцем в цій галузі, всі його пропозиції мають практичне впровадження.

Одна з найважливіших проблем приміських перевезень – це їх збитковість. **П. О. Яновським** [16] було проведено оцінку фінансового результату приміських перевезень залізницями України. За підсумками 2008 року, відсоток покриття витрат доходами у приміському пасажирському сполученні склав 14,06 %. Низький рівень покриття витрат в приміському сполученні вимагає термінового впровадження в перевізний процес науково обґрунтованих еко-

номічних, юридичних, технічних та технологічних механізмів забезпечення чіткої взаємодії з користувачами залізничних послуг з метою досягнення необхідного фінансового результату і мінімізації витрат при безумовному покращенні якості приміських перевезень.

Головними факторами, які впливають на розподіл приміських перевезень територією країни, є нерівномірність розміщення населення по регіонах. За період з 1997 р. по 2008 р. кількість відправлених пасажирів у приміському сполученні в основному щорічно зменшується, за виключенням незначного зростання у 1998, 2000, 2003, 2006 і 2007 роках. Загальне скорочення обсягів перевезень за цей період склало 13 %, а доходи збільшилися в 5,2 разу в основному за рахунок індексації тарифів. В роботі визначено, що «...існує досить тісний зв'язок між розмірами частки приміського сполучення у загальних доходах пасажирських перевезень і середньою дальністю поїздки одного приміського пасажирів...». Частка витрат на приміське сполучення у загальних витратах на пасажирські перевезення в 3,4 і більше раз перевищує частку у доходах від цього виду перевезень [16]. Абсолютні значення витрат на приміські перевезення в 2008 році перевищили доходи більш ніж у 7 раз. Так, відношення витрат до доходів в останні роки постійно збільшується (з 2004 р. по 2008 р. воно зросло у 1,4 разу). В той же час експлуатаційні витрати в приміському сполученні зросли майже в 2,1 разу при деякому зменшенні обсягів відправлених пасажирів. Собівартість 10 пасажиро-кілометрів у приміському сполученні за останні 12 років також зросла більше ніж у 5,4 разу.

Постійна збитковість приміських пасажирських перевезень на залізничному транспорті та низька якість обслуговування не дає можливості успішно конкурувати з автомобільним транспортом.

В роботі [16] подано детальний аналіз існуючого стану пасажирських перевезень у приміському сполученні за останні 12 років, але констатація фактів подана без конкретних пропозицій стосовно підвищення економічної ефективності цих перевезень.

Вище було подано аналіз вітчизняних наукових праць стосовно підвищення ефективності пасажирських приміських перевезень. Зважаючи на те, що Укрзалізниця прямує до єдиного транспортного простору Європи, значний інтерес має досвід реформування приміських перевезень у цих країнах.

Російська інформаційна агенція «Новини» 13 січня 2010 року повідомила, що збитки від приміських перевезень на Московській залізниці 2009 році склали 4,8 млрд руб. А в 2008 році збитків було на 20 % менше. Компенсація збитків від приміських пасажирських перевезень у 2010 році очікується на рівні 50 %. З 2011 року збитки будуть компенсовані регіонам у повному обсязі. Керівник залізниці Молдавер заявив: «С образованием "Второй грузовой компании" у РЖД все вагоны будут частные, поэтому, где взять деньги, чтобы эти расходы покрыть? Сегодня платит тот, кто заказывает музыку, соответственно, регионы сами должны задуматься над вопросом возмещения убытков. Области никогда их не считали, так как знали, что все расходы покроются железной дорогой. РЖД в настоящее время осуществляет реформирование комплекса пригородного сообщения в соответствии с программой структурной реформы на железнодорожном транспорте. Как сообщалось, РЖД ожидает убыток от пригородных пассажирских перевозок в 2009 году порядка 35 миллиардов рублей, что примерно соответствует уровню прошлого года. Пригородные перевозки являются убыточным видом деятельности, поддерживаемым за счет финансового результата от других видов деятельности РЖД. Проблема возмещения выпадающих доходов РЖД от пригородных перевозок остро стоит на протяжении многих лет. Средний уровень соотношения действующих тарифов на проезд в пригородном сообщении и себестоимости не превышает 50 %».

Правління Федеральної служби з тарифів Російської Федерації затвердило збільшення тарифів РЖД на приміські пасажирські перевезення на 12 %.

В. І. Якунін – президент ВАТ «РЖД» – у своїй доповіді [17] зупинився на взаємодії компанії з федеральними та регіональними органами. Він повідомив, що у 2009 році з ними було налагоджено ефективне співробітництво. На 2010 рік у федеральний бюджет було закладено фінансування соціально значущих видів діяльності компанії на суму 140 млрд руб. В тому числі: субсидії на регулювання вантажних та пасажирських тарифів та перевезення школярів. Вирішується проблема компенсації збитків від перевезення пільгових категорій громадян у приміському сполученні.

Зважаючи на те, що реформування залізниць Росії відбувається на протязі 9 років, і у 2010 році закінчується третій останній етап структурної реформи, можна констатувати,

що Російські залізниці до сих пір не вирішили проблему повного покриття збитків від приміських пасажирських перевезень за рахунок доходів. Але з'явилася позитивна тенденція щодо вирішення цього питання. Україні слід досконально вивчити досвід Росії для того, щоб не повторити її помилок.

У країнах Європи регіональні і приміські сполучення відіграють значну роль на ринку перевезень пасажирів загалом. Ця ніша ринку суспільного транспорту є надзвичайно важливою для забезпечення мобільності населення та оптимізації розподілу перевезень між видами транспорту на користь суспільного, сприяє розвантаженню транспортних шляхів (за рахунок скорочення частки приватних автомобілів), що інтенсивно використовуються навколо великих міст.

У Європі типовою для приміського сполучення є поїздка на відстань 15 км або тривалістю у 30 хв., в регіональних сполученнях дальність поїздки зростає до 70 км, а тривалість до 1 год. У загальному підсумку приміські та регіональні Європейські залізниці перевозять 6,8 млрд пас. на рік, а пасажирообіг складає 194 млрд пас-км при обсязі доходів у 21,7 млрд євро. Це складає не менш ніж 90 % річного загального обсягу пасажирських перевезень та 50 % пасажирообігу. З регіональними та приміськими перевезеннями, без врахування персоналу служб інфраструктури, пов'язано чверть працівників залізниць (близько 360 тис. осіб), котрі обслуговують 64 тис. од. рухомого складу, що експлуатується на лініях загальною довжиною 188 тис. км. Середня дальність поїздки в країнах Європи складає 27,9 км та змінюється від 17,3 км в країнах, що входять до Європейської асоціації вільної торгівлі, до 77 км в країнах-кандидатах на вступ до ЄС, для «старих» членів ЄС – 25,2 км, що визначається домінуванням приміських перевезень в Німеччині та Франції, на які припадає 1 млрд поїздок на рік з 1,246 млрд в цілому по країні. Для регіональних та приміських перевезень використовуються лінії, 91 % яких є власністю національних інфраструктурних компаній або адміністрацій. Ще 8 % належать окремим операторам, переважно незалежним залізницям чи національним залізничним компаніям в трьох країнах ЄС, які ще не виконали умови вимоги Директиви 91/440, 1 % – іншим власникам, наприклад, місцевим адміністраціям.

Для фінансового оздоровлення та підвищення ефективності пасажирських перевезень у секторі регіональних і приміських перевезень

національний уряд Італії [7] спочатку субсидував регіони для компенсації витрат транспортних компаній з надання послуг. Але такий варіант фінансування не дав бажаного результату, оскільки регіони сплачують компаніям перевізникам нижче ніж встановлено договорами. До того плата за проїзд не дуже висока.

Врешті-решт фірма Trenitalia пропонує нову радикальну політику для вирішення даної проблеми. Вона розробила перелік послуг, їх обсяги, розрахувала ціни та тарифи на них і запропонувала регіональній владі. Але місцеві органи влади на це не звернули уваги, хоча прийняли до відома реальні ціни на перевезення.

Незважаючи на фінансові труднощі, Trenitalia продовжує свою діяльність на ринку залізничних послуг, враховуючи те, що у великих містах обсяги перевезень щорічно зростають на 2...3 %, та планує до 2011 року збільшити обсяги перевезень до 50 % у Мілані та Римі та до 43 % у Неаполі за рахунок впровадження нового рухомого складу та додаткового інвестування коштів.

Запропоноване рішення є раціональним, оскільки приватний інвестор має кошти на інноваційні проекти, але такий підхід може дати позитивний результат лише при зростанні кількості пасажирів.

Висновки

Проблему підвищення ефективності приміських пасажирських перевезень можна досліджувати як в умовах реформування залізничного транспорту, так і без нього. При цьому підходи до вирішення цієї проблеми можуть бути традиційні, які слід використовувати в умовах планової та ринкової економіки, та чисто ринкові, придатні тільки до реалізації в умовах ринку.

На ефективне вирішення вказаної проблеми впливає також ступінь розвитку ринку, який характеризується як сучасний або розвинутий ринок. В Україні ринкові відносини кваліфіковано як сучасні, тому не всі методи ефективної організації приміських пасажирських перевезень, які використовуються в країнах з розвинутим ринком, можуть бути впроваджені в Україні.

На основі проведеного аналізу для підвищення ефективності пасажирських перевезень в приміському сполученні в Україні можна успішно використовувати такі заходи (див. рис. 1).

В даній роботі автор зупиняється на дослідженнях (виділено на рис. темним кольором), які стосуються нових економічних підходів до

обґрунтування доцільності впровадження удосконалених методів організації руху приміських перевезень та визначення собівартості пасажирських перевезень у приміському сполу-

ченні для різних варіантів побудови компаній-операторів в умовах реформування залізничної галузі.

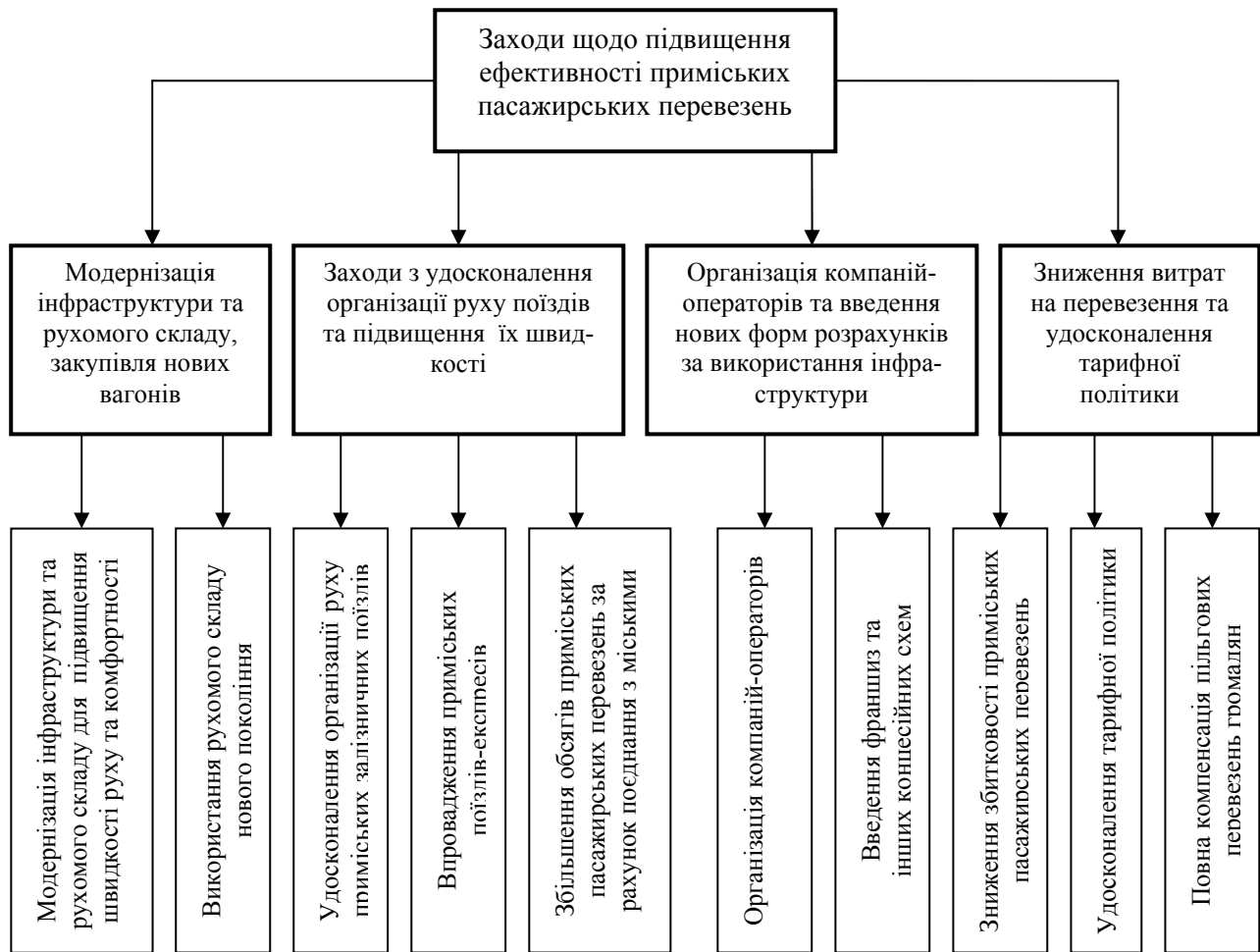


Рис. 1. Система заходів щодо підвищення ефективності пасажирських перевезень у приміському сполученні

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аксёнов, И. М. Логистика в сфере пассажирских перевозок [Текст] / И. М. Аксёнов // Заліз. трансп. України. – 2004. – № 2. – С. 52-58.
2. Аксьонов, І. М. Роль стратегічного маркетингу в плануванні, прогнозуванні та у збільшенні прибутку від пасажирських перевезень [Текст] / І. М. Аксьонов // Заліз. трансп. України. – 2006. – № 6. – С. 99-102.
3. Балака, Є. І. Соціальна значущість приміських залізничних перевезень у різних соціальних умовах [Текст] / Є. І. Балака, О. В. Семенцова // Заліз. трансп. України. – 2007. – № 4. – С. 85-88.
4. Горьковская железная дорога: Итоги и задачи [Текст] // Ж/д трансп. – 2010. – № 3. – С. 4-13.
5. Гудков, О. М. Організаційно-економічний розвиток пасажирського комплексу залізничного транспорту України [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук / О. М. Гудков. – Х.: Укр. держ. акад. заліз. трансп., 2009. – 20 с.
6. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010–2015 роки [Текст] : Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1390.
7. Железные дороги Италии: Финансовое оздоровление и дальнейшее развитие [Текст] // Железные дороги мира. – 2008. – № 7. – С. 9-11.
8. Кривоπίшин, О. М. Методологічні основи розрахунку ефективності інвестицій у розвиток приміських пасажирських перевезень [Текст] / О. М. Кривоπίшин // Заліз. трансп. України. – 2007. – № 5. – С. 13-15.
9. Кривоπίшин, О. М. Підвищення ефективності приміських пасажирських перевезень [Текст] / О. М. Кривоπίшин // Заліз. трансп. України. – 2007. – № 6. – С. 6-8.
10. Кривоπίшин, О. М. Проблеми організації пасажирських перевезень залізничним транспортом у м. Києві та шляхи їх вирішення [Текст] /

- О. М. Кривопішин // Заліз. трансп. України. – 2006. – № 5. – С. 27-29.
11. Кривопішин, О. М. Удосконалення економічного механізму управління у сфері приміських пасажирських перевезень у період реформування залізничного транспорту України [Текст] / О. М. Кривопішин, Г. Д. Ейтутіс // Заліз. трансп. України. – 2008. – № 1. – С. 69-73.
12. О создании дочернего общества ОАО «РЖД» в сфере перевозок пассажиров в дальнем следовании [Текст] // Ж/д трансп. – 2010. – № 1. – С. 22-26.
13. Пассажирский рельсовый транспорт Калифорнии [Текст] // Железные дороги мира. – 2008. – № 5. – С. 26-29.
14. Самсонкін, В. М. Про підвищення ефективності пасажирських перевезень на залізничному транспорті [Текст] / В. М. Самсонкін, О. М. Гудков // Заліз. трансп. України. – 2004. – № 1. – С. 43-45.
15. Семенцова, О. В. Економічні аспекти адаптації приміського пасажирського залізничного транспорту до ринкових умов [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук / О. В. Семенцова. – Х.: Укр. держ. акад. заліз. трансп., 2009. – 20 с.
16. Яновський, П. О. Оцінка фінансового результату приміських перевезень залізниць України [Текст] / П. О. Яновський // Заліз. трансп. України. – 2009. – № 5. – С. 9-12.
17. Якунин, В. И. Доклад президента ОАО «РЖД» [Текст] / В. И. Якунин // Ж/д трансп. – 2010. – № 1. – С. 2-17.
18. Державна програма реформування залізничного транспорту (Проект) [Текст] / Лист Укрзалізниці від 23.04.2007 р. № ЦЗ-1-Ф-11/260.
19. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту [Текст] // Магістраль. – 2007. – № 1 (1179), 10-16 січ.

Надійшла до редколегії 11.10.2010.

Прийнята до друку 14.10.2010.

А. Н. ПШИНЬКО, В. В. МЯМЛИН, С. В. МЯМЛИН (ДИИТ)

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ СИСТЕМНОСТИ ЭКОНОМИКИ – ОСНОВНОЙ ПУТЬ ВЫХОДА ИЗ КРИЗИСА

Показано необходимость использования системного подхода при построении работающей модели экономики. Говорится о необходимости повышения уровня системности экономики. В качестве основной причины «финансово-экономической» кризиса, которая нарушает баланс между предложением товаров и платоспособным спросом на них, называется категория «прибыль». Дается ссылка на разработку в институте «модель высокоэффективной национальной экономики», которая позволит устранить все негативные явления, присущие современной модели хозяйствования и увеличить ВВП в несколько раз.

Ключевые слова: экономика, кризис, системный анализ

Показана необходимость использования системного подхода при построении работающей модели экономики. Говорится о необходимости повышения уровня системности экономики. В качестве основной причины «финансово-экономического» кризиса, которая нарушает баланс между предложением товаров и платёжеспособным спросом на них, называется категория «прибыли». Дается ссылка на разработанную в институте «модель высокоэффективной национальной экономики», которая позволит устранить все негативные явления, присущие современной модели хозяйствования и увеличить ВВП в несколько раз.

Ключевые слова: экономика, кризис, системный анализ

The necessity of using a systematic approach in constructing a working model of the economy is shown. The need to improve the system level of the economy is discussed. The main reason, «the financial and economic» crisis, which disturbs the balance between the supply of goods and effective demand for them is called the category of «profit». Reference is made to the Institute developed a “model of high performance of the national economy”, which will eliminate all negative phenomena inherent in the modern model of economic activity and GDP increase several times.

Keywords: economy, crisis, systems analysis

Сегодняшний разлад в экономике и топтание на месте в поисках путей выхода из кризиса заставляют подвергнуть сомнению некоторые основополагающие концепции современной экономической мысли. Как так получается, что сейчас, в условиях мирного времени, остаются без работы, растут цены, товары не находят сбыта и т.п., т.е. нарушается естественный ход хозяйственной жизни.

Следует подчеркнуть, что в области «финансово-экономических» теорий уже давно проявляются глубокие и очень устойчивые заблуждения, основанные на асистемном подходе и ограниченном экономическом мышлении, не учитывающем естественные Законы Природы. При этом не следует забывать и об идеологических и политических мотивах, имеющих интерес в этой сфере.

Современная экономика в настоящее время носит конвенциональный характер. Так договорились, так решили, приняли какие-то правила в интересах определённых групп, и всё. Некоторые «законы» экономики представляют собой просто надуманные правила игры. Многие аксиомы, положенные в основу современной экономической теории, не выдерживают вообще никакой критики.

Таким образом, все экономические теории носят больше характер идеологий (оправдание или опровержение принятого способа производства) и религий (поклонение «золотому тельцу»), чем научно обоснованных отражений «объективной реальности» [1-2]. Никакой единой экономической теории в настоящее время просто не существует.

Не вызывает сомнения и то, что такую сферу деятельности как экономика следует рассматривать не отвлеченно, а в комплексе с процессами, происходящими в самом обществе: в морали, в политике, в идеологии, в образовании, в культуре, в науке и т.п. Иными словами экономическая теория не существует сама по себе, а по-другому, сама для себя. Наверное, она все-таки должна доступными словами описывать «товарно-денежные» отношения, в широком понимании этого термина.

Многие страны перешли на западную экономическую модель, совсем не подозревая о том, что она нежизнеспособна и её конец уже близок. Мир давно изменился, а основные «правила игры» остались прежними.

Поэтому на современном этапе развития вся мировая «финансово-экономическая» система столкнулась с той ситуацией, с которой обяза-

тельно должна была бы столкнуться при принятой модели хозяйствования.

Для начала надо всем ясно понять, что же происходит в «финансово-экономической» среде, почему вся мировая «финансово-экономическая» система дала сбой, почему во всех странах существует дефицит бюджета, растёт инфляция, продукция не находит сбыта, останавливаются предприятия и появляется безработица? И почему экономику ни одной страны на планете нельзя назвать эффективной?

Эффективность экономики – это комплексное понятие. По какому же критерию определяется эффективность экономики? Эффективная экономика позволяет наилучшим образом соединить воедино и использовать имеющиеся природные ресурсы, человеческий трудовой потенциал и финансовый эквивалент.

Кроме того, «эффективной» экономикой, на наш взгляд, является экономика, при которой нет кризисов, нет безработицы, нет инфляции, нет дефицита бюджета, деньги не скапливаются в одном месте, а быстро «вращаются», на рынке присутствует изобилие товаров и услуг, наблюдается постоянная тенденция к снижению цен, оплата труда производится по справедливости, в соответствии с затраченными усилия-

ми, созданы условия для максимального раскрытия человеческого и научно-технического потенциала, существует мощная поддержка социальных слоёв населения, люди уверены в завтрашнем дне и не находятся в состоянии постоянной психической депрессии.

Все остальные экономики являются неэффективными. Надо отметить, что до сих пор в мире не было эффективных экономик. Были более-менее успешные экономики, определяемые наличием полезных ископаемых, хорошим географическим положением, заинтересованностью в разработке собственных инновационных технологий и т.п., но эффективных экономик не было. А не было их потому, что первоначально была принята неверная «финансово-экономическая» модель хозяйствования. Все экономические теории, существующие на сегодняшний день, имеют один общий недостаток – они не учитывают естественные законы Природы и поэтому подвержены кризисам, работают с перебоями и не в полную силу.

Если внимательно рассмотреть фазы экономического процесса (рис. 1), то можно чётко выделить три последовательные составляющие: производство благ, распределение благ, потребление благ.

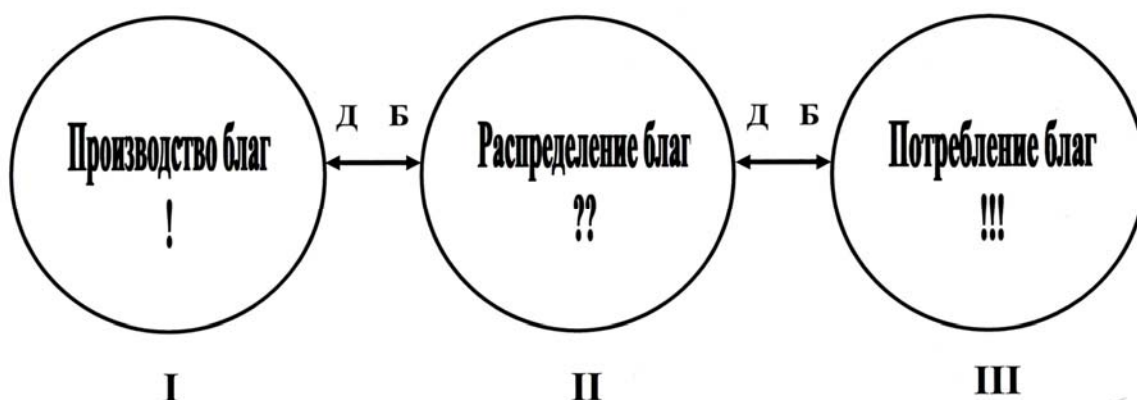


Рис. 1. Схема взаимодействия трёх фаз экономического процесса.
Стрелками показано направление движения денег (Д) и благ (Б).
I, II, III – фазы экономического процесса

Первая составляющая – производство благ. Она отмечена на схеме одним восклицательным знаком. Этим подчёркнуто то, что особых проблем с производством товаров нет. Производить что-то мы умеем. Ведь мы что-то едим, во что-то одеваемся, строим дома, производим машины, оборудование и т. п. Другой вопрос, насколько эти блага имеют высокое качество, всегда ли есть сырьё для их производства, производятся ли они в достаточном количестве и

ассортименте, какая при этом производительность труда?

Третья составляющая – потребление благ, отмечена на схеме тремя восклицательными знаками. Это говорит о том, что потреблять мы умеем и хорошо потребляем. Людям всегда всё нужно. Объявите, например, что в супермаркете сегодня акция – товары отпускают бесплатно. Всё вынесут. То есть с потреблением благ никаких проблем нет. Дайте людям что потреблять, и они будут потреблять.

Все проблемы возникают со второй составляющей – распределение благ (два вопросительных знака). Желание приобрести блага есть, а возможности – нет. Тут очень характерен тост из кинофильма «Кавказская пленница»: «Имею желание купить дом, но не имею возможности. Имею возможность купить козу, но не имею желания...».

Таким образом, мы умеем производить товары, и мы умеем потреблять товары. Но мы не умеем правильно распределять товары. «Товарно-денежный» механизм работает крайне неэффективно. Из-за этого неправильного распределения и возникают все проблемы. Хотя Л. Эрхард – автор «немецкого чуда» в своей книге [3] уделяет внимание именно производству благ, считая, что нужно не распределение совершенствовать, а поднимать производство благ. Здесь нельзя с ним согласиться – зачем поднимать производство, если товары в дальнейшем не находят сбыта?

Большая часть из современных направлений в экономической теории связана с вариантами улучшения, или точнее, "оздоровления" экономики в целом за счет применения, так называемой, инновационной экономической модели. Естественно, при возникновении экономических кризисов, на макроуровне, а правильное сказать, глобальных или мировых кризисов, когда практически все страны без исключения подвержены кризису в той или иной степени, именно инновационный путь является более прогрессивным по сравнению с другими. Так как в тот период времени, когда экономика работает, можно успеть сделать очень многое.

Бесспорно, что инновационная деятельность является необходимым элементом развития экономики. Инновации создают новые технологии, новое оборудование, новые товары, повышают производительность труда, ускоряют научно-технический прогресс, но, вместе с тем, никак не способны ликвидировать кризисные явления в существующей экономике.

Таким образом, инновационная экономика позволяет на отдельных временных участках «быстро ехать» в плане производства различных благ (что само по себе немаловажно), но она не устраняет кризисные явления. Инновационный подход является необходимым, но не достаточным.

В данном исследовании не стоит задача определить главенство отдельных составляющих экономических отношений, а именно: финансовый сектор, производственный сектор, потребительский сектор или какой-нибудь еще.

Сейчас все говорят о кризисе, но кто действительно ясно понимает, что это такое? Чтобы

идти в сторону обнаружения путей выхода из кризиса, надо вначале четко понимать, что же такое сам кризис. Чтобы ликвидировать кризис, надо правильно определить именно истинные причины кризиса, а не кажущиеся. Ведь хорошо известно, насколько большое значение имеет правильное выделение исходного пункта исследования.

Советские экономисты, например, объясняли наличие кризисов в капиталистических странах отсутствием четкого планирования, хаосом перепроизводства – выпустили якобы слишком много товара в погоне за прибылью, а его никто не берёт.

В соответствии с [4] экономический кризис представляется как «фаза капиталистического цикла, во время которой происходит насильственное восстановление нарушенных в ходе развития капиталистической экономики пропорций воспроизводства. Проявляются в абсолютном падении производства, недогрузки производственных мощностей, росте безработицы, нарушениях в денежно-кредитной и валютно-финансовых сферах». Данное справочное издание также дает такие понятия, как «аграрный кризис», «валютный кризис», «кризис биржевой», «кризис денежно-кредитный», «кризис финансовый». Если сделать поправку на то, что это издание вышло в социалистической стране, то явно, что здесь присутствует политический аспект.

В настоящее время существует очень много различных версий причин происхождения кризиса. Рассмотрим некоторые из них.

Например, в работе Президента Узбекистана И. Каримова [5] говорится о том, что кризис получил начало с провалов и несостоятельности ипотечного кредитования в США. Все это, в свою очередь, послужило причиной огромного спада производства, резкого уменьшения темпов роста экономики во многих странах мира, со всеми вытекающими отсюда отрицательными последствиями.

В стране разработаны антикризисные мероприятия, основанные на пяти принципах:

- приоритет экономики над политикой;
- усиление роли государства как главного реформатора;
- обеспечение верховенства закона;
- повышение социальной направленности;
- поэтапность осуществления реформ.

В работе делается вывод, что «реализация выработанных нами антикризисных мер позволит не только достойно противостоять вызовам и угрозам мирового финансово-экономического кризиса, предотвратить его негативное влияние на нашу экономику, но и выйти после его за-

вершения еще с более сильной, устойчивой, сбалансированной экономикой, занять свою прочную нишу на мировых рынках, обеспечить на этой основе динамичный экономический рост, последовательное решение задач по дальнейшему повышению уровня жизни и благосостояния нашего населения». Хотя никаких существенных изменений существующей модели проводить не предполагается.

Согласно экспертному докладу: финансово-экономический кризис (истoki, развитие, прогноз) [6], в числе первопричин, приведших к кризису, называются следующие причины:

- неостребованность товаров;
- 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;
- завышенный процент прибыли;
- высокая стоимость энергоносителей;
- нехватка денежных средств;
- высокая добавленная стоимость;
- низкая производительность труда;
- неправильное планирование;
- объективная закономерность развития;
- высокая стоимость товаров;
- непродуманная политика многих государств по внешнему заимствованию;
- отсутствие рынков сбыта товаров;
- высокая инфляция;
- мировой заговор (умысел) и т.д., и т.п.

Таким образом, мы видим, что спектр мнений весьма разнообразен. Анализируя все эти причины можно заметить, что большинство экспертов сходятся во мнении, что основную причину кризиса следует искать в несовершенстве финансовой системы. С неё-то, собственно, всё и началось... Кроме того, много говорится о заговаривании, т.е. о перепроизводстве товаров.

Таким образом, различными учеными называется около 100 причин возникновения финансово-экономических кризисов, но доказательства, что именно эти причины, а не какие-то другие порождают экономические кризисы, неубедительны и голословны.

Но все эти версии кризиса являются производными от одной причины, которую никто не

называет. Первопричиной всех кризисов является сама «прибыльно-финансовая» модель хозяйствования. Как только категория «прибыли» будет изъята из экономической теории и из экономики, система начнёт работать по естественным законам и моментально исчезнут все негативные стороны современной модели хозяйствования.

Таким образом, если подходить к описанию экономических явлений традиционно, не абстрагируясь от конкретных экономических категорий, то выйти за «принятые рамки» экономической мысли практически невозможно. И это не говорит о том, что никто не может постичь какие-то новые знания, просто эти «принятые рамки» слишком ограничивают область поиска. Авторы предлагают посмотреть на экономику несколько иначе, под другим углом зрения, и рассматривать ее с привлечением системного анализа.

Таким образом, можно однозначно констатировать, что современная экономическая теория пользуется неверными параметрами и применяет устаревшие концептуальные модели для описания исчезающей реальности.

Что же это такое – «сложная система»? Это составной объект, части которого можно рассматривать как отдельные элементы, объединенные в единое целое в соответствии с определенными принципами или связанные между собой заданными отношениями. Свойства сложной системы в целом определяются как свойствами составляющих её элементов, так и характером взаимодействия между ними, вследствие чего возникает новое системное свойство – эмерджентность. Это определение как нельзя полно описывает многогранность экономических отношений и позволяет в дальнейшем использовать теорию сложных систем для изучения соответствующих процессов. Так как кризис – это неустойчивое состояние экономики, то следует сосредоточиться на тех способах и формах развития, которые обеспечивают устойчивость экономики. Кто сейчас может сказать, какой уровень системности у экономики Украины? Чем выше уровень системности, тем система работает эффективнее, чем ниже – тем, менее эффективно. Поэтому, чтобы система работала наиболее эффективно, у неё должен быть и соответствующий уровень системности.

Итак, что же такое кризис с точки зрения теории сложных систем? Кризис – это проблемная ситуация. Под проблемной ситуацией понимается возникновение противоречия между отдельными элементами системы. Противоречие будем трактовать как свойство связи ме-

жду двумя параметрами системы, при котором изменение одного параметра в нужном для потребителя направлении вызывает недопустимое для потребителя изменение второго параметра.

Между какими же элементами системы действительно возникает противоречие?

Все рассматривают противоречия в системе «спрос – предложение», но никто не рассматривает противоречия в системе «цена – зарплата». Платёжеспособный спрос никогда не будет равен предложению, пока не разрешится противоречие в системе «цена – зарплата».

Известно, что заработная плата **ЗП** входит составной частью в себестоимость продукции **С**. Поэтому можно записать, что $\text{ЗП} < \text{С}$. Кроме того, известно, что отпускная цена товара **Ц** всегда больше, чем её себестоимость **С**, $\text{Ц} > \text{С}$. Причём $\text{Ц} = \text{С} + \text{П}$, где **П** – прибыль. Если $\text{ЗП} < \text{С}$, а $\text{С} < \text{Ц}$, то, следовательно, и $\text{ЗП} < \text{Ц}$. Таким образом, величина зарплаты **ЗП** всегда меньше величины отпускной цены товара **Ц**. То есть часть всегда меньше целого. Как же люди, имея на руках только часть (**ЗП**), могут за неё купить целое (**Ц**)? В этом и заключается основное противоречие всей существующей «прибыльно-финансовой» системы. А отсюда уже вытекает целый «букет» последствий, приводящих к известной ситуации.

Таким образом, категория «прибыли» создаёт дисбаланс между величинами товарной и денежной масс. А современный экономический «стандарт» как раз и предусматривает именно «прибыльно-финансовую» модель хозяйствования.

Что такое товар? Товар – это системный эффект. Услуга – это тоже системный эффект. Вместе с тем у разных товаров уровни системных эффектов разные. Чем выше системный эффект, тем больше от него пользы людям. За создание более высокого системного эффекта люди и должны получать более высокое денежное вознаграждение.

Будем считать, что уровень системности ($Ус$) находится в интервале от 0 до 1 ($0 \leq Ус \leq 1$). При нулевой системности система вообще работать не будет. При уровне системности равном 1, она будет работать с максимальной отдачей. Если сейчас за единицу принять самую лучшую в настоящее время экономику в мире (в рамках существующей экономической парадигмы), то модель высокоэффективной экономики будет в несколько раз лучше относительно первой. Но в абсолютном плане ей присваивается уровень системности равный 1.

Вместе с тем, системность не должна выступать как некое нововведение, как последнее достижение науки. Системность является все-

общим свойством материи, формой её существования, а, следовательно, и неотъемлемым свойством деятельности человека. Любая деятельность может быть более или менее системной. В силу различных причин и сама человеческая деятельность и любой результат человеческой деятельности может отражать различный уровень системности. Возникновение какой-нибудь проблемы является следствием недостаточной системности. Устранение проблемы – следствие повышения системности. Таким образом, между уровнем системности и возникающей проблемой существует жёсткая «причинно-следственная» связь.

Система представляет собой нечто большее, чем просто совокупность отдельных частей. Система в целом обладает таким свойством, которого нет ни у одной из её частей, взятых в отдельности. Как уже сказано выше, это свойство называется эмерджентностью.

Система движения товаров и денег может быть организована и по техническому принципу, который используется в инженерном деле (например, замкнутая система отопления), и по естественному принципу, который присущ законам живой и неживой природы.

Известно, что системность является неотъемлемым свойством существования материи [7–12]. Системность проявляется в теоретических и практических делах человека. Поэтому всякая человеческая деятельность может иметь разный уровень системности. Существование проблемы говорит о низком уровне системности, устранение проблемы – о повышении уровня системности.

Т.к. любая социально-экономическая система создаётся людьми, то такая система является искусственной. В Природе самый высокий уровень системности, потому что она строится и развивается на основе высших законов мироздания. Природа обладает «разумом» намного превышающим разум Человека. Поэтому любая искусственная система имеет уровень системности значительно ниже, чем его имеет сама Природа.

Материальная «прибыль» представляет собой «системный эффект». Под «системным эффектом» будем понимать результат творческой (трудовой) деятельности человека по соединению между собой в определённой пропорции различных элементов Природы, благодаря которому появляется новое свойство, не присущее этим элементам в отдельности. Например, самолёт состоит из фюзеляжа, шасси, мотора, крыльев и т.д. Каждый из этих узлов сам по себе летать не может. Но при соединении их

вместе появляется новое свойство – самолёт может летать.

Все производимые человеком товары – это не что иное, как результат «системного эффекта». Должно быть так, чем выше системный эффект, получаемый в результате производственной деятельности, тем выше стоимость продукции, тем соответственно выше и заработная плата.

Ещё Ф. Бэкон указывал на то, что человек может только соединять и разъединять вещество Природы, всё остальное Природа сделает сама. Человек, благодаря возможности думать, создаёт различные системы, т.е. определённым образом соединяет вещество Природы для получения, как говорил К. Маркс, потребительной стоимости, а на самом деле – системного эффекта. Чем выше системный эффект, тем полезнее товар.

Всё, что создано людьми: здания, сооружения, дороги, техника, одежда, пища – это молекулы разных элементов, соединённые вместе в определённых количественных пропорциях.

Имея исходный материал (сырьё) в виде живой материи (растительное и животное царство) 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.

Система представляет собой средство достижения цели, средство решения проблемы.

«Финансово-экономический» кризис представляет собой проблему, для решения которой необходимо повысить уровень системности.

Чем выше уровень системности, тем система имеет более высокий КПД и лучше выполняет свои функции. Иными словами, она более совершенная.

Между трудовыми действиями человека и результатом этой трудовой деятельности существует жёсткая «причинно-следственная» связь и никакой «прибыли» здесь просто нет.

Таким образом, создаётся не «прибыль», а создаётся «системный эффект». Инновационный товар – это тоже результат «системного эффекта», только более высокого уровня системности. Было бы логично, если бы человек за создание «системного эффекта» более высокого уровня системности получал бы и более высокую заработную плату. Торговая же и банковская «прибыль» не являются результатом «сис-

темного эффекта», а являются всего лишь арифметической разницей между покупной и продажной ценой товара (процентами по кредитам).

Группа учёных-системотехников Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна более десяти лет интенсивно занималась поисками причин «отказов» современной системы хозяйствования.

Перед ними стояла задача разработать чёткий хозяйственный механизм, лишённый всех недостатков, известных на сегодняшний день экономических моделей. После того как авторами был найден антикризисный механизм хозяйствования, ими был проведен глубокий и всесторонний анализ различных существующих «финансово-экономических» моделей и поставлен диагноз, который никто и никогда не ставил. Результаты исследования чётко показали, что существующие «финансово-экономические» модели имеют кризисообразующую составляющую.

Таким образом, при существующей в настоящее время «прибыльно-финансовой» парадигме невозможно никак побороть кризис. Кризис является атрибутом этой парадигмы, её неразлучным спутником. Но если поменять существующую парадигму, привести её к естественным законам Природы, то «экономико-финансовая» система начнёт работать.

В результате дальнейших исследований увидела свет соответствующая **«Теория высокоэффективной национальной экономики»**, которая коренным образом отличается от всех существующих на сегодняшний день отечественных и зарубежных теорий в области «финансово-экономических» отношений. На основании этой теории была разработана имитационная модель национальной экономики.

Существует несколько разновидностей моделей. Познавательная (описательная) модель, это такая модель, которая подгоняется под реальность (существующее положение дел). Прагматическая модель, это модель под которую подгоняется реальность (положение дел в будущем) [7]. В указанных ранее исследованиях были использованы обе разновидности моделей.

Реализация прагматической модели на ЭВМ показала её полное преимущество по сравнению с существующей «прибыльно-финансовой» моделью хозяйствования. Модель работает совершенно без кризисов, без инфляции, т.е. с наивысшей эффективностью. Полученные результаты позволяют судить о том, что человечество уже скоро навсегда сможет забыть о

каких бы то ни было «финансово-экономических» кризисах.

На основные принципы этой теории получены свидетельства, выданные Государственным департаментом интеллектуальной собственности Украины под номерами: 29252 от 19.06.2009; 32340 от 10.03.2010; 38755 от 23.06.2011.

Внедрение разработанной теории в экономику государства обеспечит устойчивое развитие системы хозяйствования и резкое увеличение валового национального продукта. При этом особый толчок для развития получит внутренний рынок. А отсюда и все сопутствующие положительные результаты: повышение реального благосостояния населения, снижение цен, устранение инфляции и самое главное – это отсутствие эндогенных кризисов в экономике.

В случае возможного перехода Украины на данную модель хозяйствования уже в первые годы реальный ВВП страны сможет вырасти в 2...2,5 раза.

Предложенная модель позволяет преобразовать, а также «вдохнуть новую жизнь» в несовершенный «экономическо-финансовый» механизм. Она позволит осуществить прорыв в «товарно-денежной» сфере и перевести экономику на более высокий уровень системности.

Данная модель имеет огромный потенциал. Вместе с тем всё зависит от того насколько он будет принят обществом и грамотно реализован. Если население в стране будет работать «спустя рукава», то и результаты, даже при данной модели, будут незначительными. Если же население будет работать «засучив рукава», то результаты не заставят себя долго ждать. Есть большая уверенность, что развитие событий пойдёт именно по второму пути.

Как уже говорилось, в настоящее время во всех странах мира принята «прибыльно-финансовая» модель хозяйствования. Авторы предлагаемой новой модели твёрдо убеждены в том, что вся эта существующая «прибыльно-финансовая» парадигма является тупиковой и должна быть радикально изменена.

Наибольшая сложность здесь состоит в том, чтобы отыскать веские доказательства своей правоты для восприятия её другими.

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. Большинство экономических теорий, которые изучаются в настоящее время, являются ни чем иным как простым умствованием и не способствуют росту национальной экономики. Подтверждением этому является и то, что сильных экономических решений нет вообще. Если пытаться развивать экономику по тем же самым «прибыльным» теориям, то результаты будут такими же – общество будет продолжать двигаться в сторону «экономического тупика».

В этом отношении следует брать пример с инженеров-изобретателей, занимающихся вопросами разработки новой техники и технологий. Инженеры-изобретатели давно уже «учатся» у Природы и черпают в её многообразии необходимый материал для своих технических разработок.

Если сравнить технологии, которые создал человек с технологиями, которые создала Природа, то можно увидеть, что последние являются более совершенными. Так, например, у Природы совершенно отсутствуют отходы производства. Конечные результаты одной стадии природной технологии являются сырьём для следующей стадии, и так далее. А у Человека на одну тонну полезного вещества приходится 99 т отходов.

Правильное решение должно быть всегда красивым. Потому, что Истина красива. Чем правильное решение, тем оно красивее. Падающая капля воды для лучшего преодоления сопротивления воздуха принимает соответствующую красивую форму. Она падает ни плашмя, ни столбиком, ни в виде кляксы, она падает в виде красивой обтекаемой формы, которая позволяет ей совершать падение с максимальной эффективностью. И так в любом деле: там, где есть красота, там есть и функциональность и, соответственно, эффективность.

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 содержа-

ние, а общественные противоречия – форму. Любая деятельность, в процессе которой не разрешены природные противоречия её функционирования, лишается содержания. Поэтому желание любыми способами протащить свои ошибочные теории, используя демагогию и любые неблагоприятные средства, не только может нанести, а и наносит реально огромный ущерб развитию экономики и общества в целом.

Указанный выше конфликт относится к типу эргатических конфликтов. Для обоснования причины конфликта рекомендуется использовать категории естествознания, а также примеры и аналогии [7]. 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.

Для того чтобы облегчить единое описание процессов в самых различных сферах деятельности, обратимся к теории подобия [13]. Она позволяет перенести закономерности одних процессов на другие.

Чтобы, например, глубже понять суть «бесприбыльной», но «высокоэффективной» экономики, лучше всего обратиться за примером к Природе и провести мысленный эксперимент.

Как известно, из ничего что-то получить нельзя. Человек может оперировать только тем, что создано самой Природой. И вот здесь все забывают про один очень важный научный факт. Сколько бы Человек чего ни копал, ни сеял, ни собирал урожай, ни сжигал, ни строил, ни уничтожал, ни взрывал, ни перемещал – массу планеты Земля, он не сумеет увеличить (уменьшить) даже на 1 миллиграмм. Он даже один-единственный дополнительный атом водорода создать и то не в состоянии. Масса планеты Земля всегда постоянна. Под массой планеты будем понимать общую массу всех имеющихся на Земле минералов, растений, микроорганизмов, животных и людей. Даже независимо от того, один миллион людей проживает на Земле или даже около семи миллиардов, как сейчас, – масса Земли остаётся неизменной. Общая масса растительности на Земле составляет около 10^{13} т, а живых существ – 10^9 т. Это составляет примерно 0,01 % массы всей биосферы с её твёрдой, жидкой и газообразной средой обитания. Биомасса (живая материя) всех живых организмов, находящихся на Земле, не изменяется и удерживается на постоянном уровне. Хотя и происходит непрерывное «движение» биомассы, но общая масса её не увеличивается и не уменьшается. Поэтому, ес-

ли где-нибудь начинают массового вырубать, например, леса, то где-то начинают массово размножаться, например, саранча, мелкие грызуны и т.п. То же самое можно сказать и о массе косной (неживой) материи. В Природе всё идёт своим чередом. Происходит постоянный круговорот веществ, никаких отходов в Природе не образуется, конфликтов не возникает. Технологии, которые создала Природа, являются безотходными. Конечные результаты одного процесса служат сырьём для следующего процесса и так далее. Всё гармонично развивается. Никакого «прибавочного» вещества, кроме того, что уже есть, быть не может. Масса Земли постоянна и изменяться не может. Это связано с Всемирной гравитацией. Из одного продукта можно получить другой продукт, но никак не «прибавочный». То, что мы понимаем под «прибылью», это просто промежуточный результат непрерывного целенаправленного процесса. А под процессом понимается изменение состояния вещества с течением времени. Существуют целиком природные процессы, а есть синергетические процессы, протекающие при участии человека и Природы.

При производстве любого системного эффекта масса вещества при этом на планете не увеличивается и не уменьшается. Даже биомасса, по словам академика В. И. Вернадского, и та, постоянная. Таким образом, происходит круговорот вещества в Природе. Человек из разных химических элементов создаёт разные вещи. Чтобы создать ту или иную вещь необходимо определённое количество некоторых химических элементов.

Если количество химических элементов на Планете постоянно, то и количество денег в обороте также должно быть постоянным. Ведь если масса химических элементов, имеющихся на Планете постоянна, то, следовательно, ни о какой «прибыли» в вещественном виде речь идти не может. Поэтому не должно её быть и в финансовой сфере.

По сути дела можно построить любую экономическую модель. Можно построить модель, которая будет учитывать интересы меньшинства людей, а можно построить модель, которая будет учитывать интересы большинства. Естественно, что в первой модели будет больше недовольных, будет больше противоречий и поэтому она будет менее эффективной. По словам академика В. И. Вернадского «задача человека заключается в доставлении наивозможно большей пользы окружающим...». Авторы руководствовались именно этим тезисом.

Говорить о том, что современная «финансово-экономическая» модель хозяйствования

имеет чёткое научное обоснование, никак нельзя. Она очень далека от законов Природы. Ведь в Природе нет кризисов. В Природе нет отказов и поломок. В Природе нет никаких отходов. В Природе нет прибавочного продукта. В процессе круговорота участвует всё. Уровень системности Природы равен единице, $U_{\text{пр}} = 1$. А уровень системности существующей «финансово-экономической» модели намного меньше 1, $U_{\text{фэм}} \ll 1$. Переходя от «прибыльно-финансовой» модели хозяйствования на «бесприбыльную», но высокоэффективную модель, законы по которым функционирует экономика тем самым приближаются к законам Природы и увеличивается $U_{\text{фэм}}$.

Таким образом, основной причиной кризисов является несоответствие между суммарной ценой товаров, выпущенных за некоторый период, и суммой денег, направленной на покупку этих же самых товаров (зарплаты, пенсии и т.п.). У людей в целом всё время не хватает денег на покупку всех товаров. Между себестоимостью и ценой товара стоит такая «экономическая категория» как – «прибыль». Это вынуждает их брать кредиты. Но кредиты не спасают ситуации, а наоборот, ещё больше усугубляют дело. Получается порочный круг, который должен быть разорван.

В рамках существующей «прибыльно-финансовой» модели хозяйствования любое «косметическое» преобразование не позволит ничего изменить в принципе – надо менять саму модель.

Перед авторами стояла задача разработать теоретические основы такой модели экономики, которая была бы свободна от всех негативных явлений, присущих известным на сегодняшний день экономическим моделям. Авторы считают, что им удалось найти основную причину кризисов и, с учётом этой причины, разработать универсальную «модель высокоэффективной национальной экономики», которая позволит радикально изменить в лучшую сторону всю экономическую систему хозяйствования. Кроме того, авторы считают, что данная работа сможет послужить определённым импульсом для дальнейшего творчества молодых, но пылких исследователей, а обычным читателям поможет глубже разобраться в некоторых весьма непростых экономических вопросах.

Единственно настоящая «прибыль», которая действительно существует, – так это духовная прибыль (уровень сознания). Эта прибыль должна постоянно наращиваться. Естественно, что и капитал может быть только духовный. В приобретении духовного капитала и заключается жизнь человека. Причём, этим капиталом могут владеть все в одинаковой мере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонтьев, В. Экономические эссе: Теории, исследования, факты и политика [Текст] / В. Леонтьев. – М.: Политиздат, 1990. – 415 с.
2. Алле, М. Экономика как наука [Текст] / М. Алле. – М.: Наука для общества, РГГУ, 1995. – 168 с.
3. Эрхард, Л. Благосостояние для всех [Текст] / Л. Эрхард. – М.: Начала-Пресс, 1991. – 335 с.
4. Советский энциклопедический словарь [Текст] / гл. ред. А. М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 1985. – 1600 с.
5. Каримов, И. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана [Электрон. ресурс] / И. Каримов. – Режим доступа: <http://www.uzbekistan.kg> 2009.
6. Экспертный доклад: финансово-экономический кризис (истoki, развитие, прогноз). 2009 год [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusrand.ru>
7. Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ [Текст] / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
8. Жилин, Д. М. Теория систем: опыт построения курса [Текст] / Д. М. Жилин. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 184 с.
9. Блауберг, И. В. Становление и сущность системного подхода [Текст] / И. В. Блауберг, Э. Г. Юдин. – М.: Наука, 1973. – 270 с.
10. Губанов, В. А. Введение в системный анализ [Текст] / В. А. Губанов, В. В. Захаров, А. Н. Коваленко. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988. – 232 с.
11. Колесников, Л. А. Основы теории системного подхода [Текст] / Л. А. Колесников. – К.: Наук. думка, 1988. – 176 с.
12. Уемов, А. И. Системный подход и общая теория систем [Текст] / А. И. Уемов. – М.: Мысль, 1978. – 272 с.
13. Веников, В. А. Теория подобия и моделирования [Текст] / В. А. Веников. – М.: Высш. шк., 1966. – 487 с.

Поступила в редколлегию 25.11.2010.
Принята к печати 29.11.2010.

РОЛЬ І ЗНАЧЕННЯ ВАГОННИХ ДІЛЬНИЦЬ В ОБСЛУГОВУВАННІ ПАСАЖИРІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ

В статті визначена роль та значення вагонних ділень як важливого підрозділу пасажирського господарства залізничного транспорту, проведений аналіз діяльності ЛВЧ-1, зовнішнього середовища та запропоновано шляхи перспективного розвитку їх в обслуговуванні пасажирів з урахуванням основних маркетинго-логістичних принципів надання сервісу у поїздах.

Ключові слова: вагонна ділянка, аналіз діяльності ЛВЧ-1, основні маркетинго-логістичні принципи, сервіс, фактори підвищення ефективності підсобно-допоміжної діяльності ЛВЧ

В статье определена роль и значение вагонных участков как важного подраздела пассажирского хозяйства железнодорожного транспорта, проведен анализ деятельности ЛВЧ-1, внешней среды и предложены пути перспективного развития их в обслуживании пассажиров с учетом основных маркетинго-логистических принципов предоставления сервиса в поездах.

Ключевые слова: вагонный участок, анализ деятельности ЛВЧ-1, основные маркетинго-логистические принципы, сервис, факторы повышения эффективности подсобно-вспомогательной деятельности ЛВЧ

In the article the certain role and value of carriage areas as important subsection of passenger complex of railway transport are determined, the analysis of the passenger coach division-1 activity and the environment is conducted and the ways of their promising development in passenger services taking into account basic marketing-and-logistic principles of providing services in trains are offered.

Keywords: carriage area, analysis of passenger coach division-1 activity, basic marketing-and-logistic principles, service, factors of increasing the efficiency of subsidiary-and-auxiliary passenger coach division activity

Постановка проблеми

В грудні 2009 р. Кабінет Міністрів України вперше за роки незалежності так серйозно поставився до проблем залізничного транспорту, широко і глибоко розглянувши його стан, його досягнення й недоліки, що прийняв цілу низку рішень по болючим питанням удосконалення діяльності вагонних ділень.

Важливість і актуальність цієї задачі пояснюється тим, що робітники вагонних ділень, а саме провідники вагонів, формують імідж залізничного транспорту і сприяють залученню потенційних пасажирів для здійснення поїздки залізницями в майбутньому, а це доходи від пасажирських перевезень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженнями наукових праць провідних вчених і спеціалістів, які займалися економікою пасажирських перевезень дальнього сполучення та її розвитку, зокрема А. П. Абрамова, І. М. Аксьонова, А. Л. Артемова, Ю. С. Бараша, В. Л. Білозьорова, Н. І. Бещевої, Е. В. Белкіної, М. Н. Біленького, В. Г. Галабурди, О. В. Грозової, В. П. Гудкової, О. М. Гудкова, Ю. В. Єлізар'єва, О. О. Карась, Ю. Ф. Кулаєва, Н. М. Колесникової, М. В. Кравченко, О. Ф. Мірошніченко, В. І. Пасічника, Н. А. Потапович та ін. встановлено, що дослідженням

оцінки економічної діяльності вагонних ділень та визначенням їх ролі та важливості для економіки пасажирського господарства, вчені досі не достатньо займалися, тобто існує необхідність більш детального вивчення даного виду діяльності.

Мета статті

Метою статті є аналіз діяльності ЛВЧ, визначення їх ролі та значення для пасажирського господарства залізничного транспорту та шляхів перспективного їх розвитку в обслуговуванні пасажирів.

Виклад основного матеріалу

Вагонні ділянки втілюють у життя програми, що забезпечують поступову розбудову не тільки магістралі, а й усієї транспортної галузі та взагалі Державну програму реформування залізничного транспорту на 2010-2020 роки, що затверджено постановою Уряду від 16 грудня 2009 р. № 1390-р. Виконання даної програми дозволить розвивати і підвищувати ефективність функціонування галузі, створити нові підприємства різної форми власності, що виконують пасажирські перевезення, підвищити рівень конкуренції на транспортному ринку та ін.

Саме велика роль в реалізації завдань Програми у пасажирській сфері належить вагонним дільницям, не тільки в технології перевізного процесу, але й в підвищенні ефективності використання вагонів і локомотивів, а також зниженні собівартості та підвищенні рентабельності перевезень.

Вагонна дільниця здійснює виробничо-фінансову діяльність у відповідності із планами та кошторисом витрат, що погоджені з пасажирською службою та затверджені Південно-Західною залізницею; веде свій баланс, який входить до зведеного балансу залізниці.

Основним показником фінансового результату господарської діяльності є прибуток. Фінансовий результат (плановий прибуток) Вагонної дільниці формується, в основному, за рахунок підсобно-допоміжної діяльності та іншої операційної діяльності. Експлуатаційна робота Вагонної дільниці складається з наступних показників: підготовлено та відправлено вагонів в рейс, вагоно-кілометри пробігу на всьому шляху прямування [2].

Для здійснення якісних перевезень пасажирів та забезпечення високого іміджу, вагонні дільниці повинні надалі підвищувати культуру обслуговування пасажирів, розширювати спектр послуг, що їм надаються. Реалізація цих перспективних завдань у свою чергу потребує модернізацію виробничих потужностей Вагонної дільниці, подальшого розвитку і автоматизації складського господарства, ремонтних робіт, системи навчання та підвищення кваліфікації поїзного штату.

Покажемо важливість діяльності Вагонної дільниці на прикладі ЛВЧ ст. Київ-Пасажирський. Ця дільниця формує до рейсу 25 поїздів та 13 груп причіпних вагонів, в яких задіяно 641 вагон. Щодоби готується 21 состав та 9 груп причіпних вагонів (264 од.), по п'ятницях – 370 вагонів додаткових вагонів.

У літній період перевезення додатково вводиться до 10 поїздів, що становить 16 складів, в яких курсує 293 вагони. Всього у літніх перевезеннях задіяно 965 вагони: з них вагонів типу РІЦ – 50, СВ – 67, купейних – 321, купейних з радіозв'язком – 55, плацкартних – 442, міжбланих – 21, ресторанів – 1, багажних – 8.

Приписний парк ЛВЧ-1 складає 1244 вагона (допоміжні перевезення – 56 вагонів, в основних перевезеннях – 1188 вагона), з них старше 28 років експлуатації – 500 вагонів, тобто 40 % від вагонів основних перевезень і задіяних у перевезеннях: 323 вагони, яким виконано капітально-відновлювальний ремонт з подовжен-

ням терміну експлуатації до 40 років з дня побудови; цілий рік для перевезення дітей сформовано поїзд з 20 вагонів, яким виконано капітально-відновлювальний ремонт.

За період з 1991 року до 2008 року приписний парк зменшився на 806 вагонів з 2050 до 1244 вагонів.

Дослідження підсобно-допоміжної діяльності ЛВЧ-1 показало, що напрямками діяльності дільниці є: підготовка пасажирських поїздів і окремих вагонів до рейсу та організація їх раціональної експлуатації; екіпірування вагонів і вагонів-ресторанів пасажирських поїздів водою, паливом, постільною білизною та предметами чайної торгівлі; утримання в чистоті території, колій ремонту, екіпірування та відстою вагонів та своєчасне їх очищення від технологічних відходів, рослинності, снігу, льоду та інших забруднень.

Аналіз роботи підсобно-допоміжної діяльності показав, що відбулося значне зниження витрат в 2009 році у порівнянні з 2008 роком. Це викликано тим, що у поточному році значно знизилися обсяги перевезених пасажирів (менше на 15,1 %) і тому знизилися відповідно витрати на введення постільної білизни, знизилися об'єми механічної пральні та інші витрати.

Доходи, отримані від підсобно-допоміжної діяльності, при плані 73832 тис. грн виконано на 102,4 % та склали 75591 тис. грн. До відповідного періоду 2008 року доходів отримано на 8576 тис. грн більше, що склало 112,8 %.

Збільшення доходів від обслуговування пасажирів у поїздах в 2009 році на 8853 тис. грн до 2008 року отримано за рахунок надання пасажирам послуги постільної білизни (на 8 346 тис. грн), а саме підвищення ціни на послуги за користування з 01.06.09 р., а також за рахунок реалізації чайної продукції – на 730 тис. грн.

В 2009 році допущено зниження доходів від реалізації сервісної продукції провідниками на 616 тис. грн до відповідного періоду 2008 року, або відповідно 86,1 % з наступних причин: зниження пасажиропотоку та платоспроможності населення; середній дохід від одного перевезеного пасажирів склав – 0,74 грн, у минулому році – 0,71 грн.

Від інших послуг, що надаються пасажирам у поїздах, отримано доходів на суму 527 тис. грн, що більше відповідного періоду минулого року на 27 тис. грн (105,4 %), за рахунок збільшення доходних надходжень від експрес-передач на 132 тис. грн; від комісійного збору – на 6 тис. грн.

Від інших видів діяльності (послуги населенню та іншим підприємствам) отримано доходів більше на 37 тис. грн, за рахунок збільшення доходів від доставки пошти (експрес-передачі) – 41 тис. грн.

При цьому значно знизилися доходи від рекламної діяльності підприємства – у порівнянні з 2008 роком отримано доходів на 159 тис. грн менше (64,3 %) з причини зменшення потенційних рекламодавців у зв'язку з кризовою ситуацією в країні.

Збитковим підрозділом дільниці є студія звукозапису, в 2009 році вона склала 102 тис. грн, у 2008 році – 91 тис. грн.

В цілому, в 2009 році від підсобно-допоміжної діяльності отримано прибуток на суму 23210 тис. грн, що більше 2008 року на 8920 тис. грн (+71,5 %). Темп росту доходів за 2009 рік склав 112,8 %, витрат – 94,4 %.

Рентабельність підсобно-допоміжної діяльності склала 48,23 % проти 28,02 % у 2008 році, за рахунок підвищення доходних надходжень у зв'язку з підвищенням цін на послуги.

Результати фінансової діяльності Вагонної дільниці по роках зображено на рис. 1.

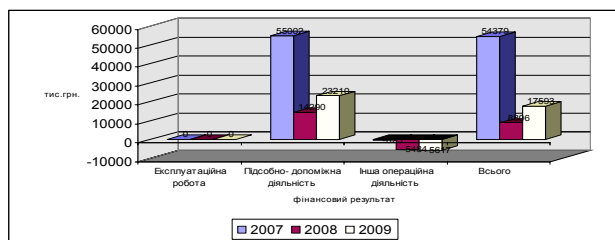


Рис. 1 Динаміка фінансового результату вагонної дільниці, тис. грн

Доходи від операційної діяльності за 2008-2009 рр. зросли на 744 тис. грн, що становить 103,2 %. Доходи були отримані за такими показниками як реалізація оборотних активів, дохід від списання кредиторської заборгованості, операційної оренди активів, доходи від послуг, наданих страховим компаніям та ін.

Отже, провівши дослідження діяльності ЛВЧ-1, можна запропонувати такі шляхи перспективного розвитку її в обслуговуванні пасажирів.

В організаційній структурі управління вагонних дільниць можливо провадження єдиної служби маркетингу, на яку будуть покладені обов'язки з підготовки структури ЛВЧ і персоналу до умов маркетингової стратегії та сучасного ринку.

Функціонування єдиної служби маркетингу у ЛВЧ-1 дозволить своєчасно виконувати вимоги пасажирів щодо обслуговування та забез-

печити оптимізацію управління сервісом у поїздах, інформаційними і фінансовими потоками.

Докорінно необхідно змінити адміністративно-господарську роботу вагонних дільниць, зорієнтувавши їхній персонал на підвищення стандартів якості обслуговування пасажирів. Всі працівники ЛВЧ повинні ясно розуміти, що від їхньої діяльності, в значній мірі, залежить імідж залізниць, залучення потенційних пасажирів та доходи ЛВЧ. В остаточному підсумку – це доходи залізниці.

З урахуванням того, що ЛВЧ являє собою цілісну й відкриту систему, яка взаємодіє із зовнішнім середовищем, для досягнення максимального успіху визначені фактори підвищення ефективності її підсобно-допоміжної діяльності, які враховують:

- забезпечення конкурентоспроможності продукції ЛВЧ за рахунок якості, асортименту і підвищення рівня кваліфікації працівників;

- впровадження нових технологій, сучасного рухомого складу, врахування вимог пасажирів і своєчасного реагування на їх зміни.

Це дозволить пов'язати сформульовану мету безпосередньо із засобами її досягнення та проводити цілеспрямовану роботу з розробки та освоєння нововведень, виявляти їх сильні та слабкі сторони, відбирати найбільш ефективні варіанти можливих рішень.

З використанням принципів надання сервісу у поїздах [1], вагонні дільниці зможуть просуватися вперед, закріпивши вже зараз наявні помітні успіхи й допомогти залізницям зберегти своє лідируюче положення на ринку пасажирських перевезень:

1. Поліпшення якості перевезень – це життєво необхідно для досягнення комерційного успіху, а, отже, і заможності залізниць, як галузі та підвищенню рівня стандартів якості обслуговування пасажирів у поїздах. Відповідно найбільш важкий і різноманітний спектр послуг перебуває в поїзді, тобто у сфері діяльності ЛВЧ. Досить різноманітний і важкий для персоналу сервіс послуг, що надається у поїзді, він запам'ятовується пасажирами всіх категорій. Центральною фігурою поїзного сервісу є провідник. Основний принцип обслуговування пасажирів у поїзді: поїздка повинна бути, при якісному обслуговуванні пасажирів в поїздах, продовженням відпочинку або виконанням службових функцій.

2. Розширення асортименту послуг, які надаються у поїздах і в підсобній діяльності ЛВЧ – це для вагонних дільниць один зі спосо-

бів продемонструвати свої творчі здібності, розуміння інтересів і потреб споживачів (пасажирів) і одночасне підвищення свого професіоналізму, а також іміджу пасажирського залізничного господарства.

3. Головний маркетинго-логістичний принцип обслуговування пасажирів у поїздах – закріпити їх перше враження після розміщення у вагоні. Наприклад, діловим людям, крім інших послуг, створити умови для службової роботи на шляху прямування. У цих цілях у поїздах потрібно передбачати окремі здвоєні купе, які обладнані по типу салонів-вагонів та відповідними меблями. У таких купе можуть зібратися до 10 чоловік для наради, підготовки професійного документу або інших цілей. За попередніми заявками залізниці можуть надати перекладачів, стенографістів, друкарок й інші послуги. Офіси-салони в поїздах забезпечувати телефонним зв'язком, комп'ютерами й ін. засобами. У службовому купе потрібно мати газети, журнали, настільні ігри, медичну аптечку для надання першої допомоги пасажирам, а також чай, каву та ін. Не можна забувати також про особливості обслуговування інвалідів.

Вагони для інвалідів потрібно обладнати спеціальними підйомниками, або автоматичними устроями, для їхньої посадки з колясками із платформи у вагон, а на деяких платформах – ліфти (загалом, за останні 4 місяці даними та іншими послугами скористалися понад 1,5 тисячі осіб з обмеженими фізичними можливостями).

Враховуючи важливість соціального захисту інвалідів, процеси поліпшення їх обслуговування повинні підтримувати місцеві органи влади шляхом виділення залізничникам відповідних коштів.

Для підвищення сервісу під час поїздки до рівня міжнародного стандарту, необхідно дотримуватися того, щоб середній вік рухомого складу залізниць становив 14,5 років (це для того, щоб не відстати по комфортності від сервісу відповідних вимог ЄС).

4. Слід враховувати, що конкурентна боротьба змушує кожний вид транспорту шукати способи залучення пасажирів для здійснення поїздки. Сервіс є одним з найважливіших факторів підвищення конкурентоспроможності залізничних пасажирських перевезень на транспортному ринку. Конкурентоспроможність, у розглянутій сфері діяльності, безпосередньо пов'язана з поняттям її ефективності. З огляду на значення сервісу в підвищенні конкурентоспроможності, на залізницях розвинених країн,

при організації пасажирських перевезень, його вдосконалюванню приділяють підвищену увагу.

5. Обов'язковість пропозиції означає, що гарний сервіс у поїзді не можна організувати без комфортабельного рухомого складу і сучасних інформаційних систем і т.д.

6. Необов'язковість використання означає, що сервіс не повинен нав'язуватися пасажирові. Рішення останнього, як покупця транспортних послуг, повинне бути абсолютно вільним.

7. Еластичність означає, що комплекс сервісних заходів і асортименти транспортних послуг у поїзді повинні бути досить широкими: від мінімально необхідних до максимально доцільних. Мінімально необхідні сервісні послуги – це інформування пасажирів про зміну часу курсування поїзда або часу, його прибуття на кінцеву чи іншу станцію, консультація щодо умов надання послуг й т.п. Інформування пасажирів з різних питань під час поїздки – це також форма сервісу та її складова в поїзді.

8. Зручність пасажира в дорозі. Цей показник пов'язаний із тривалістю перебування пасажира в дорозі, календарним періодом здійснення поїздки і рівнем сервісу в поїздах. Він є одним з основних факторів, що сприяють підвищенню конкурентоздатності залізниць. Нормальні комфортні умови для відпочинку в дорозі, як і відсутність черг і гарантія покупки проїзних документів на вокзалах, залучають пасажирів та формують позитивний імідж залізниць.

9. Технічна адекватність. Якщо технічний стан рухомого складу для перевезення пасажирів, а також технологія сервісу у поїзді, як і на всіх етапах перевезення, не будуть відповідати пропонованим до них вимогам, розраховувати на високу якість сервісу і його ефективність досить важко, а точніше – неможливо.

10. Гнучка цінова політика на послуги, що надаються. Удосконалення цінової політики й системи реалізації послуг у поїздах дозволить розробити власні гнучкі ціни, які будуть ураховувати купівельну спроможність пасажирів різних категорій і відповідати специфічним їхнім інтересам і одночасно розвивати успіхи в бізнесі.

В умовах розвитку транспортного ринку й конкуренції між видами транспорту, важливе значення для формування доходів мають ціни послуг у поїзді. Не обґрунтований їх рівень, з метою збільшення доходів і прибутку, дуже часто дають зворотній результат: знижується попит на перевезення, що викликає зменшення

доходів. Ціни на послуги у поїзді варто встановлювати з урахуванням попиту і пам'ятати, що сервісне обслуговування у поїздах й ін. – це не стільки джерело додаткового прибутку, скільки стимул, що сприяє залученню потенційних пасажирів на залізничний транспорт, для покупки його основної послуги (право на поїздку до місця призначення) і покупки послуг, що супроводжують перевезенню.

11. Поліпшення інформаційного обслуговування пасажирів у поїздах. Об'єктом постійної критики дотепер є якість (або взагалі наявність) точної інформації, надаваної в поїздах. Завдання – надавати щохвилинну інформацію про послуги, у яких бідують клієнти в поїздах. Кінцева мета – забезпечити пасажирам доступ до повної інформації про їхню подорож перед його початком, а також протягом поїздки.

12. Безпека. Поліпшення безпеки – ще один принцип сервісу, де пасажирів, цілком з'ясовано, вимагають постійних удосконалень. Підвищення загального рівня безпеки пасажирів під час поїздки та в поїзді й, що особливо важливо, – їхнє почуття безпеки, має й супутній ефект, що допомагає збільшити обсяги перевезень.

13. Розвиток та оновлення основних фондів вагонних дільниць. Поряд з підвищенням рівня безпеки істотне місце в прагненні зробити залізничний транспорт більш привабливим і доступним, займає їхня реконструкція й відновлення інфраструктури й основних фондів.

14. Збільшення дотацій залізниць і держави – основна умова підвищення стандартів якості обслуговування пасажирів, зміцнення іміджу залізничної галузі. Створення залізничної мережі для майбутнього століття – це головне завдання не тільки залізничної галузі, але й уряду, регіонів і інших інстанцій.

Висновки

Сервісне обслуговування в поїздах потрібно ґрунтувати на задоволенні потреб і бажань споживачів (пасажирів). Для цього необхідно використовувати всі наявні у ЛВЧ ресур-

си: предмети і засоби праці й особливу групу ресурсів – інформаційну. Причому, ресурси використовувати з найбільшим прибутком для ЛВЧ і споживача. Цей важливий принцип взаємної вигоди, в цивілізованій ринковій економіці, істотно відрізняється від нашого «дикого ринку». В Україні за минулий час від дня незалежності нічого не змінилося, інтереси споживача як не враховувалися, так і не враховуються зараз.

Питань, пов'язаних із принципами обслуговування пасажирів, досить багато і їх необхідно вирішувати. Основний напрямок рішень – забезпечити якісне, безперебійне й високоефективне обслуговування, тобто тих рішень, виконання яких забезпечує одержання максимального прибутку. Особливо важлива роль якості, тому що з якості послуг повинен впливати прибуток, а не передувати їй.

Діяльність ЛВЧ повинна орієнтуватися на динаміку запитів пасажирів і відгукуватися на них. Задоволення запитів пасажирів при їхньому обслуговуванні, в тому числі у поїздах – це ключовий фактор, що формує імідж пасажирських перевезень та потребу удосконалення маркетинго-логістичних принципів надання сервісу в поїздах для обслуговування пасажирів вагонними дільницями, як важливим підрозділом пасажирського господарства.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аксенов, И. М. Эффективность пассажирских железнодорожных перевозок [Текст] : монография / И. М. Аксенов. – К.: Изд-во «Транспорт Украины», 2004. – 284 с.
2. Звітність фінансово-економічної діяльності ЛВЧ-1 за 2007-2009 роки [Текст].

Надійшла до редколегії 10.11.2010.

Прийнята до друку 19.11.2010.

СТАБИЛЬНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК КАК ЦЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Автором розглядаються сучасні аспекти функціонування системи перевезень залізничним транспортом у Республіці Білорусь. Дається опис нового інноваційного підходу до організації пасажирських залізничних перевезень. Наведено порівняльний аналіз ряду значущих показників роботи залізничного транспорту з вантажних і пасажирських перевезень за період 2005–2009 рр. Охарактеризовано необхідність і можливості побудови логістичної системи залізничних пасажирських перевезень.

Ключові слова: система пасажирських залізничних перевезень, побудова логістичної системи, новий інноваційний підхід, стабільність функціонування

Автором рассматриваются современные аспекты функционирования системы перевозок железнодорожным транспортом в Республике Беларусь. Дается описание нового инновационного подхода к организации пассажирских железнодорожных перевозок. Приведен сравнительный анализ ряда значимых показателей работы железнодорожного транспорта по грузовым и пассажирским перевозкам за период 2005–2009 гг. Охарактеризована необходимость и возможности построения логистической системы железнодорожных пассажирских перевозок.

Ключевые слова: система пассажирских железнодорожных перевозок, построение логистической системы, новый инновационный подход, стабильность функционирования

The author considers the modern aspects of the railway transportation system in the Republic of Belarus. A description of a new innovative approach to the organization of passenger rail services is given. A comparative analysis of several important indices of rail freight and passenger traffic for the period 2005–2009 is presented. The need and possibility of constructing a logistics system for railway passenger transport are characterized.

Keywords: system of passenger railway transportation, construction of logistics system, new innovative approach, stability of functioning

Транспорт является самостоятельной, однако, достаточно специфичной отраслью народного хозяйства Республики Беларусь. Основное внимание по-прежнему уделяется грузовым перевозкам, и транспорт рассматривается здесь с позиций вспомогательного элемента промышленного комплекса. При этом пассажирские перевозки оказываются для промышленного развития и роста не столь актуальными и потому – развивающимися самостоятельно, без конкретной направленности, которая бы отвечала потребностям пассажиров, перевозчиков и государства. Этим во многом и обусловлены уровни сегодняшнего развития каждого из видов транспорта и видов перевозок в транспортном комплексе страны. Система железнодорожных перевозок не является исключением.

В настоящее время система железнодорожного транспорта Республики Беларусь требует организации перевозок на качественно новом уровне, что позволит привести их к уровню, диктуемому перевозчиками стран Европейского союза и СНГ. Для этого необходимым является не только внедрение новейших технологий и, соответственно, рост объемов инвестиру-

ния в основной капитал, но также и перестройка механизма функционирования железнодорожной системы перевозок в целом. При этом достаточно остро встает вопрос модернизации материально-технической базы железнодорожного транспорта (в особенности по подвижному составу, задействованному для пассажирских перевозок) и внедрения инновационных технологий в перевозочный процесс.

В последние годы сформирован новый подход к развитию железнодорожного транспорта страны. В целом железнодорожный транспорт представляет собой инерционную систему, которая не может развиваться одинаково эффективно по всем направлениям. Суть нового подхода заключается в том, чтобы быстро внедрить инновационные технологии в пассажирский сегмент транспортной деятельности в части развития логистики пассажирских перевозок. На основании полученного положительного результата инновационного развития пассажирского сегмента разрабатываются мероприятия инновационного развития транспорта в целом. При этом существуют следующие

проблемы, которые требуют первоочередного решения. К ним отнесены:

- инновационный путь развития железнодорожной логистики, предусматривающий развитие пассажирского сектора, несмотря на его убыточность в части сегментов пригородного и местного сообщения;

- внедрение нового формата организации пассажирских перевозок с гармонизацией внутригородских, пригородных и дальних видов сообщений;

- минимизация затрат по элементам технологического процесса с учетом оптимизации использования ресурсов в отраслевых хозяйствах железной дороги.

В отечественной практике использование понятия «логистика» начато относительно недавно. Необходимо отметить, что иностранные исследователи уже несколько десятилетий выделяют логистику в отдельную науку (специфическую область знаний). Таким образом, говорить о соответствии теоретических подходов к изучению логистики и решению логистических задач в отечественной и зарубежной практике сложно. При этом российские авторы (Гаджинский А. М., Миротин Л. Б., Неруш Ю. М. и др.) наибольшее внимание уделяют непосредственно производственной логистике, которая включает внутрипроизводственную, закупочную, распределительную логистику [1–3]. Наиболее распространенное определение логистики – это наука о планировании, контроле и управлении транспортировкой, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до производственного предприятия, внутризаводской переработки сырья, материалов и полуфабрикатов, доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передачи, хранения и обработки соответствующей информации [1]. При этом место и роль транспортной логистики определяются лишь как вспомогательное звено системы производственной логистики. В данном случае транспорт рассматривается как вспомогательный сектор производственно-хозяйственной системы страны, а не в качестве отдельной самостоятельной отрасли народного хозяйства страны.

Несколько иначе дело обстоит при рассмотрении опыта украинских исследователей. Проф. Копытко В. И. рассматривает логистический подход непосредственно в сфере транспорта и, в частности, – в сегменте железнодо-

рожных пассажирских перевозок [4]. Указанный автор акцентирует внимание на логистической концепции управления железнодорожными пассажирскими перевозками, как включающей элементы государственного регулирования, так и отвечающей современным рыночным условиям.

В Республике Беларусь, как и на территории большинства стран постсоветского пространства, трактовка понятия «логистика» по большей части относится к сфере производственно-сбытовых отношений, т.е. к торгово-промышленному комплексу. Поэтому применение логистического подхода и соответствующих логистических принципов при построении системы, внедрение комплекса необходимых мероприятий, соответствующих передовому опыту в области логистики осуществляется по-прежнему для целей промышленных предприятий и товаропроводящих систем. Причем транспортная система здесь участвует только лишь в качестве одного из элементов, обеспечивающих перемещение материальных потоков между звеньями логистической системы и доставки продукции ее потребителям. Однако современные тенденции мирового развития в области экономических отношений и транспортных систем не позволяют функционировать в рамках давно устоявшейся и не всегда эффективной транспортной системы, которая в минимальной степени реализует основные принципы логистики, как в грузовом, так и в пассажирском секторах транспортной деятельности.

В связи с этим присутствует необходимость применения логистики по отношению к транспортной системе железнодорожных пассажирских перевозок как к самостоятельному производственному элементу народно-хозяйственного комплекса страны, исключая рассмотрение его только в разрезе промышленного комплекса. При этом сегодня на железнодорожном транспорте понятие «логистика» используется почти повсеместно, но по большей части в системе грузовых перевозок.

В пассажирских перевозках понятие логистики не используется потому, что сложилось устойчивое мнение, что пассажиру логистика не нужна. Такое мнение сложилось потому, что значительная часть пассажирских перевозок выполнялась в процессе реализации одного маршрута поезда. С возникновением потребности у пассажира в процессе выполнения поездки использовать несколько маршрутов одного или нескольких видов транспорта без применения логистики нельзя обеспечить комфортность

его поездки. Эта потребность определяет аргументированные цели необходимости развития логистики пассажирских перевозок. К ним отнесены:

- стабильность функционирования транспортной системы по железнодорожным перевозкам пассажиров;
- доступность для большинства населения страны транспортных услуг, выполняемых на высоком качественном уровне и по приемлемым тарифам;
- эффективность работы транспортной системы страны в целом с учетом максимального удовлетворения предприятий и населения в транспортных услугах.

Следует отметить, что сегодня не все элементы системы железнодорожных перевозок страны развиваются достаточно динамично, «симметрично» и пропорционально потребностям, существующим в стране на соответствующие транспортные услуги. Более равномерное и быстрое развитие характерно для подсистемы железнодорожных пассажирских перевозок. Это связано, в первую очередь, с постоянно возрастающим спросом на пассажирские перевозки: большие объемы перевозок пассажиров связаны с увеличением благосостояния населения в странах, население которых ранее имело скромный достаток, позволяющий максимально использовать пригородные перевозки, не требующие логистики и комфорта, структуризации и системности.

С учетом роста доходов населения Республики Беларусь, Российской Федерации, и особенно Китая, а также ограниченных возможностей воздушного транспорта услуги железнодорожного транспорта в прямом сообщении становятся привлекательными, а их развитие – приоритетным для железнодорожных администраций. Соответственно железнодорожные пассажирские перевозки постепенно становятся значительно более доходными и эффективными (как это видно на примере Франции (SNCF), где массовость высококомфортабельных перевозок пассажиров на сверхскоростных специализированных железнодорожных линиях привела к их высокой доходности). В странах постсоветского пространства поэтапно возрастают требования у пассажиров к качеству оказываемой транспортной услуги, набору и качеству сопутствующих услуг и сервису. Вместе с тем значительная часть пассажирских железнодорожных перевозок в большой степени является социально значимой, что накладывает ряд ограничений в части ценообразования и тари-

фов, а также делает особенно востребованным применение современных логистических принципов и подходов, построение качественно новой системы железнодорожных пассажирских перевозок – логистической системы.

При анализе отдельных эксплуатационных показателей работы железнодорожного транспорта страны по грузовым и пассажирским перевозкам (рис. 1 – 2) за анализируемый период (2005–2009 гг.) влияние указанных особенностей становится очевидным.

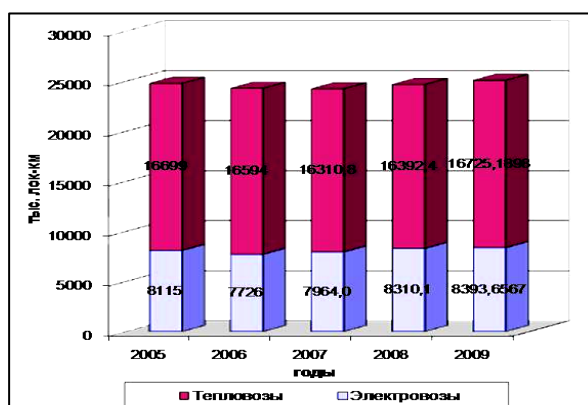


Рис. 1. Локомотиво-километры общего пробега в пассажирском движении

Основными из показателей, характеризующих эффективное или неэффективное использование пассажирского подвижного состава, являются объем затраченных локомотиво-километров и локомотиво-часов, расход топлива и электроэнергии на тягу поездов, использование локомотивных бригад электровозов, тепловозов, дизель- и электропоездов.

Как видно из рис. 1, величина рассматриваемого показателя – локомотиво-километры в пассажирском движении – в исследуемом периоде (2005–2009 гг.) значительных изменений не претерпела (изменение в 2008 году по отношению к 2005 году составило по локомотиво-километрам, выполненных электровозами, – рост на 195,3 млн лок-км, по выполненным тепловозами – падение на 306,5 млн лок-км). Однако, внутри данного временного интервала локомотиво-километры общего пробега в пассажирском движении, выполненные тепловозами, имели тенденцию к уменьшению (до 16594 млн лок-км в 2006 году и до 16310,8 млн лок-км в 2007 году). Величина указанного показателя, выполненная электровозами в 2006 году, также имела тенденцию к уменьшению и составила 7726 млн лок-км, но уже в 2007 году объем выполненных локомотиво-километров возрос до 7964 млн лок-км. При этом увеличение рассматриваемого показателя в 2008 году

произошло по обоим видам тяги и составило 0,5 % и 4,3 % соответственно по тепловозной и электровозной тяге. В 2009 году также наблюдался рост показателя.

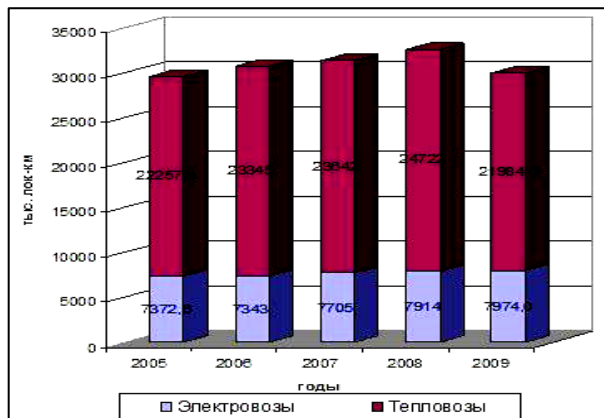


Рис. 2. Локомотиво-километры общего пробега в грузовом движении

Представленная диаграмма (рис. 2) наглядно иллюстрирует структурированную динамику выполнения тяговым подвижным составом Белорусской железной дороги локомотиво-километров общего пробега в грузовом движении в 2005–2009 гг. Видно, что в период 2005–2008 гг. данный показатель имел устойчивую положительную динамику – его величина составляла в 2005 г. 29,630,2 тыс. лок-км, а в 2008 г. – уже 32636 тыс. лок-км, т.е. рост за четыре года составил 3005,8 тыс. лок-км, или 10,14 %. Причем внутри периода также наблюдалось увеличение показателя: в 2006 г. – на 1057,8 тыс. лок-км (на 3,57 %), в 2007 – на 659 тыс. лок-км (2,15 %), в 2008 – на 1289 тыс. лок-км (4,11 %) по отношению к каждому предыдущему году соответственно. Но в 2009 г. значение рассматриваемого показателя снизилось на 2677,6 тыс. лок-км, или на 8,2 % по отношению к прошлому году. Такая отрицательная тенденция обеспечена некоторым снижением объемов перевозок в 2009 г. Однако динамика показателя относительно электровозной и тепловозной тяги не столь однозначна.

Не менее интересным является положение в подсистемах грузовых и пассажирских перевозках железнодорожным транспортом в части количественного наличия и обновления вагонного подвижного состава (рис. 3 – 4).

Как видно из представленного рис. 3, в 2005 году эксплуатационный парк пассажирских вагонов составлял 1734 единицы, а в 2009 году – только 1684, при этом в период 2006–2008 гг. парк пассажирских вагонов оставался на одном уровне – 1717 единиц. Такая отрицательная динамика численности вагонного подвижного со-

става для пассажирских перевозок связана со значительной его изношенностью. Большая доля вагонов используется сверх нормативного срока эксплуатации. При условии проведения капитального ремонта пассажирского вагона возможно продлить его использование на срок до половины нормативного (примерно на 10 лет). Однако вагонов, уже прошедших такой ремонт, достаточно много. И Белорусская железная дорога нуждается в своевременном обновлении вагонного подвижного состава. Но зачастую такое обновление невозможно произвести в том же объеме, что и списание устаревших вагонов. В связи с этим заметно, что численность пассажирских вагонов в рассматриваемом периоде (с 2005 по 2009 годы) снизилась на 50 единиц. При этом в 2009 году по сравнению с предыдущим число вагонов стало меньше на 33 единицы.

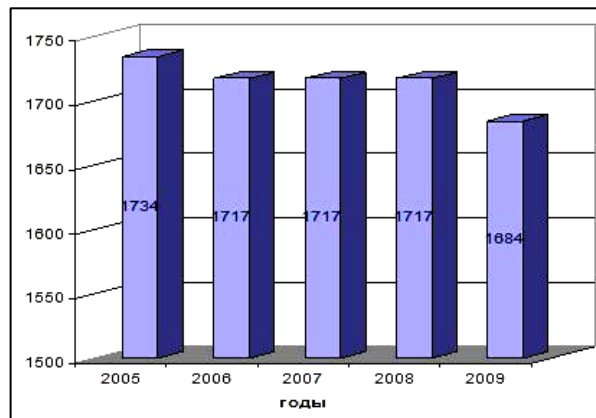


Рис. 3. Эксплуатационный парк вагонов (пассажирских)

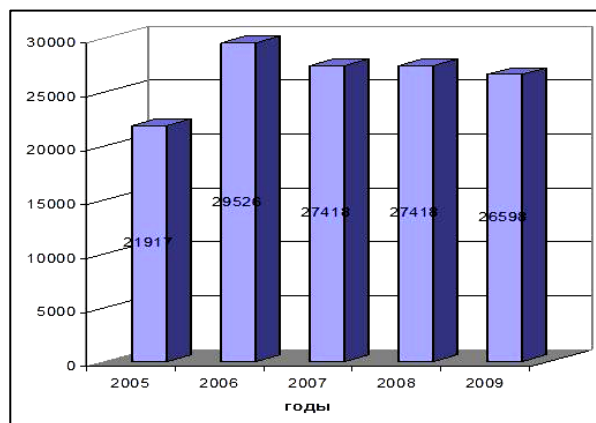


Рис. 4. Эксплуатационный парк вагонов (грузовых)

Как видно из представленной диаграммы (см. рис. 4), эксплуатационный парк грузовых вагонов Белорусской железной дороги в 2009 г. составил 26598 единиц вагонов различных типов. Т.к. для перевозок конкретных видов грузов используется как унифицированный (кры-

тые вагоны, полувагоны и т. п.), так и специализированный (цистерны, думпкары, рефрижераторы и т. п.) вагонный подвижной состав, то парк вагонов каждого типа соответствует средним объемам перевозимых грузов. Видно, что в 2005 году парк грузовых вагонов составлял 21917 единиц. К концу рассматриваемого периода (2005–2009 гг.) парк грузовых вагонов увеличился на 21,4 %. Причем в 2006 г. число грузовых вагонов увеличилось на 7609 единиц (или на 34,72 %) по отношению к предыдущему году. А уже в 2007 г. произошло уменьшение парка вагонного подвижного состава на 2108 единиц (или на 7,14 %). В следующем году число грузовых вагонов оставалось неизменным. В 2009 г. также произошло уменьшение количества вагонов для грузовых перевозок на 820 единиц (или на 2,99 %).

Такая динамика свидетельствует о достаточно масштабном обновлении вагонного подвижного состава для грузовых перевозок и его численном увеличении (что отчетливо видно на диаграмме – данные 2006 г.). В 2005 году произошла масштабная закупка грузовых вагонов и незначительное их количество было списано, а в последующие годы (2006–2009 гг.) закупки новых вагонов для грузовых перевозок или не производились, или были осуществлены в малых объемах, а списание устаревшего вагонного подвижного состава приобрело более масштабный характер.

Поступательное обновление грузового вагонного парка является не определенной «данью моде», а необходимостью соответствовать международным стандартам.

Из приведенных рассуждений видно, что с использованием транспортной логистики как в грузовом, так и в пассажирском движении можно эффективно управлять ресурсами, направляемыми на выполнение перевозочного процесса. При этом:

– использование топливно-энергетических ресурсов через принципы логистики может быть оптимальным;

– инновационное развитие структурных элементов транспортной системы с учетом потребностей транспортной логистики, что уменьшит затраты на развитие в соответствии с потребностями перевозок.

Внедрение логистического подхода в сфере железнодорожных пассажирских перевозок позволит перевести их на качественно новый уровень и обеспечить рост объемов пассажирских перевозок по всем видам перевозок пассажиров. Это может сделать пассажирские перевозки не только окупаемыми, но и рентабельными, что обеспечит их привлекательность для инвестирования.

Использование логистического подхода в пассажирских перевозках позволит поэтапно перейти от их выполнения в условиях функционирования затратного механизма организации перевозок к новой экономической модели, основанной на адекватном качеству и объему перевозок пассажиров механизме обоснованных расходов по элементам затрат с индивидуальным подходом к их использованию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаджинский, А. М. Логистика [Текст] : учебник для высш. и сред. спец. учебных заведений / А. М. Гаджинский. – 3-е изд., перераб и доп. – М.: Инф.-внедр. центр «Маркетинг», 2000. – 375 с.
2. Николайчук, В. Е. Логистический менеджмент [Текст] / В. Е. Николайчук. – М.: Дашков и К, 2009. – 978 с.
3. Транспортная логистика [Текст] / Л. Б. Миротин [и др.]. – Изд. 2-е, стереотип. – М.: Экзамен, 2005. – 511 с.
4. Копитко, В. І. Логістичний підхід у створенні ефективного механізму управління пасажирськими перевезеннями залізничним транспортом [Текст] / В. І. Копитко // Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті: Матеріали Першої Міжн. наук.-практ. конф. – К.: ДАЗТУ, 2009. – С. 54-57.

Поступила в редколлегию 20.11.2010.

Принята к печати 27.11.2010.

УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ТА ЯКІСТЮ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

В статті викладено положення щодо вдосконалення процедури ліцензування пасажирських та вантажних перевезень, технічних умов надання послуг, пов'язаних із перевезеннями пасажирів і вантажів.

Ключові слова: ліцензування перевезень, транспортні послуги, технічний регламент

В статье изложены положения по усовершенствованию процедуры лицензирования пассажирских и грузовых перевозок, технических условий предоставления услуг, связанных с перевозками пассажиров и грузов.

Ключевые слова: лицензирование перевозок, транспортные услуги, технический регламент

The article presents the provisions to improve procedure of licensing of passenger and freight transportation, technical specifications for services related to the passenger and freight transportations.

Keywords: licensing of transportations, transport services, technical regulation

У 1999-2000 роках для галузі залізничного транспорту був запроваджений комплекс законодавчих актів, спрямованих на підвищення безпеки та якості послуг, що надаються суб'єктами господарювання, діяльність яких пов'язана з наданням послуг з перевезення пасажирів і вантажів. До них відносяться:

- Закон України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності» – основний закон, який визначає основні принципи і методи державного регулювання;
- Закон України «Про природні монополії», який визначає вимоги до суб'єктів господарювання, що займають монополію на ринку транспортних послуг;
- Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів», який визначає вимоги до суб'єктів господарювання, що надають транспортні послуги з перевезення небезпечних вантажів;
- Закон України «Про транзит вантажів», який визначає порядок організації та здійснення транзитних перевезень вантажів через територію України;
- Закон України «Про державні соціальні стандарти і державні соціальні гарантії», який визначає основні показники якості обслуговування пасажирів при організації і перевезенні пасажирів транспортом, їх введення вимагало істотних змін принципів державного регулювання господарської діяльності суб'єктів господарювання, що працюють на ринку транспортних послуг.

Створення комплексу законодавчих актів було спрямовано на забезпечення безпеки та

якості транспортних послуг, обмеження монополізму та розвитку конкуренції, а також створення рівних умов для розвитку господарської діяльності суб'єктів господарювання, діяльність яких пов'язана з наданням послуг з перевезення пасажирів і вантажів залізничним транспортом та повинна забезпечити:

- потребу громадян, підприємств і організацій у перевезеннях;
- якісне і своєчасне перевезення вантажів і пасажирів;
- права та пільги пасажирів, а під час їх тривалих перевезень відпочинком, якісною питною водою, харчуванням, можливістю задоволення інших біологічних потреб на вокзалах та у поїздах;
- виконання державних замовлень (контрактів) із забезпечення потреб оборони і безпеки України;
- безпеку перевезень та умов перевезень;
- попередження аварій і нещасних випадків та усунення причин виробничого травматизму;
- охорону довкілля від шкідливого впливу транспортних засобів.

Відповідно до ст. 1 Закону України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності» «ліцензія» є єдиним документом дозвільного характеру, який надає право суб'єкту господарської діяльності здійснювати вид господарської діяльності, який регулюється цим Законом, у разі виконання ним ліцензійних умов для цього виду діяльності. При цьому господарською діяльністю згідно ст. 1 цього Закону є «...будь-яка діяльність, в тому числі під-

приємницька, юридичних осіб, а також фізичних осіб – підприємців, що пов'язана з виробництвом (виготовленням) продукції, торгівлею, наданням послуг, виконанням робіт».

З точки зору Закону України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності», вище названий термін розуміється не тільки, як підприємницька діяльність, і включає діяльність спрямовану не лише на отримання доходу (прибутку), але й діяльність, яка пов'язана «з виробництвом (виготовленням) продукції, торгівлею, наданням послуг, виконанням робіт».

Для подальшого розуміння особливостей ліцензування посередницької діяльності необхідно розглянути також визначення виробництва. Згідно з ст.1 Закону України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності», «Виробництво (виготовлення, ремонт) – діяльність, що пов'язана з випуском продукції, яка включає всі стадії технологічного процесу, а також реалізацію продукції власного виробництва».

Якщо дослівно сприймати це визначення, виходить, що виробництво можна класифікувати лише як діяльність, що охоплює весь технологічний процес, включаючи всі його стадії і реалізацію кінцевої продукції. Таке визначення здається не зовсім коректним, оскільки в цьому випадку підрядники, які виконують окремі операції технологічного процесу, можуть випускати неякісну продукцію, яку контролювати за допомогою ліцензування не представляється можливим. На нашу думку, більш правильно було б говорити про виробництво продукції, включаючи будь-які стадії технологічного процесу, але зовсім не обов'язково все – необхідно контролювати найбільш відповідальні. У цьому випадку ліцензію на виробництво повинен отримувати той з них, хто виконує найбільш відповідальні процеси, включаючи введення її в експлуатацію. Це дозволяє реалізувати функцію, закладену не тільки в цьому законі, але і в Законі України «Про підтвердження відповідності».

Здійснення діяльності суб'єктами господарювання, який відповідно до Закону України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності» підлягає ліцензуванню, без отримання ліцензії є незаконним, а укладені суб'єктами договори на здійснення такої діяльності, повинні визнаватися недійсними на підставі ст.206 та 208 Цивільного кодексу України. За здійснення такої діяльності Кодексом України про адміністративні правопорушення передбачено застосування в цьому разі адміністратив-

них штрафів (ст. 164) від 3 до 8 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян з конфіскацією продукції та сировини чи без такої. Кримінальним Кодексом України передбачено застосування збільшеного розміру адміністративного штрафу – від 100 до 250 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян або обмеження волі на строк до двох років.

Суб'єктам господарювання при оформленні документів на отримання ліцензії необхідно керуватися Законом України «Про ліцензування відповідних видів господарської діяльності» і постановою Кабінету Міністрів України від 04.07.2001р. №756 «Про затвердження переліку документів, які надаються до заяви про видачу ліцензії для окремого виду господарської діяльності».

Отримання ліцензії на надання послуг, пов'язаних з перевезенням вантажів і пасажирів залізничним транспортом передбачає організацію дозвільної системи ліцензування. Це означає, що суб'єкт господарської діяльності для отримання ліцензії, окрім загальноприйнятих документів – заяви і свідоцтва про реєстрацію підприємства, надає технічні умови (технічний регламент), який визначають порядок і умови надання послуг та затверджуються керівником підприємства.

Регламентация господарської діяльності, пов'язаної з наданням послуг при організації процесу перевезень пасажирів, вантажів здійснюється нормативно-правовим актом «Ліцензійні умови здійснення господарської діяльності при наданні послуг, пов'язаних з перевезенням пасажирів, вантажів залізничним транспортом», затвердженим сумісним наказом Міністерства і Держпідприємством, правомірність якого підтверджується шляхом реєстрацією його в Міністерстві юстиції України.

Цей документ вимагає від суб'єкта господарювання виконання кваліфікаційних, організаційних, технологічних і інших умов здійснення діяльності. Особливо в цьому документі виділені умови здійснення діяльності суб'єктами господарювання, які надають послуги, пов'язані з перевезенням небезпечних вантажів.

У кваліфікаційних вимогах наведені вимоги до:

- освітньо-кваліфікаційного рівня керівників, фахівців та робітників суб'єктів господарювання;
- періодичності підвищення кваліфікації персоналу суб'єктів господарювання і, окремо, до працівників, які надають послуги, пов'язані з перевезенням небезпечних вантажів;

– знання норм охорони праці, пожежної безпеки та експлуатації залізничного транспорту.

У організаційних вимогах наведені вимоги до організаційної структури підприємства, які встановлюють необхідність мати в структурі підприємства персонал, відповідальний за якість та безпеку надання послуг, а також персонал, що відповідає за безпеку перевезення небезпечних вантажів. Також визначаються вимоги до організації перевізного процесу і фінансової стабільності підприємства.

Суб'єкт господарювання може підтвердити хорошу репутацію тільки наявністю сертифікату відповідності виданого органом із сертифікації, який акредитований у державній системі УкрСЕПРО.

У технологічних вимогах наведені вимоги до організації технології надання послуг суб'єктами господарювання, які встановлюють необхідність мати нормативні документи, відповідно до яких суб'єкт господарювання надає послуги, – технічні умови (технічний регламент) на процес надання послуги. Структура технічних умов на процес надання послуги буде представлена нижче. Також суб'єкт господарювання, що надає послуги, повинний мати:

- інструкцію про порядок виявлення відповідальних за порушення вимог, наведених у технічних умовах;
- інструкції з експлуатації транспортних засобів і інших супутніх механізмів і устаткування, за допомогою яких надаються послуги;
- оформляти платіжні і супровідні транспортні документи за допомогою комп'ютерно-касової системи;
- забезпечити ефективний контроль за технологією обробки потягів (вагонів) на станціях, де здійснюється їх обробка.

У додаткових вимогах вказується, що у суб'єкта господарювання, який надає послуги, повинні бути:

- тільки сертифіковані транспортні засоби;
- ремонтні потужності для здійснення технічного обслуговування транспортних засобів;
- комп'ютерна система, яка пов'язана з відповідною системою обчислювальних центрів залізниць;
- угоди із страховою компанією на усунення збитків, пов'язаних з нещасними випадками під час надання послуг з перевезення пасажирів, вантажів залізничним транспортом.

Крім цього суб'єкт господарювання не по-

винен використовувати не сертифіковану комп'ютерну техніку і програмне забезпечення.

Перелік послуг, що надаються організаціями при здійсненні перевізного процесу вантажів і пасажирів, і які підлягають ліцензуванню, наведений у постанові Кабінету Міністрів України від 16.02.1998 № 173 «Про перелік робіт (послуг), що належать до основної діяльності залізничного транспорту, та Порядок розподілу доходних надходжень від основної діяльності залізничного транспорту» та у Державному класифікаторі продукції і послуг ДК-016. Послуги пов'язані з перевезенням вантажів і пасажирів вказані в 60 і 63 розділах класифікатора. Побудова розділів в значній мірі співпадає з побудовою і викладом інформації, приведеної в державному класифікаторі ДК-009. Проте ряд підрозділів ДК-016 зазнали спотворення і перелік послуг наведений в них представлений в іншому аспекті. Це стосується, наприклад, категорій 55.23.14 та 63.21.2.

Технологічні особливості перевезення вантажів і пасажирів і розвиток ринкових форм власності сприяють розвитку спектру послуг, що надаються суб'єктами господарювання. Проте їх можна об'єднати в однорідні групи, взаємозв'язок між якими представлений на блок-схемі рис. 1 і рис. 2.

Множина самої номенклатури послуг та різноманітність варіантів їх комбінацій, що надаються суб'єктами господарювання, а також необхідність надання будь-якому суб'єкту господарювання різноманітні послуги, ініціювали створення нормативного документу, який дозволив би задовольнити як виробника, так і споживача в частині надання вимог до послуг і методів контролю її якості. Таким документом можуть бути технічні умови. У цьому документі суб'єкт господарювання, керуючись ліцензійними умовами і стандартами, що регламентують процес надання послуги самостійно визначитися з набором комплексу послуг, що надаються клієнтові і набором вимог, який він повинен забезпечити.

У зв'язку з відсутністю методичних вказівок по складанню технічних умов на процес надання послуги, були розроблені і введені в дію галузеві стандарти ГСТУ 32.0.10.026 і ГСТУ 32.0.10.027, що регламентують написання технічних умов на процес надання послуг пов'язаних з перевезеннями пасажирів і вантажів відповідно.

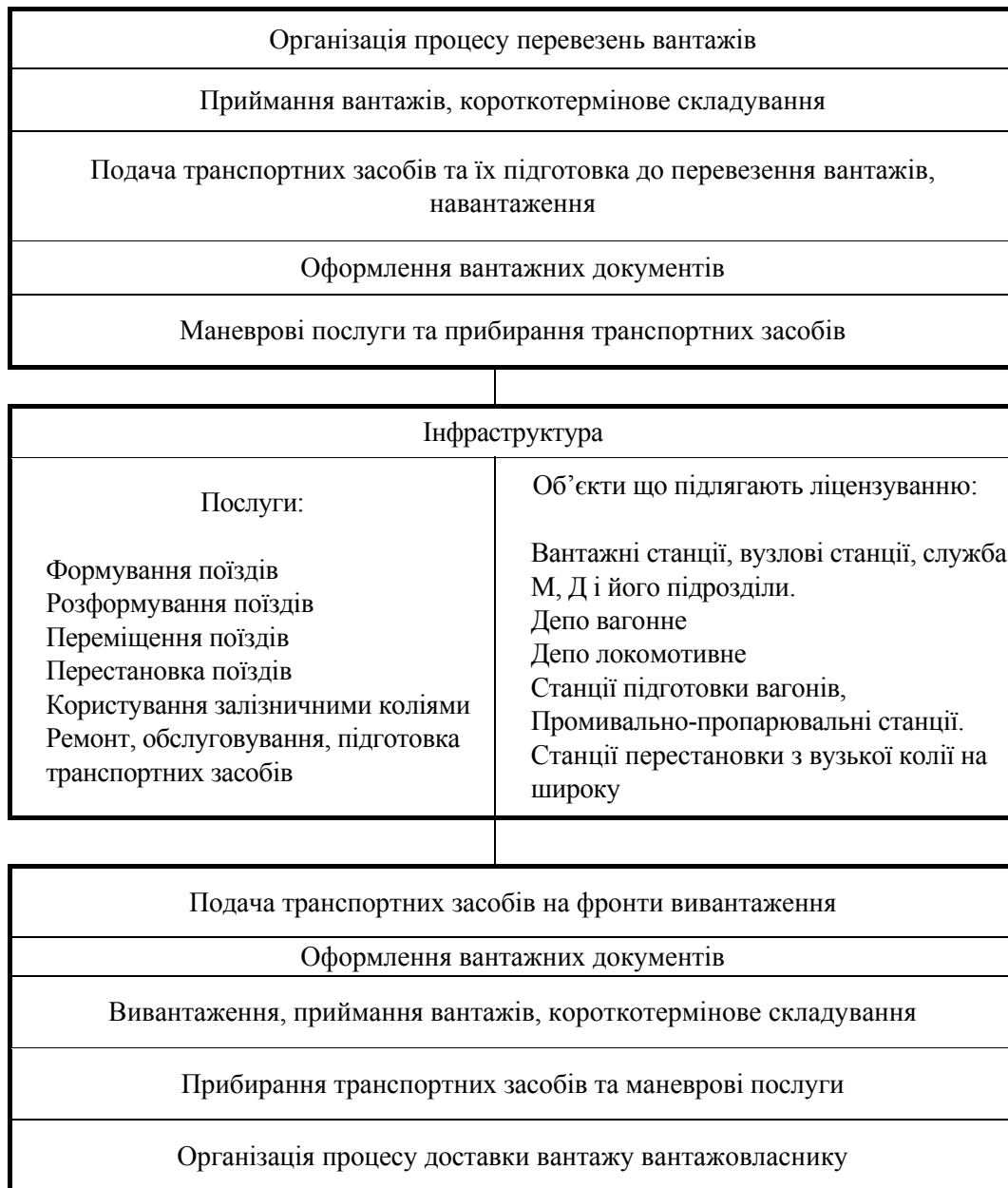


Рис. 1. Структурна схема процесу надання послуг з перевезення вантажів залізничним транспортом

Найбільшу зацікавленість при написанні технічних умов у суб'єктів господарювання викликало побудова змісту основної частини технічних умов.

Основна частина повинна мати такі розділи: технічні вимоги; вимоги безпеки і охорони природного довкілля під час надання послуг з перевезення вантажів (пасажирів); правила приймання процесу надання послуг з перевезення вантажів (пасажирів); методи контролю процесу надання послуг з перевезення вантажів (пасажирів); вказівки відносно здійснення процесу надання послуг з перевезення вантажів (пасажирів); гарантії підприємства.

Розділ Технічні вимоги має три підрозділи: структура послуги; організаційна структура підприємства; зміст процесу надання послуги.

На початку розділу повинні бути наведені відомості про нормативні документи (нормативно-правові акти, відомчі нормативно-технічні документи), вимогам яких повинен відповідати процес надання послуги.

У підрозділі «Структура послуги» повинна бути наведена структура послуги — «дерево послуги», в якому вказується послуга (комплекс однорідних послуг), що надається при перевезенні вантажів (пасажирів), і послуги суміжні з цією послугою (комплексом однорідних послуг).



Рис. 2. Структурна схема процесу надання послуг з перевезення пасажирів залізничним транспортом

У підрозділі «Організаційна структура підприємства» повинна бути наведена структура підприємства, в якому необхідно виділити підрозділи, які відповідають за надання послуги (комплексу послуг) з перевезення вантажів (пасажирів).

У підрозділі «Зміст процесу надання послуг» повинні міститися методики надання послуги, які виконуються в процесі надання послуг.

Кожен(а) процес (робота) повинен (винна) містити окремі етапи. Кількість етапів, на які необхідно розділити процес (роботу), визначає розробник. Обов'язковими етапами є: надання інформації про послугу, що пропонується споживачеві; ухвалення замовлення; підготовка до виконання і надання послуги; ухвалення платежів (при необхідності виписування рахунків).

Кожен(а) процес (робота) повинен (винна) включати: чіткий опис характеристик надання послуг, від яких залежить рівень її виконання; встановлення норми для кожної характеристики надання послуги, від яких безпосередньо залежить рівень її виконання; вимоги до ресурсів, з детальною вказівкою типів і кількості оснащення і допоміжних засобів, необхідних

для виконання послуги відповідно до технічних вимог на неї; інформацію про необхідну чисельність і кваліфікацію персоналу за фахом, відповідно до ДК 003, період підвищення кваліфікації з отриманням відповідного свідоцтва; інформацію про відповідальність субпідрядників за продукцію і послуги, які ними надаються (наявність вхідного контролю).

Вимоги до послуги повинні бути чітко задокументовані у вигляді окремих процесів з встановленням характеристик, які підлягають спостереженню і допускають оцінювання їх споживачем.

Процеси, які пов'язані з наданням послуг з перевезення пасажирів, вантажів залізничним транспортом, також повинні бути чітко задокументовані за допомогою характеристик, які безпосередньо визначають рівень надання окремої послуги,.

Характеристика послуги або її надання може бути кількісною (піддається вимірюванню) або якісною (піддається порівнянню) залежно від того, як і хто дає їй оцінку — організація, яка надає послуги чи споживач.

Обидві характеристики повинні допускати їх оцінювання на відповідність прийнятим но-

рмам чи організацією, що надає послуги чи споживач.

До характеристик, які можуть наголошуватися в нормативних документах, відносяться:

- потужність що споживається, чисельність персоналу та кількість матеріалів, які необхідно мати для надання відповідної послуги;
- тривалість очікування початку надання послуги, тривалість надання послуги і тривалість технологічного циклу послуги;
- гігієнічний стан, стан довкілля, безпека, безвідмовність та гарантійний термін праці приладів, устаткування, транспортних засобів, продукції, що постачається тощо;
- чуйність і ввічливість персоналу, комфортність і естетичність оточуючого середовища, компетентність, надійність, точність, повнота, відповідність сучасному рівню, достовірність і ефективність контактів.

Окремі процеси або їх етапи можуть бути визначені шляхом посилання на відомчі нормативно-технічні документи, що діють, або викладені у технічних умовах, відповідно до цих документів. Наприклад, зміст етапу «Оформлення проїзду пасажирів», може бути викладено в редакції, яка наведена в пункті 2.2 «Правил перевезень пасажирів, багажу, вантажобагажу і пошти залізничним транспортом України» або зміст цього пункту повністю наведено у технічних умовах з посиланням на джерело інформації. На цьому етапі можливо вносити зміни, які уточнюють окремі характеристики послуги щодо оформлення проїзду пасажирів. Наприклад, термін оформлення квитків, термін доставки квитків і інше.

У розділі «Вимоги безпеки і охорони навколишнього природного середовища» під час надання послуг з перевезення вантажів (пасажирів) повинні бути наведені вимоги, які забезпечують безпеку життя і здоров'я персоналу, пасажирів і майна в процесі надання послуг, а також вимоги по довкілля і запобігання аваріям та техногенним катастрофам.

До складу цих вимог включають вимоги до:

- безпеки елементів конструкцій, приладів і устаткування транспортних засобів;
- модулів (блоків) управління (наприклад, в пасажирському вагоні), регулювання і енергозабезпечення, включаючи вимоги по аварійного припинення виконання елементів послуги (наприклад, аварійна зупинка вагону під час перевезення пасажирів);
- способів захисту і їх розміщення, які входять до складу транспортного засобу, що переміщує вантажі (пасажирів);

– способів з'єднання конструкцій в транспортних засобах або посилання на відповідний нормативний документ (наприклад, вимоги до рішення щодо побудови перехідного містину з одного до іншого пасажирського вагону);

– електробезпеки в транспортних засобах, службових приміщеннях і приміщеннях вокзалу, транспортного терміналу;

– допустимих рівнів безпечних і шкідливих чинників, які утворюються при наданні послуг з перевезення пасажирів, включаючи хімічні і біологічні;

– запобігання, вилучення, знищення, локалізації небезпечних і шкідливих виробничих чинників, які створюються при наданні послуг з перевезення вантажів (пасажирів) (шум, вібрація, світлова дія, виділення шкідливих і отруйних речовин і т.п.);

– пожежо- та вибухобезпеки;

– радіоперешкод (за наявності у складі транспортних засобів або приміщеннях височастотних пристроїв, мікрохвильових печей і тиристорних перетворювачів);

– захисту від низьких і високих температур елементів конструкцій, приладів і устаткування в транспортних засобах;

– організації робочих місць обслуговуючого персоналу;

– написів і знаків безпеки для обслуговуючого персоналу і пасажирів.

Зміст розділу необхідно розділити на підрозділи відповідно кількості однорідних послуг, в яких необхідно навести окремі вимоги до безпеки охорони довкілля під час надання послуг з перевезення пасажирів чи вантажів, особливо небезпечних.

Розділ «Вимоги безпеки і охорони навколишнього природного середовища» під час надання послуг з перевезення пасажирів (вантажів) є обов'язковим для будь-якої послуги. Виключенням можуть бути прості послуги, які не містять в собі процеси і виробу, необхідні для виконання вказаної діяльності, від яких не залежить безпека життя і здоров'я персоналу, пасажирів і майна в процесі надання послуг з перевезення пасажирів.

У розділі «Правила приймання» процесу надання послуг з перевезення пасажирів наводиться порядок прийому контролюючими органами процесу надання послуг(и) з перевезення пасажирів.

У розділі, залежно від процесу надання послуг, вказують правила приймання (попередні, приймальні, приймально-здавальні, кваліфікаційні, періодичні, типові і сертифікаційні) в ці-

лому послуги або її складових елементів, включаючи вхідний контроль постачальників послуг або виробів (транспортних засобів, продукції, якою комплектують пасажирські вагони перед виходом у рейс та інше), необхідних для виконання послуги.

У розділі, при необхідності, вказують порядок відбору продукції, що використовується для надання послуги, її кількість, порядок використання (збереження) відібраної продукції. Для кожної категорії приймання наголошується окремий порядок і послідовність прийому з вказівкою характеристик, визначення яких обов'язково виконується.

У розділі вказують порядок оформлення результатів приймання послуг(и) відповідно до вимог, які наведені в розділі «Технічні вимоги». При необхідності, наводять зразки свідоцтв, про приймання процесу надання послуги в цілому і її елементів (в першу чергу показників безпеки).

Правила приймання повинні давати можливість проведення їх у декілька етапів і в різних місцях.

У розділі повинні бути названі суб'єкти господарювання, які відповідають за організацію проведення випробувань і забезпечують необхідними для випробувань засобами вимірювальної техніки і обслуговуючим персоналом, елементів конструкцій, приладів і устаткування транспортних засобів інших виробів, необхідних для надання послуг. Також, при необхідності, визначають санкції за невиконання цих вимог.

Перелік видів випробувань, таких як приймальні, приймально-здавальні, кваліфікаційні, періодичні і типові є обов'язковими, і в технічних умовах наводять порядки їх проведення. Попередні випробування підприємство проводить для себе, для визнання готовності підприємства виконувати взяті на себе зобов'язання під час надання послуг(и) з перевезення пасажирів або вантажів.

Приймальні випробування підприємство проводить перед початком своєї діяльності, для підтвердження готовності надавати послуги відповідно до вимог, приведених в ТУ. Приймальні випробування виконує підприємство із залученням фахівців Укрзалізниці або її підприємств. Головуючим на цих випробуваннях є керівництво відповідного Головного управління Укрзалізниці (послуга розповсюджується за межі діяльності однієї залізниці) або заступник начальника залізниці (послуга розповсюджується у межах діяльності однієї залізниці).

Приймально-здавальні, кваліфікаційні, періодичні і типові випробування проводять всі суб'єкти господарювання незалежно від їх підлеглості.

При визначенні порядку проведення приймально-здавальних випробувань при наданні послуг, підприємства можуть посилатися на діючі нормативні документи, в яких визначені всі або окремі порядки приймання готовності надання вказаних послуг обслуговуючим персоналом. (Наприклад, готовність пасажирського залізничного складу до рейсу).

Процедура проведення сертифікаційних випробувань визначається органом по сертифікації з відповідною областю акредитації.

У розділі «Методи контролю процесу надання послуг з перевезення вантажів (пасажирів)» визначають методи і способи контролю всіх параметрів, характеристик, встановлених в розділі «Технічні вимоги» і «Вимоги безпеки і охорони навколишнього природного середовища під час надання послуг з перевезення вантажів (пасажирів)» у послідовності викладу пунктів цих розділів.

При визначенні методів і способів контролю в розділі повинно бути вказано:

назва оснащення, стендів і т.п., що застосовуються для контролю (випробування, аналіз, вимірювання), з позначенням їх повної назви, класу точності, погрішності, меж вимірювання і документа на постачання (стандарт або ТУ);

матеріали та відповідна продукція, які застосовуються при контролі.

При цьому засоби вимірювань вибираються з числа дозволених для застосування, виготовлених централізованими спеціалізованими підприємствами або по спеціальних замовленнях, і атестовані в установленому порядку.

При застосуванні засобів вимірювань, оснащення і інструменту, які спеціально призначаються для приймання конкретної послуги, в додатку до ТУ вказують нормативні документи, які регламентують їх виготовлення.

Якщо методи контролю декількох параметрів співпадають, то методику і інші дані, щодо контролю, наводять один раз після перерахування позначень пунктів або дають посилання на застосовану методику по кожному параметру.

Допускається розробляти окремі методики (типові, робочі), щодо реалізації уточнення методів контролю (випробувань, вимірювань), що вказані в ТУ.

При викладі методів контролю повинні бути вказані послідовність проведення операцій, їх

опис, а також порядок оформлення отриманих результатів. Якщо приймання аналогічних операцій послуг виконують в умовах експлуатації, то методи їх виконання повинні співпадати з обумовленими в експлуатаційній документації, на яку дозволяється робити посилання.

При викладенні вимог до обробки результатів, наводять розрахункові формули, а при необхідності указують точність обчислень і міру округлення отриманих даних, а також допущення розбіжності при паралельних розрахунках.

Для окремих техніко-економічних показників, які визначаються теоретично, за допомогою розрахункових формул, допускається посилання на документи, в яких наведені розрахунки визначення цих показників (наприклад, тарифи на перевезення вантажів, пасажирів, багажу, пошти і вантажобагажу).

Методи і засоби вимірювань, оснащення і матеріали, які використовуються під час контролю, не вказуються в технічних умовах, якщо вони встановлені в державних або галузевих стандартах, відомчих них документах, інструкціях по перевірці вказаних послуг.

У розділі «Вказівки щодо експлуатації» наводять вказівки щодо способів навантаження, методів кріплень, установці, монтажі, налагодці, застосуванні, обслуговуванні і ремонті оснащення, яке використовується під час надання послуг. Наприклад, термін виконання ремонту електроустаткування, сантехнічного оснащення, способів зв'язку і іншого оснащення в пасажирському вагоні, на вокзалі, в касовому залі і інших місцях, де надаються послуги, пов'язані з перевезенням пасажирів.

У розділі повинні бути наведені умови, при яких надаються послуги (наприклад, вимоги до залучення спеціалізованих організацій щодо захисту працівників, щодо взаємодій з правоохоронними органами, з органами виконавчої влади і інше).

У розділі повинні бути наведені типові договори між клієнтами і організаціями, які надають послуги з експлуатації необхідного оснащення.

У разі викидів в природне середовище забруднюючих речовин, в розділі повинні бути наведені вказівки щодо вилучення, утилізації, нейтралізації і інше.

Якщо на комплекс вказаних послуг або окрему послугу є інструкція щодо експлуатації оснащення, яке використовується під час надання послуг, то в технічних умовах наводять посилання на цей документ.

У розділі «Гарантії підприємства» встановлюють гарантійні терміни, їх види і правила розрахунку відповідно вимогам договору, укладеного між замовником і виконавцем послуг з перевезення вантажів (пасажирів).

Порядок узгодження і затвердження технічних умов визначається ДСТУ 1.3 і ГСТУ 32.0.10.019.

Обов'язковість наявності сертифіката відповідності визначається наявністю численних чинників здатних завдати непоправної шкоди довкіллю та людині суб'єктом господарювання при здійсненні діяльності, якщо не забезпечити відповідний контроль за її виконанням.

Сертифікацію послуг проводять органи з сертифікації системи УкрСЕПРО. Особливість надання послуг дозволяє визначити, що при сертифікації необхідно застосовувати схему сертифікації, якою передбачено сертифікація процесу надання послуги з атестацією підприємства або сертифікація системи якості.

Проводячи сертифікацію суб'єктів господарювання, орган з сертифікації підтверджують, що при позитивних результатах сертифікаційних випробуваннях підприємство може стабільно і якісно надавати послуги, що задекларовані в технічних умовах.

Наявність технічних умов і сертифікату відповідності дозволяє суб'єкту господарювання звернутися до Ліцензійної Ради Міністерства інфраструктури України з проханням видати ліцензію на здійснення заявленої діяльності.

Введення комплексу законодавчих актів вимагає створення ефективного способу контролю за послугами, що надаються. З цієї мети був розроблений порядок «Контролю за виконанням ліцензійних умов при здійсненні діяльності пов'язаною з перевізним процесом на залізничному транспорті». Контроль за виконанням діяльності будується на основі технічного нагляду, виконуваного органом із сертифікації. Кількість перевірок підприємства не повинна перевищувати більш за одної на рік. Додаткові перевірки можливі тільки за наявності скарг клієнтів на якість послуг, що надаються. Необхідність додаткових перевірок визначає Міністерство за погодженням Держкомпідприємства.

Вищенаведений підхід до організації державного регулювання процесом надання послуг в частині управління роботою залізничного транспорту ввійде в систему нормативно-правових актів, що впроваджують норми Законів України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності», «Про підтвердження відповіднос-

ті» , «Про захист прав споживачів», постанови Кабінету Міністрів від 04.07.2001 року № 756 «Про затвердження переліку документів, які додаються до заяви про видачу ліцензії для окремого виду господарської діяльності». Також це дозволить запровадити принципи державного регулювання до процесу надання послуг з перевезення пасажирів та вантажів залізничним транспортом, що зазначені:

Директивою Ради 91/440/ЄЕС від 29 липня 1991 р. про розвиток залізничних доріг Співтовариства зі змінами внесеними Директивами Європейського Парламенту та Ради 2001/12/ЄС, 2004/51/ЄС;

Директивою Ради 95/18/ЄС від 19 червня 1995 р. про ліцензування підприємств залізничного транспорту зі змінами внесеними Директивами Європейського Парламенту та Ради 2001/13/ЄС, 2004/49/ЄС;

Директивою Європейського Парламенту та Ради 2004/49/ЄС від 29 квітня 2004 р. про без-

пеку залізниць у Співтоваристві та сертифікацію безпеки;

Директивою Європейського Парламенту та Ради 2001/14/ЄС від 26 лютого 2001 р. про розподілення пропускнуої можливості залізничної інфраструктури, стягнення зборів за користування залізничною інфраструктурою та сертифікації на відповідність вимогам безпеки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закон України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності» від 01.06.2000 р. № 1775-III [Текст].
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 04.07.2001 р. № 756 «Про затвердження переліку документів, які надаються до заяви про видачу ліцензії для окремого виду господарської діяльності» [Текст].

Надійшла до редколегії 22.10.2010.

Прийнята до друку 28.10.2010.

О. М. СИНІКОВА, О. Г. ДИКОЛЕНКО (УкрДАЗТ, Харків)

АКТИВІЗАЦІЯ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ЯК ПЕРЕДУМОВА РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

В статті розглянуто основні проблеми, пов'язані з активізацією інноваційно-інвестиційних процесів на залізничному транспорті. Особливу увагу приділено питанням залучення інвестицій як передумови оновлення основних фондів та інноваційного розвитку залізниць.

Ключові слова: інноваційно-інвестиційні процеси, інноваційний розвиток, залучення інвестицій, оновлення основних фондів, залізничний транспорт

В статье рассмотрены основные проблемы, связанные с активизацией инновационно-инвестиционных процессов на железнодорожном транспорте. Особое внимание уделено вопросам привлечения инвестиций как предпосылки обновления основных фондов и инновационного развития железных дорог.

Ключевые слова: инновационно-инвестиционные процессы, инновационное развитие, привлечение инвестиций, обновление основных фондов, железнодорожный транспорт

The article examines the main problems associated with acceleration of innovation-and-investment processes on the railway transport. The special attention is paid to issues of attracting investments as a prerequisite for the replacement of fixed assets and the innovative development of railways.

Keywords: innovation-and-investment processes, innovative development, attraction of investments, replacement of fixed assets, railway transport

Залізничний транспорт виконує провідну роль у розвитку економіки. Він є однією з основних ланок соціальної та економічної системи держави, без його ефективної роботи та подальшого розвитку неможливе підвищення добробуту суспільства. На сьогоднішній день темпи розвитку залізничного транспорту дещо прискорились, однак вони все ще не забезпечують відповідного рівня економічного зростання, тому ця проблема вимагає подальшого пошуку механізмів активізації інноваційно-інвестиційної діяльності.

Найважливіші дослідження тенденцій інноваційно-інвестиційного розвитку належать таким провідним вченим, як Дейнека О. Г., Дикань В. Л., Гриньов А. В., Гненний О. М., Сич Є. М., Ільчук В. П., Федулова Л. І/ та ін., в наукових роботах яких змістовно розглянуто теоретичні та практичні аспекти інноваційної діяльності та методи і джерела її інвестиційного забезпечення.

Сьогодні на залізницях України склалася ситуація, коли високий ступінь морального та фізичного зносу основних фондів обумовлює суттєві витрати на їхнє утримання і ремонт, що, як наслідок, негативно впливає на рівень прибутку та можливість фінансування інвестиційних проектів. Саме тому надзвичайної актуальності набуває активізація інноваційно-інвестиційних процесів як передумова розвитку залізничної галузі України.

Про необхідність модернізації основних галузей України та перехід на інноваційний шлях розвитку говориться багато. Наголошується на необхідності поєднання ринкових і державних важелів стимулювання науково-технічного прогресу, запровадженні механізмів довгострокового кредитування, використанні інноваційного потенціалу приватизації, механізмів стимулювання національного виробника. Однак, сучасна економічна ситуація в Україні характеризується низьким рівнем використання наукових знань, вкрай повільним нарощуванням інноваційного виробництва в усіх галузях, зокрема й у галузі залізничного транспорту.

Стратегічною метою економічних перетворень на залізничному транспорті має стати інноваційний розвиток, який передбачає перенесення акценту з традиційних науково-технічних рішень на використання принципово нових прогресивних технологій, а також перехід до випуску високотехнологічної продукції, здійснення нових організаційних форм діяльності.

Основна проблема інноваційного розвитку залізничного транспорту, полягає у його недостатній фінансовій підтримці. Класичний підхід до інвестиційного забезпечення інноваційних проектів передбачає наступні фінансові джерела:

- власні кошти підприємства;
- акціонерний капітал;
- банківські кредити.

Безумовно, в сучасних умовах у фінансуванні інвестиційних джерел значну роль відіграють кошти, які формуються за рахунок прибутку самих залізничних підприємств та амортизаційних відрахувань. Однак, обсяг цих надходжень є незначним. Тому виникає гостра необхідність у активізації інвестиційних процесів. Для того щоб приток інвестицій був безперервним та задовольняв потреби галузі необхідно вжити такі заходи:

- посилити роль держави у забезпеченні інвестиційного процесу, а також збільшити обсяг державних інвестицій;
- здійснювати координацію напрямків діяльності інвесторів та застосовувати нові ринкові схеми та механізми їхньої участі в інвестуванні інноваційних програм та проектів галузі;
- створити на залізничному транспорті сприятливий інвестиційний клімат для вітчизняних та іноземних інвестицій в усіх сферах – податковій, валютній, митному контролі і т.ін.;
- впровадити схему фінансового інвестування інноваційних проектів та програм галузі шляхом розвитку діяльності фінансово-кредитних установ на ринку корпоративних цінних паперів, участі у підготовці та розміщенні емісій з метою залучення коштів юридичних та фізичних осіб;
- залучити до фінансування інноваційних розробок, орієнтованих на створення перспективних об'єктів залізничного транспорту;
- розробити привабливі для потенційних інвесторів інноваційних проектів, впровадження маркетингових підходів до пошуку та залученню інвестиційних ресурсів, створити на рівні галузі додаткові стимули для учасників інвестиційного процесу;
- знайти та розробити нетрадиційні схеми та механізми інвестування інноваційного розвитку (впровадження лізингу, використання інвестиційного податкового кредиту, залучення коштів за договорами концесії і т.ін.).

Сьогодні інноваційна діяльність набуває першорядного значення, бо на її основі можливе створення сучасного технологічного базису. Як вже зазначалося, для розгортання інноваційної діяльності потрібні кошти, а попит з боку тих, хто може їх надати, або взагалі відсутній, або дуже невеликий. Саме тому в контексті інноваційного розвитку не менш важливим є формування привабливості інвестиційного клімату залізничного транспорту.

Інвестиційний клімат – це фактор, який обумовлює стимулювання економічного розвитку, перш за все, за рахунок внутрішніх ресур-

сів суспільства, по-друге, за рахунок іноземних інвестицій. Без сумніву, суб'єкти інвестування зацікавлені в одержанні прибутку та зниження витрат на ведення підприємницької діяльності, у зв'язку з чим об'єктивно виникають фактори, які можуть призвести до послаблення мотивації, від якої залежить запровадження інновацій і підвищення продуктивності праці. З іншого боку, для економічного розвитку суспільства бажано, щоб головна складова – інноваційна діяльність – була присутньою для будь-якого економічного суб'єкта. Таким чином, інтереси суб'єктів економічної діяльності і суспільства співпадають у площині інвестиційного клімату. Обидві сторони зацікавлені у постійному покращенні інвестиційного клімату.

На сучасному етапі Україна має перспективи для інноваційного розвитку залізничного транспорту, її інвестиційна привабливість підтверджується іноземними інвесторами. Разом з тим, фактичний стан залучення інвестицій в економіку України не відповідає її інвестиційним можливостям. Така неадекватність фактичного стану залучення іноземних капіталів можливостям української економіки вимагає більш досконалого вивчення цієї проблеми, а також, з'ясування причин і визначення шляхів її розв'язання.

На сьогодні Україна може посісти належне місце як в Європі, так і в світі лише за умови переходу на інноваційних шлях розвитку. Тільки таким чином можна забезпечити істотне підвищення конкурентоспроможності як української економіки в цілому, так і окремих її галузей, зокрема й залізничного.

Взагалі, українські залізниці являють собою могутню транспортну систему, що займає по розмірах, по обсягах перевізної роботи і рівню застосовуваних технічних засобів друге місце після Росії серед усіх незалежних держав, що утворилися на території колишнього Союзу. Незважаючи на зниження обсягів перевезень за останні роки, умови роботи залізниць України залишаються більш важкими, ніж на закордонних залізницях. Це, насамперед, характеризується інтенсивністю перевезень вантажів і пасажирів, величиною статичного навантаження на вісь, середньою вагою вантажних поїздів, що обертаються. Ефективна робота залізничної галузі залежить від її модернізації, технічних можливостей та стану рухомого складу. Не дивлячись на те, що залізничний транспорт займає провідне місце у транспортних потоках країни за ключовими показниками: вантажообіг

та відправлення пасажирів на далекі та середні відстані, його сучасний стан не найкращий.

Виробничо-технічна база залізничної галузі України вже не відповідає вимогам сучасного розвитку ринку транспортних послуг. Високе зношення основних засобів залізничної галузі підвищує витрати на їх технічну експлуатацію. Щорічні потреби в інвестиціях не задовольняються, в результаті чого зношення основних виробничих фондів лише зростає. Було встановлено, що за останні десять років значно збільшився знос основних виробничих фондів. Недостатня кількість коштів від амортизаційних відрахувань не дозволила своєчасно провести оновлення, тому в експлуатації є фізично та морально зношені основні виробничі фонди.

Розвиток науково-технічного прогресу диктує необхідність принципового оновлення основних виробничих фондів, яке відповідає вимогам міжнародних стандартів. Дослідженнями доведено, що проведення капітальних ремонтів рухомого складу є витратною складовою щодо залізниць України. Тому необхідно розробити конкурентну програму реформування, яка б забезпечувала наукове обґрунтування та економічну доцільність впровадження інвестиційних проектів та активізацію діяльності як передумови надання принципово нових, якісних послуг.

Таким чином, стабільність та безпечна робота залізничного транспорту буде забезпечу-

ватись за рахунок послідовності реформування, необхідних обсягів інвестицій, технічного переоснащення галузі.

Звідси і виникає гостра необхідність розробки та впровадження нових ефективних механізмів інноваційно-інвестиційного розвитку залізничного транспорту для забезпечення належного функціонування транспортної системи.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дейнека, О. Г. Інноваційно-інвестиційні підходи до розвитку галузі залізничного транспорту [Текст] / О. Г. Дейнека // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2008. – № 22. – С. 54-55.
2. Сич, Є. М. Проблеми управління фінансовим забезпеченням інноваційного розвитку залізничного транспорту [Електрон. ресурс] / Є. М. Сич, В. П. Ільчук, С. М. Вдовенко. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Vcndtu/Ekon/2009_35/1.htm
3. Гринев, А. В. Оценка инновационного потенциала предприятия [Текст] / А. В. Гринев // Проблемы науки. – 2003. – № 12. – С. 57-58.
4. Федулова, Л. І. Перспективи інноваційно-технологічного розвитку промисловості України [Текст] / Л. І. Федулова // Економіка України. – 2008. – № 7. – С. 24-36.

Надійшла до редколегії 14.10.2010.

Прийнята до друку 21.10.2010.

Н. С. СОКОЛОВА (ВАТ «КВБЗ», Кременчук),
Т. Г. СОКОЛОВА (КДПУ ім. М. Остроградського, Кременчук)

СУТНІСТЬ ТА ЗМІСТ ПОНЯТТЯ «ГРОШОВІ ПОТОКИ»

Проаналізовано сутність та зміст грошових потоків підприємства, виявлено основні підходи до тлумачення поняття грошових потоків, уточнено визначення «грошових потоків».

Ключові слова: грошові потоки підприємства, тлумачення поняття, уточнення визначення

Проанализированы суть и содержание денежных потоков предприятия, показаны основные подходы к трактовке понятия денежных потоков, уточнено определение «денежных потоков».

Ключевые слова: денежные потоки предприятия, трактовка понятия, уточнение определения

The matter and content of the cash flows of any organization have been analyzed, the fundamentals to the determination of the cash flows have been singled out, the concept of cash flow have been defined more precisely

Keywords: cash flows of organization, interpretation of term, refining definition

Побудова ефективної фінансової системи на підприємстві є запорукою його успішного існування. Управління грошовими потоками входить до складу фінансового менеджменту на підприємстві і здійснюється на базі фінансової політики, яку провадить підприємство, є одним із найактуальніших проблем теорії і практики фінансового управління на підприємстві сьогодні.

Проблема управління грошовими потоками на підприємстві полягає в тому, що існує дефіцит грошових засобів на підприємстві для забезпечення його поточної, фінансової та інвестиційної діяльності, який спричиняється низькою ефективністю залучення та використання грошових ресурсів в умовах обмеженості фінансових інструментів, технологій та механізмів.

Значний внесок у розвиток теоретичних проблем управління грошовими потоками на підприємстві та висвітлення сутності категорії «грошові потоки» належить зарубіжним та українським вченим: Бланку І. А., Бочарову В. В., Є. Брігхему, Дж. К. Ван Хорну, Е. Нікхбахту, Райсу Т., Лігоненко Л. О., Поддєрьогіну А. М., Терещенко О. М., Кінгу М. М., Тяну Р. Б. та ін. економістам.

Разом з тим, проблеми управління грошовими потоками на підприємстві залишаються ще недостатньо визначеними. Не існує єдиного підходу до визначення поняття «грошових потоків», вчені по-різному розкривають питання щодо управління грошовими потоками. Залишається ще багато аспектів, які мають бути детально вивчені. Але без вивчення змісту та сутності поняття «грошових потоків» немає під-

ґрунтя для подальшого дослідження питань щодо управління грошовими потоками.

Тому метою даної статті є визначення сутності та поняття категорії «грошові потоки».

У економічній літературі зустрічаються різні точки зору щодо визначення поняття грошові потоки. Визначення поняття грошові потоки є дискусійним серед великого кола науковців. Підходи до визначення поняття грошові потоки наведені у табл. 1.

Бланк І. А. уявляє грошовий потік як «фінансовий кровообіг» господарського організму підприємства. Передумовою досягнення високих кінцевих результатів господарської діяльності підприємства в цілому є ефективно організовані грошові потоки, які є найважливішим симптомом його «фінансового здоров'я». Він вважає, що грошовий потік підприємства являє собою сукупність розподілених у часі надходжень і виплат грошових коштів за окремими інтервалами періоду часу що розглядається, генерованих його господарською діяльністю [3, с. 132].

Бочаров В. В. визначає грошові потоки як рух фінансових ресурсів у часі, так і як обсяг всіх грошових коштів, які не враховують при розрахунку прибутку, що отримує або виплачує підприємство протягом звітного чи планового періоду. У Бочарова грошовий потік включає різні види потоків, які обслуговують господарську діяльність підприємства [4, с. 480].

І. В. Ліпсіц наводить таке визначення: «Потік грошей – сума прибутку (до оподаткування), амортизаційних і резервних відрахувань різного роду, врахованих у бухгалтерських реєстрах, але не виплачених у готівковій формі на сторону» [15].

Є. Брікхем стверджує, що грошовий потік – це фактичні чисті готівкові кошти, які надходять у фірму чи витрачаються нею протягом деякого визначеного періоду [5, с. 425].

Джонсон Е. називає потоком коштів – рух грошей у бізнесі, що є ключовим чинником його прогресу й успіху [7].

Так, Е. Нікбахт та А. Гроппеллі розглядають грошовий потік як «міру ліквідності компанії», що складається з «чистого доходу і безготівкових витрат, таких як амортизаційні відрахування». У цьому випадку грошового потоку він представлений, з одного боку, як сутність, а з іншого – як основні його складові [8, с. 75].

Коваленко Л. О. та Ремньова Л. М. наголошують, що «грошові потоки» – це надходження та вибуття грошових коштів та їх еквівалентів у результаті виробничо-господарської діяльності [11].

Т. Райс поділяє грошові потоки на чисті, традиційні і операційні. Чистий грошовий потік представляє собою зміну грошових коштів, що знаходяться у розпорядженні підприємства, за період, що аналізується. Традиційний потік – це приблизна оцінка надходжень грошових коштів від виробничої діяльності. Він визначається з використанням припущення, що надходження коштів можна оцінити, додавши компенсаційні статті витрат до чистого прибутку (наприклад, амортизацію). Під операційним потоком розуміється сума фактичних надходжень грошових коштів від операцій за визначений період. Як правило, при цьому не враховуються фінансові виплати (якщо це не є основна діяльність підприємства). Таким чином, Т. Райс визначає загальний грошовий потік як всі грошові надходження і виплати [8, с. 75].

Дж. К. Ван Хорн стверджує, що поняття грошових коштів та грошових потоків можна трактувати по-різному в залежності від завдань аналізу. Як правило, грошові кошти і грошові потоки розглядають як готівку або робочий оборотний капітал, тобто у вузькому або широкому тлумаченні цього поняття. Він говорить, що «рух грошових коштів фірми являє собою безперервний процес». Активи фірми являють собою чисте використання коштів, а пасиви – чисті джерела. Обсяг коштів коливається в часі в залежності від обсягу продажів, інкасації дебіторської заборгованості, капітальних видатків і фінансування [6, с. 181].

На погляд Л. А. Бернстайна: «сам по собі, що не має відповідного тлумачення термін «потоки грошових коштів» (у його буквальному розумінні) позбавлений змісту». Компанія може

мати приплив коштів (тобто грошові надходження), і вона може мати відтік коштів (тобто грошові виплати). Більш того, ці грошові припливи й відтоки можуть ставитися до різних видів діяльності – виробничої, фінансової або інвестиційної. Можна визначити відмінність між припливами й відтоками коштів для кожного із цих видів діяльності, а також для всіх видів діяльності підприємства у сукупності. Ці відмінності найкраще віднести до чистих припливів або чистих відтоків коштів [2, с. 333].

Лігоненко Л. О. та Ситник Г. В.: «грошові потоки підприємства – це система розподілених в часі надходжень та видатків грошових коштів, що генеруються його господарською діяльністю і супроводжують рух вартості, виступаючи зовнішньою ознакою функціонування підприємства» [13, с. 6].

А. В. Попов вважає, що грошовий потік – це рух, тобто приплив і відтік коштів у фірмі.

І. Бернар, Ж.-К. Коллі стверджують, що грошовий потік відображає вартість обмінюваних товарів і послуг, а також рух боргових вимог, які є формою грошового обміну [1, с. 137].

У Тяна Р. Б грошовий потік складається з вхідного (надходження від реалізації продукції та інші надходження) і вихідного (виплата заробітної плати, платежі субпідрядникам і постачальникам та ін.). Різниця між вхідним і вихідним грошовим потоком утворює прибуток [18, с. 125].

Терещенко О. О. використовує поняття Cash-flow (рух грошових коштів). Основою розрахунку загального Cash-flow є операційний Cash-flow, який характеризує величину чистих грошових потоків, що утворюються в результаті операційної діяльності, тобто частину виручки від реалізації, яка залишається в розпорядженні підприємства в певному періоді після здійснення всіх грошових видатків операційного характеру. Цей показник можна розглядати як критерій оцінки внутрішнього потенціалу фінансування підприємства. Достатній розмір операційного Cash-flow створює сприятливі передумови для залучення фінансових ресурсів із зовнішніх джерел [17, с. 181].

Кірейцев Г. Г., покладаючись на визначення Т. Райса, наголошує, що управління грошовими потоками передбачає комплексні заходи, тому що готівкові кошти, з одного боку, є складовою оборотних активів, з іншого – їх обсяги, шляхи надходження та вибуття залежать, в першу чергу, від зміни обсягів виробничих запасів, стану дебіторської та кредиторської заборгованості, платежів до бюджету тощо [8, с. 75].

Підходи до визначення категорії «грошові потоки»

Автори	Підходи до визначення поняття «грошові потоки»
Бланк І. А.	сукупність розподілених у часі надходжень і виплат грошових коштів
Бочаров В. В.	1) рух фінансових ресурсів 2) обсяг грошових коштів
Ліпсіц І. В.	потік грошей – сума прибутку (до оподаткування), амортизаційних і резервних відрахувань
Брігхем Є.	фактичні чисті готівкові кошти
Бернстайн Л. А.	приплив коштів і відтік коштів
Дж. К. Ван Хорн	як готівку або робочий оборотний капітал, рух грошових коштів
Лігоненко Л. О. та Ситник Г. В.	це система розподілених в часі надходжень та видатків грошових коштів
Тян Р. Б.	вхідний і вихідний товар
Бернар І., Коллі Ж.-К.	вартість товарів і послуг
Коллас Б.	надлишок коштів
Кірейцев Г. Г., Райс Т.	грошові надходження і виплати
Павлова Л. Н.	потоки капіталу
Терещенко О. О.	Cash-flow (рух грошових коштів)
Коваленко Л. О. та Ремньова Л. М.	надходження та вибуття грошових коштів та їх еквівалентів
Кінг А. М.	тотальне управління грошовими потоками
Поддєрьогін А. М.	сукупність послідовних подій, які пов'язані із фактом зміни власника грошових коштів
Попов А. В.	рух, тобто приплив і відтік коштів
Нікбахт Е. та Гроппеллі А.	міра ліквідності компанії
Сорокіна О. М.	різні види потоків
Ковальов В. В.	приплив і відтік

Кінг А. М. вважає, що основою менеджменту підприємства є система тотального управління грошовими потоками [9, с. 23].

Під загальним грошовим потоком Б. Колас розуміє надлишок коштів, що утвориться на підприємстві в результаті всіх операцій, пов'язаних і не пов'язаних із господарською діяльністю. Таким чином, він складається з господарського залишку коштів (грошовий потік від господарської діяльності) і грошового потоку, не пов'язаного з господарською діяльністю [12].

Павлова Л. Н. розглядає не весь грошовий потік, а тільки потоки капіталу, від яких зале-

жить рівень потоків грошових засобів [14, с. 217].

Поддєрьогін А. М. стверджує, що грошовий потік можна представити як сукупність послідовних подій, які пов'язані із відособленим та логічно завершеним фактом зміни власника грошових коштів з приводу виконання договірних зобов'язань між суб'єктами господарювання, іншими економічними агентами (державою, домогосподарствами, міжнародними організаціями). З іншого боку, грошові потоки, генеровані суб'єктом господарювання протягом певного періоду, що аналізується, формують також

грошовий потік, який надалі називається сукупним грошовим потоком підприємства [19, с. 57].

Сорокіна О. М. зазначає, що поняття «грошових потоків» є агрегованим та включає різні види потоків і пропонує використовувати в кожному конкретному випадку уточнене визначення грошових потоків, а саме: сукупний грошовий потік, грошовий потік від поточної діяльності [16].

У Ковальова В. В. грошовий потік складається з двох частин: припливу грошових засобів як результату продажу виробленої фірмою продукції та відтоку як результату сплати за залучені фірмою ресурси [10, с. 454].

Аналізуючи вищевикладене, можна стверджувати, що існує багато поглядів на визначення поняття грошових потоків, але немає однозначного його тлумачення. Умовно можна виділити два підходи до визначення поняття грошові потоки, а саме як різницю між отриманими і виплаченими підприємством грошовими коштами, та як рух грошових коштів. На нашу думку, другий підхід є більш доцільним, оскільки саме потік визначається як рух.

На погляд авторів, грошові потоки – поняття агреговане, яке включає різні види цих потоків, які обслуговують господарську діяльність підприємства. Грошові потоки – це рух грошових засобів, які виникли в результаті господарської, фінансової та інвестиційної діяльності підприємства.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бернар, И. Толковый экономический и финансовый словарь. Т. 1 [Текст] / И. Бернар, Ж.-К. Колли. – М.: Международные отношения, 1994. – 874 с.
2. Бернштейн, Л. А. Анализ финансовой отчетности: теория, практика и интерпретация [Текст] / Л. А. Бернштейн : [пер. с англ.]; науч. ред. перевода чл.-кор. РАН И. И. Елисеев. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 624 с.
3. Бланк, И. А. Основы финансового менеджмента. Т. 2 [Текст] / И. А. Бланк. – К.: «Ника-Центр» «Эльга», 2000. – 512 с.
4. Бочаров, В. В. Корпоративные финансы [Текст] / В. В. Бочаров, В. Е. Леонтьев. – СПб.: Питер, 2004. – 592 с.
5. Брігхем, С. Основы фінансового менеджменту [Текст] / С. Брігхем. – К.: Молодь, 1997. – 1000 с.

6. Ван Хорн, Дж. К. Основы управления финансами [Текст] / Дж. К. Ван Хорн : [пер. с англ. под ред. Я. В. Соколова]. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 800 с.
7. Джонс, Э. Деловые финансы [Текст] / Э. Джонс. – М.: Олимп-Бизнес, 1998. – 231 с.
8. Фінансовий менеджмент [Текст] : навч. посібник / за ред. Г. Г. Кірейцева. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 531 с.
9. Кинг, А. М. Тотальное управление деньгами [Текст] / А. М. Кинг. – СПб.: Полігон, 1999. – 448 с.
10. Ковалев В. В. Финансовый менеджмент: теория и практика [Текст] / В. В. Ковалев. – М.: ТК Велби. Изд-во Проспект, 2007. – 1024 с.
11. Коваленко, Л. О. Фінансовий менеджмент [Текст] : навч. посіб. – 2-ге вид., перероб. і доп. / Л. О. Коваленко, Л. М. Ремньова. – К.: Знання, 2005. – 485 с.
12. Колас, Б. Управление финансовой деятельностью предприятия. Проблемы, концепции и методы [Текст] : учеб. пособие / Б. Колас : [пер. с фр. под ред. проф. Я. В. Воколова]. – М.: Финансы, ЮНИТИ, 1997. – 576 с.
13. Лігоненко, Л. О. Управління грошовими потоками [Текст]: навч. посіб. / Л. О. Лігоненко, Г. В. Ситник. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2005. – 255 с.
14. Павлова, Л. Н. Финансовый менеджмент [Текст] : учеб. для вузов / Л. Н. Павлова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 269 с.
15. Словарь коммерсанта: толковый русско-английский и англо-русский [Текст] / под ред. И. В. Липсица. – М.: Машиностроение, ИНФРА-М, 1996. – 334 с.
16. Сорокина, Е. М. Анализ денежных потоков предприятия [Текст] / Е. М. Сорокина. – (Теория и практика в условиях реформирования российской экономики) // Финансы и статистика. – 2003. – С. 136.
17. Терещенко, О. О. Фінансова діяльність суб'єктів господарювання [Текст] : навч. посібник / О. О. Терещенко. – К.: КНЕУ, 2003. – 554 с.
18. Тянь, Р. Б. Планування діяльності підприємства [Текст] : навч. посібник / Р. Б. Тянь. – К.: МАУП, 1998. – 156 с.
19. Фінансовий менеджмент [Текст] : підручник / под ред. проф. А. М. Поддєрьогіна. – К.: КНЕУ, 2005. – 535 с.

Надійшла до редколегії 18.05.2010.

Прийнята до друку 27.05.2010.

Т. В. ТЕСЛЕНКО (ДІПТ)

ПОБУДОВА СУЧАСНОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ВАНТАЖНОГО ГОСПОДАРСТВА В УМОВАХ РЕФОРМУВАННЯ ГАЛУЗІ

Запропоновано теоретико-методичний підхід до побудови сучасного механізму управління підприємствами вантажного господарства в умовах реформування галузі за рахунок організаційної структури управління вантажними перевезеннями та механізму розрахунків за міжнародні вантажні перевезення.

Ключові слова: сучасний механізм управління, підприємства вантажного господарства, керуюча і керована підсистеми управління, структурна реформа, транспортна інфраструктура, ієрархія

Предложен теоретико-методический подход по разработке современного механизма управления предприятиями грузового хозяйства в условиях реформирования отрасли за счет организационной структуры управления грузовыми перевозками и механизма расчетов за международные грузовые перевозки.

Ключевые слова: современный механизм управления, предприятия грузового хозяйства, руководящая и руководимая подсистемы управления, структурная реформа, транспортная инфраструктура, иерархия

The theoretical-and-methodical approach to development of advanced management mechanism for enterprises of freight railway facilities in the conditions of reforming the branch due to the organizational structure of management and mechanism of payments for international freight transportations is offered.

Keywords: advanced management mechanism, enterprises of freight railway facilities, leading and led subsystems of management, structural reform, transportation infrastructure, hierarchy

ВСТУП

Підготовка до структурної реформи залізниць України відбувається вже декілька років. Так, протягом 2006–2009 рр. було представлено цілу низку ґрунтовних документів. У 2006 р. – Урядом розроблено і затверджено Концепцію державної програми реформування залізничного транспорту, у 2008 році – перший проект «Державної програми реформування залізничного транспорту», у 2009 році Міністерством транспорту та зв'язку було затверджено Державну цільову програму реформування залізничного транспорту на 2010–2015 рр. та у 2010 – Програму економічних реформ України на 2010–2014 рр. щодо розвитку транспортної інфраструктури.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Відповідно до вищевказаних документів господарству з вантажних перевезень необхідно удосконалити механізм управління його підприємствами та структурними підрозділами.

РЕЗУЛЬТАТИ

Оскільки енциклопедична література не містить поняття «механізму управління підприємствами» автор пропонує наступне визначення цього механізму управління – це система заходів (програмних, правових, адміністративних, технічних) та сукупність підприємств залізничного транспорту з вантажних перевезень, побудованих за певною ієрархією залежно від їх функцій та взаємодії для ефективного виконання своєї місії й цілей в умовах сучасного ринку.

Система заходів з управління вантажними перевезеннями наведена на рис. 1.

Механізм управління вантажними перевезеннями у відповідності із наведеним визначенням надано на рис. 2. Він має наступні блоки: головну мету, завдання, наявність керуючої та керованої підсистем управління вантажними перевезеннями, які функціонують за умовою наявності інформаційного забезпечення процесу управління вантажними перевезеннями. До складу керуючої підсистеми включені та підпорядковані Правлінню компанії АТ УЗ та Департаменту вантажних перевезень структури, що повністю відповідають принципам переходу на вертикальну форму управління галузевими господарствами залізниць, а саме:

- ДП Ліски, ДП Спецвагон, ДП Укррефтранс, ДП Укрвагон;
- Розрахунковий центр міжнародних перевезень (РЦП);
- Єдиний технологічний центр з обробки перевізних документів та інформації в межах ДАК УЗ (ЄТехПД);
- Дочірні структурні підприємства, до складу яких входять структурні підрозділи з ремонту вантажопідйомної техніки, з обслуговування засобів ваговиміральної та іншої техніки, з можливістю мобільного пересування вантажопідйомної техніки регіоном обслуговування;

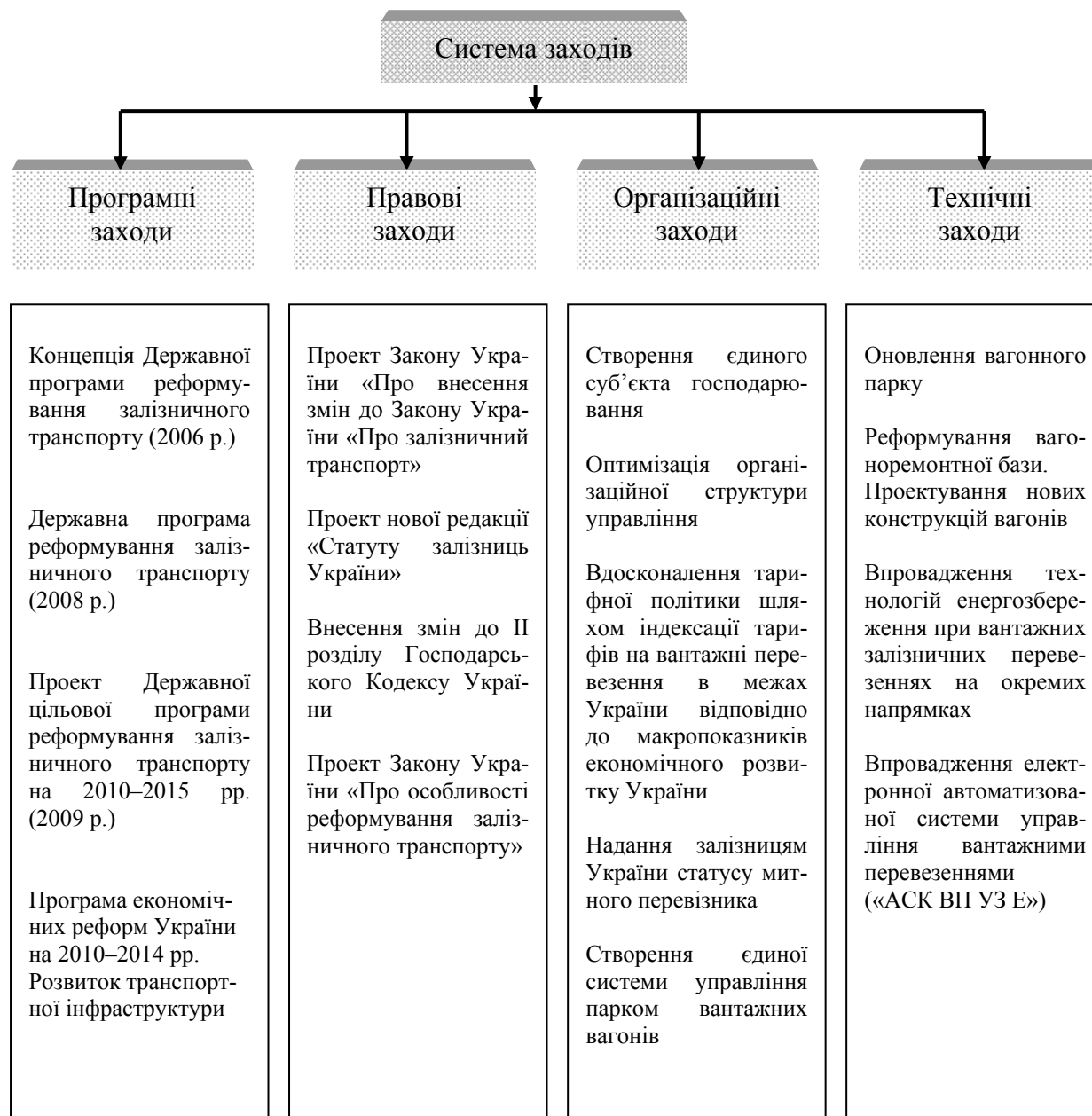


Рис. 1. Система заходів по управлінню вантажними перевезеннями

- Регіональні центри з вантажних перевезень, до яких входять технологічні центри з обробки перевізних документів і інформації та товарні контори станцій з обслуговування клієнтів.

Керована підсистема управління вантажними перевезеннями, як будь-яка система, завжди включає суб'єкти та об'єкти управління. До суб'єктів управління відносяться менеджери усіх рівнів ієрархії управління, а саме: інженери з виконання функцій операційного менеджменту різних категорій, в тому числі й логісти, товарні касири, прийомоздавальники вантажу, комерційні агенти. Слід зауважити, що в сучасних умовах введення електронного документообігу і суттєвих змін в реалізації функцій това-

рного касира, доречно поставити питання щодо введення нової посади комерційного агента, яка за сумісництвом візьме на себе виконання функцій товарного касира і прийомоздавальника, що, в свою чергу, призведе до зменшення експлуатаційних витрат щодо обслуговування вантажних перевезень. До об'єктів управління віднесено процеси перевезень вантажів; таксування перевізних документів; логістика та інформаційне супроводження вантажів; відносини з клієнтами залізниць.

Для формування вищенаведеного механізму обрано науковий підхід, за допомогою якого можна дослідити та вирішити проблему управління підприємствами залізничного транспорту з вантажних перевезень.

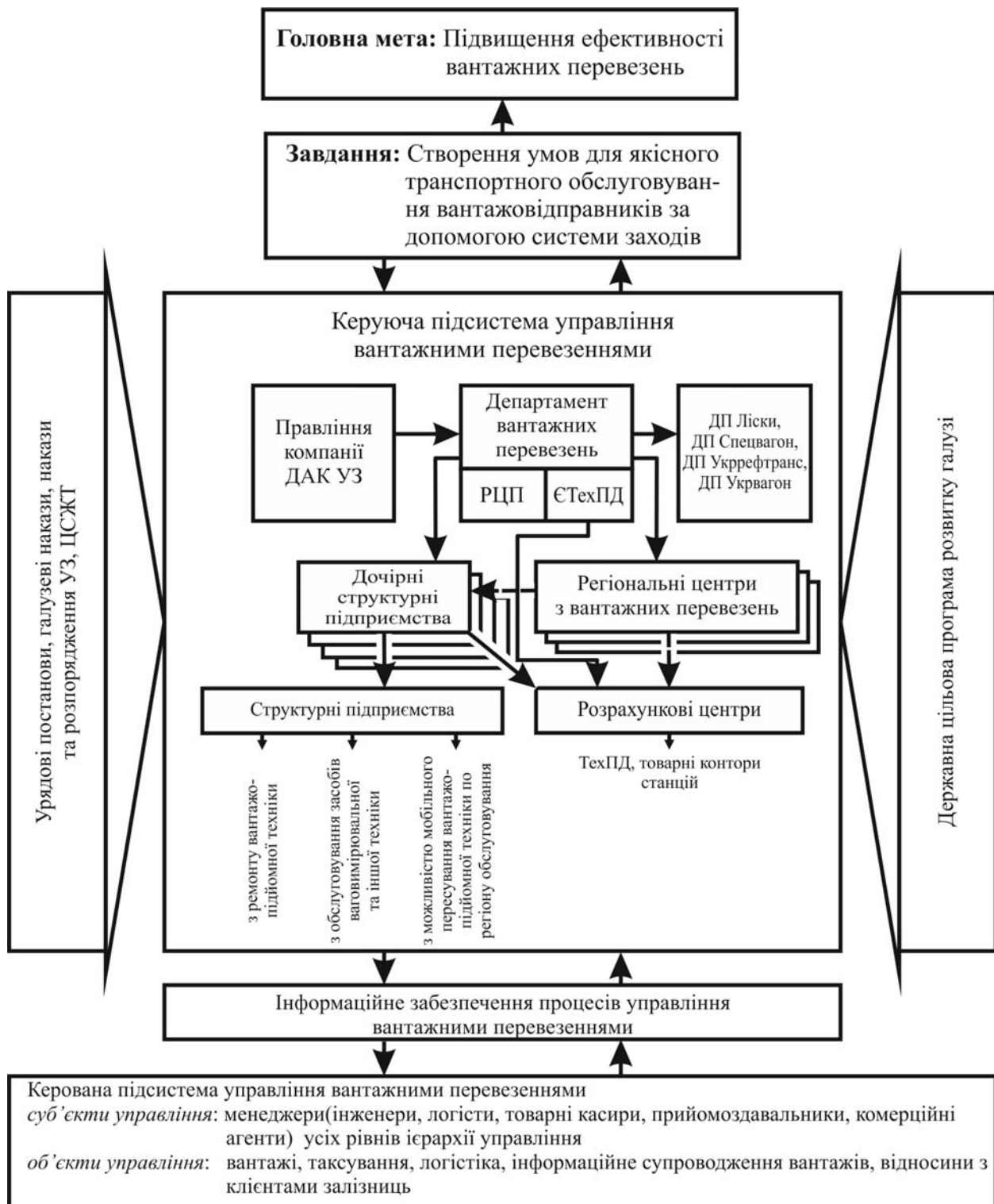


Рис. 2. Механізм управління вантажними перевезеннями за вертикально-інтегрованим принципом

Для вирішення завдань, пов'язаних з управлінням конкурентоспроможністю, автором рекомендовано застосування ситуаційного підходу.

Сутність ситуаційного підходу трактується наступним чином: «Найбільш ефективним в конкретній ситуації є метод, який найбільш за все відповідає даній ситуації, максимально ада-

птований до неї. Застосування ситуаційного підходу базується на альтернативності досягнення однієї й тієї ж мети під час прийняття або реалізації управлінського рішення з урахуванням непередбачених обставин» [3].

На рис. 3 наведено схему застосування ситуаційного підходу на прикладі розробки стра-

тегії для будь-якої мети, що була відпрацьована в році t , а реалізована в році $(t + 3)$. В свою чергу, A_1 , A_2 , A_3 – альтернативні варіанти досягнення мети для конкретних ситуацій.

Особливого змісту також набуває головна мета формування механізму управління підприємствами залізничного транспорту з вантажних перевезень – підвищення ефективності діяльності.

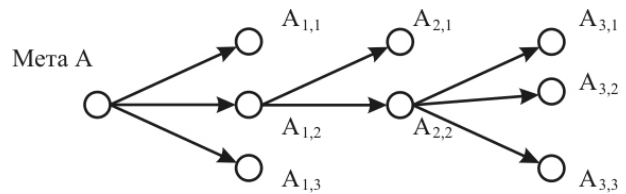


Рис. 3. Схема застосування ситуативного підходу

Шляхи її реалізації, що частково набули розвитку в межах даної роботи, представлені на рис. 4.

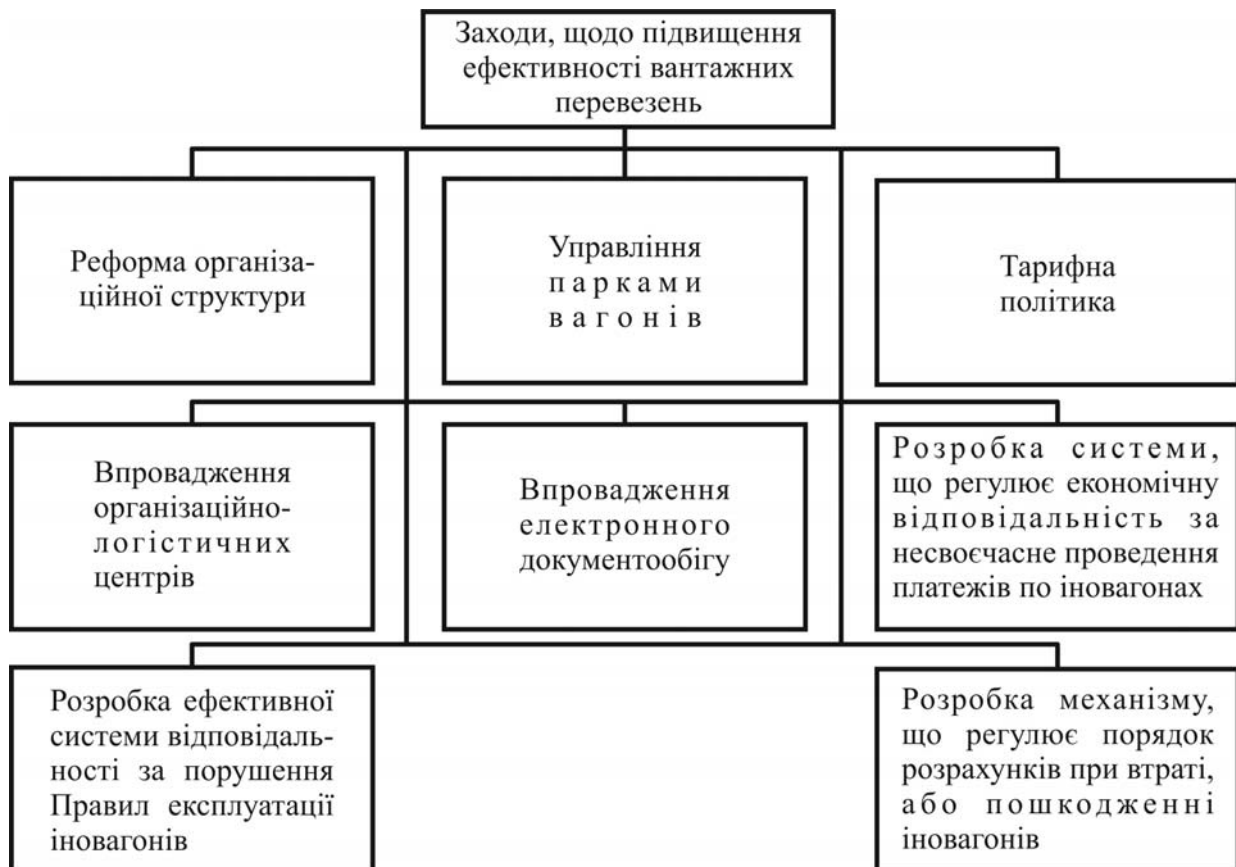


Рис. 4. Структура заходів підвищення ефективності вантажних перевезень

ВИСНОВКИ

Запропоновано визначення сучасного механізму управління підприємствами вантажного господарства в умовах реформування галузі як система заходів (програмних, правових, адміністративних, технічних) та сукупність підприємств залізничного транспорту з вантажних перевезень, побудованих за певною ієрархією залежно від їх функцій та взаємодії для ефективного виконання своєї місії і цілей в умовах сучасного ринку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Програма економічних реформ України на 2010-2014 роки [Текст]. – Комітет з економічних реформ при Президенті України. – Режим доступу: [//www.president.gov.ua](http://www.president.gov.ua)
2. Програма реформування (ринкової трансформації) залізничного транспорту [Текст] : Затв.: Рішення Колегії Мінтрансв'язку від 25.07.2008 р. № 25.
3. Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту України [Текст] : Затв.: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. № 651-р.
4. Фатхутдинов, Р. А. Управление конкурентоспособностью организации [Текст] : учеб. пособие / Р. А. Фатхутдинов. – М.: Изд-во Эксмо, 2004. – 544 с.

Надійшла до редколегії 17.10.2010.
Прийнята до друку 20.10.2010.

Т. Ю. ЧАРКІНА (ДПТ)

ЕКОНОМІЧНИЙ КРИТЕРІЙ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПОСЛУГ, ЩО НАДАЮТЬСЯ ПАСАЖИРСЬКИМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ

Робота присвячена розробці економічного критерію для порівняння конкурентоспроможності різних видів пасажирського транспорту з урахуванням їх негативного впливу на довкілля та утримання власної інфраструктури.

Ключові слова: конкурентоспроможність різних видів транспорту; інтенсивність конкуренції; рентабельність пасажирських перевезень

Работа посвящена разработке экономического критерия для сравнения конкурентоспособности разных видов пассажирского транспорта с учетом их негативного влияния на окружающую среду и содержания собственной инфраструктуры.

Ключевые слова: конкурентоспособность разных видов транспорта; интенсивность конкуренции; рентабельность пассажирских перевозок

The work is devoted to developing the economic criterion to compare the competitiveness of the different modes of passenger transport, taking into account their negative impact on the environment and the maintenance of their own infrastructure.

Keywords: competitiveness of different modes of transport, intensity of competition, profitability of passenger traffic

Вступ

Кожний з видів транспорту має на ринку пасажирських послуг свою нішу відповідно до умов ринку, вартості та якості перевезень. Як було зазначено в статті [1] порівнювати конкурентоспроможність різних видів перевезень без врахування шкоди, яку вони завдають довкіл्लю та витрат на утримання власної інфраструктури, не коректно, оскільки автомобільний транспорт завдає навколишньому середовищу шкоди майже у 6 разів більше ніж усі інші види транспорту разом. Крім того утримання автомобільних доріг та їх будівництво виконуються за кошти уряду або місцевих органів влади, величина яких значно більш за транспортний податок автомобільних компаній та підприємств. Такий винятковий підхід до визначення конкурентоспроможності різних видів транспорту не дозволяє встановити пріоритети для розвитку державою найбільш економічних видів транспорту на ринку пасажирських транспортних послуг.

Постановка задачі

Для рішення вказаної проблеми необхідно розробити економічний критерій, який би відповідав новому теоретико-методичному підходу до визначення конкурентоспроможності різних видів транспорту [1] і додатково враховував витрати на:

- боротьбу зі шкідливими викидами у зовнішнє середовище;
- компенсацію збитків від аварій (травматизм, смертність та ін.);
- затримання пасажирів, які перебувають в технологічних заторах;
- на утримання та будівництво транспортної інфраструктури.

Результати

Для цього пропонується узагальнюючий показник конкурентоспроможності УПК, який математично можна представити за допомогою формули (1):

$$\text{УПК} = (K_{\text{шк}} \cdot K_{\text{то}} \cdot K_{\text{сс}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{і}}) \cdot (K_{\text{р}} \cdot K_{\text{др}} \cdot K_{\text{оп}}) \times \\ \times (K_{\text{шп}} \cdot K_{\text{рт}} \cdot K_{\text{яп}} \cdot K_{\text{ш}} \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{оч}} \cdot K_{\text{бп}}) \cdot 1000, \quad (1)$$

де $K_{\text{шк}}$ — показник інтенсивності конкуренції, що враховує шкоду, яку даний вид транспорту завдає довкіл्लю та здоров'ю людей;

$K_{\text{то}}$ — показник інтенсивності конкуренції, що враховує техногенну обстановку, яку створює транспорт у місті та шляху перевезення;

K_{cc} – показник інтенсивності конкуренції, що враховує соціальну спрямованість даного виду транспорту;

K_c – показник інтенсивності конкуренції, що враховує необхідність субсидування даного виду транспорту;

K_{inv} – показник інтенсивності конкуренції, що враховує необхідність вкладання інвестицій на розвиток даного виду транспорту;

K_p – показник інтенсивності конкуренції, що враховує рентабельність перевезень даного виду транспорту на ринку;

$K_{др}$ – показник інтенсивності конкуренції, що враховує долю ринку даного виду транспорту;

$K_{оп}$ – показник інтенсивності конкуренції, що враховує темпи зростання обсягів перевезень даного виду транспорту на ринку;

$K_{цп}$ – показник інтенсивності конкуренції, що враховує ціну, за якою надається послуга даним видом транспорту;

$K_{рт}$ – показник інтенсивності конкуренції, що враховує ритмічність перевезення пасажирів даним видом транспорту;

$K_{яп}$ – показник інтенсивності конкуренції, що враховує якість перевезень надану даним видом транспорту;

$K_{ш}$ – показник інтенсивності конкуренції, що враховує швидкість доставки пасажирів даним видом транспорту до пункту призначення;

K_3 – показник інтенсивності конкуренції,

що враховує зручність та термін поїздки пасажирів до місця отримання послуги та в зворотному напрямку;

$K_{оч}$ – показник інтенсивності конкуренції, що враховує термін та зручність очікування поїздки даним видом транспорту;

$K_{бп}$ – показник інтенсивності конкуренції, що враховує безпечність поїздки для життя пасажирів даним видом транспорту.

Оскільки показників інтенсивності конкуренції 16, а їх добуток може дуже малою величиною, то автором введено коефіцієнт 1000, що дозволить підвищити значення УПК.

Для більш наглядного визначення показників інтенсивності конкуренції у окремі дужки були взяті чинники Уряду, перевізників з надання транспортних послуг та пасажирів. Виникає важливе питання – чи усі перелічені показники інтенсивності конкуренції однаково впливають на загальний показник УПК? Для цього слід провести додаткові дослідження окремо по кожному показнику.

По-перше, слід сказати, що всі показники інтенсивності конкуренції крім $K_{бп}$, на які спрямовані погляди пасажирів, є повним відображенням показника K_p , оскільки останній враховує не тільки доходи від перевезень, а й експлуатаційні витрати і більш повно враховує ефективність діяльності даного виду транспорту. Враховуючи сказане, показники інтенсивності конкуренції $K_{цп}$, $K_{рт}$, $K_{яп}$, $K_{ш}$, K_3 , $K_{оч}$ слід виключити з узагальнюючого показника інтенсивності конкуренції УПК. Після перетворень формула (1) набуде виду (2):

$$УПК = (K_{шк} \cdot K_{то} \cdot K_{cc} \cdot K_c \cdot K_{inv} \cdot K_p \cdot K_{др} \cdot K_{оп} \cdot K_{бп}) \cdot 1000. \quad (2)$$

Але тепер стало зрозумілим те, що для суттєвого підвищення рентабельності пасажирських перевезень, яка визначається показником інтенсивності конкуренції K_p , та $K_{др}$ необхідно:

1. Визначати оптимальні тарифи на перевезення пасажирів різними видами транспорту, які б дозволили позитивно впливати на рентабельність перевезень;

2. Підвищити ритмічність перевезень пасажирів, за умови визначення оптимального співвідношення між кількістю рейсів транспорту та витрат на перевезення;

3. Суттєво підвищити якість послуг, що надаються перевізниками різних видів транспорту;

4. Підвищити швидкість руху пасажирських видів транспорту з урахування зручності курсування на протязі доби;

5. Оптимізувати час проїзду та зручність доставки пасажирів до місця отримання послуги (пасажирського вокзалу) в прямому та зворотному напрямку;

6. Суттєво скоротити термін очікування послуг на пасажирському вокзалі, або а в аеропорту;

7. Значно скоротити експлуатаційні витрати на перевезення пасажирів за рахунок новітніх технологій, науково обґрунтованої організації руху транспорту, впровадження нового рухомого складу та ін.

Запропонований узагальнюючий показник інтенсивності конкуренції УПК відрізняється

від показника $U_k = \sqrt[3]{U_p U_d U_T}$ показниками інтенсивності конкуренції на які повинні звертати увагу Уряд країни та місцеві органи влади і стосується це сталого розвитку суспільства та підтримкою державою саме цих безпечних видів перевезень.

Кількість показників інтенсивності конкуренції, які слід запропонувати Урядом, можна також скоротити за рахунок врахування показників $K_{сс}$, K_c показником інтенсивності конкуренції K_p , при розрахунку якого необхідно вилучити самостійного утримання інфраструктури окремими видами транспорту, оскільки автомобільний транспорт ці витрати не несе.

Крім того подальші дослідження показали, що витрати, пов'язані з безпекою життя пасажирів $K_{оп}$, враховані показником $K_{шк}$, а показник інтенсивності конкуренції $K_{то}$ не можливо розрахувати в сучасних умовах, оскільки така статистика в Україні не ведеться.

З урахуванням всього сказаного вище та з огляду на те, що кількість показників інтенсивності значно скоротилася, узагальнюючий показник інтенсивності конкуренції УПК буде мати такий вигляд (3):

$$УПК = \sqrt[5]{K_{шк} \cdot K_{инв} \cdot K_p \cdot K_{др} \cdot K_{оп}} \quad (3)$$

Далі слід досконально дослідити та визначити $K_{шк}$, оскільки він раніше в наукових працях вітчизняних вчених не досліджувався. Цьому дослідженню присвячено науково-дослідна робота. Вплив факторів, які раніш були позначені як показники інтенсивності конкуренції $K_{ши}$, $K_{рт}$, $K_{яп}$, $K_{ш}$, K_3 , $K_{оч}$, на K_p

Математичне значення інших показників інтенсивності конкуренції та узагальнюючого показника УПК наведені нижче в цьому підрозділі.

Спочатку визначимо різницю між узагальнюючим показником УПК, за формулою (3) та узагальнюючим показником формулою $U_k = \sqrt[3]{U_p U_d U_T}$. Вони відрізняються не тільки двома новими показниками $K_{шк}$ та $K_{инв}$, а й сутністю показників інтенсивності конкуренції U_p , U_d , U_T , які відрізняються від аналогічних показників, K_p , $K_{др}$, $K_{оп}$, запропонованих автором.

У підручнику [1, с. 40-41] U_p розраховується за формулою (4):

$$U_p = 1 - \frac{\Pi}{V_p}, \quad (4)$$

де Π_p – прибуток ринку, грн;

V_p – об'єм ринку транспортних послуг, грн.

У нашому випадку показник інтенсивності конкуренції, який враховує рентабельність даного виду транспорту, розраховується за формулою (6) і має інший сенс:

$$K_p = 1 - \frac{\Pi_s}{V_p}, \quad (5)$$

де Π_i – прибуток даного виду пасажирських перевезень на ринку транспортних послуг з урахуванням витрат держави на утримання відповідної інфраструктури, грн. Для автомобільного транспорту, який самостійно не утримує інфраструктуру шляхів сполучення та місцевих шляхів, з прибутку слід вирахувати ці витрати.

У підручнику [1, с. 41] U_d розраховується за формулою (6):

$$U_d = 1 - \sqrt[n]{(1/n) \sum (D_i - 1/n)^2}, \quad (6)$$

де n – кількість видів перевезень, що конкурують на ринку транспортних послуг між собою;

D_i – доля i -го конкурента на ринку транспортних послуг, частка.

Для нашого випадку, де на ринку транспортних послуг всього шість конкурентів – шість видів перевезень пасажирів, формула (6) значно спрощується та набуває виду (7):

$$K_{др} = 1 - D_i, \quad (7)$$

Показник інтенсивності конкуренції U_T , в літературі [1, с. 41] визначається за формулою (8):

$$U_T = (140 - T_p) / 70, \quad (8)$$

де 140 та 70 – межа значення річних темпів зростання об'ємів продажу;

T_p – річний темп зростання обсягів продаж на даному товарному ринку без урахування інфляції, %.

У нашому випадку показник інтенсивності конкуренції, який враховує темпи зростання обсягів перевезень даного виду транспорту, розраховується за формулою (9) і має також інший сенс, оскільки визначається за останні 10 років циклу, що досліджується:

$$K_{он} = 1 - (ОП_i^k - ОП_i^n) / ОП_i^n, \quad (9)$$

де $ОП_i^n$ – обсяги перевезень пасажирів і-тим видом транспорту на початку 10-річного циклу, пас.-км;

$ОП_i^k$ – обсяги перевезень пасажирів і-тим видом транспорту на кінець 10-річного циклу, пас.-км.

Аналіз показників інтенсивності конкуренції $K_p, K_{др}, K_{оп}$ показує, що всі вони мають значення менше одиниці, оскільки розраховуються як частки від цілого. Показник $K_{інв}$ слід визначати за формулою $K_{інв} = I_{інв}^i / I_{інв}^3$, як співвідношення інвестицій держави відповідно в і-тий вид перевезень та в загальні інвестиції в усі види транспорту, яке вимірюється часткою

Якщо перемножити одночасно п'ять показників інтенсивності конкуренції, які усі мають значення менше одиниці, то добуток їх буде величина дуже малою. Для того, щоби добуток мав сенс з нього слід добути корінь п'ятого ступеня. Остаточний вид формули для розрахунку узагальнюючого показника інтенсивності конкуренції УПК (3) залишається без змін і для найкращого варіанту конкурентоспроможності буде мінімальним.

Висновки

Автором розроблено новий теоретико-методичний підхід до визначення конкурентоспроможності пасажирських послуг, що нада-

ються будь-якими видами транспорту на ринку транспортних перевезень, з урахуванням показників інтенсивності конкуренції, що враховують:

- шкоду, яку даний вид транспорту завдає довкіллю та здоров'ю людей;
- необхідність вкладання інвестицій на розвиток даного виду транспорту;
- рентабельність перевезень даного виду транспорту на ринку;
- долю ринку, яку займає даний вид транспорту;
- темпи зростання обсягів перевезень даного виду транспорту на ринку;

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Фатхутдинов, Р. А. Управление конкурентоспособностью организации [Текст] : учеб. пособие / Р. А. Фатхутдинов. – М.: Изд-во «Эксмо», 2004. – 544 с.
2. INFRAS/IWW 2000: External Costs of Transport: Accident, Environmental and Congestion Costs of Transport in Western Europe [Text]. – Zurich/Karlsruhe, 2000.
3. INFRAS/IWW 2004: External Costs of Transport: Update Study. Final Report [Text]. – Zurich/Karlsruhe, 2004.

Надійшла до редколегії 01.11.2010.

Прийнята до друку 03.11.2010.

ЕВОЛЮЦІЯ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ОБЛІКУ ВИТРАТ

Розглядається теорія та практика обліку витрат в історичному аспекті, а також класифікація витрат для цілей управління.

Ключові слова: управлінський облік, класифікація витрат, система управління витратами

Рассматривается теория и практика учета затрат в историческом аспекте, а также классификация затрат для целей управления.

Ключевые слова: управленческий учет, классификация расходов, система управления затратами

A theory and practice of account of charges in a historical aspect as well as a classification of charges for the aims of management are examined.

Keywords: managerial account, classification of charges, cost management system

Вступ

Теорія і практика управління витратами – відносно молода сфера наукових і практичних інтересів менеджерів, яка започаткувала свій розвиток з виникненням теорії витрат у другій половині XIX ст. Піонерами в її розробці були найбільш розвинуті на той час в економічному відношенні країни, до яких слід віднести Англію, Німеччину, США.

У сучасний період процесу управління витратами, як єдиного цілісного процесу, що визначає політику вітчизняних підприємств та організацій, в Україні практично не існує, в даний час навіть ще немає чіткої системи управління процесом зниження собівартості.

Актуальність проблеми посилюється ще й тим, що інфляційні процеси, які мають місце впродовж останніх років в Україні, не сприяють зниженню рівня витрат у ціні продукції. Прибуток досягається, в основному, не шляхом зменшення затрат на виробництво продукції, а за рахунок зростання відпускних цін.

Постановка задачі

Основою для прийняття рішень по управлінню витратами є дані управлінського обліку підприємства, а також дані з зовнішніх джерел про навколишнє середовище підприємства. Тому вибір використовуваного методу обліку витрат визначає надалі інформаційні, аналітичні і контрольні можливості всієї системи управлінського обліку.

Аналіз стану залізничного транспорту України показує, що причинами його відставання від сучасних вимог і світових стандартів є: низький рівень матеріально-технічної бази, прогресуюче старіння основних фондів, недо-

статня якість обслуговування пасажирів, обмежені обсяги інвестування, але головна – невідповідність існуючої організаційно-правової структури управління залізничним транспортом тенденціям ринкового розвитку економіки України та ринковим моделям управління.

В економічно розвинених країнах найпрогресивнішою та розповсюдженою формою ефективного управління залізничним транспортом вважається корпоративне управління. Тому одним із варіантів рішення задачі створення ефективною моделі управління залізничним транспортом України є створення потужної державної акціонерної компанії з ефективною системою корпоративного управління, яка передбачає використання базової стратегії на ринку перевезень – стратегії зниження витрат.

Результати

Сучасні західні дослідники пов'язують виникнення теорії обліку витрат з другою половиною XIX ст., коли в 1887 р. було опубліковано перше видання теоретичної праці англійців Джона Магнера Фелса і Еміля Гарке «Виробничі рахунки: принципи і практика їх ведення». Спочатку і протягом тривалого часу витрати виявляли і враховували так звані «котловим» методом, тобто в єдиному бухгалтерському регістрі з початку звітного періоду враховували всі засоби, витрачені на виробництво, незалежно від ділянок їх використання і цільового призначення. Недолік цього методу полягав в тому, що, даючи підсумкову суму витрат за той або інший період, він не показував структуру, і, отже, не дозволяв визначити, які витрати можуть бути знижені і на яких ділянках виробництва. Підхід до обліку витрат, запропонований Д. Фелсом і Е. Гарке, передбачав створення си-

стеми, покликані підвищити інформативність даних про витрачені засоби і підсилити контроль за їх використанням. Ця система ґрунтувалася на двох найважливіших нововведеннях. Перше полягало в тому, що всі запаси за всіма витратами зводилися в реєстри за допомогою подвійного запису. Друге полягало в тому, що всі витрати ділилися на фіксовані і змінні. При цьому вважалося, що зміна фіксованих витрат не залежить безпосередньо від різних господарських операцій або обсягу виготовленої продукції. Виділення із загальної маси витрат, умовно-змінних, багато в чому визначило можливість їх нормувати, встановлювати норму використання ресурсів на певний об'єм готових виробів. Крім того, був встановлений точніший зв'язок між витратами на виробництво готового виробу і його собівартістю, що дало можливість сформувати в майбутньому систему «стандарт-кост».

Робота Д. Фелса і Е. Гарке відповіла на багато поточних питань, але по суті це були теоретичні відповіді. В той час вже в 1889 р. ці відповіді знайшли своє практичне відображення в першій системі порівняння фактичних витрат з нормативними. Цю систему створив Джордж Пеплер Нортон, згідно якої фактичні витрати по кожній ділянці виробництва порівнювалися з витратами по цьому процесу, прийнятими за норму. Складські і управлінські витрати, а також витрати загального характеру враховували на окремих рахунках, а потім зіставляли з чистим прибутком або збитком так само, як і на рахунках фінансового обліку.

Облік витрат за єдиною схемою подвійного запису закріпив витрати за відповідними ділянками господарської діяльності, що дозволило Джону Манну в 1891 р. класифікувати умовно-постійні або накладні витрати. Таким чином, виявлення накладних витрат, пов'язаних з купівлею сировини і реалізацією готової продукції, дозволило надалі виключати їх з нормування і зосередитися лише на витратах, пов'язаних з виробництвом, а, отже, достовірніше визначати результат виробництва, не змінений жодними не виробничими накладними витратами.

Продовжуючи класифікацію витрат, відомий американський автор Олександр Гамільтон Черч в роботі «Адекватний розподіл виробничих витрат», яку опублікував в 1901 р., розділив накладні витрати, що пов'язані з виробництвом, на накладні витрати на робочу силу і на загальноорганізаційні витрати. Наступним кроком в деталізації обліку витрат і фокусуванні його на виробництві стали ідеї Черча по обліку

робочого і машинного часу. Він запропонував розділити виробничу ділянку на декілька виробничих центрів залежно від того, яке устаткування застосовують ці центри, і розділяти накладні витрати між ними на основі відпрацьованих машинно-годин.

Одним з найважливіших завдань подальшого розвитку теорії обліку витрат на виробництво став пошук відповіді на питання: у якій пропорції слід включати в собівартість продукції умовно-постійні витрати, тобто визначення собівартості і формування витрат з метою оперативного контролю за випуском продукції. Були розроблені різні методи розподілу витрат, що дозволяють об'єктивно розподілити умовно-постійні витрати між одиницями продукції.

При виробництві однорідної продукції можна застосовувати традиційні позамовний та попроцесний методи калькулювання. Проте різноманітність продукції може приводити до значного ускладнення і суб'єктивності у визначенні собівартості даними методами калькулювання.

Якщо слідувати концепції обліку змінних виробничих витрат (директ-костинг), висунутій в 1936 р. Джонатаном Харрісом, необхідність розподілу накладних витрат зникає. Суть «директ-костинг» полягає в тому, що приймаючи висунуту ще в 1887 р. Д. Фелсом і Е. Гарке концепцію ділення витрат на умовно-постійні та змінні, в основу собівартості кладуться лише змінні виробничі витрати. Непрямі витрати виключаються з собівартості, оскільки, на думку прибічників цього методу, вони викликані не стільки безпосередньо процесом виробництва, скільки перебігом часу. Це твердження довгий час не мало широкого вживання. Лише з середини 60-х років завдяки макроекономічним дослідженням «директ-костинг» стає переважаючим методом в обліку витрат на заході.

До кінця XX століття була звернена увага на те, що поняття «директ-костинг» більше означає «прямі витрати», хоча з методологічної точки зору ця система обліку витрат передбачає включення у виробничу собівартість продукції лише змінних виробничих витрат, а саме: прямих матеріальних витрат, прямих витрат на оплату праці і змінних загальновиробничих накладних витрат. Тому в практиці роботи професійних бухгалтерів і в спеціальній літературі, що пов'язана з сертифікацією професійних бухгалтерів, з'явилося поняття «верібл-костинг», який більш точно відображає суть методу обліку змінних виробничих витрат.

З еволюцією теорії і практики обліку витрат стає очевидним той факт, що для підприємства

важлива не стільки собівартість продукції, точне і повне визначення якої сьогодні залишається загадкою для бухгалтера, скільки запобігання невинуватених витрат, яких можна було б уникнути. Рішенням цієї задачі стала поява на початку ХХ ст. в США, а потім і Європі, системи порівняння фактичних витрат з нормативними - «стандарт-кост», запропонованої Гаррінгтоном Емерсоном і Чартером Гаррісоном. В результаті співпраці Г. Емерсона і Ч. Гаррісона була створена система, основною метою якої було визначення ефективності роботи підприємства і усунення неефективності його роботи шляхом порівняння фактичних витрат з нормованими. Ця система розглядає не статику, а динаміку господарського процесу підприємства з метою контролю витрат за відхиленнями.

Сенс системи «стандарт-кост» полягає в тому, що до обліку вноситься те, що повинно статися, а не те, що сталося, враховується не суще, а належне, і відособлено відображаються відхилення, що виникли. Основне завдання, яке ставить перед собою дана система – облік витрат і відхилень в прибутку підприємства. У її основі лежить чітке і тверде встановлення норм затрат матеріалів, енергії, робочого часу, праці, зарплати і всіх інших витрат, пов'язаних з виготовленням будь-якої продукції або напівфабрикатів. Основний постулат «стандарт-кост» - фактичні показники витрат завжди перевищують нормативні, оскільки норма – це мінімальні витрати для даних умов, тобто насправді облік полягає у фіксації безлічі відхилень. Якщо ж відхилень не виникло або фактичні витрати менші нормативних, то це означає, що була визначена не гранично низька норма витрат і її потрібно скорегувати, тобто зменшити. Будь-які витрати порівняно з нормами приводять до перевитрати засобів, аналіз яких є джерелом інформації про невикористані ресурси підприємства, його потенціал і невинуватені витрати.

Слід зауважити, що традиційні методи обліку витрат не відповідають вимогам сучасної конкурентної боротьби на ринку. Тому одним із найважливіших завдань є модифікація методології обліку витрат і калькулювання собівартості нових продуктів. Для забезпечення конкурентоспроможності продукції потрібно дотримуватись основних рецептів успіху: «продавай дешевше, ніж інші», «зроби продукт відмінним від інших», «концентруйся на якості». Але для того, щоб скористатися певним рецептом успіху, наприклад, продати свій продукт дешевше, ніж конкуренти, потрібно спочатку виготовити цей продукт більш дешевим.

Фахівці Японії з виробничого менеджменту і управлінського обліку ще в 60-х роках ХХ ст. запропонували просте і ефективне рішення цієї проблеми, розробивши концепцію управління витратами за цільовою собівартістю - систему «таргет-костинг», яку успішно використовують на практиці вже більше сорока років. Вперше систему «таргет-костинг» офіційно було застосовано в корпорації Toyota в 1965 р., хоча деякі більш прості її форми ще в 1947 р. використовувала компанія General Electric. Напевно саме тому американці приписують честь винаходу системи «таргет-костинг» Лоуренсу Майлзу з корпорації General Electric, але його система управління цільовими витратами була не більше ніж досить примітивною версією сучасної концепції, що не набула достатньо широкого поширення. Повномасштабне ж впровадження «таргет-костинг» в промислових корпораціях США почалося лише в кінці 1980-х років, причому – що вельми примітно – за зразок було взято саме японську модель, достатньо ефективна і просунута на той час.

Першим, хто спожив сучасне формулювання – «таргет-костинг», був Тоширо Хиромото, який опублікував в 1988 р. одну з самих цитованих в подальші роки статей, присвячених досягненням японського управлінського обліку. Раніше термін «таргет-костинг» в англомовних ділових і професійних виданнях не вживався.

Таким чином, система «таргет-костинг» – це цілісна концепція управління, яка підтримує стратегію зниження витрат і реалізовує функції планування виробництва нових продуктів, превентивного контролю витрат та калькуляції цільової собівартості відповідно до ринкових реалій. Основна ідея «таргет-костингу» полягає в тому, що традиційна формула ціноутворення: $\text{Ціна} = \text{Собівартість} + \text{Прибуток}$ трансформована у рівність: $\text{Ціна} - \text{Прибуток} = \text{Собівартість}$. Тобто, «таргет-костинг», на відміну від традиційних методів ціноутворення, передбачає розрахунок собівартості виробу, виходячи із ціни реалізації, встановленої на основі маркетингових досліджень, що проводяться перед початком розробки нового продукту.

Для визначення цільової собівартості виробу від очікуваної ринкової ціни віднімається бажана величина прибутку. Під цільовою собівартістю розуміють гранично допустиму (з точки зору ринку збуту) собівартість, яка повинна бути орієнтиром для забезпечення конкурентоспроможності підприємства на сегменті ринку. Цільова собівартість виробу є основою для ви-

значення величини допустимих витрат на кожний його структурний елемент.

Важливим етапом «таргет-костингу» є конструювання вартості, тобто системне вивчення усіх функцій виробу і факторів витрат з метою зниження елементів витрат майбутнього виробу, що забезпечить бажаний рівень витрат та задоволення конкретних потреб споживачів. На стадії проектування продукту спеціалісти вишуковують оптимальну комбінацію рівня витрат і якості, вносять багаторазові зміни у пробний проект і лише тоді, коли кошторисна собівартість не буде перевищувати цільову, оформляється остаточний варіант проекту. Для досягнення допустимої величини витрат використовується функціонально-вартісний аналіз, який дозволяє оптимізувати технічні рішення з використанням показників якості і функціонально-необхідних витрат. Результатом функціонально-вартісного аналізу може бути покращення дизайну виробу, заміна матеріалу, модифікація технологічного процесу тощо. У процесі конструювання вартості контролер допомагає конструкторам і технологам визначити види діяльності, витрати на які потребують зниження, та вплив на витрати різних проектних рішень.

Якщо «таргет-костинг» застосовується виключно для встановлення цільових витрат на виробництво продукції, виходячи з ціни основних конкурентів, то його можна розглядати як специфічне вираження бенчмаркінгу і вважати інструментом стратегічного контролінгу процесу виробництва. Проте, у випадках розподілу цільових витрат на витрати окремих вузлів і компонентів продукту і, зокрема, в рамках контролю і регулювання цільових витрат виникає потреба в оперативному контролінгу.

В першу чергу до завдань оперативному контролінгу відносять розробку конкретних заходів із зниження витрат на виробництво окремих компонентів і витрат, пов'язаних із забезпеченням певних функцій (властивостей) виробу. Спочатку сукупні цільові витрати деталізуються на витрати окремих вузлів і компонентів. Потім цільові виробничі витрати окремих вузлів чи компонентів порівнюються з плановими чи фактичними витратами, щоб визначити різницю між ними, як задана величина, входить у процес регулювання виробничих витрат.

Таким чином, в даний час в міжнародній практиці існує два підходи до визначення поточних результатів діяльності. Перший підхід направлений на вдосконалення калькуляції і контролю за витратами по кожному окремому виду готової продукції, а другий – на вдосконалення

методики прийняття управлінських рішень, уміння їх корегувати залежно від змін ринкової кон'юнктури і інших чинників.

Прагнення економічної думки зблизити ці підходи, привело до виникнення безлічі змішаних варіантів систем обліку і контролю витрат та результатів виробничої діяльності. На базі обліку часткових витрат були розроблені:

- багатоступеневий облік витрат;
- облік відшкодування постійних витрат;
- облік відшкодування граничних стандартних витрат.

Багатоступеневість при обліку витрат обумовлена тим, що облік постійних витрат ведеться не в одному місці, а зосереджений по ряду методологічних сегментів. Перевагою багатоступеневого обліку витрат можна вважати кращу – з врахуванням критеріїв, істотних для управління підприємством, - структуризацію витрат. При цьому досягається велика точність даних. Встановлення маржинального доходу на покриття витрат кожного рівня можна використовувати для оцінки окупності видів продукції, які виробляються, визначення рентабельності окремих підрозділів підприємства і знаходження нижньої границі для відпускних цін.

Облік відшкодування постійних виробничих витрат є модифікацією багатоступеневого методу обліку витрат та результатів виробничої діяльності. Його суть полягає в з'єднанні обліку змінних витрат з врахуванням повних витрат. При цьому непрямі витрати не розподіляються по якійсь базі, а формуються по певному відсотку від величини фактично понесених витрат. Процедура починається з порівняння відомої ринкової ціни з собівартістю. Потім по кожному рівню виробничого процесу встановлюється, якою мірою ціна покриває вартість.

Облік відшкодування граничних витрат на виробництво заснований на припущенні про існування жорсткої лінійної залежності між величиною витрат і обсягом виробництва. На практиці це приводить до чіткого розмежування витрат на постійні і змінні. При цьому всі витрати групуються по місцях їх виникнення. Сума фактичних витрат знаходиться шляхом корегування нормативних витрат на величину виявлених відхилень. Фіксація відшкодування граничних стандартних витрат забезпечує адміністрацію інформацією, необхідною для прийняття управлінських рішень в умовах неповного використання виробничих потужностей підприємства. На базі обліку повних витрат виникли: облік відносно індивідуальних витрат; облік витрат по чинниках виробництва; функ-

ціональний облік витрат; структурний облік витрат; облік постійно розподілених витрат.

Згідно з варіантом обліку відносних індивідуальних витрат, що розроблений П. Рібелем, по місцях виникнення, по центрах відповідальності і по носіях відносять лише ті витрати, які можна з ними ідентифікувати. Завдяки цьому повністю зникають непрямі витрати, і всі витрати можна трактувати як прямі.

Обмеженість ресурсів підприємства висуває завдання більш ефективного їх використання. Облік витрат по чинниках виробництва не вимагає ділення витрат на постійні та змінні. У основі даного обліку витрат і результатів діяльності покладена передумова, згідно якої витрати ресурсів мають різну інтенсивність залежно від фази господарського циклу підприємства. Дана система обліку витрат передбачає групування витрат в розрізі кожного виробничого чинника і кожної фази відтворення, адміністрація отримує інформацію про необхідність понести ті або інші витрати, пов'язані з прийняттям тих або інших управлінських рішень по зміні обсягів виробництва, накопиченню ресурсів або міри їх використання і так далі.

Найбільш відомий варіант функціонального обліку витрат розробив Р. Бере. Ідея, покладена в основу цього методу полягає в тому, що будь-яке підприємство повинне прагнути до оптимального використання свого виробничого і організаційного потенціалу, але це досягається лише у випадках, якщо підприємство найбільш повно реалізує всі свої функції.

Функціональний облік може бути організований на базі функціонально-вартісного аналізу і передбачає чітке розділення функцій і розробку облікових процедур, що дозволяють виміряти результати цих функцій. Витрати підприємства групуються окремо по кожній функції для того, щоб виявити їх залежність від об'єму продукції, що випускається, величини наданих послуг, а також визначити зміну витрат у часі.

Основи функціонально-вартісного аналізу були закладені в кінці 40-х років XX ст. Ю. М. Соболевим (СРСР) та Л. Майлзом (США). Він відноситься до найбільш ефективних видів аналізу діяльності щодо виявлення резервів економії витрат матеріальних, трудових і грошових ресурсів на виробництво продукції. Функціонально-вартісний аналіз проводиться з метою виявлення резервів зниження витрат за рахунок ефективніших варіантів виробництва, ліпшого співвідношення між споживчою вартістю виробу та витратами на його виготовлення. Він базується на пошуку спосо-

бів зниження матеріало-, енерго-, і трудомісткості продукції.

Функціонально-вартісний аналіз на відміну від традиційних методів економічного аналізу, має принципові особливості: використовує систематичний і комплексний підхід до рішення проблеми, у першу чергу це – функціональний підхід, за якого досягається найбільш економне здійснення функцій об'єкта, що досліджується; застосовує колективні творчі методи і прийоми пошуку ідей; забезпечує єдність конструктивно-технологічних і економічних завдань. Тому, функціонально-вартісний аналіз у першу чергу спрямований на пошук резервів зниження витрат на ресурси через усунення непотрібних функцій об'єкта, що досліджується.

Особливо ефективним і доцільним функціонально-вартісний аналіз є під час впровадження інновацій на підприємствах.

Таким чином у функціональному обліку використовується ширша, ніж при традиційному обліку витрат, структура витрат підприємства. Крім того, функціональний облік може бути організований по правилах обліку змінних витрат, він дозволяє виділяти і отримувати як облікові, так і планові дані, створює умови для контролю залежності величини витрат від міри використання виробничих потужностей підприємства, його легко адаптувати до умов виробництва і ринку, що змінюються.

Структурний варіант обліку витрат найкращим чином відповідає завданню інформаційного забезпечення адміністрації підприємства відомостями про очікувані зміни навколишнього середовища. Рішення завдання досягається завдяки тому, що всі витрати діляться на три групи: прямі (змінні), загальні змінні, структурні. Виділення останньої групи дозволяє створити інформаційну базу для прийняття управлінських рішень, що направлені на розвиток підприємства в умовах ринкової кон'юнктури, яка змінюється. Короткострокові структурні витрати включають витрати, пов'язані з підтримкою виробничого потенціалу підприємства в експлуатаційній готовності при заданій мірі інтенсивності роботи машин і устаткування, а також заробітну плату в тій її частині, яка не входить в загальні змінні витрати. Довгострокові структурні витрати включають витрати, пов'язані з досягненням як поточних – встановлених на рік, так і перспективних – встановлених на триваліший період, цілей. Облік довгострокових витрат передбачає зіставлення витрат з можливими доходами від реалізації готової продукції.

Функціональний і структурний облік витрат підприємства можуть бути організовані як за повною, так і за скороченою собівартістю.

Найбільш традиційним варіантом обліку витрат і результатів господарської діяльності підприємства є облік витрат на виробництво, що постійно розподіляються. Такий облік передбачає три етапи розподілу виробничих витрат:

- включення в собівартість продукту прямих пропорційних (змінних) витрат;
- включення в собівартість продукту змінної частини загальновиробничих накладних витрат;
- віднесення на різні види готової продукції постійних загальновиробничих накладних витрат встановленим на підприємстві способом.

При цьому для розподілу постійних загальновиробничих накладних витрат застосовують різні способи: пропорційно сумі певних прямих витрат, відпрацьованому робочими або машинами часу тощо. При цьому, облік витрат зосереджується не на кінцевому продукті виробництва, а безпосередньо на виробничому процесі.

Справжню революцію в обліку витрат означувало ділення витрат на умовно-постійні і змінні, що дозволило широко використовувати дані бухгалтерського обліку для цілей управління виробничими і комерційними процесами.

Вивчаючи поняття «управління» у взаємозв'язку з якою-небудь системою на підприємстві, слід зважати на неоднозначність цього визначення. З одного боку, під управлінням розуміють діяльність по керівництву якою-небудь системою або підприємством у цілому; з іншого – сукупність суб'єктів цієї діяльності, тобто кадри підприємства. Таким чином, поняття «управління» стосовно до господарюючого суб'єкта можна розглядати в двох контекстах: як процес (діяльність) і як інститут.

Якщо визначати управління як процес, то управління – це систематична сукупність усіх управлінських дій господарюючого суб'єкта у процесі підготовки рішення. Функціонально це визначає постановку проблеми, пошук і ухвалення рішень, розподіл відповідальності за ними, виконання рішень, контроль за виконанням і коректування. Таким чином, управління витратами – це неперервний процес комплексних дій, спрямованих на затрати господарюючого суб'єкта з метою забезпечення їхнього оптимального рівня, структури і динаміки.

Головними складовими системи управління витратами підприємства є наступні: об'єкти, за якими формуються витрати за обсягом і структурою; технологія управління витратами (здійснення процедур, що необхідні для виявлення

відхилень фактичних показників витрат від запланованих); суб'єкти управління витратами (структурні підрозділи підприємства, що здійснюють певні процедури управління витратами); предмети управління витратами.

Однією з функцій системи управління витратами є контроль витрат. Основне завдання управлінського контролю полягає в забезпеченні узгодженості поставлених завдань, коли інтереси кожного окремо взятого співробітника збігаються з інтересами всієї організації. Управлінський контроль включає ряд правил і процедур, використовуваних менеджерами для виміру результатів діяльності центрів відповідальності і визначення того, чи відповідають отримані результати запланованим показникам, і якщо ні – для розробки корегувальних заходів.

Суб'єктами управлінського контролю на підприємстві є менеджери нижчої, переважно середньої і вищої ланки управління.

Об'єктом управлінського контролю є діяльність організації і основні характеризуючі показники: дохід від реалізації, витрати і прибуток. Витрати контролюються найбільше, тому найважливішим елементом управлінського контролю можна вважати управлінський контроль витрат. Тобто контроль витрат – необхідний елемент контуру управління організацією, без якого інші функції управління не можуть бути повноцінно реалізовані.

З початку ХХІ ст. глобалізація економіки викликала перехід управлінського обліку до останньої стадії – інтеграції. Після 2000-го року з'явилася необхідність істотно змінити підхід до управління витратами у зв'язку з посиленням ролі стратегічного управління з врахуванням глобальних змін в технологіях і системах управління. Якщо до початку ХХІ ст. вважалося, що управлінський облік обслуговує лише стадію виробництва, у тому числі і в частині витрат, то сучасний стратегічний управлінський облік на підприємстві передбачає облік, контроль і управління витратами на основі інформації внутрішнього і зовнішнього середовища підприємства з метою забезпечення не лише стадії виробництва, а також дозвиробничої та післявиробничої стадій. Були запропоновані три базові стратегії виживання підприємства в довгостроковій перспективі при динамічній зміні зовнішнього середовища: стратегія зниження витрат; стратегія диверсифікації; стратегія зосередження на сегменті.

Запропонована в кінці ХХ ст. професорами Гарвардського університету Робіном Купером і Робертом Капланом калькуляція на основі дія-

льності привела до розробки стратегії цільової калькуляції витрат, яка була запропонована японськими компаніями, а потім впроваджена в практику діяльності підприємств США і Європи. Основна ідея калькуляції на основі діяльності враховує той факт, що лише 15...20 % всієї повної собівартості продукту складають витрати технологічного процесу. Ці положення і викликали стратегію безперервного вдосконалення діяльності у тому числі і калькуляції з метою безперервного вдосконалення діяльності.

Крім того, одним з елементів стратегічного управління витратами стала комплексна орієнтація на логістику. За оцінками експертів, первинні витрати на логістику можуть досягати 30 % обороту, але в майбутньому ці витрати повинні окупатися.

Висновки

З розвитком ринкових відносин кардинально змінюються підходи до побудови системи управління витратами та виникнення методів калькулювання собівартості продукції.

З еволюції теорії витрат випливає, що для підприємства важлива не стільки собівартість продукції, скільки запобігання невинуватених витрат, яких можна було б уникнути. Одним з найважливіших завдань згідно з вимогами сучасної конкурентної боротьби є модифікація методології обліку витрат і калькулювання собівартості нових продуктів.

Найбільш важливим в теорії розвитку витрат для цілей управління є їх розподіл на змінні та постійні, що надає можливості використання маржинального підходу в межах релевантного діапазону.

На залізничному транспорті рівень постійних витрат дуже високий і незначно змінюється при суттєвих змінах обсягів перевезень, тому для цілей управління затратами пропонується система «директ-костинг» без розподілу постійних витрат на собівартість перевезень.

На підприємствах залізничного транспорту значну частину витрат складають витрати, що безпосередньо не пов'язані з технологічним процесом, тому для калькулювання таких витрат доцільне впровадження калькулювання на основі діяльності («таргет-костинг»).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Каплан, Р. С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию [Текст] / Р. С. Нортон, Д. П. Каплан : [пер. с англ.]. – М.: ЗАО Олимп-Бизнес, 2003.
2. Управлінський облік [Текст] / Д. Р. Хенсен [та ін.] : [пер. з англ. 5-го канад. вид.]. – К.: Міленіум, 2002.
3. Николаева, О. Е. Стратегический управленческий учет [Текст] / О. Е. Николаева, О. В. Алексеева. – М.: Едиториал, УРСС, 1997.
4. Уорд, К. Стратегический управленческий учет [Текст] / К. Уорд : [пер. с англ.]. – М.: ЗАО Олимп-Бизнес, 2002.
5. Шанк, Дж. Стратегическое управление затратами [Текст] / Дж. Шанк, В. Говиндараджан. – СПб.: Бизнес Микро, 1999.
6. Хан, Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга [Текст] / Д. Хан. – М.: Финансы и статистика, 1997.
7. Редченко, К. Таргет-костинг или искусство делать дешевле [Текст] / К. Редченко // Менеджмент и менеджер. – 2003. – № 11.
8. Анискин, Ю. П. Планирование и контроллинг [Текст] : учебник / Ю. П. Анискин. – 3-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2007.
9. Любушин, Н. П. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. П. Любушин, В. Б. Лещева, В. Г. Дьякова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
10. Голов, С. Ф. Управлінський облік [Текст] : підручник. – 3-є вид. / С. Ф. Голов. – К.: Лібра, 2006. – 704 с.

Надійшла до редколегії 03.09.2010.

Прийнята до друку 16.09.2010.

Наукове видання

В І С Н И К

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Випуск 36

(українською, російською та англійською мовами)

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

Відповідальний за випуск *І. П. Корженевич*
Комп'ютерне верстання *В. В. Кузьменко*

Статті в збірнику друкуються в авторській редакції

Формат 60 × 84 ¹/₈. Ум.-друк. арк. 37,67. Тираж 100 пр. Зам. № 2365.

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

Адреса редакції, видавця та дільниці оперативної поліграфії:

вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010, Україна

Тел.: +38 (0562) 47-19-66, факс: +38 (0562) 47-19-83

E-mail: visnik@diit.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003.