06
Д54

ISSN 1993-9175

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ

ВІСНИК

Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Випуск 29

Дніпропетровськ
2009

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

В І С Н И К

Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

За загальною редакцією проф. О. М. ПШІНЬКА

Засновано в 2003 році

Випуск 29

Дніпропетровськ
2009

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 28.09.2009 р., протокол № 1

Редакційна колегія:

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

Члени редакційної колегії:

доктор біологічних наук *А. С. Дворецький*; доктори технічних наук *Є. П. Блохін*, *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*, *В. М. Пунагін*, *А. В. Радкевич*, *А. П. Разгонов*, *В. В. Рибкін*, *В. В. Скалозуб*, *В. С. Хандецький*, *Є. М. Шафіт*; доктори фізико-математичних наук *В. І. Гаврилюк*, *В. В. Кравець*; доктори хімічних наук *М. М. Біляєв*, *С. І. Нейковський*, *О. В. Фєдін*; доктори економічних наук *Ю. С. Бараш*, *С. В. Каламбет*, *В. І. Копитко*, *В. Д. Крамаренко*, *А. А. Покотілов*

Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 29. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2009. – 300 с.
В 53
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, 2009

ЗМІСТ

ГАЛУЗЬ ТЕХНІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ»

В. В. АРТЕМЧУК, М. А. ГРІЧАНИЙ (ДІІТ), О. В. ЛЕМЕШЕВ (Служба локомотивного господарства Південно-Західної залізниці, Київ)
АДГЕЗІЙНИЙ МЕХАНІЗМ ЗНОШУВАННЯ ПРИ ТЕРТІ 7

О. М. БОНДАРЄВ (ДІІТ)
ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ЛОКОМОТИВА НА НАПРУЖЕНИЙ СТАН ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ 11

А. А. БОСОВ, С. В. МЯМЛИН, В. Я. ПАНАСЕНКО, И. В. КЛИМЕНКО (ДИИТ)
ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА 27

А. В. ДОНЧЕНКО, Ю. Я. ВОДЯННИКОВ, А. М. САФРОНОВ, Т. В. ШЕЛЕЙКО (ГП «УкрНИИВ», Кременчуг)
РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА С РАЗДЕЛЬНЫМ ТОРМОЖЕНИЕМ ТЕЛЕЖЕК 33

В. И. ЗЕЛЕНИН, П. М. КАВУНЕНКО, В. В. ТИСЕНКОВ, В. М. ТЕПЛЮК, М. А. ПОЛЕЩУК (Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ, Киев), В. Д. ЛЕБЕДЬ, В. И. ЛИПИСИЙ (ГП ПКТБ ЦВ УЗ, Киев), С. В. БОНДАРЕВ, С. А. ГАВРИЛОВ, Н. Т. ОЛЬГАРД, С. А. ЧЕБУРОВ (ГП «УкрНИИВ», Кременчуг)
ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ОСЕЙ ВАГОНОВ ТИПОВ РУ1 И РУ1Ш КОЛЕСНЫХ ПАР ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ШЕЕК И ПОДСТУПИЧНЫХ ЧАСТЕЙ 39

Н. Е. НАУМЕНКО, И. Ю. ХИЖА, Е. Г. БОГОМАЗ (Институт технической механики НАНУ и НКАУ, Днепропетровск)
ТОРМОЖЕНИЕ ПАССАЖИРСКОГО СКОРОСТНОГО ПОЕЗДА С УЧЕТОМ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЬСОВОГО ТОРМОЗА 44

О. Є. НІЩЕНКО, А. В. ГРЕЧКО, С. В. КУКІН (ДП «УкрНДІВ», Кременчук), Д. І. ЄСЬКОВ (ВАТ «КВБЗ», Кременчук)
ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАГОНА-ХОПЕРА ІЗ СИСТЕМОЮ РОЗДІЛЬНОГО ГАЛЬМУВАННЯ ВІЗКІВ 49

РОЗДІЛ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ»

Д. М. КОЗАЧЕНКО (ДІІТ)
МОДЕЛЬ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГІРКОВИХ ПРОЦЕСІВ 54

РОЗДІЛ «ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ»

А. М. АФАНАСОВ (ДИИТ)
УСЛОВИЯ КОМПЕНСАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ПРИ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКЕ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПО СХЕМЕ ПОТЬЕ 59

Г. А. ДОМАНСКАЯ (ДИИТ)
ВЫБОР ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЯГОВЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ НЕЧЕТКОГО ОПИСАНИЯ ИХ СОСТОЯНИЙ 63

М. М. КЕДРЯ, М. Л. КУМПАН (ДИИТ)
ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЯГОВОГО ПРИВОДА КАК ОДНОМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 68

А. М. МУХА (ДІІТ)
УНІФІКАЦІЯ ЯК КРИТЕРІЙ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ СТРУКТУРНИХ СХЕМ ТЯГОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ БАГАТОСИСТЕМНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА 71

Н. В. ПАНАСЕНКО (ДНДЦ УЗ), Ю. П. ГОНЧАРОВ, В. В. ЗАМАРУЕВ, С. Ю. КРИВОШЕЕВ, А. Е. ИВАНОВ, П. П. МОРОЗОВ (НТУ «ХПИ», Харьков), В. Г. СЫЧЕНКО (ДИИТ)
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ФОРМЫ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА 76

В. Г. СИЧЕНКО, Д. О. БОСИЙ (ДІІТ)
АНАЛІЗ РЕЖИМІВ НАПРУГИ НА ПРИЄДНАННЯХ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗМІННОГО СТРУМУ 82

РОЗДІЛ «ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»

И. П. КОРЖЕНЕВИЧ (ДИИТ)
ОЦЕНКА РАСХОДА ТОПЛИВА ИЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ МЕХАНИЧЕСКУЮ РАБОТУ ЛОКОМОТИВА 88

РОЗДІЛ «ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ»

Н. Н. БЕЛЯЕВ, В. М. ЛИСНЯК (ДИИТ)
НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ОБЛАКА ТОКСИЧНОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ 91

РОЗДІЛ «ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО»

В. И. БОЛЬШАКОВ, Л. С. САВИН, А. П. ПРИХОДЬКО (ПГАСА, Днепропетровск), А. Н. ПШИНЬКО (ДИИТ), Ю. Л. САВИН, Т. Н. ДУБОВ, Е. Ю. САВИН (ПГАСА, Днепропетровск)
НАУЧНО-ТЕХНОЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД И НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 96

Й. Й. ЛУЧКО, Є. Г. ІВАНИК (Львівська філія ДІІТу)
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗКРИТТЯ ТРІЩИНИ В ЗАЛІЗОБЕТОННІЙ АРМОВАНІЙ БАЛЦІ ТАВРОВОГО ПРОФІЛЮ 102

В. Д. ПЕТРЕНКО, В. Т. ГУЗЧЕНКО, О. Л. ТЮТЬКІН, А. М. М. АЛХДУР (ДІІТ)
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДВОХ ВАРІАНТІВ ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА 107

А. С. РАСПОПОВ (ДИИТ)
ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВ И АВТОМАТОВ К РАСЧЕТУ КОЛЕБАНИЙ ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНЫХ БАЛОК 112

П. Е. УВАРОВ (Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Луганск)
МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ И УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ РЕАЛИЗУЕМОСТИ ИХ ПОВЕДЕНИЯ 118

РОЗДІЛ «АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»

Б. М. БОНДАРЕНКО, А. П. РАЗГОНОВ, В. І. ПРОФАТИЛОВ (ДІІТ)
ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧНОГО КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ 121

В. Ю. ДУБ (ДІІТ)
ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ РЕЛЕ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ 126

Р. В. РИБАЛКА, В. І. ГАВРИЛЮК, І. О. РОМАНЦЕВ (ДІІТ)
УЗАГАЛЬНЕННЯ МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛІНІЙНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ІМПУЛЬСНОГО СИГНАЛУ 131

Т. Н. СЕРДЮК, А. В. ЗАВГОРОДНИЙ, В. И. ГАВРИЛЮК (ДИИТ)
ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ В ОБРАТНОЙ ТЯГОВОЙ СЕТИ 134

А. И. ТИМОШКИН (Ростовская академия сервиса ЮРГУЭС, Российская Федерация)
КОНТРОЛЕПРИГОДНАЯ СХЕМА ДВОИЧНОГО УМНОЖИТЕЛЯ ДЛЯ БАНКА ДАННЫХ САПР СБИС 140

РОЗДІЛ «МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ»

Ю. М. ІВЧЕНКО (ДІІТ), В. Г. ІВЧЕНКО, О. М. ГОНДАР (ІОЦ Придніпровської залізниці, Дніпропетровськ)
ІНТЕГРАЦІЯ МЕРЕЖНОГО ОБЛАДНАННЯ АСК ВП УЗ ТА АСК ПП УЗ, ПІДКЛЮЧЕННЯ ЙОГО ДО ЄМПД 143

В. М. ІЛЬМАН, В. В. СКАЛОЗУБ (ДІІТ)
ІНТЕРВАЛЬНІ ОБ'ЄКТИ ТА ЇХ ГРАМАТИЧНІ СТРУКТУРИ 147

В. В. КРАВЕЦ (УГХТУ, Днепропетровск), Т. В. КРАВЕЦ, А. В. ХАРЧЕНКО (ДИИТ)
МОНОМИАЛЬНЫЕ (1, 0, –1)-МАТРИЦЫ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА, ИЗОМОРФНЫЕ ГРУППЕ КВАТЕРНИОНОВ 154

А. В. КРАСНЮК, А. Ф. ТАТАРИНОВ, Т. В. УЛЬЧЕНКО (ДИИТ)
ОПТИМИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ И СТРОИТЕЛЬНОМ КОНСТРУИРОВАНИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ 159

Р. В. КРИВАКОВСЬКА (Дніпропетровський державний аграрний університет)
АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОРОТКОСТРОКОВИМИ КУРСАМИ ТА ЇХ МІСЦЕ В АСК КАФЕДРИ ВНЗ 164

Н. Г. МАЛИЧ, А. В. ВЕЛИКИЙ (НМетАУ, Днепропетровск)
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ИДЕОЛОГИЯ НАУЧНО-УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТА СТУДЕНТОВ 168

В. О. ПАЩЕНКО, Н. О. МАТВЄЄВА (ДНУ ім. О. Гончара, Дніпропетровськ)
НЕЙРОМЕРЕЖНЕ ОЦІНЮВАННЯ ОБСЯГУ ДЕФЕКТУ ЗА ПРИРОЩЕННЯМИ ПЛОЩІ ЗОНДУВАЛЬНОГО ІМПУЛЬСУ 172

С. Ю. РАЗУМОВ (ДІІТ)
СПЕЦІАЛІЗОВАНА МОДЕЛЬ ЗАДАЧІ ПРО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ 176

Д. А. СЕРГЕЕВ, А. Д. СЕРГЕЕВ, П. Л. ГАВРИЛОВ (Рижский технический университет, Латвия)
КОЛЕБАНИЯ ВАГОНОВ НА ТОРМОЗНОЙ ПОЗИЦИИ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ 180

О. М. ШВЕЦЬ (ДІІТ)
ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ СТРІЛКОВИХ ПЕРЕВОДІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННО-МЕРЕЖНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДАНИХ СПЕКТРАЛЬНОГО РОЗКЛАДАННЯ СТРУМІВ 184

И. С. ШКУРА (Днепропетровский университет экономики и права)
МИРОВЫЕ РЫНКИ КАПИТАЛОВ: ВЫЗОВЫ И ИЗМЕНЕНИЯ 190

РОЗДІЛ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

О. А. МІТЯЄВ, О. Л. СКУЙБІДА (ЗНТУ, Запоріжжя)
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ МЕТОДАМИ РАФІНУВАННЯ ТА МОДИФІКУВАННЯ 195

Ф. К. ТКАЧЕНКО, С. О. КУЗЬМИН, В. Г. ЕФРЕМЕНКО, В. Г. КАЗАНКОВ (Приазовский государственный технический университет, Мариуполь)
КИНЕТИКА ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА В РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЯХ МАРОК М74 И 75ХГСМ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ОХЛАЖДЕНИИ 198

Н. Ю. ФИЛОНЕНКО (УГХТУ, Днепропетровск), С. Б. ПИЛЯЕВА (ДНУ им. О. Гончара, Днепропетровск)
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЦЕСС РАСПАДА ПРИ ОТПУСКЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ И БОРСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ 202

ГАЛУЗЬ ЕКОНОМІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «ЕКОНОМІКА ТРАНСПОРТУ»

Р. Т. БАРАН, Л. М. БАРАН (Львівська філія ДІІТу)
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ 206

Ю. С. БАРАШ, І. П. КОРЖЕНЕВИЧ, Ю. П. МЕЛЬЯНЦОВА, І. В. ОЛІНІЧЕНКО (ДІІТ)
ВПЛИВ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ НА ДІЯЛЬНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ 212

Н. Д. ВОЛКАНОВА (Донецький інститут залізничного транспорту)
СУТНІСТЬ І ПРИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ У КОНТЕКСТІ РОЗРОБЛЕННЯ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГОВО-ТРАНСПОРТНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ 221

О. Н. ГНЕННЫЙ (ДИИТ)
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОРЯДКА КОМПЕНСАЦИИ В ДЕНЕЖНОЙ ФОРМЕ ЗА УТЕРЯННЫЕ (ПОВРЕЖДЕННЫЕ) ГРУЗОВЫЕ ВАГОНЫ ДРУГИХ ГОСУДАРСТВ 226

В. М. ЗАГОРУЛЬКО, О. В. КОВАЛЕНКО (Національний авіаційний університет, Київ)
РОЗРОБКА СТРАТЕГІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТУРИСТИЧНОЇ ФІРМИ 234

В. А. ЗОВА (Донецький інститут залізничного транспорту)
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ СОЦІАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО РИНКУ ПРАЦІ 239

А. В. ІВАНИЩЕВА (Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова)
ВПЛИВ СТРУКТУРИ КАПІТАЛУ НА ФІНАНСОВУ СТІЙКІСТЬ ПІДПРИЄМСТВА 244

А. О. ІЩЕНКО (Первомайський інститут Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова)
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ УКРАЇНИ В ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ XIX ст. 248

В. І. КОПИТКО (Львівська філія ДІІТу)
ЛОГІСТИЧНИЙ ПІДХІД У СТВОРЕННІ ЕФЕКТИВНОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ПАСАЖИРСЬКИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ 252

Н. В. КУДРИЦЬКА (Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України)
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ 257

М. І. МІЩЕНКО (ДІІТ)
ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ПОЛІТИКИ 262

В. В. МЯМЛИН (ДИИТ)
К ВОПРОСУ О КАТЕГОРИИ ПРИБЫЛИ 268

О. М. ПШІНЬКО (ДІІТ)
ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗВИТКУ ІНВЕСТИЦІЙ НА ЗАХОДИ З БЕЗПЕКИ РУХУ 280

Н. В. СКИДОНЕНКО (Національний авіаційний університет, Київ)
АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНОЇ СТРАТЕГІЇ ВИХОДУ УКРАЇНСЬКИХ АВІАКОМПАНІЙ НА ЗОВНІШНІ РИНКИ 284

О. М. СТАСЮК (Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України)
ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ АУТСОРСИНГУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ 288

С. Ю. ШЕВЧЕНКО (Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України)
ОСОБЛИВОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ОСНОВНОГО КАПІТАЛУ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ 293

УДК 629.4.027

В. В. АРТЕМЧУК, М. А. ГРІЧАНИЙ (ДІІТ), О. В. ЛЕМЕШЕВ (Служба локомотивного господарства Південно-Західної залізниці, Київ)

АДГЕЗІЙНИЙ МЕХАНІЗМ ЗНОШУВАННЯ ПРИ ТЕРТІ

У статті розглянуто питання механізму адгезійного зношування. Наведено дію даного виду зносу на прикладі роботи поглинального пружинно-фрикційного апарату.

В статье рассмотрены вопросы механизма адгезионного изнашивания. Приведено действие данного вида износа на примере работы поглощающего пружинно-фрикционного аппарата.

The questions of mechanism of adhesion wear are considered in the article. The action of this type of wear is presented on the example of work of spring-friction shock absorber.

Процеси тертя та механізми зношення матеріалів є предметом досліджень багатьох вчених. Існує декілька теорій, що пояснюють закономірності, пов'язані з явищем тертя, а також класифікацій зношування. Серед деталей залізничного транспорту найбільш поширеними видами зношення є втомлене, адгезійне, абразивне та фретинг. Розглянемо адгезійне зношування (схоплювання) більш детально.

Механізм схоплювання на даний час не має однозначного визначення та пояснення [1]. Але при спрощеному визначенні можливо припустити, що адгезійне зношування можливе тоді, коли молекулярні зв'язки контактуючих поверхонь при певних умовах більш міцні, ніж зв'язок поверхневого шару з основою. Наслідком цього явища є глибинне виривання частки матеріалу з поверхні, що зношується. Не дивлячись на різність поглядів, дослідники збігаються в тому, що на процес схоплювання однозначно впливають такі чинники, як питоме навантаження та фізико-хімічний стан поверхонь. Костецьким Б. І. запропоновано дислокаційно-вакансійну гіпотезу створення металевих зв'язків, згідно з якою головним чинником у процесі схоплювання є активація при терті поверхневих шарів металу в результаті пластичної деформації поверхонь. Дійсно, питомий тиск істотно впливає на поверхню деталі, активуючи її. Це положення збігається з припущенням, що при більшій пружності контактуючих матеріалів вірогідність прояву цього виду зношення менша порівняно з більш пластичними [2].

Як відомо, робота сил тертя витрачається на створення тепла в зоні контакту та поглинання енергії поверхневим шаром. Зауважимо, що поглинена енергія при пластичному деформуванні металу визначає кінетику накопичення пошкоджень (дефектів) структури. Поглинена (накопичена) поверхневим шаром енергія складає малу частину загальної енергії тертя. Активована поверхня поступово насичується вакансіями, в точках фактичного контакту виникають дифузійні процеси і створюються металеві зв'язки. У той же час, чим більше поверхня металу буде схильна до утворення вакансій, тим більше буде поглинатись енергія при пластичній деформації і, відповідно, зношування від схоплювання.

Згідно з дослідженнями [3], в поверхневих шарах при терті в умовах, близьких до виникнення схоплювання, створюється шар, структура якого подрібнена під дією температури, деформації та перемішування часток. Також зроблено припущення, що в процесі адгезійного зношування локальна деформація у п'ятні контакту може приводити до втрати опору здвигу в цих точках і швидкого створювання та переносу деформованої частки, схильної до адгезії, оскільки відомо, що опір здвигу матеріалу обумовлює інтенсивність деформації. Якщо контактні напруження незначні, то пластична деформація зерен відбувається таким чином, що границі зерен і субзерен зорієнтовані по напрямку ковзання. Кристаліти також орієнтуються в напрямку ковзання, що пояснюється мінімальним напруженням деформації [3].

З наведеного витікає, що відносні здвиги частин металу провокують нестабільні процеси тертя, між контактуючими поверхнями з'являються нові мікроскопічні частки металу та окисли, які, у свою чергу, значною мірою інтенсифікують зношування.

Процес схоплення носить випадковий характер і залежить від багатьох чинників. Існує припущення, що два контактуючих кристаліта з однаковою орієнтацією за певних умов (тиск, температура, контактуючі матеріали) з'єдну-

© Артемчук В. В., Грічаний М. А., Лемешев О. В., 2009

ється в один кристаліт. При контакті двох кристалітів з непаралельним розташуванням кристалографічних площин, тобто з різною орієнтацією, між ними створюється перехідна зона. На створення перехідної зони витрачається поверхнева енергія, яка вивільняється за рахунок перебудови структури. Цей процес супроводжується утворенням вузлів зварювання. При руйнуванні вузлів зварювання можуть бути вириви макро-, мікро- і субмікроскопічних частинок металу. Далі можливі різні варіанти: видалені частинки можуть виноситись із зони контакту, можуть переноситись і прилипати до контактуючих тіл. Можливий варіант, коли частинки окислюються і працюють між контактуючими тілами як абразив.

Розглянемо дію адгезійного виду зношування на прикладі поглинальних апаратів пружино-фрикційного типу (рис. 1). Досвід експлуатації таких апаратів вказує, що за наявності пар тертя «сталь – сталь» спостерігається високе зношування поверхонь тертя завдяки ефекту схоплювання зі зниженням ефективності поглинання енергії у процесі експлуатації. Однак, на жаль, заміна існуючих апаратів новими по всьому рухомому складу не є можливою, тому постає питання покращення експлуатаційних показників поглинальних апаратів, які експлуатуються на даний час.

Як відомо, поглинальні апарати передають тягові та гальмові зусилля, але головним їх призначенням є амортизація ударів при маневровій роботі та в процесі руху локомотивів та вагонів. При цьому перетворення кінетичної енергії удару в інші види енергії в основному відбувається в зоні тертя (3) між клином (1) та корпусом (2). При переміщенні фрикційних клинів виникає сила тертя, яка разом із дією пружин врівноважує силу, що стискає поглинальний апарат. При цьому одним із недоліків фрикційних апаратів є стрибкоподібний характер зміни сили опору при ударі [4]. Такий характер зміни сили стискання істотно впливає на знос елементів конструкції автозчепного пристрою рухомого складу, оскільки значно збільшується число навантажувань. Згідно з [4], стрибкоподібна зміна сили при ударі є наслідком дії автоколивань, які переважно виникають в пружній системі та є наслідком зменшення коефіцієнта тертя при збільшенні швидкості ковзання. Збуджені стрибками коливання окремих елементів конструкції локомотива чи вагона можуть приводити до значних деформацій навіть при невеликих ударах. Неврахування автоколивального характеру удару може привести до помилки розрахунків інтенсивності параметричних відмов у 2,5 рази [6].

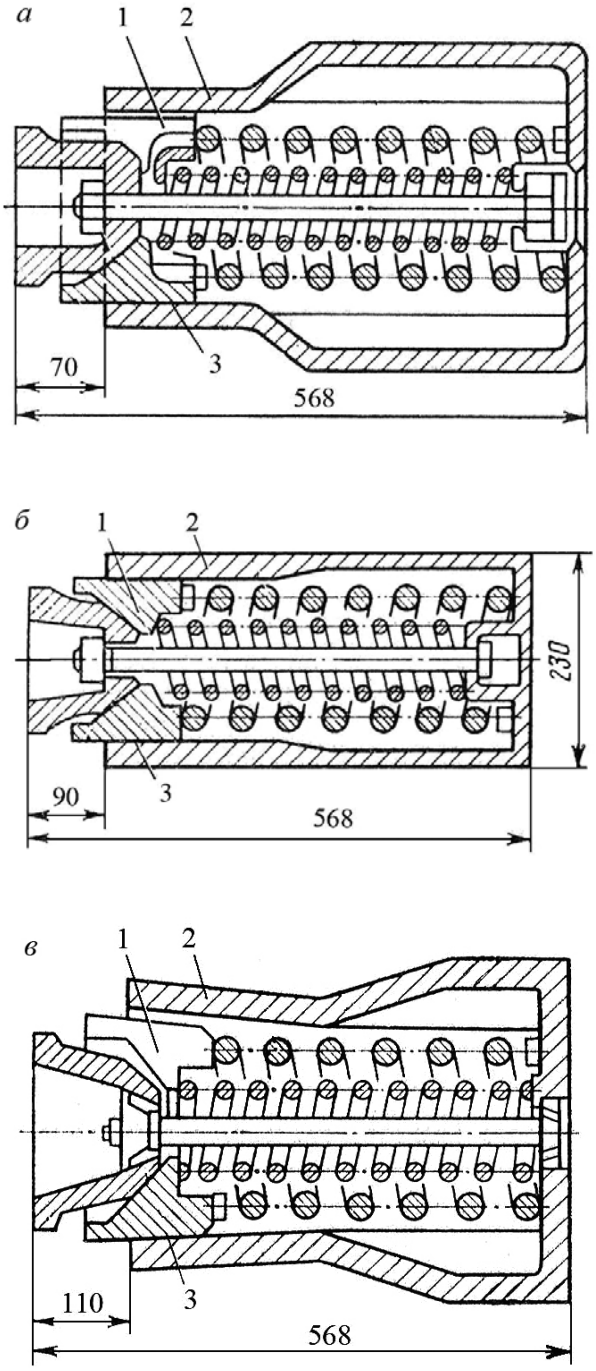


Рис. 1. Поглинальні пружино-фрикційні апарати:
а – Ш-1-ТМ; *б* – Ш-2-В; *в* – Ш-2-Т

На рис. 2 представлена фотографія клину після пробігу 100 тис. км. На поверхні чітко помітні, так звані, адгезійні шви, задери. В процесі експлуатації контактуючі поверхні фрикційного клина та корпуса поглинального апарату зчищуються від окісних плівок, збільшується фактична площа контакту, збільшується сила тертя. Огляд контактуючих поверхонь клинів

та корпусів показав нерівномірний знос, що може означати нерівномірне розподілення тиску по поверхні контакту. Розрахункова схема поглинального пружинно-фрикційного апарату (рис. 3) показує розподілення сил, що діють на клин. Однак, зрозуміло, загальна схема не враховує нерівномірність розподілення сил по всій площі контакту, оскільки останні є випадковими і залежать від багатьох чинників, наприклад, технологічних (установка елементів поглинаючого апарату), експлуатаційних (зміна геометричних розмірів деталей внаслідок їх зношення, поява окислів при певній перерві в роботі апарату).

Розглянемо механізм зношування поверхні фрикційного клина та корпуса поглинального апарату схоплюванням.

Фрикційний клин може знаходитись у двох станах – покою або руху. При роботі поглинального апарату поверхні, що труться, нагріваються, пластично деформуються, активуються, відбувається переміщення клину на якусь відстань (випадкову), на деякий час клин зупиняється, потім знову відбувається «зрив», клин знову переміщується вздовж корпусу і так далі. Довжина переміщення (стрибка) і час зупинки є випадковими і залежать відповідно від статичної характеристики контактуючих поверхонь та кінетичної характеристики тертя.



Рис. 2. Фотографія фрикційного клину

При відносному переміщенні тіл, у даному випадку фрикційного клина відносно корпуса поглинального апарату, під дією високого тиску відбувається пластична деформація у точках контакту з утворенням міцних металевих зв’язків. Тобто, на відстанях порядку міжатомних відбувається схоплювання контактуючих поверхонь з виділенням енергії; у точках схоплювання зникає межа між контактуючими тілами.

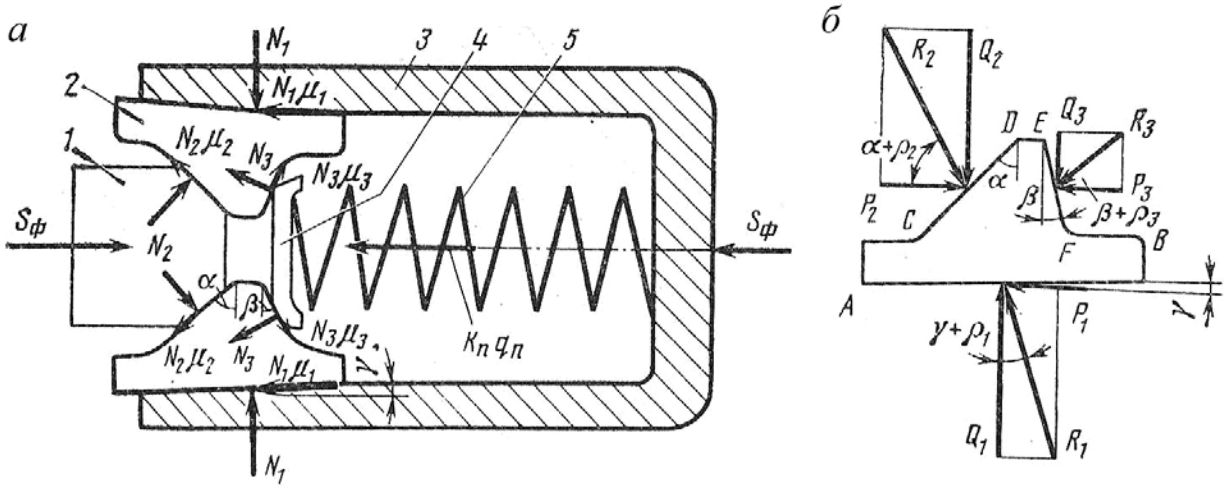


Рис. 3. Розрахункова схема поглинального пружинно-фрикційного апарату (а) та сили, що діють на клин (б)

Коли молекулярна взаємодія між схопленими елементами більша, ніж межа міцності матеріалу, і при цьому тіла продовжують взаємно переміщуватись, то відбувається виривання металу з поверхні. Під час схоплювання та відриву пластична деформація поверхонь супроводжується глибинним виривання часток металу та створенням напливів на корпусі поглинального апарату. На робочій поверхні фрикційного клину (рис. 2) помітні конусоподібні глибокі канавки з нерівними краями, витягнуті по напряму руху клину.

Однією з існуючих проблем, що приводить до автоколивань, є нестабільність коефіцієнту тертя під час роботи поглинального апарату, тобто зменшення коефіцієнту тертя при збіль-

шенні швидкості відносного переміщення фрикційного клину. Особливо небезпечним є схоплювання в крайньому стиснутому положенні, коли тиск між фрикційним клином та корпусом досягає максимальних значень; тоді апарат або заклинює, що фактично є аварійним станом, або молекулярні зв'язки розриваються, і апарат різко повертається в початкове положення з ударом по передньому упору та хвостовику автозчепи. Вказані фактори негативно впливають на динаміку рухомого складу, значно підвищують зношення деталей, а також можуть приводити до значних пошкоджень (рис. 4).



Рис. 4. Пошкодження корпусу поглинального апарату Ш-2-В

Для покращення роботи поглинального апарату необхідно вжити низку заходів конструкційного і технологічного характеру. Але для цього необхідно більш детально розглянути чинники, що впливають на роботу та зношення деталей поглинального апарату.

Аналізуючи наведені вище фактори роботи поглинаючих апаратів із парами тертя «сталь – сталь», можна припустити, що основними заходами покращення роботи є протидія механізму схоплення, яка полягає у наступному:

– необхідно уникати поєднань пар металевих матеріалів з однаковою твердістю, оскільки такі пари схильні при незначних перевантаженнях до утворень вузлів зварювання, мають невисоку зносостійкість і ненадійні в роботі;

– необхідно поєднувати різні за твердістю метали, що мають температуру рекристалізації, нижчу за середню температуру поверхні тертя;

– враховуючи специфіку роботи поглинаючих апаратів, металеві сплави повинні мати високу теплостійкість і, до того ж, міцність робочого шару повинна бути меншою за міцність основного металу [3].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Носовский, И. Г. О механизме схватывания металлов при трении [Текст] / И. Г. Носовский // Трение и износ. – 1993. – Т. 14, № 1. – К., 1993. – С. 19-24.
2. Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ [Текст] / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
3. Тарасов, С. Ю. Структурные изменения в металлических материалах в условиях адгезионного трения [Текст] : автореф. дис. … докт. техн. наук. – Томск, 2008.
4. Никольский, Л. Н. Амортизаторы удара подвижного состава [Текст] / Л. Н. Никольский, Б. Г. Кеглин. – М.: Машиностроение, 1986. – 144 с.
5. Кеглин, Б. Г. Параметрическая надежность фрикционных устройств [Текст] / Б. Г. Кеглин. – М.: Машиностроение, 1981. – 136 с.
6. Вагоны [Текст] / под ред. Л. А. Шадура. – М.: Транспорт, 1980. – 433 с.

Надійшла до редколегії 15.09.2009.
Прийнята до друку 23.09.2009.

УДК 629.424.1:621.31:681.3

О. М. БОНДАРЄВ (ДІІТ)

ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ЛОКОМОТИВА НА НАПРУЖЕНИЙ СТАН ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ

В статті наведено результати досліджень з визначення рівня навантажень та напружень в елементах тягового привода, які можуть виникати в умовах експлуатації, за різних варіантів конструкції тягової передачі. На підставі виконаних розрахунків надано рекомендації щодо прийняття параметрів елементів тягової передачі, за яких забезпечується їх міцність.

В статье приведены результаты исследований по определению уровней нагруженности и напряжений в элементах тягового привода, которые могут возникать в условиях эксплуатации, при различных вариантах тяговой передачи. На основании выполненных расчетов вносятся рекомендации относительно параметров элементов тяговой передачи, при которых обеспечивается их прочность.

In the article the research results on determination of levels of loading and stresses in the tractive drive elements, which can appear in operation conditions, under different variants of the tractive gear. On the basis of calculations executed the recommendations re. parameters of tractive gear elements, when their strength is provided, are put forward.

Для забезпечення пасажирських перевезень на дільницях живлення локомотивів від контактної мережі постійного струму 3000 В у Дніпропетровську на ДП «Дніпропетровський науково-виробничий комплекс „Електровозобудування”» проводився комплекс робіт, спрямованих на можливе виготовлення та введення до експлуатації двохсекційного електровоза з тяговим приводом другого або третього класу і з використанням асинхронних тягових двигунів потужності 1050…1200 кВт. В табл. 1 наведено орієнтовні значення базових величин, які приймалися в якості основних для проведення конструкторських розрахунків та теоретичних досліджень з використанням математичного моделювання при визначенні параметрів елементів тягової передачі.

Кінематична схема тягової передачі, що забезпечує передачу тягового електромагнітного моменту від тягового двигуна до колісної пари при опорно-осьовому обпиранні тягового редуктора має структуру [1 – 3, 5]: ротор – шарнір Гука або зубчата муфта – проміжний (торсійний) вал – зубчата муфта – шестерня тягового редуктора – зубчате колесо колісної пари – колісна пара. Під час проведення теоретичних досліджень та розрахунків із визначення завантаженості тягової передачі при такому способі закріплення тягового редуктора передбачається розглянути застосування двох варіантів довжин торсійного валу. Довжини торсійного валу визначалися конструктивними особливостями розташування зубчатої муфти, за допомогою якої торсійний вал приєднується до вала шестерні тягового редуктора. Використання опорно-рамного редуктора в електровозах даної серії передбачалося в якості наступного етапу покращення показників локомотива у зв’язку із забезпеченням руху при більш високих швидкостях.

Як показано в роботах [1 – 6], навантаженість елементів тягового привода в загальному випадку визначається величиною електромагнітного моменту тягового двигуна $T_{\text{ем}}$ та векторами швидкостей руху рами візка $\left\| V_{x\text{р}T}, V_{y\text{р}T}, V_{z\text{р}T}, \omega_{\theta\text{р}T}, \omega_{\psi\text{р}T}, \omega_{\varphi\text{р}T} \right\|^T$ і колісних пар $\left\| V_{x\text{ркп}}, V_{y\text{ркп}}, V_{z\text{ркп}}, \omega_{\theta\text{ркп}}, \omega_{\psi\text{ркп}}, \omega_{\varphi\text{ркп}} \right\|^T$. В наведених векторах швидкостей руху прийнято такі позначення: V – лінійні швидкості руху в поздовжньому (x), горизонтальному поперечному (y) та вертикальному (z) напрямках, які відповідають коливанням посмикування, бічного відносу та підплигування; ω – швидкості кутів поворотів відносно осей OY (ω_φ – коливання галопування, OZ (ω_ψ – коливання виляння), OX (ω_θ – коливання бічної хитавиці); індекси «рT» та «кп» показують , що у першому випадку відповідні величини відносяться до рами візка, а в другому – до колісної пари. Нагадаємо при цьому, що електромагнітний момент $T_{\text{ем}}$ визначається параметрами тягового двигуна, а також функціональними завданнями та можливостями в роботі систем управління. При математично-

© Бондарєв О. М., 2009

му моделюванні приймалося, що електромагнітний момент, сформований тяговим двигуном та системою управління, залежить від параметрів електричної схеми заміщення тягового двигуна та від кутової швидкості обертання ротора, яка пов'язана зі швидкістю руху електровоза.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики тягової передачі

Найменування параметрів	Величина	
	Редуктор опорно-осьовий	Редуктор опорно-рамний
1	*2*	*3*
1. Потужність на валу тягового електродвигуна, кВт	1050	1050
2. Момент на валу тягового двигуна, кНм:		
при зруш. з місця;	11	11
при макс. шв. руху	5,85	5,85
3. Частота обертання вала тягов. двигуна, об/хв:		
номінальна;	1200	1200
максимальна	2400	2400
4. Зовнішній діаметр тягового двигуна, мм	900	900
5. Довжина тягового двигуна по підш. щитам, мм	900	900
6. Швидкість руху, км/год:		
номінальна;	90	90
конструкційна	180	180
7. Відстань від осі якоря до зовнішньої поверхні у зоні розташування колісної пари, мм	400	400
8. Модуль зубчатої передачі, мм:		
нормальний;	10	10
торцевий	11	11
9. Максимальні переміщення колісної пари відносно тягового двигуна, мм:		
вертикальне;	30	30
поперечне (горизон.)	10	10
10. Діаметр осі колісної пари в зоні остова тягового двигуна, мм	200	200
11. Діаметр колеса кол. пари по поверхні кочення, мм	1250	1250

В роботі пропонується провести дослідження з визначення навантаженості елементів тягового привода наступним чином. Спочатку для отримання векторів швидкостей руху візків та колісних пар моделюється динамічна взаємодія кузова, візків та колісних пар із верхньою побудовою колії. Шляхом чисельного інтегрування відповідної системи диференціальних рівнянь отримуються вищевказані вектори швидкостей руху як функції часу, а також встановлюється відповідна залежність $T_{\text{ем}}(\omega_{\text{рот}}, t)$. Далі для розрахункової схеми спільної взаємодії частини кузова, візка, елементів тягового привода (в залежності від його конструкції) та колісних пар для відповідного режиму руху локомотива визначається динамічна навантаженість елементів тягового привода. Тобто по цій схемі дослідження з визначення динамічної навантаженості можуть зводитися до розгляду розподіленого блочного моделювання динамічного поведінку складної електромеханічної системи. У випадку, коли ставиться питання про визначення динамічної навантаженості елементів тягового привода локомотивів, які мають конструктивні особливості екіпажної частини та не дозволяють використання поділення задачі на дві підсистеми (передача тягового зусилля від рам візків до кузова здійснюється за допомогою похилих штанг (тяг)), то в такому разі при визначенні динамічної навантаженості елементів тягового привода виникає необхідність одночасного досліджування динамічних процесів у всій екіпажній частині разом з процесами в електромеханічних частинах тягових приводів.

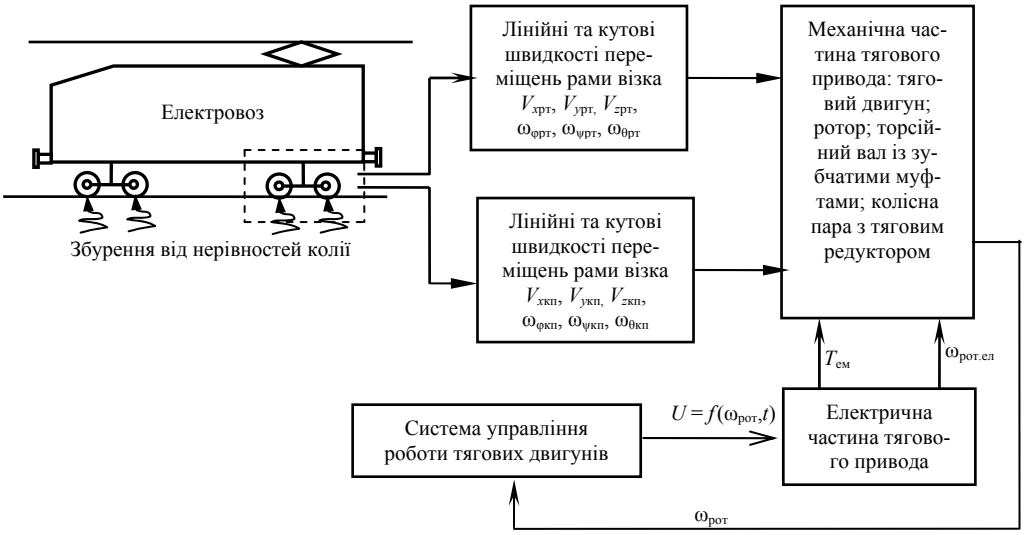


Рис. 1. Структурна схема моделі

На рис. 1 наведено структурну схему, у відповідності до якої було створено математичну модель та проведено дослідження з визначення навантаженості елементів тягового привода в деяких умовах експлуатації електровоза. В математичній моделі передбачалося, що кузов, візки та основні елементи тягових приводів одного з візків (статор та ротор тягового двигуна, торсійний вал, тяговий редуктор з половиною осі колісної пари та інша частина колісної пари) мають по шість ступенів вільності. Торсійні вали у поперечному напрямку відносно тягового двигуна амортизовані за допомогою пружин. Математична модель для вказаної на рис. 1 схеми, зокрема математичної моделі роботи зубчатих муфт та шарнірної муфти по типу карданної передачі, які використовуються в даній серії локомотивів, наведено в роботах [2 – 4]. В даній роботі розглядаються конструкції локомотива, в якому в тяговій передачі використовуються зубчаті муфти, або зубчата муфта та шарнірна муфта по типу карданної передачі. У зв'язку з цим нижче наведено математичні співвідношення, за якими проводилося визначення навантаженості елементів тягової передачі відповідних конструкцій. Залежності між зусиллями взаємодії елементів зубчатих муфт і редукторів $F_{\theta Mi}$, згинальними моментами $M_{згні}$, крутними моментами $T_м$ та відповідними відносними лінійними або кутовими деформаціями у зубчатих муфтах з прямозубою передачею, у відповідності до роботи [6], мають наступний вигляд:

$$F_{\theta Mi} = \begin{cases} \dfrac{b_i^2 \varphi_{zoxMi} \cdot (\cos\theta_{Mi} - \cos\beta_{Mi})^2}{8 e_{ni} \cos\theta_{Mi}}, & \beta_{Mi} < \dfrac{\pi}{2}; \\ \dfrac{b_i^2 \varphi_{zoxMi} \cdot (1 - \cos\beta_{Mi}) \cdot (\cos\theta_{Mi} - \cos\beta_{Mi})}{8 e_{ni}}, & \dfrac{\pi}{2} \le \beta_{Mi} < \pi; \\ \dfrac{T_{Mi}}{2 \cdot z_i r_{bi}} + \dfrac{b_i^2 \cdot \varphi_{zoxMi} \cdot \cos\theta_{Mi}}{2 e_{ni}}, & \pi \le \beta_{Mi}; \end{cases} \quad (1)$$

$$M_{\text{згн}i}=\begin{cases}\dfrac{b_i^{3}\cdot\varphi_{zoxM_i}\cdot z_i}{24\pi e_{ni}}[\beta_{Mi}-\sin 2\beta_{Mi}+\cos^2\beta_{Mi}\times\ln\operatorname{tg}(\dfrac{\beta_{Mi}}{2}+\dfrac{\pi}{4})], & \beta_{Mi}<\dfrac{\pi}{2};\\ \dfrac{b_i\cdot\varphi_{zoxMi}\cdot z_i}{24\pi e_{ni}}(1-\cos\beta_{Mi})\cdot(2+\cos\beta_{Mi})\times[\beta_{Mi}-\dfrac{\sin 2\beta_{Mi}}{2}], & \dfrac{\pi}{2}\le\beta_{Mi}<\pi;\\ \dfrac{b_i^{3}\cdot\varphi_{zoxMi}\cdot z_i}{24\pi e_{ni}}, & \pi\le\beta_{Mi},\end{cases}\qquad(2)$$

де

$$\beta_{Mi}=50^0+20,6^0\cdot T_{Mi}\cdot\frac{4\pi e_{ni}}{z_i\cdot b_i^{\,2}\cdot\varphi_{zoxMi}\cdot r_{bi}};$$

$$\varphi_{zoxMi}=\sqrt{\varphi_{oxMi}^{\,2}+\varphi_{ozMi}^{\,2}};\ \alpha_{Mi}=\operatorname{arctg}\frac{\varphi_{ozMi}}{\varphi_{oxMi}};$$

$$M_{\text{згн}Miox}=M_{\text{згн}Mi}\cdot\sin\alpha_{Mi};\ \ M_{\text{згн}Mioz}=M_{\text{згн}Mi}\cdot\cos\alpha_{Mi};\qquad(3)$$

$$T_м=\begin{cases}\kappa_{\varphi м}\cdot\varphi_м+\overline{\beta}_м\cdot\dot{\varphi}_м, & \text{якщо } 0\le\varphi_м;\\ 0, & \text{якщо } -\Delta^*_м<\varphi_м\le 0;,\\ \kappa_{\varphi м}\cdot(\varphi_м+\Delta^*_м)+\overline{\beta}_м\cdot\dot{\varphi}_м, & \text{якщо } \varphi_м<-\Delta^*_м,\end{cases}\qquad(4)$$

де

$$\Delta^*_{Mi}=\Delta_i-\frac{b_i\cdot\varphi_{zoxMi}\cdot(1-\cos\theta_{Mi})}{2};$$

$$\theta_{Mi}=\varphi_{\text{Тв}}(0)+\int\omega_{\text{Тв}}dt-\alpha_{Mi}-a_{wi};$$

$$\kappa_{Mi}=\frac{c_i\cdot\kappa_{\varphi\text{Тв}}}{c_i+\kappa_{\varphi\text{Тв}}};\quad \kappa_{\varphi\text{Тв}}=\frac{G\,J_{p\text{Тв}}}{l_{\text{Тв}}};$$

$$e_{ni}=\frac{30}{E};$$

$$c_i=\begin{cases}\dfrac{b_i\cdot(\cos\theta_{Mi}-\cos\beta_{Mi})}{4e_{ni}\cos\theta_{Mi}}, & \beta_{Mi}<\dfrac{\pi}{2};\\ \dfrac{b_i\cdot(1-\cos\beta_{Mi})}{4e_{ni}}, & \dfrac{\pi}{2}\le\beta_{Mi}<\pi;\\ \dfrac{b_i}{2e_{ni}}, & \pi\le\beta_{Mi}.\end{cases}\qquad(5)$$

В наведених формулах: $F_{\theta Mi}$ – нормальна складова зусилля та $M_{\text{згн}Mi}$ – згинальний момент, які виникають при взаємодії складових елементів зубчатих муфт; b_i – довжина зуба зубчатої муфти; z – кількість зубів зубчатої муфти; θ_{Mi} – полярний кут, що визначає положення взаємодіючої пари зубів зубчатої муфти; β_{Mi} – кут, який характеризує зону навантаження зубів зубчатої муфти; c_i – жорсткість зубів зубчатих муфт при їх контактній взаємодії; a_{wi} – кут зачеплення зубів у зубчатій муфті; r_{bi} – радіус венця зубчатої муфти; E – модуль пружності першого роду; G – модуль пружності другого роду; α_{Mi} – результуючий кут перекосу елементів зубчатих муфт, що з'єднуються; $\kappa_{\varphi\text{Тв}}$ – погонна жорсткість торсійного вала довжини $l_{\text{Тв}}$; κ_{Mi}, $\overline{\beta}_{Mi}$ – коефіцієнти жорсткості та в'язкого розсіювання енергії еквівалентних з'єднань. При визначенні результуючих значень зусиль та напружень врахуємо також і зусилля тертя. Під час обертання муфт положення площадок контакту на бічних поверхнях в кожній парі зубів періодично змінюється, та за одне обертання вала площадка контакту переміщується уздовж зуба із прослизанням від одного торця до протилежно у дві сторони. Під час прослизання виникають сили тертя, що протилежно спрямовані до напрямку швидкості прослизання, які в зубчатих муфтах є невеликими, і тому найбільш вірогідним слід рахувати те, що поверхні зубів працюють в режимі сухого тертя. Внаслідок такої обставини сили тертя в довільній парі зубів зубчатої муфти можна визначити як

$$N_{\text{тр}i}=F_{\theta Mi}\cdot f_{\text{тр}},\qquad(6)$$

де $f_{\text{тр}}$ – коефіцієнт тертя. Відповідно до роботи [6], наведемо вирази для визначення поздовжніх складових зусиль $N_{Mi\text{тр}}$ та згинаючих моментів $M_{\text{тр}iox}$ і $M_{\text{тр}ioz}$ в залежності від різних значень кутів β_{Mi}.

Якщо $0 < \beta_{Mi} < \frac{\pi}{2}$,

$$N_{\text{тр}Mi} = \frac{b_i^{\,2} \cdot \varphi_{xozMi} \cdot (\cos\theta_{Mi} - \cos\beta_{Mi})^2 \cdot f_{\text{тр}}}{8 e_{ni} \cos\theta_{Mi}};$$

$$M_{\text{тр}Mioy'} = \frac{z_i \cdot b_i^{\,2} \cdot \varphi_{xozMi} \cdot r_i \cdot f_{\text{тр}}}{4\pi e_{ni}} \times (0{,}5\beta_{1i} + 0{,}25\sin 2\beta_{1i} - 2\cos\beta_{Mi} \cdot \sin\beta_{1i} + \beta_{Mi} \cdot \cos^2\beta_i);$$

$$M_{\text{тр}Miox'} = \frac{z_i \cdot b_i^{\,2} \cdot \varphi_{xozMi} \cdot r_i \cdot f_{\text{тр}}}{4\pi e_{ni}} \times (0{,}5 \cdot (\sin^2\beta_{2i} - \cos^2\alpha_{wi}) +$$

$$+ 2\cos\beta_{Mi} \cdot (\cos\beta_{2i} - \sin\alpha_{wi}) - \cos^2\beta_{Mi} \cdot \ln\frac{\cos\beta_{2i}}{\cos\alpha_{wi}}),$$

де

$$\beta_{1i} = \begin{cases} \beta_{Mi}, \ \text{якщо } \beta_{Mi} \le \frac{\pi}{2} - a_{wi}; \\ \frac{\pi}{2} - a_{wi}, \ \text{якщо } \beta_{Mi} \ge \frac{\pi}{2} - a_{wi}; \end{cases} \qquad \beta_{2i} = \begin{cases} \frac{\pi}{2} - a_{wi}, & \text{якщо } \beta_{Mi} < \frac{\pi}{2} - a_{wi}; \\ \frac{\pi}{2}, & \text{якщо } \frac{\pi}{2} - a_{wi} < \beta_{Mi} \le \frac{\pi}{2}; \end{cases}$$

$$M_{\text{тр}Mi} = \sqrt{M^2_{\text{тр}Mioy'} + M^2_{\text{тр}Miox'}}; \quad M_{\text{тр}Mioz} = M_{\text{тр}Mi} \cdot \cos(\alpha^*_i + a_{wi}); \quad M_{\text{тр}Miox} = M_{\text{тр}Mi} \cdot \sin(\alpha^*_i + a_{wi});$$

$$\alpha^*_i = \text{arctg}\frac{M_{\text{тр}Miox'}}{M_{\text{тр}Mioy'}}. \qquad (7)$$

Якщо $\frac{\pi}{2} < \beta_{Mi} \le \pi$,

$$N_{\text{тр}Mi} = \frac{b_i^{\,2} \cdot \varphi_{xozMi} \cdot f_{\text{тр}i}}{8 e_{ni}} \cdot (1 - \cos\beta_{Mi}) \times (\cos\theta_{Mi} - \cos\beta_{Mi});$$

$$M_{\text{тр}Mioy'} = \frac{z_i \cdot b_i^{\,2} \cdot \varphi_{xozMi} \cdot r_i \cdot f_{\text{тр}} \cdot (1 - cos\beta_{Mi})}{4\pi e_{ni}} \times (\frac{\pi}{2} - 2\cos\beta_{Mi} \cdot \cos\alpha_{wi} - \frac{1}{2}\beta_{Mi} + \frac{1}{4}\sin 2\beta_{Mi});$$

$$M_{\text{тр}Miox'} = \frac{z_i \cdot b_i^{\,2} \cdot \varphi_{xozMi} \cdot r_i \cdot f_{\text{тр}} \cdot (\cos\beta_{Mi} - 1)}{2\pi e_{ni}} \times \sin\alpha_{wi} \cdot \cos\beta_{Mi};$$

$$M_{\text{тр}Mioz} = M_{\text{тр}Mi} \cdot \cos(\alpha^*_i + a_{wi}); \qquad M_{\text{тр}Miox} = M_{\text{тр}Mi} \cdot \sin(\alpha^*_i + a_{wi}); \qquad \alpha^*_i = \text{arctg}\frac{M_{\text{тр}Miox'}}{M_{\text{тр}Mioy'}}. \qquad (8)$$

Якщо $\pi < \beta_{Mi}$,

$$N_{\text{тр}Mi} = (\frac{T_{Mi}}{2 \cdot z_i \cdot r_{bi}} + \frac{b_i^{\,2} \varphi_{xozMi} \cos\theta_{Mi}}{2 e_{ni}}) \cdot f_{\text{тр}};$$

$$M_{\text{тр}Mi} = T_{Mi} \cdot f_{\text{тр}} \cdot \sec a_{wi}; \qquad M_{\text{тр}Mioz} = M_{\text{тр}Mi} \cdot \cos(\alpha^*_i + a_{wi});$$

$$M_{\text{тр}Miox} = M_{\text{тр}Mi} \cdot \sin(\alpha^*_i + a_{wi}); \qquad \alpha^*_i = \text{arctg}\,\text{tg}a_{wi}. \qquad (9)$$

За допомогою розроблених математичних моделей робіт [2 – 4], співвідношень даної роботи (1 – 9) та чисельних значень параметрів співвідношень, що використовуються стосовно вказаного локомотива, проведено розрахунки з визначення навантажень, які створюються в

елементах тягового привода: в режимах: стаціонарного руху в діапазоні швидкостей 20…180 км/год; у випадках буксувань та аварійних режимах коротких замикань при рухові зі швидкостями 20 та 60 км/год. Виконано оцінку впливу на навантаженість елементів тягової передачі зміни жорсткостей вузлів спирання тягового двигуна на раму візка. Проведено дослідження з визначення навантаженості для двох варіантів розташування редуктора, в яких редуктор розташовано: між корпусом тягового двигуна і зубчатою муфтою (використання скороченого торсійного валу); між зубчатою муфтою, яка слідує за редуктором, та колесом колісної пари (використання подовженого торсійного валу). На рис. 2 – 10 наведено результати чисельних розрахунків моделювання руху електровоза в стаціонарному режимі тяги при різних швидкостях для випадку використання скороченого торсійного валу, який приєднується за допомогою двох зубчатих муфт.

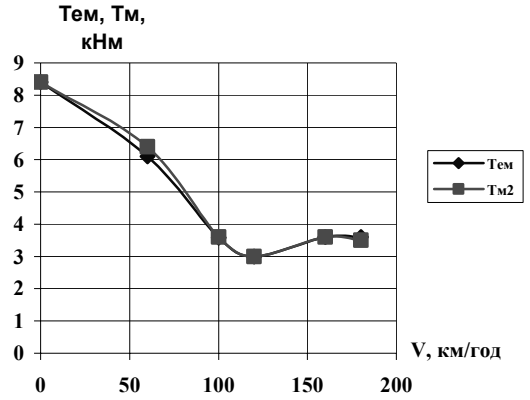


Рис. 2. Залежності величин електромагнітного моменту $T_{ем}$ та моменту в зубчатій муфті $T_{м2}$ від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги (тяговий двигун колекторний)

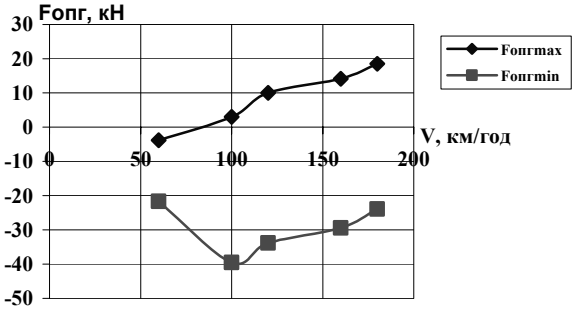


Рис. 3. Залежності вертикальної складової зусилля $F_{опг}$ у вузлі спирання двигуна на лобовий брус рами візка від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги

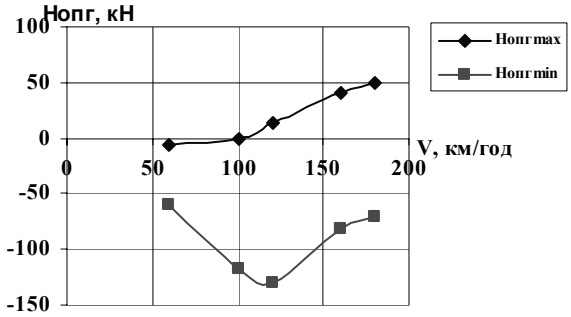


Рис. 4. Залежності горизонтальної поздовжньої складової $H_{опг}$ зусилля у вузлі спирання двигуна на лобовий брус рами візка від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги

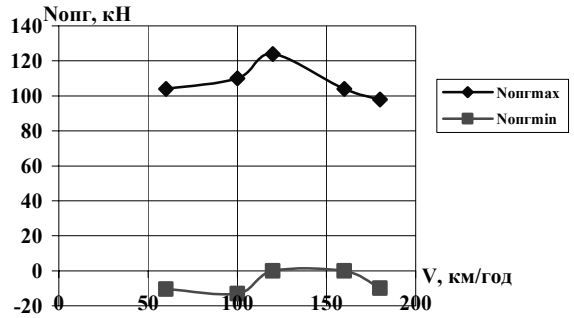


Рис. 5. Залежності горизонтальної поперечної складової зусилля $N_{опдг}$ у вузлі спирання двигуна на лобовий брус рами візка від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги

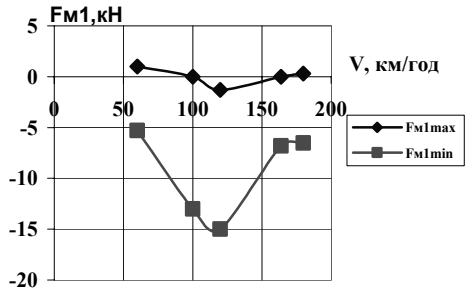


Рис. 6. Залежності вертикальної складової зусилля $F_{м1}$ у першій зубчатій муфті від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги

З наведених на рис. 2 – 10 результатів розрахунків моделювання стаціонарного режиму руху електровоза по прямолінійних дільницях колії з різними швидкостями руху виходить, що змінювання електромагнітного моменту тягового двигуна $T_{ем}$ та крутних моментів у зубчатих муфтах $T_м$ відбувається відповідно до тягової характеристики ТЕД. Найбільші рівні зусиль у зубчатій передачі тягового редуктора $F_{зп}$ створюються під час зрушення електровоза з

місця. Найбільші рівні горизонтальної поздовжньої $H_{опг}$ та горизонтальної поперечної $N_{опдг}$ складових зусилля у місці спирання ТЕД на лобовий брус спостерігаються під час руху електровоза зі швидкостями біля 120 км/год. Подібним чином змінюються найбільші рівні зусиль взаємодії зубів зубчатої муфти $F_м$ та моменти зусиль взаємодії зубів зубчатої передачі, які приводять до створення згинання торсійного валу – $M_{згн}$. Найбільші рівні згинальних моментів від сил тертя при взаємодії зубів зубчатих муфт $M_{тр}$, які також впливають на згин торсійного валу, спостерігаються при русі електровоза в діапазоні швидкостей до 120 км/год.

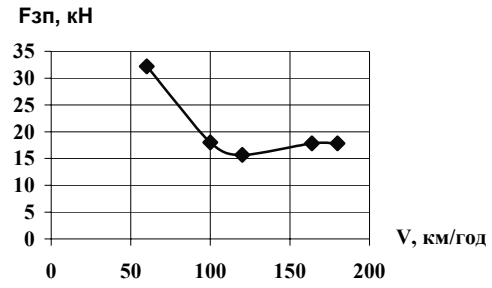


Рис. 7. Залежності зусиль взаємодії зубчатої передачі $F_{зпmax}$ від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги

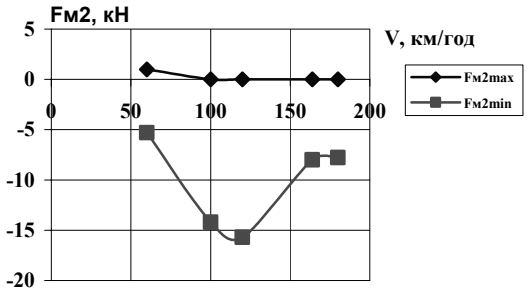


Рис. 8. Залежності вертикальної складової зусилля $F_{м2}$ у другий зубчатій муфті від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги

Для визначення найбільших можливих рівнів динамічних складових зусиль та моментів в елементах тягових приводів було проведено моделювання режимів руху, коли створюються аварійні ситуації коротких замикань у ланцюгах живлення асинхронних тягових двигунів, та виникнення буксувань колісних пар. Нижче в табл. 2 наведено результати чисельних розрахунків вказаних умов руху.

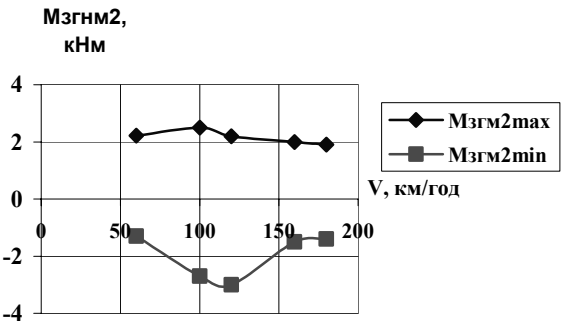


Рис. 9. Залежності моментів $M_{згнм2}$ зусиль взаємодії зубів другої зубчатої муфти, які приводять до згинання торсійного валу при стаціонарному русі в режимі тяги

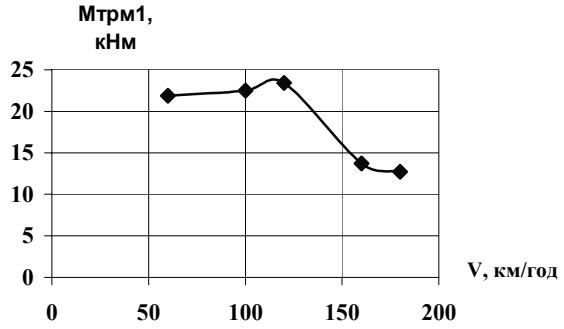


Рис. 10. Залежності моментів $M_{трм1}$ зусиль тертя при взаємодії зубів другої зубчатої муфти, які приводять до згинання торсійного валу при стаціонарному русі в режимі тяги

На підставі аналізу виконаних розрахунків було виявлено, що в зубчатій передачі найбільші значення зусиль взаємодії дорівнюють: при буксуваннях $F_{зпбукс}$ = 87 кН; при коротких замиканнях в ланцюгах живлення статорних обмоток тягових двигунів $F_{зпсз}$ = 62 кН. Користуючись відомими співвідношеннями в розрахунках на міцність елементів машинобудівних конструкцій [6 – 8], визначимо максимальні контактні напруження в зубах зубчатої передачі тягового редуктора

$$\sigma_н = z_н \cdot z_м \cdot z_\Sigma \cdot \sqrt{\frac{U+1}{d_{w1} \cdot U}} \cdot \sqrt{\omega_{нT}} = \lambda_н \cdot \sqrt{\lambda_{нT} \cdot T_1};$$

$$\lambda_н = z_н \cdot z_м \cdot z_\Sigma \cdot \sqrt{\frac{U+1}{d_{w1} \cdot U}};$$

$$\sqrt{\omega_{нT}} = \sqrt{\lambda_{нT} \cdot T_1}, \qquad (10)$$

де $z_н$ – коефіцієнт, який враховує форму сполучення поверхонь зубів у полюсі зачеплення; $z_м$ – коефіцієнт, який враховує механічні

властивості матеріалів сполучених зубчатих коліс, $Н^{1/2}/мм$ ($кгс^{1/2}/мм$); z_Σ – коефіцієнт, який враховує сумарну довжину контактних ліній; d_{w1} – початковий діаметр шестерні; U – передаточне число; $T_1 = F \cdot \cos\alpha_{tw} \cdot 0{,}5 d_1$; $\lambda_н = 38{,}67$;

$$d_1 = 390\,мм; \quad \alpha_{tw} = 21{,}794^0.$$

Таблиця 2

Найбільші та найменші значення моментів та зусиль при моделюванні режимів короткого замикання та буксування

№ п/ч	$T_{ем}$, кНм	$F_{опг}$, кН	$H_{опг}$, кН	$N_{опг}$, кН	$F_{м1}$, кН	$F_{м2}$, кН	$T_{м1}$, кНм	$T_{м2}$, кНм	$F_{зп}$, кН	$M_{трм1}$, кНм	$M_{трм2}$, кНм
1 к.з.	13 / –35,2	15 / –6,5	6,1 / –27,8	9,9 / –50,3	4 / –6,2	0 / –3,26	13 / –7,8	13 / –7,8	62 / –51	5,65 / 1,01	18,82 / –13,09
2 букс.	12 / 10,9	–6,9 / –21,8	–6,5 / –48,2	63,7 / 36,5	1 / –3,6	1,4 / –3,4	17,6 / –2	17,6 / –2	87,5 / –22,6	5,48 / 0,6	16,11 / 0,3

Підстановка чисельних величин надає наступне:

$$\sigma_{нбукс} = 38{,}67 \cdot \sqrt{0{,}044 \cdot 15{,}6 \cdot 10^3} = 1013 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{нкз} = 38{,}67 \cdot \sqrt{0{,}044 \cdot 11{,}2 \cdot 10^3} = 858 \text{ МПа}.$$

Допустимі значення контактних напружень матеріалів, з яких виготовляються шестерня та зубчате колесо редуктора, складають відповідно:

$$[\sigma_{нШ}] = 1200\,МПа; \quad [\sigma_{нзк}] = 924\,МПа.$$

Максимальні напруження, що пов'язані із згинанням зубів зубчатої передачі тягового редуктора визначаємо за формулою [6 – 8]

$$\sigma_{зг} = \frac{y_F \cdot y_\Sigma \cdot y_\beta}{m} \cdot \omega_{Ft} = \lambda_F \cdot \lambda_{FT} \cdot T_{1F}, \quad (11)$$

де y_F – коефіцієнт, який враховує форму зуба; y_Σ – коефіцієнт, який враховує перекриття зубів; y_β – коефіцієнт, який враховує нахил зуба; m – модуль, мм.

Якщо підставити чисельні значення величин у формулу (11), то отримаємо наступні значення нормальних напружень від згинання зубів зубчатої передачі ($\sigma_{згШ}$ – нормальні напруження від згину у шестерні, $\sigma_{згзк}$ – аналогічні напруження у зубчатому колесі) при буксуваннях та при коротких замиканнях, відповідно:

$$\sigma_{згШбукс} = 0{,}332 \cdot 0{,}05 \cdot 15{,}6 \cdot 10^3 = 259 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{згзкбукс} = 0{,}358 \cdot 0{,}05 \cdot 15{,}6 \cdot 10^3 = 273 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{згШкз} = 0{,}332 \cdot 0{,}05 \cdot 11{,}2 \cdot 10^3 = 185 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{згзккз} = 0{,}358 \cdot 0{,}05 \cdot 11{,}2 \cdot 10^3 = 200 \text{ МПа}.$$

Чисельні значення допустимих напружень матеріалів шестерні та зубчатого колеса для цього виду деформування складають, відповідно:

$$[\sigma_{згШ}] = 370\,МПа; \quad [\sigma_{згзк}] = 280\,МПа.$$

Виконаємо оцінку рівня напружень, які виникають у найбільш навантажених режимах при взаємодії зубів зубчатих муфт. Контактні напруження визначимо за співвідношеннями [6 – 8]:

$$\sigma_к = 0{,}418 \cdot \sqrt{\frac{q \cdot E}{R}}; \quad q = \frac{P_\theta}{h_\theta};$$

$$P_\theta = \frac{2 \cdot \kappa_н \cdot T}{m \cdot z^2}; \quad h_\theta = (h_a^* + h_q^*) \cdot \frac{m}{\cos\alpha_w};$$

$$R = 0{,}5 \cdot m \cdot z \cdot \sin\alpha_w. \quad (12)$$

Напруження зминання визначаються як

$$\sigma_{зм} = \frac{T}{(D^2 \cdot b \cdot 0{,}9)}. \quad (13)$$

При моделюванні режиму буксування, коли швидкість руху електровоза складала 20 км/год, було отримано, що найбільший крутний момент у муфтах дорівнює 17,6 кНм. Розглянемо визначення контактних напружень $\sigma_к$ та напружень зминання $\sigma_{зм}$ для варіанту зубчатої муфти, коли модуль m = 6 мм, діаметр D = 336 мм, кількість зубів z = 56. В такій ситуації

$$P_\theta = \frac{2 \cdot 1{,}2 \cdot 17600 \cdot 10^3}{6{,}56^2} = 2245\,Н;$$

$$h_\theta = \frac{1{,}8 \cdot 6}{\cos 20^0} = 11{,}5\,мм; \quad q = \frac{2245}{11{,}5} = 195\,Н/мм;$$

$$R = 0,5 \cdot 6 \cdot 56 \cdot \sin 20^0 = 57,46\,\text{мм};$$

$$\sigma_к = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{195 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{57,46}} = 353\,\text{МПа};$$

$$\sigma_{зм} = \frac{17600 \cdot 10^3}{336^2 \cdot 80 \cdot 0,9} = 2,16\,\text{МПа}.$$

Для матеріалу, який використовується у зубчатих муфтах, допустимі контактні напруження дорівнюють $[\sigma_к] = 924\,\text{МПа}$.

Визначимося з напруженим станом торсійного валу. На підставі проведених чисельних розрахунків моделювання різних умов руху електровоза були визначені найбільші рівні зусиль, якими навантажується торсійний вал: повздовжнє зусилля $N_{м2}$ =3,9 кН; крутний момент $T_{м2}$ = 17,6 кНм, результуючий згинальний момент від зусиль контактної взаємодії зубів зубчатої муфти $M_{згм2}$=3,84 кНм, а результуючий згинальний момент від зусиль тертя при коефіцієнті $f_{тр}$ = 0,2 складає $M_{згтр}$ = 30,18 кНм. Така величина коефіцієнту тертя відповідає практичній відсутності мастила в корпусі зубчатої муфти. Результуючий згинальний момент від усіх зусиль разом складає M = 30,42 кНм.

Знайдемо результуюче напруження від поздовжнього стиску та згинання, а також дотичні напруження від дії крутного моменту, якщо діаметр валу складає 8 см.

$$\sigma = -\frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_z} = -\frac{N \cdot 4}{\pi \cdot d^2} \pm \frac{M \cdot 32}{\pi \cdot d^3} =$$

$$= -\frac{3,9 \cdot 4}{\pi \cdot 8^2} \pm \frac{3042 \cdot 32}{\pi \cdot 8^3} = -0,078 \pm 60,5.$$

$$\sigma_{max\text{роз}} = 60,42 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 604,2\,\text{МПа};$$

$$\sigma_{max\text{стис}} = -60,58 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 605,8\,\text{МПа};$$

$$\tau_{max} = \frac{T_{м2}}{W_\rho} = \frac{T_{м2} \cdot 16}{\pi \cdot d^3} = \frac{1760 \cdot 16}{\pi \cdot 8^3} =$$

$$= 17,52 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 175,2\,\text{МПа}.$$

Еквівалентне напруження за четвертою теорією міцності буде дорівнювати

$$\sigma_{екв}^{\text{IV}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} =$$

$$= \sqrt{605,8^2 + 3 \cdot 172,5^2} = 675,5\,\text{МПа}.$$

Отримане значення еквівалентного напруження при прийнятих в розрахунку значеннях діаметра торсійного валу та коефіцієнта тертя в зубчатих муфтах з точки зору міцності є небезпечним. Тому виконаємо розрахунки при меншому значенні коефіцієнта тертя, величину якого за рахунок мастил можна суттєво зменшити. При величіні коефіцієнта $f_{тр}$ = 0,05 найбільші значення згинального моменту сил тертя $M_{згтр}$ = 5,01 кНм. В цьому випадку маємо

$$\sigma = -0,078 \pm \frac{501 \cdot 32}{\pi \cdot 8^3} = -0,078 \pm 9,972;$$

$$\sigma_{max\text{роз}} = 9,89 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 98,9\,\text{МПа};$$

$$\sigma_{max\text{стис}} = -10,05 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = -100,5\,\text{МПа}.$$

Еквівалентне напруження за четвертою теорією міцності дорівнює

$$\sigma_{екв}^{\text{IV}} = \sqrt{100,5^2 + 3 \cdot 172,5^2} = 315\,\text{МПа}.$$

Як виходить із наведених розрахунків, найбільше на формування величини еквівалентного напруження впливають як згинальні моменти від сил тертя, що створюються під час перекосів складових елементів муфт, так і ударний крутний момент, що виникає під час коротких замикань або буксувань. При застосуванні торсійного валу діаметром 9 см, еквівалентні напруження за четвертою теорією міцності в умовах створення найбільших рівнів навантажень будуть дорівнювати $\sigma^{\text{IV}} = 224\,\text{МПа}$. Таким чином, використання, при виготовленні торсійного валу, сталі марки 40ХН може забезпечити його міцність при вищевказаних ситуаціях, які можуть виникати в умовах експлуатації, крім тих, коли буде відсутнє мастило в корпусі зубчатих муфт.

Розглянемо варіант тягового привода, в якому приєднання торсійного валу до ротора забезпечується зубчатою муфтою, а до тягового редуктора – за допомогою шарнірної муфти (кардану).

Відомо [1, 3, 5], що в шарнірних муфтах використано принцип роботи просторового шарніру Гука. Такі муфти призначені для передачі крутного моменту між валами при великих кутових зміщеннях осей (до 40…45°), яке в процесі обертання муфти може змінюватися. Вони можуть використовуватися при передачі навантажень в діапазоні 0,0125…3000 кНм. Конструктивно ця муфта складається з двох вилок та хрестовини, яка з'єднується з кінцями вилок. При використанні шарнірних муфт у випадку постійної швидкості обертання ведучої ланки

ведена ланка (вал) за наявності кута перекосу γ буде обертатися нерівномірно. Швидкість обертання веденого елемента (вала шестерні редуктора) залежно від швидкості обертання торсійного валу буде визначатися за формулою [1, 5]:

$$\omega_{ш} = \omega_{Тв} \cdot \frac{\cos\gamma}{(1-\sin^2\gamma\cdot\cos\alpha)}, \qquad (14)$$

де $\omega_{ш}$ – швидкість обертання шестерні редуктора; $\omega_{Тв}$ – швидкість обертання торсійного (карданного) вала; $\alpha = \varphi_{Тв}$ – кут повороту торсійного валу навколо власної осі. Коефіцієнт нерівномірності обертання веденого валу та найбільше випередження (відставання) визначаються за формулами

$$\kappa = \mathrm{tg}\gamma \cdot \sin\gamma; \qquad (15)$$

$$\Delta\alpha_{max} = \arcsin\sqrt{\frac{(1-\cos\gamma)}{\sin\gamma}}. \qquad (16)$$

Відповідно до наведеної формули (16) при величині кута перекосу $\gamma = 45°$, найбільше випередження буде складати $\Delta\alpha_{max} = 9°50'$. У зв'язку із появою періодичного відставання та випередження веденої ланки (шестерні редуктора) відносно номінальних положень, які відповідають рівномірному обертанню, можуть створюватися додаткові динамічні навантаження. З метою оцінки впливу такого фактора на навантаженість елементів тягової передачі доповнимо математичну модель відповідними рівняннями, що моделюють роботу шарнірної муфти та її взаємодію з іншими елементами тягового привода.

Обертальний момент у з'єднанні торсійного валу та шарнірної муфти $T'_{м2}$ визначається за формулою (4). Крутний момент у веденій ланці, який передається до шестерні редуктора, буде визначатися:

$$T_{м2} = T'_{м2} \cdot \frac{(1-0{,}5\cdot\sin^2\gamma_2)}{\cos\gamma_2}, \qquad (17)$$

де

$$\gamma_2 = \sqrt{\varphi^2_{охм2} + \varphi^2_{озм2}}; \quad \alpha_{м2} = \mathrm{arctg}\frac{\varphi_{озм2}}{\varphi_{охм2}}.$$

При цьому з боку шарнірної муфти на торсійний вал та на вал шестерні буде діяти згинальний момент

$$M_{згнм2} = T'_{м2} \cdot \mathrm{tg}\gamma_2. \qquad (18)$$

Складові цього моменту навколо осей *OX* і *OZ* та зусилля в шестерні будуть визначатися за співвідношеннями

$$M_{згохм2} = T'_{м2} \cdot \mathrm{tg}\gamma_2 \cdot \sin\alpha_{м2};$$

$$M_{згозм2} = T'_{м2} \cdot \mathrm{tg}\gamma_2 \cdot \cos\alpha_{м2}; \qquad (19)$$

$$F = \frac{T'_{м2}}{\cos\gamma_2 \cdot 2 \cdot R}, \qquad (20)$$

де $2R$ – відстань між цапфами, які мають загальну вісь повороту. При цьому слід мати на увазі, що

$$N_{м2} = 0;\ N_{трм2} = 0;\ M_{трохм2} = 0;\ M_{трозм2} = 0.$$

Горизонтальне переміщення торсійного (карданного) валу будемо визначати з додаткового рівняння:

$$\upsilon_{yТв} = (\upsilon_{yкп} - \omega_{фкп}\cdot b_{опр} - \omega_{θкп}\cdot l_{опр})\cdot\cos\gamma_2. \qquad (21)$$

Відповідно до розробленого креслення конструкторської документації такої передачі обертального моменту параметри скорегованої частини математичної моделі дорівнюють:

$$m_{Тв} = 0{,}098\,\mathrm{Т}; \quad J_{yТв} = 7{,}1\cdot10^{-4}\,\mathrm{Т}\cdot\mathrm{м}^2;$$
$$J_{zТв} = J_{xТв} = 1{,}36\cdot10^{-2}\,\mathrm{Т}\cdot\mathrm{м}^2;$$
$$\kappa_{φТв} = 267\ \mathrm{кН\times м}; \quad 2R = 0{,}25\,\mathrm{м}.$$

Жорсткість еквівалентного з'єднання при крученні буде визначатися та дорівнювати

$$\kappa_{фм2} = \frac{c_{м2}\cdot\kappa_{φТв}}{c_{м2}+\kappa_{φТв}};$$

$$c_{м2} = 4\cdot\frac{3\cdot E\cdot J_y}{l^3}\cdot R^2 = 7{,}15\cdot10^5\ \mathrm{кН\cdot м}; \qquad (22)$$

$$\kappa_{фм2} = 266{,}9\ \mathrm{кН\times м}.$$

Для цього варіанту, також як і при використанні в передачі обертального моменту двох зубчатих муфт, було проведено розрахунки з моделювання різних режимів: стаціонарний режим руху з різними швидкостями; режим короткого замикання в ланцюгах живлення статорних обмоток або еквівалентний цьому режим; режими буксування під час наїзду локомотива на ділянку рейок із суттєво замащеними поверхнями кочення головок рейок.

На рис. 11 – 19 наведено результати чисельних розрахунків моделювання руху електровоза в стаціонарному режимі тяги при різних швидкостях руху для випадку коли використано скорочений торсійний вал, який приєднується до ротору тягового двигуна за допомогою зубчатої

муфти, а до валу шестерні тягового редуктора – за допомогою шарнірної муфти.

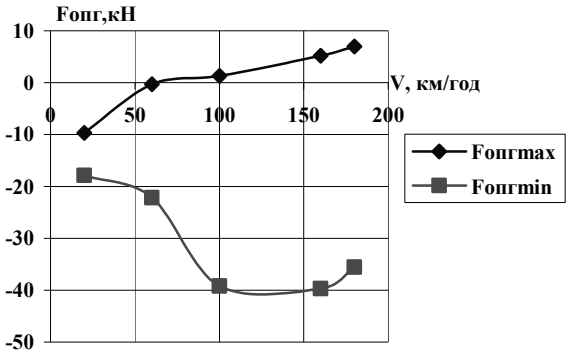


Рис. 11. Залежність вертикальної складової зусилля $F_{опг}$ у вузлі спирання двигуна на лобовий брус рами візка від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги та використанні шарнірної муфти

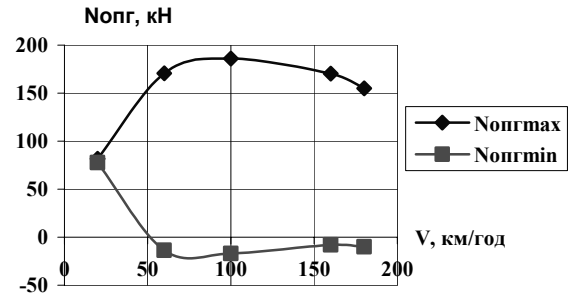


Рис. 12. Залежність вертикальної складової зусилля $N_{опг}$ у вузлі спирання двигуна на лобовий брус рами візка від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги та використанні шарнірної муфти

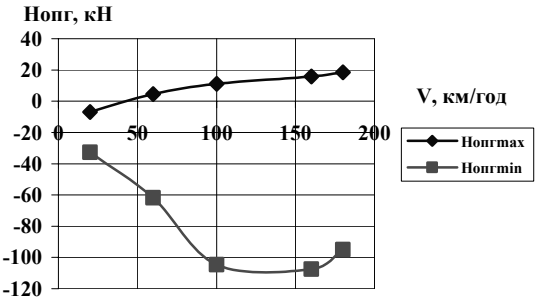


Рис. 13. Залежність вертикальної складової зусилля $H_{опг}$ у вузлі спирання двигуна на лобовий брус рами візка від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги та використанні шарнірної муфти

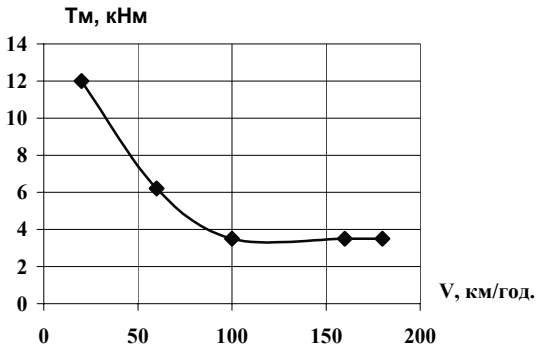


Рис. 14. Залежність крутних моментів $T_м$ у зубчатій та шарнірній муфтах при стаціонарному русі в режимі тяги та використанні шарнірної муфти

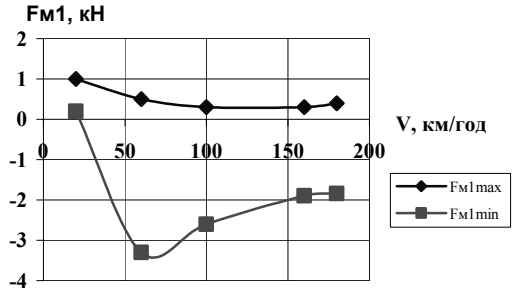


Рис. 15. Залежність вертикальної складової зусилля $F_{м1}$ у першій зубчатій муфті від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги та використанні шарнірної муфти

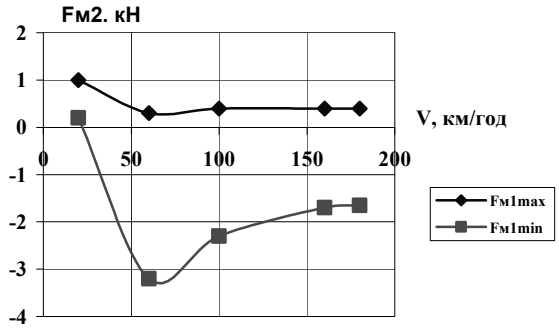


Рис. 16. Залежність вертикальної складової зусилля $F_{м2}$ у другій муфті від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги та використанні шарнірної муфти

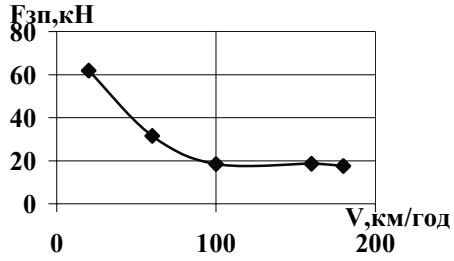


Рис. 17. Залежності зусиль взаємодії зубчатої передачі $F_{зп}$ від швидкості при стаціонарному русі в режимі тяги та використанні шарнірної муфти

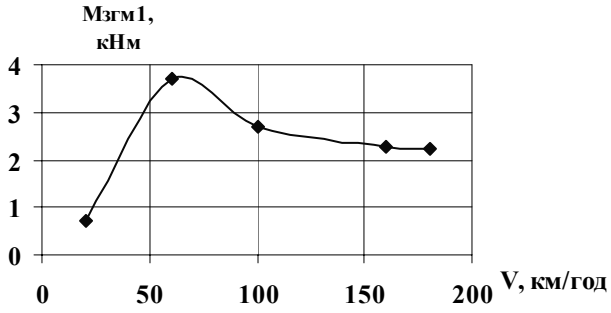


Рис. 18. Залежність моментів $M_{згм1}$ зусиль взаємодії зубів першої зубчатої муфти, які приводять до згинання торсійного валу, при стаціонарному русі в режимі тяги та використанні шарнірної муфти

З наведених на рис. 11 – 19 результатів розрахунків моделювання стаціонарного режиму руху електровоза по прямолінійних дільницях колії з різними швидкостями руху виходить, що змінювання крутних моментів у зубчатій та шарнірній муфтах $T_м$ відбувається також, як і при використанні двох зубчатих муфт. Найбільші рівні вертикальної $F_{опг}$, горизонтальної поздовжньої $H_{опг}$ та горизонтальної поперечної $N_{опдг}$ складових зусилля у місці спирання ТЕД на лобовий брус спостерігаються під час руху зі швидкостями в діапазоні 100…180 км/год. Найбільші рівні зусиль у зубчатій передачі тягового редуктора $F_{зп}$ створюються також під час зрушення електровоза з місця. Найбільші рівні зусиль взаємодії зубів зубчатої муфти $F_м$ при стаціонарному режимі руху виникають при швидкостях руху біля 60 км/год. Подібним чином змінюються і моменти зусиль взаємодії зубів зубчатої передачі, які приводять до створення згинання торсійного валу $M_{згн}$.

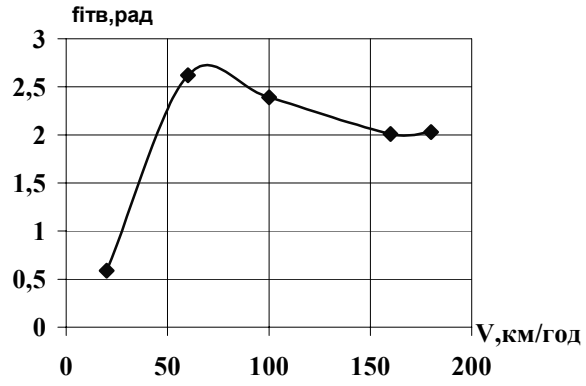


Рис. 19. Найбільші значення кута перекосу торсійного (карданного) валу при стаціонарному русі в режимі тяги та використанні шарнірної муфти

Для визначення найбільших можливих рівнів динамічних складових зусиль та моментів в елементах тягових приводів було проведено моделювання режимів руху, коли створюються аварійні ситуації режимів коротких замикань у ланцюгах живлення асинхронних тягових двигунів, та виникнення буксувань колісних пар. Нижче у табл. 3 наведено результати розрахунків з моделювання режимів буксування та короткого замикання в ланцюгах живлення статорних обмоток при швидкості руху 20 км/год.

На підставі отриманих результатів розрахунків моделювання різних режимів руху електровоза з таким типом конструкції приєднання торсійного валу до статора тягового двигуна та до валу шестерні тягового редуктора для оцінки рівня напружень, що виникають в основних елементах кінематичної схеми передачі тягового обертального моменту в тяговому приводі, приймаємо наступні чисельні значення моментів та зусиль:

Найбільші значення зусиль:

1. У шарнірному з’єднанні шарнірної муфти:

$F_{шбукс} = 100$ кН; $F_{шкз} = 69$ кН; $F_{шстац} = 49$ кН.

2. У зубчатій передачі тягового редуктора:

$F_{зпбукс} = 90$ кН; $F_{зпкз} = 61{,}7$ кН; $F_{зпстац} = 61{,}8$ кН.

Найбільші значення згинальних моментів, які виникають внаслідок створення сил тертя в зубчатій муфті та нерівномірності обертання у зв’язку з перекосами провідного та веденого елементів шарнірної муфти у випадку буксування при швидкості руху 20 км/год:

$M_{згн\ тр} = 0{,}92$ кНм; $M_{згнп} = 4{,}3$ кНм.

3. Крутний момент

$T_м = 22$ кНм.

Таблиця 3

Найбільші і найменші значення моментів та зусиль при моделюванні режимів короткого замикання та буксування

№ п/ч	$T_{ем}$, кНм	$F_{опг}$, кН	$H_{опг}$, кН	$N_{опг}$, кН	$F_{м1}$, кН	$F_{м2}$, кН	$T_{м1}$, кНм	$T_{м2}$, кНм	$F_{зп}$, кН	$\varphi_{тв}$, рад
1 к.з.	$\frac{12,2}{-36,1}$	$\frac{3,6}{-10,1}$	$\frac{-7,2}{-53,8}$	$\frac{69,7}{45,8}$	$\frac{3,8}{-0,7}$	$\frac{1,6}{-0,7}$	$\frac{12,2}{-3,2}$	$\frac{12,2}{-3,2}$	$\frac{61,7}{-54}$	0,592
2 букс.	$\frac{12,4}{10,8}$	$\frac{-9,7}{-17,9}$	$\frac{-7,2}{-32,6}$	$\frac{81,8}{77,8}$	$\frac{1,9}{-0,3}$	$\frac{1,9}{-0,5}$	$\frac{17,6}{-2}$	$\frac{17,6}{-2}$	$\frac{90}{-28}$	0,56

У випадку короткого замикання при швидкості руху 20 км/год або стаціонарному режимі руху зі швидкостями руху більше 100 км/год вказані моменти дорівнюють, відповідно:

а) коротке замикання: $M_{згнтр} = 0,721$ кНм;

$M_{згнп} = 5,54$ кНм;

$T_м = 12,2$ кНм;

б) стаціонарний режим руху:

$M_{згнтр} = 1,64$ кНм; $M_{згнп} = 3,52$ кНм;

$T_м = 3,5$ кНм.

Складові напружень визначаємо за відомими формулами опору матеріалів. Якщо діаметр торсійного валу d = 7,5 см, то $W_z = 41,4$ см^3; $W_p = 82,8$ см^3.

В табл. 4 наведено чисельні значення напружень, що виникають у торсійному валу

Таблиця 4

Чисельні значення напружень у торсійному валу

Режим	$\sigma(M_{згнтр})$, МПа	$\sigma(M_{згнп})$, МПа	$\tau(T_м)$, МПа	$\sigma^{III}_{екв}$, МПа
Буксування	22,2	103,9	265,7	286,2
Коротке замикання	17,4	133,8	147,3	199,8
Стаціонарний рух	39,6	85	42,3	102,9

Визначимо у зубах зубчатої передачі тягового редуктора напруження контактної взаємодії та від дії згинання.

Напруження контактної взаємодії:

а) режим буксування:

$$\sigma_{кбукс} = 38,67\sqrt{0,044 \cdot 6,64 \cdot 10^3} = 1030 \text{ МПа};$$

б) режим короткого замикання:

$$\sigma_{ккз} = 38,67\sqrt{0,044 \cdot 11,24 \cdot 10^3} = 858 \text{ МПа}.$$

Напруження від дії згинального моменту:

а) режим буксування:

$$\sigma_{F_{шбукс}} = 0,332 \cdot 0,05 \cdot 16,14 \cdot 10^3 = 268 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F_{кбукс}} = 0,358 \cdot 0,05 \cdot 16,6 \cdot 10^3 = 289 \text{ МПа}.$$

б) режим короткого замикання:

$$\sigma_{F_{шкз}} = 0,332 \cdot 0,05 \cdot 11,2 \cdot 10^3 = 185 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F_{ккз}} = 0,358 \cdot 0,05 \cdot 11,2 \cdot 10^3 = 200 \text{ МПа}.$$

Розглянемо визначення напружень у зубах зубчатої муфти при значенні крутного моменту в режимі буксування $T_м$ = 22 кНм. Складові навантажень і відповідні напруження контактної взаємодії та зминання дорівнюють.

Зусилля:

$$P_0 = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 22000 \cdot 10^3}{6 \cdot 56^2} = 2806 \text{ кН};$$

$$q = \frac{2806}{11,5} = 244 \text{ кН}.$$

Напруження:

а) контактної взаємодії:

$$\sigma_к = 0,418\sqrt{\frac{244 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{57,46}} = 395 \text{ МПа};$$

б) від дії зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{22000 \cdot 10^3}{336^2 \cdot 80 \cdot 0,9} = 2,7 \text{ МПа}.$$

Виконаємо розрахунки на міцність підшипникового вузла хрестовини шарніру Гука. У підшипнику, що використовується, голчастий ролик має параметри 3,5 х 3,5 ГОСТ 6870-54 у кількості 52 штук зі значеннями діаметрів D х d = 61,6 х 54,6 мм.

Розрахункова динамічна вантажопідйомність визначається за співвідношеннями [9]:

$$c = f_c (i \cdot l_w \cdot \cos\alpha)^{\frac{7}{9}} \cdot z^{\frac{3}{4}} \cdot D_w^{\frac{29}{27}}, \qquad (23)$$

де $i = 1$; $l_w = 30$ мм; $\alpha = 0$; $D_w = 3{,}5$; $z = 52$, тоді $f_c = 67{,}8$; $\frac{D_w \cdot \cos\alpha}{D_0} = \frac{3{,}5}{58{,}1} = 0{,}06$, де $D_0 = 58{,}1$ мм – середній діаметр підшипника. Підстановка у співвідношення (23) дає наступне:

$$c = 67{,}8 \cdot 30^{\frac{7}{9}} \cdot 52^{\frac{3}{4}} \cdot 3{,}5^{\frac{29}{27}} = 71035\,\text{Н} = 71{,}03\,\text{кН}.$$

Розрахункова довговічність визначається як [9]

$$L_{1oh} = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{c}{F}\right)^{\frac{10}{3}}, \qquad (24)$$

де n – частота обертання, F – зусилля, що діє на підшипник. Якщо кут перекосу валів складатиме 1,5°, то кут відносного повороту кілець підшипника за одне обертання валу складе 6°. Частота обертання кілець підшипника $n_\text{п}$ в залежності від швидкості руху електровоза υ буде визначатися за формулою:

$$n_\text{п} = \frac{6^0 \cdot 30 \cdot 0{,}461 \cdot \upsilon \cdot u}{360^0 \cdot \pi} = 0{,}177\upsilon, \qquad (25)$$

де $u = 2{,}41$ – передаточне відношення тягового редуктора. Нижче у табл. 5 наведено значення довговічності в залежності від швидкості руху локомотива

Таблиця 5

Значення довговічності при різних швидкостях руху

№ п/ч	V, км/год	$n_\text{п}$, об/хв	F, кН	L_{1oh}, год
1	100	18	14,5	184839
2	20	3,5	49	16420

Виконаємо оцінку напружень, що виникають на контакті «ролик – кільце». Навантаження, що передається на тіло кочення, та відповідне максимальне напруження визначаються за формулами:

$$Q_{max} = \frac{5 \cdot F}{i \cdot z \cdot \cos\alpha};$$

$$\sigma_{max} = \frac{2 \cdot Q_{max}}{\pi \cdot l_w \cdot b}, \qquad (26)$$

де b – площа контактної плями, яка визначається за співвідношенням:

$$b = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_\text{max}}{\pi \cdot l_w \cdot \sum\rho} \cdot \left(\frac{(1-\varepsilon^2{}_1)}{E_1} + \frac{(1-\varepsilon^2{}_2)}{E_2}\right)}, \qquad (27)$$

де $\sum\rho$ – сумарна кривизна контакту. Сумарні кривизни по площадках контакту складають:

- ролик – внутрішнє кільце:

$$\sum\rho_\text{в} = \frac{1 \cdot 2}{D_w} + \frac{1 \cdot 2}{d} = \frac{1 \cdot 2}{3{,}5} + \frac{1 \cdot 2}{54{,}6} = 0{,}608;$$

- ролик – зовнішнє кільце:

$$\sum\rho_\text{з} = \frac{1 \cdot 2}{D_w} - \frac{1 \cdot 2}{D} = \frac{1 \cdot 2}{3{,}5} - \frac{1 \cdot 2}{61{,}6} = 0{,}54.$$

В табл. 6 наведено результати розрахунків контактних напружень по площадці взаємодії «ролик – кільце» при значеннях коефіцієнтів Пуассона $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0{,}3$, модуля Юнга $E_1 = E_2 = 2{,}08 \cdot 10^5$ МПа та параметрів $z = 52$, $i = 1$, $\alpha = 0$.

Таблиця 6

Параметри контактної плями та величини напружень на контакті «ролик – кільце»

№ п/ч	Режим роботи	F, кН	Q_max, кН	$\frac{b_\text{в}}{b_\text{з}}$, мм	$\frac{\sigma_{max\text{в}}}{\sigma_{max\text{з}}}$, МПа
1	стаціон. рух, V = =100 км/год	14,5	1,394	0,029 0,031	1020 954
2	стаціон. рух, V = =20 км/год	49	4,711	0,054 0,057	1851 1753
3	буксування	100	9,615	0,077 0,081	2650 2519
4	кор. замик.	69	6,635	0,064 0,067	2200 2100

Найбільші дотичні напруження по площадці контактної взаємодії визначаються за формулою [9]:

$$\tau_{max} = \gamma\frac{\sigma_{max}}{2}, \qquad (28)$$

Де γ – коефіцієнт, який визначається в залежності від співвідношення $\frac{b}{a}$, $a = 0{,}5 \cdot l_w = 0{,}5 \cdot 30 = 15$ мм – більша напіввісь площадки

контакту. В табл. 7 наведено значення найбільших дотичних напружень при контактній взаємодії ролика та внутрішньою поверхні (цапфа хрестовини), де створюються найбільші нормальні напруження.

Таблиця 7

Найбільші дотичні напруження між роликом та цапфою хрестовини

Режим роботи	σ_{max}, МПа	$\frac{b}{a}$	γ	τ_{max}, МПа	h, мм
стац. рух, V=100км/год	1020	0,002	0,505	257	0,022
стац. рух, V=20км/год	1851	0,004	0,502	465	0,041
буксув.	2550	0,005	0,5	666	0,059
кор. зам.	2200	0,004	0,502	552	0,049

В табл. 7 h – глибина відстані від місця контактної взаємодії, де розташовані найбільші дотичні напруження.

Якщо хрестовина виготовлена зі сталі марки 20Х2НЧА, яка піддавалася термообробці з цементацією та з наступним загартуванням при умові, що твердість досягає значення $HRC_{\text{с}} = 62$, $S_{\text{к}} = 1,2$, величина допустимого контактного напруження буде складати:

$$[\sigma_{\text{к}}] = \frac{2 \cdot 23 \cdot HRC_{\text{с}}}{S_{\text{к}}} = \frac{2 \cdot 23 \cdot 62}{1,2} = 2377 \text{ МПа}..$$

Висновки

На підставі розроблених математичних моделей були проведені розрахунки з визначення динамічної навантаженості елементів тягового привода в умовах використання різних варіантів його конструкцій у наступних режимах:

а) стаціонарний режим руху зі швидкостями υ 20...180 км/год;

б) буксування всіх колісних пар під час наїзду на дільницю колії із суттєво замащеною мастилом поверхнею кочення рейок при швидкості руху 20 км/год;

в) коротке замикання в електричних ланцюгах живлення тягових двигунів при швидкості руху 20 км/год.

Під час моделювання режимів буксувань та коротких замикань прийнята швидкість руху 20 км/год тому, що на цій швидкості в указаних аварійних режимах спостерігаються найбільші рівні динамічної навантаженості.

Порівнювання результатів розрахунків для трьох варіантів закріплення торсійного валу виявило, що найменші рівні навантаженості мають місце при використанні схеми, в якій тяговий редуктор розташовано між муфтою та колесом колісної пари.

Приймаючи до уваги вимоги щодо максимально припустимого кута перекосу елементів зубчатої муфти, що сполучаються, в межах до 1,5° у варіантах, що аналізуються, найкращим буде варіант, в якому торсійний вал довжини 930 мм та діаметром не менше 75 мм одним кінцем приєднується за допомогою зубчатої муфти до ротора тягового двигуна, а іншим кінцем до шестерні тягового редуктора – за допомогою шарнірної муфти.

Результати виконаних розрахунків показали, що в режимах буксувань найбільші рівні навантажень спостерігаються в зубчатій передачі. Зменшення довжини торсійного валу приводить до несуттєвого зростання торсійної жорсткості і, таким чином, до незначного збільшення динамічних навантажень зубчатих передач тягового редуктора та муфти.

Використання у двох розглянутих варіантах пружин, що обмежують у поперечному напрямку переміщень торсійного валу додаткового до кручення та згинання торсійного валу додають навантаження від поздовжнього стиску. Розрахунки з визначення згинального моменту від сил тертя під час взаємодії зубів зубчатої муфти показали, що його рівень суттєво залежить від величини коефіцієнта тертя та величини кута перекосу між складовими елементами зубчатих муфт. Для прийнятих параметрів елементів тягового привода, за якими проводилися розрахунки та наведено результати у даній роботі, отримано, що значення коефіцієнта тертя не може бути більшим за 0,12, бо інакше за таких параметрів торсійного валу та міцнісних характеристиках матеріалу, що використовується, не буде забезпечена його міцність.

При прийнятті остаточного рішення про обрання величини діаметру торсійного валу буде доцільною величина в межах 80…90 мм, якщо потужність тягового двигуна буде в межах до 1200 кВт.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Механическая часть тягового подвижного состава [Текст] / И. В. Бирюков и др. – М.: Транспорт, 1992. – 439 с.
2. Бондарев, А. М. О моделях и нагруженности элементов асинхронных тяговых приводов локомотивов при некоторых видах стационарных и нестационарных режимов движения [Текст] / А. М. Бондарев // Тезисы докл. 8-й конф. «Про-

блемы механики железнодорожного транспорта» (Д., ДИИТ, 1992). – С. 148.
3. Бондарєв, О. М. Навантаженість вузлів електровоза з асинхронними тяговими двигунами [Текст] / О. М. Бондарєв // Залізн. трансп. України. – 2003. – № 6. – С. 63-71.
4. Колпахчьян, П. Г. Анализ динамических процессов в тяговом электроприводе электровоза с асинхронными тяговыми двигателями при трогании с места [Текст] / П. Г. Колпахчьян // Сб. докл. Межд. конгресса «Механика и трибология транспортных систем» (РГУПС, Ростов-на-Дону, 2003). – Т. 1. – С. 14-19.
5. Шацилло, А. А. Тяговый привод электроподвижного состава [Текст] / А. А. Шацилло. – М.: Трансжелдориздат, 1961. – 222 с.
6. Айрапетов, Э. Л. Зубчатые муфты [Текст] / Э. Л. Айрапетов, О. И. Косарев. – М.: Наука, 1982. – 125 с.
7. Поляков, В. С. Справочник по муфтам [Текст] / В. С. Поляков, И. Д. Барбаш, О. А. Ряховский // Л.: Машиностроение, 1975. – 343 с.
8. ГОСТ 21354-75 Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Расчет на прочность [Текст].
9. Перль, Л. Я. Подшипники качения [Текст] : справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с.

Надійшла до редколегії 15.09.2009.
Прийнята до друку 23.09.2009.

УДК 629.45/.46.027.11

А. А. БОСОВ, С. В. МЯМЛИН, В. Я. ПАНАСЕНКО, И. В. КЛИМЕНКО (ДИИТ)

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

У статті проведено аналіз факторів, що впливають на зношування пари «колесо – рейка», і зроблено висновок про доцільність створення у вузлі «боковина – букса» кінематичної пари третього роду.

В статье проведен анализ факторов, влияющих на износ пары «колесо – рельс», и сделан вывод о целесообразности создания в узле «боковина – букса» кинематической пары третьего рода.

In the article the analysis of factors influencing upon wear of a «wheel – rail» pair is organized and the conclusion on advisability of creation of the third kind kinematical pair in a «side girder – axle box» assembly is made .

За последние 30 лет тележка грузового вагона ЦНИИ-Х3 (модель 18-100) претерпела значительную модернизацию. Так, заменены подшипники скольжения на подшипники качения; вертикальные рычаги тормозной передачи, состоящие из двух пластин, объединены между собой перемычками, закрепленными электросваркой. По нашему мнению, эти модернизации, наряду с другими причинами, и привели к интенсивному износу гребней колесных пар.

Мировой опыт показывает, что одной из причин интенсивного износа (подреза) гребня является недостаточная радиальная самоустанавливаемость колесных пар в кривых участках пути и прижатое состояние гребней колес к одному из рельсов после выхода тележки на прямолинейный участок. Отсутствие возможности виляния колесной пары относительно оси пути тоже провоцирует износ гребней [1]. Указанные выше модернизации тележки модели 18-100 радиальному самоустанавливанию колесных пар не способствуют.

Доказывать значимость подшипников качения нет смысла: ликвидированы загрязнения от мазута в парках отправления поездов на станциях, осевая смазка не выливается из букс и не «обогащает» груз на вагоноопрокидывателях; повысилась надежность вагонов в эксплуатации, отцепки их и задержки поездов из-за нагрева букс (известно, что на роликовых подшипниках задержки вагонов в несколько раз меньше, чем на подшипниках скольжения).

С 1982 г. все новые магистральные грузовые вагоны колеи 1520 мм строят только на роликовых подшипниках. На шейку оси колесной пары в переходный период замены подшипников скольжения устанавливали сферические роликовые подшипники, которые (отметим!) способствовали самоустановлению колесной пары [2].

Авторы работы [3] предлагают уменьшить износ гребней колесных пар тележек модели 18-100, создав дополнительную подвижность боковых рам относительно колесных пар, что должно дать возможность колесным парам самоустанавливаться в кривых участках пути [1].

Ученые ВНИИЖТа утверждают, что в большинстве случаев углы поворота двухосных тележек относительно кузова вагона не превышают соответственно 31 мрад в кривой радиусом 600 м и 22 мрад в кривых радиусами от 576 до 2500 м [4]. Следовательно, чтобы колесная пара заняла радиальное положение в кривом участке пути, ей необходимо повернутся на соответствующий угол и по отношению к раме тележки.

Однако в буксовом узле с подшипниками качения шейка оси с закрепленными на ней подшипниками имеет малый осевой и радиальный разбеги. Согласно [5], осевой разбег для двух цилиндрических подшипников с наружным диаметром 250 мм обеспечивается конструкцией и может составить 0,68...1,38 мм. Из-за такого малого разбега в буксовом узле колесная пара не имеет возможности самоустанавливаться, т.е. принимать первоначальное положение после выхода вагона на прямолинейный участок пути после прохода кривой, а это значит, что она остается прижатой гребнем колеса к внутренней грани головки «наружного» рельса пути.

Оценим возможные зазоры в буксе при наличии цилиндрических роликовых подшипников, используя анализ размерных цепей в буксе [6].

Размер замыкающего звена A_Δ определяется выражением

© Босов А. А., Мямлин С. В., Панасенко В. Я., Клименко И. В., 2009

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{n} \left(\xi_i + A_i\right), \qquad (1)$$

где ξ_i – размер i-го звена; n – число составляющих звеньев; A_i – предельное отклонение, которое принимается положительным для увеличивающего и отрицательным для уменьшающего размера звена.

Диаметр внутренней цилиндрической части буксы из стального литья составляет: при новом изготовлении $250^{+0,061}_{+0,015}$ мм, при ремонте $250^{+0,200}_{+0,015}$ мм. Радиальный зазор в самих подшипниках составляет 0,115…0,170 мм.

Внутреннее кольцо подшипника закрепляется на шейке оси горячей посадкой.

Наружный диаметр радиального роликового подшипника равен $250^{+0,008}_{-0,038}$ мм [7]. Максимальный и минимальный радиальный зазоры между подшипником и корпусом буксы составят

$$A_{\Delta max} = 0,061 - (-0,038) = 0,099 \text{ мм};$$

$$A_{\Delta min} = 0,015 - 0,008 = 0,007 \text{ мм}.$$

Следует отметить, что зазор между внутренней поверхностью буксы и наружным кольцом подшипника настолько мал, что при демонтаже буксового узла наружное кольцо подшипника часто приходиться выталкивать из буксы на прессе.

Общая величина радиального разбега с учетом зазоров в самом подшипнике составляет:

$$A_{\Delta max} = 0,099 + 0,170 = 0,269 \text{ мм};$$

$$A_{\Delta min} = 0,007 + 0,115 = 0,122 \text{ мм}.$$

Считают, что осевой разбег двух цилиндрических подшипников наружным диаметром 250 мм, установленных на одну шейку оси, обеспечивается конструкцией подшипника. Как уже отмечалось, осевой разбег составляет 0,68...1,38 мм.

Таким образом, между шейкой и корпусом буксы при использовании цилиндрических роликовых подшипников фактически существует только одноподвижная (вращательная) кинематическая пара, а не кинематическая пара третьего рода, которая была при наличии подшипников скольжения или сферических подшипниках [2].

Тележка ЦНИИ-Х3 состоит из нескольких звеньев, подвижно соединенных между собой: двух продольных балок (боковин), соединенных с колесными парами через буксы, и поперечной (надрессорной балкой), опирающейся на боковины через комплект пружин. Особенностью трехэлементной тележки грузового вагона является отсутствие жесткой рамы, которую имеют тележки пассажирских вагонов.

Как пространственный механизм детали трехэлементной тележки и рычажной передачи, монтируемые на подвижном основании, не должны испытывать стеснений в движении, т.е. при структурном синтезе вид кинематических пар необходимо подбирать таким образом, чтобы детали тормозной передачи могли приспосабливаться к изменениям положения опорных точек звеньев при изменении их взаимного расположения и положения колесных пар. Этого можно достичь, создав статически определимый механизм рычажной передачи, т.е. ликвидировав в тележке лишние связи. Число лишних связей q определим по формуле А. П. Малышева (как для пространственных механизмов) [2]:

$$q = W - 6n + 5p_1 + 4p_2 + 3p_3 + 2p_4 + p_5, \qquad (2)$$

где W – число степеней подвижности системы; n – число подвижных звеньев; $p_1,...,p_5$ – род кинематических пар.

Рассмотрим наличие кинематических пар в конструкции тележки ЦНИИ-Х3.

Конструкция существующей тележки является сложной механической системой, которая не обеспечивает равномерное распределение силы нажатия колодок тормозной рычажной передачи на колеса. В рычажной передаче силы действуют не в одной плоскости, что приводит к появлению распорных сил в шарнирах, во избежание которых посадка валиков рычажной передачи выполняется с большими зазорами. Это все можно объяснить рядом конструктивных несовершенств рычажной передачи, наличием в ней многих звеньев и шарниров, действием сил трения в шарнирах.

Работа рычажной передачи грузового вагона усугубляется тем, что она подвешена своими опорными (мертвыми) точками к необрессоренным (боковинам) и обрессоренным (надрессорной балке) частям тележки, а тормозной цилиндр чаще всего крепится к раме вагона. Все эти закрепления рычажной передачи меняют свое относительное линейное и угловое расположение при движении вагона и в силу его различной загруженности.

При торможении происходит замыкание колесных пар тормозными колодками, закрепленными на триангеле, которые меняют свое взаимное расположение при вписывании вагона в кривые участки пути.

При структурном анализе всякую тормозную передачу относят к плоским механизмам, руководствуясь тем, что таковой она становится при отпуске тормозов [8].

В связи с наличием линейных и угловых смещений мест закреплений передачи, а также в связи с неточностью изготовления звеньев нарушаются условия плоского движения механизма. Очевидно, «плоскую» тормозную рычажную передачу (с точки зрения кинематики) следует рассматривать как пространственную (с точки зрения статики и динамики) [2, 8, 9]. Структурный анализ тележки грузового вагона как пространственной системы (рис. 1*а*) рассмотрел Л. Н. Решетов [2].

Самоустанавливание тормозных колодок будет в том случае, если их число степеней подвижности будет соответствовать числу степеней подвижности колесных пар.

Кинематические соединения между рельсами и колесной парой могут быть двоякими: если колесная пара не прижата гребнями к рельсу, будет соединение пятого рода – наложено одно линейное условие связи по оси *y* (см. рис 1*б*); если колесная пара прижата гребнем к рельсу, будет соединение четвертого рода – наложено одно линейное условие по оси *y* и одно линейное по оси *z*. Для рычажной передачи тележки число степеней подвижности должно быть равным $W = 10$.

Профессор Л. Н. Решетов, рассматривая соединение в тележке грузового вагона, оценил соединение колесной пары и буксы с подшипником скольжения и сферическими роликовыми подшипниками как кинематическую пару третьего рода p_3 [2].

Как определено выше, между шейкой оси и корпусом буксы с подшипниками качения существует вращательная кинематическая пара p_1.

Считается, что осевое перемещение колесной пары происходит за счет перемещения буксы в буксовом пространстве боковины тележки (корпус буксы и боковина образуют плоскую кинематическую пару). Однако между корпусом буксы и боковиной тележки существует сухое трение, а силы трения влияют на самоустановление звеньев механизма [1], и происходит следующее [2]:

- силы трения могут устранять часть подвижностей кинематических пар механизма, который, будучи выполненным по структурной схеме без лишних связей, в действительности может оказаться статически неопределимым;
- силы трения влияют на точность самоустановления звеньев, что иногда является решающим фактором.

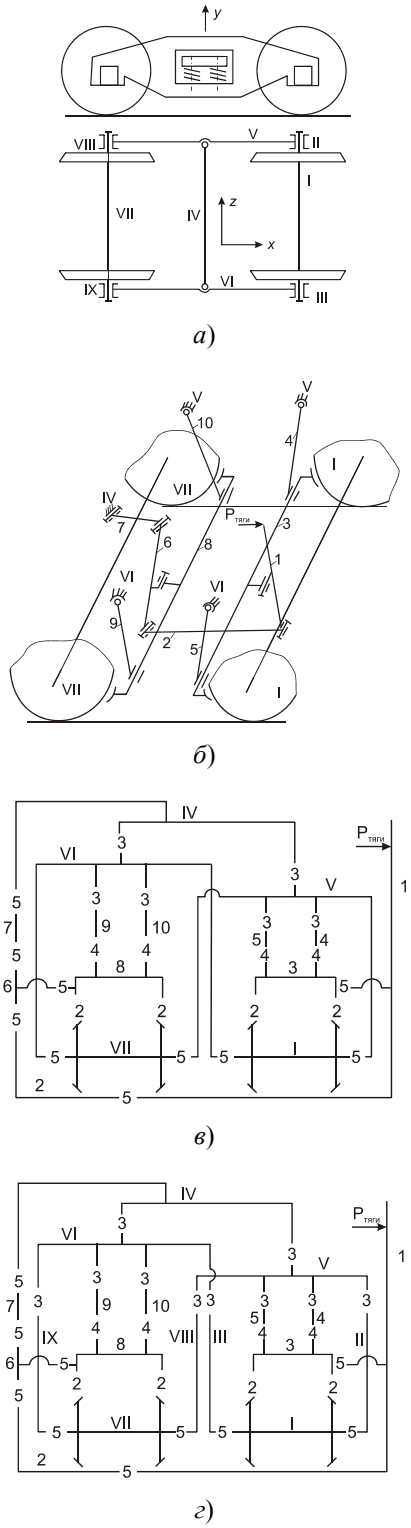


Рис. 1. Структурный анализ тележки грузового вагона:
а) кинематические пары в конструкции тележки;
б) кинематические пары в тормозной рычажной передаче;
в) структурная формула существующей тележки модели 18-100; г) структурная формула с учетом модернизации вагонной тележки

Профессор А. А. Попов вычислил усилие прижатия переднего колеса передней тележки при вписывании груженого полувагона в кривую [10]. Это усилие составляет более 6 т, а при установившемся движении тележки в кривой на это колесо действует более 9 т.

Таким образом, центробежные силы при вписывании вагона в кривую прижимают колеса к наружному рельсу усилием в 6...9 т, а при выходе на прямолинейный участок силы трения между буксами и боковинами составляют

$$F = P \cdot \mu = 245 \cdot 0{,}1 = 24{,}5 \text{ кН}, \qquad (3)$$

где P – нагрузка на колесную пару, (P = = 245 кН); μ – коэффициент трения (для сухого трения – сталь по стали – следует принять не менее $\mu = 0{,}1$)

Эта сила трения удерживает колесную пару прижатой к внутренней грани рельса, который в кривой был наружным, даже после выхода вагона на прямолинейный участок. По этой же причине не выбираются зазоры в соединении «боковина – букса», о чем говорилось ранее.

В русле сказанного выше отметим следующий факт: при испытаниях полувагонов обнаружилось, что зазоры между буксой и боковиной подолгу остаются неизменными, выбираются случайным образом после некоторых ударов в стыках и торможении поезда [11].

В результате обследования технического состояния боковин и букс тележек на многих боковых рамах зафиксирован износ верхней полки над буксовым проемом глубиной 1…8 мм, что свидетельствует о больших силах трения в сопряжении «букса – боковина» [12].

Составим структурную формулу тележки. За основу примем надрессорную балку IV (см. рис. 1*б*), к которой прикреплена серьга 7 вращательной кинематической парой (p_1), в свою очередь через p_1 присоединенной к вертикальному рычагу 6. Боковины, к которым через резиновые втулки (p_3) прикреплены подвески 4, 5, 9, 10, связаны между собой через надрессорный брус сферическими соединениями p_3. Триангели 3, 8 вращательными кинематическими парами соединены с вертикальными рычагами 1, 6 и цилиндрическими парами p_2 – с подвесками. Между тормозной колодкой и колесной парой образуется кинематическая пара второго рода p_4. Колесная пара имеет возможность вращаться (p_1). Между буксой и боковиной за счет силы трения (что уже отмечалось) кинематическая пара отсутствует.

Следовательно, число степеней подвижности W = 10, число подвижных звеньев n = = 5+10 = 15, а кинематические пары:

p_1 = 10 (I-II, V; I-III, VI; VII-VIII, V; VII-IX, VI; IV-7; 7-6, 6-2, 2-1, 6-8, 1-3);

p_2 = 4 (9-8, 10-8, 4-3, 5-3);

p_3 = 6 (IV-V, IV-VI, V-10, V-4, VI-9, VI-5);

p_4 = 4 (VII-8, (VII-8), I-3, (I-3)).

Значит, число лишних связей, согласно (1), будет:

$$q = 10 - 6 \cdot 15 + 5 \cdot 10 + 4 \cdot 4 + 3 \cdot 6 + 2 \cdot 4 = 12.$$

На рис. 1*в* приведена структурная формула рычажной передачи тележки, где цифрами обозначено число вносимых кинематической парой связей, а черточкой или фигурой – звено передачи или тележки с их порядковыми номерами, а на рис. 1*г* – структурная формула с учетом предложенной авторами модернизации, о чем будет сказано далее.

Тормозная рычажная передача типовой вагонной тележки имеет 12 лишних связей, препятствующих самоустанавливанию тормозной колодки относительно поверхности катания колесной пары при изменении положения колесной пары, а также при перемещениях боковин и надрессорной балки. Это правомерно при условии исключения всех поддерживающих и предохранительных устройств, которые не нарушают закона движения звеньев и в расчете величины q не участвуют.

Необходимо конструктивно гарантировать работу цилиндрических кинематических пар p_2 (соединение подвески и башмака), поскольку место их соединения не обрабатывается механически, а с учетом агрессивной среды, в которой они работают на вагоне, данные пары могут перерождаться во вращательные p_1. В этом случае q = 16.

Подшипники скольжения на шейке оси в эксплуатации, согласно [13], имели осевой разбег 6...12 мм, и основным браком на поверхности катания колес был прокат, а не подрез гребня.

Надо полагать, что за счет разбега подшипника скольжения на шейке оси колесная пара имела возможность перемещаться (самоустанавливаться) в своем осевом направлении во время вписывания вагона в кривые участки пути, а по выходе из него занимать свое первоначальное положение. Этому способствовало наличие уклонов 1:10 и 1:3,5 на поверхности катания колес, вкладыши подшипников, а также масляный клин, который имел место под подшипником скольжения при вращении колесной пары. Опыты показали, что толщина масляного клина под подшипником скольжения создава-

лась более 0,1 мм [14]. В поток масла, захватываемого вращающейся шейкой оси колесной пары, вбрасывали бритвенное лезвие толщиной 0,1 мм, которое затягивалось под подшипник и мгновенно выбрасывалось с другой стороны подшипника.

Следовательно, масляный клин под подшипником исполнял роль амортизатора и одновременно позволял колесной паре перемещаться вдоль продольной оси относительно подшипника в пределах допустимого их разбега. Колесная пара могла самоустанавливаться на рельсах.

В тележках с буксами, оборудованными подшипниками скольжения, соединение шейки оси с корпусом буксы образует кинематическую пару третьего рода p_3. Следовательно, число лишних связей $q = 4$.

Существенно меньше лишних связей было наложено и в деталях тележки. Распорка 2 жестко связывает между собой вертикальные рычаги 1, 6 и по этой причине триангели 3, 8 не могут без деформации своих деталей занимать положение колесных пар при торможении. Для устранения дефектов передачи представляется возможным (с учетом того, что распорка работает на сжатие) вращательные соединения распорки и соединения серьги заменить на сферические p_3 и сферические с пальцем p_2.

По мнению авторов, для облегчения радиальной самоустановки колесных пар необходимо уменьшить силу трения в соединении «боковина – букса» за счет создания в этом соединении кинематической пары третьего рода, что имело место между колесной парой и буксой при подшипниках скольжения [2]. В этом случае число степеней подвижности $W = 10$, число подвижных звеньев $n = 15 + 4 = 19$, а кинематические пары:

$p_1 = 10$ (I-II, I-III; VII-VIII; VII-IX; IV-7; 7-6, 6-2, 2-1, 6-8, 1-3);

$p_2 = 4$ (9-8, 10-8, 4-3, 5-3);

$p_3 = 10$ (II-V, V-VIII, VI-IX, III-VI, IV-V, IV-VI, V-10, 4-V, 9-VI, VI-5);

$p_4 = 4$ (VII-8, (VII-8), I-3, (I-3)).

Тогда число лишних связей $q = 10 - 6 \cdot 19 + 5 \cdot 10 + 4 \cdot 4 + 3 \cdot 10 + 2 \cdot 4 = 0$, т.е. установка подвижности буксы относительно боковины позволит создать механизм без лишних связей.

Правоту этих выводов подтверждает тот факт, что в пассажирских вагонах подрез гребня колес наблюдается значительно реже. Этому способствует наличие люльки и то, что букса опирается на пружины [1], т.е. имеет относительную к раме подвижность, что можно оценить как кинематическую пару третьего рода.

Рычажная передача должна быть индифферентной к деформации рамы и деформации рессорного подвешивания, тем более, что подвески триангелей крепятся к кронштейнам на подрессоренных частях рамы тележки, из-за чего при движении вагона колодки и триангели непрерывно перемещаются относительно колес вследствие вертикальных колебаний, а также при изменении загрузки вагона.

Объединенные между собой пластины вертикального рычага 1 (распределительного) тормозной рычажной передачи тележки (см. рис. 1*б*) с шириною между ними, равной толщине головки подосной тяги 2 (распорки), как и второго вертикального рычага 6 (ведомого), нижние концы которых связаны этой распоркой с достаточно большой жесткостью, не способствуют самоустановлению колесной пары в радиальном положении в кривом участке пути. До модернизации рычагов за счет зазоров в отверстиях и возможного углового перемещения каждой в отдельности пластины между собой и на валиках шарнирных соединений препятствий самоустановлению колесной пары было значительно меньше.

В подобной ситуации необходимо изменить конструкцию подосной распорки, что предложено в а.с. СССР № 1463599 [14] (рис. 2). Эта конструкция будет способствовать не только самоустановлению колесной пары, но и повысит эффективность торможения при прохождении вагоном кривых участков пути.

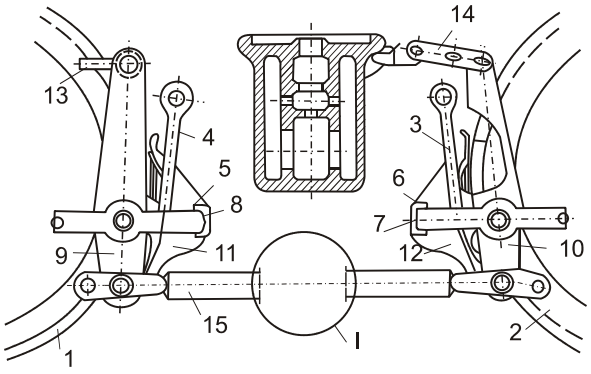
Отметим особенности конструкции рассматриваемой тормозной рычажной передачи. Вертикальные рычаги 9 и 10 посредством нижних отверстий шарнирно соединены распорной тягой 15, средняя часть которой выполнена в виде цилиндрической пружины с сомкнутыми витками. При этом торцы пружины 16 жестко защемлены в головках распорной тяги.

Во время торможения распорная тяга 15 воспринимает сжимающую нагрузку и возможен ее изгиб в пределах упругой деформации.

При вписывании вагона в кривой участок пути колесные пары 1 и 2 тележки занимают непараллельное между собой положение. Триангели 5 и 6 за счет угловой податливости распорной тяги занимают положение, параллельное осям колесных пар, а рычаги 9 и 10 поворачиваются в вертикальной плоскости взаимно на угол поворота колесных пар относительно друг друга. Этим обеспечивается равномерное нажатие колодок на поверхности катания колес при любом их положении и, следовательно, повышается эффективность тормозной силы.

Поскольку угол поворота колесных пар в

раме тележки будет равен ранее указанной величине, изгиб распорной тяги не будет превышать 30 мм, что обеспечивается устойчивостью пружины 16.



Узел I

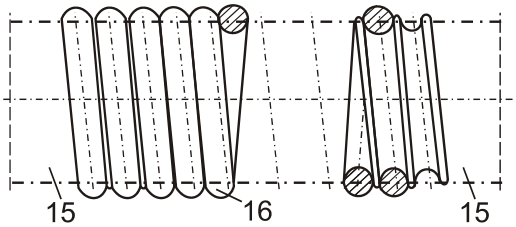


Рис. 2. Совершенствование подосной распорки рычажной передачи тележки

Выводы

В результате анализа не претендующих на полноту факторов, которые могут оказывать влияние на износ пары «колесо – рельс», можно сделать вывод о целесообразности создания в узле «боковина – букса» кинематической пары третьего рода. Это можно осуществить за счет постановки податливого элемента или уменьшения силы трения в узле. Необходимо также совершенствовать тормозную рычажную передачу тележки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: вопросы взаимодействия колеса и рельса [Текст] : пер. с англ. / У. Дж Харрис и др. – М.: Интекст, 2002. – 408 с.
2. Решетов, Л. Н. Конструирование рациональных механизмов [Текст] / Л. Н. Решетов. – М.: Машиностроение, 1979. – 334 с.
3. Доронин, В. И. Влияние параметров несовершенства вагонной тележки на износ колес и рельсов [Текст] / В. И. Доронин, В. Ю. Ивченко // Проблемы механики железнодорожного транспорта: Повышение надежности и совершенствование конструкции подвижного состава. – Д.: ДИИТ, 1988.
4. Влияние технического состояния узлов опирания грузовых вагонов на сопротивление повороту тележки [Текст] / Ю. С. Ромен и др. / Вестник ВНИИЖТ. – 2000. – № 3. – С. 9-12.
5. Инструктивные указания по эксплуатации и ремонту вагонных букс с роликовыми подшипниками [Текст]. Утв. МПС 16.08.1983. – М.: Транспорт, 1985. – 160 с.
6. Расчет размерных цепей поглощающих аппаратов [Текст] / Ю. Г. Амосов и др. – М., 1988. – 8 с. – Рус. – Деп. в ВИНИТИ 30.06.88, № 4233. – Реф. в: Депонированные научные работы. – 1988. – № 3.
7. ГОСТ 520-86. ИСО 492-86. Подшипники качения. Общие технические условия [Текст].
8. Гаркави, Я. Н. Уравнительные механизмы железнодорожных автоматических устройств [Текст] / Я. Н. Гаркави. – М.: Транспорт, 1967. – 80 с.
9. Кожевников, С. Н. Основания структурного синтеза механизмов [Текст] / С. Н. кожевников. – К.: Наук. думка, 1979. – 132 с.
10. Расчет вагонов на прочность [Текст] / под ред. А. А. Попова. – М.: Тренсжелдориздат, 1960. – 360 с.
11. Разработка рекомендаций по снижению износа колес и рельсов за счет снижения сил динамического воздействия железнодорожных экипажей и пути с учетом стационарных и нестационарных режимов движения [Текст] : отчет по НИР (закл.) // Днепропетр. гос. техн. ун-т ж/д трансп. – № ГР 0196U023134. – Д., 1998. – 438 с.
12. Железнодорожные цистерны: конструкции, техническое обслуживание и ремонт [Текст] / И. Г. Морчиладзе и др. – М.: ИБС-Холдинг, 2006. – 516 с.
13. Инструкция по ремонту и обслуживанию букс с подшипниками скольжения [Текст]. – М: Транспорт, 1977. – 31 с.
14. Осипов, А. С. Исследование работы подшипников скольжения подвижного состава железных дорог при современных условиях эксплуатации [Текст] : автореф. дисс. … канд. техн. наук. – Д.: ДИИТ, 1967. – 19 с.
15. Тормозная рычажная передача тележки железнодорожного средства [Текст] : а. с. 1463599 СССР, МКИ В 61 Н 13/28 / О. М. Савчук, В. Я. Панасенко, Ю. Г. Амосов (СССР). – № 4228337/27/11; заявл. 13.04.88; опубл. 07.03.89, Бюл. № 9. – 3 с.

Поступила в редколлегию 14.09.2009.
Принята к печати 18.09.2009.

УДК 629.4.077-592.117

А. В. ДОНЧЕНКО, Ю. Я. ВОДЯННИКОВ, А. М. САФРОНОВ,
Т. В. ШЕЛЕЙКО (ГП «УкрНИИВ», Кременчуг)

РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА С РАЗДЕЛЬНЫМ ТОРМОЖЕНИЕМ ТЕЛЕЖЕК

Наведено результати розрахункових досліджень щодо вибору значень передаточних чисел, за яких гальмівна ефективність та гальмівні характеристики вантажного вагона з роздільним гальмуванням візків задовольняють нормативним вимогам.

Представлены результаты расчетных исследований по выбору значений передаточных чисел, при которых тормозная эффективность и тормозные характеристики грузового вагона с раздельным торможением тележек удовлетворяют нормативным требованиям.

The results of design analyses concerning the selection of reduction ratio values are presented. The braking effectiveness and performance of a freight wagon with the separate braking of the bogies meet the normative requirements at these reduction ratio values.

Основной задачей, возникающей при проектировании тормозных систем с раздельным торможением тележек, является выбор передаточного числа тормозной рычажной передачи. Актуальность решения этой проблемы состоит в унификации размеров рычагов для грузовых вагонов с раздельным торможением тележек, как это было предусмотрено для вагонов с типовой тормозной системой.

Передаточное число тормозной рычажной передачи грузового вагона ограничено «сверху» и «снизу». Ограничение «сверху» обусловлено недопущением юза, а «снизу» - минимально допустимыми значениями расчетных коэффициентов сил нажатия колодок [1], а также минимально допустимой величиной тормозного пути грузового поезда на уклонах [2].

Максимальная величина силы нажатия тормозных колодок проверяется по наименьшему допустимому коэффициенту сцепления колеса с рельсом, при этом должно выполняться условие [1]:

$$\delta_{\text{р}} \cdot \varphi_{\text{кр}} \le [\psi_{\text{к}}]. \qquad (1)$$

Определим также запас по юзу 10 %, т.е.:

$$\delta_{\text{р}} \cdot \varphi_{\text{кр}} \le 0{,}9[\psi_{\text{к}}], \qquad (2)$$

где $\delta_{\text{р}}$ – расчетный коэффициент сил нажатия колодок:

$$\delta_{\text{р}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} K_{\text{р}}}{T}, \qquad (3)$$

$K_{\text{р}}$ – расчетная сила нажатия тормозной колодки;

m – число тормозных колодок на вагоне;

T – сила тяжести порожнего вагона (тара);

$\varphi_{\text{кр}}$ – расчетный коэффициент трения тормозных композиционных и чугунных колодок, определяется по формулам [3]:

$$\varphi_{\text{кр}} = 0{,}36 \cdot \frac{V+150}{2 \cdot V+150}; \qquad (4)$$

$$\varphi_{\text{кр}} = 0{,}27 \cdot \frac{V+100}{5 \cdot V+100}; \qquad (5)$$

$[\Psi_{\text{к}}]$ – расчетный предельный коэффициент сцепления колеса с рельсом при торможении [1]:

$$[\Psi_{\text{к}}] = \Psi(q_{\text{о}}) \cdot \Psi(V). \qquad (6)$$

Здесь $\Psi(q_{\text{о}})$ – коэффициент, зависящий от осевой нагрузки на колесную пару [3]:

$$\Psi(q_{\text{о}}) = 0{,}17 - 0{,}0015 \cdot (q_{\text{о}} - 5), \qquad (7)$$

$\Psi(V)$ – коэффициент, зависящий от скорости движения [3]:

$$\Psi(V) = \frac{V+81}{2{,}4 \cdot V+81}, \qquad (8)$$

$q_{\text{о}}$ – нагрузка на колесную пару (осевая нагрузка) вагона, тс;

V – скорость, км/ч.

© Донченко А. В., Водянников Ю. Я., Сафронов А. М., Шелейко Т. В, 2009

Предельное значение расчетного коэффициента силы нажатия колодок определяется из равенства (1)

$$\left[\delta_{\text{р}}\right]=\frac{\left[\Psi_{\text{к}}\right]}{\varphi_{\text{кр}}}. \qquad (9)$$

Предельно допустимые значения расчетного коэффициента силы нажатия колодок в диапазоне скоростей 10…140 км/ч в зависимости от массы тары представлены на рис. 1, из которого следует, что для композиционных колодок с повышением скорости допустимый расчетный коэффициент уменьшается, а для чугунных – увеличивается.

Предельная расчетная сила нажатия колодки на колесо для порожнего вагона определялась из уравнения (3):

$$\left[K_{\text{р}}\right]=\frac{T\cdot\left[\Psi_{\text{к}}\right]}{m\cdot\varphi_{\text{кр}}}. \qquad (10)$$

Разрешающие уравнения для определения предельно допустимых действительных сил нажатия композиционных и чугунных тормозных колодок на колеса $\left[K\right]$, с учетом формул 1.14, 1.15 [3] и (10), имеют вид:

$$T\cdot\frac{\left[\Psi_{\text{к}}\right]}{m\varphi_{\text{кр}}}=1,22\cdot\left[K\right]\cdot\frac{\left[K\right]+20}{4\cdot\left[K\right]+20}; \qquad (11)$$

$$T\cdot\frac{\left[\psi_{\text{к}}\right]}{m\varphi_{\text{кр}}}=2,22\left[K\right]\cdot\frac{16K+100}{80K+100}. \qquad (12)$$

Предельно допустимые значения передаточных чисел определялись при максимальных давлениях в тормозных цилиндрах (1,6 кгс/см^2 для композиционных колодок и 2,0 кгс/см^2 для чугунных) без учета усилия на авторегуляторе [1] по формуле:

$$[n]=\frac{[K]\cdot m}{(\frac{\pi\cdot d_{\text{ц}}^2}{4}\cdot p_{\text{ц}}\cdot\eta_{\text{ц}}-F_1)\cdot\eta_{\text{п}}}. \qquad (13)$$

Номограммы определения предельно допустимых значений передаточных чисел тормозных рычажных передач грузовых вагонов при композиционных колодках в зависимости от массы тары представлены на рис. 2.

В табл. 1 приведены интервальные значения верхних границ передаточных чисел рычажных передач грузовых вагонов с раздельным торможением тележек при композиционных колодках для скоростей 100, 120 и 140 км/ч.

Результаты расчета тормозной эффективности для груженого вагона с раздельным торможением тележек (ограничение «снизу»), выполненные по типовой методике при минимальных значения передаточных чисел (для композиционных колодок при скорости 120 км/ч, для чугунных – 20 км/ч) и давлений в тормозных цилиндрах (3,0 кгс/см^2 для композиционных колодок и 4,0 кгс/см^2 для чугунных), показали (табл. 2), что для вагона с массой тары 20 т тормозная эффективность не соответствует нормативной [1] в пределах верхней и нижней границ интервала изменения передаточного числа, а для массы тары 21 и 22 т нижнему предельному значению ($\Psi_{\text{р}}=0,9[\psi_{\text{к}}]$) передаточного числа.

С целью выполнения требований [1] была проведена уточненная оценка интервалов изменения предельных границ передаточных чисел тормозных рычажных передач. Уточненные значения для выбора передаточных чисел для тормозной системы грузовых вагонов при композиционных колодках представлены в табл. 3, причем для массы тары 20 т необходимо увеличить минимальное давление до 3,1 кгс/см^2, а для массы тары 21 и 22 т – увеличить передаточное отношение.

Для максимальной скорости движения грузовых и пассажирских поездов установлено единое наименьшее тормозное нажатие в пересчете на чугунные тормозные колодки на каждые 100 тс веса, так, например, для грузовых поездов для скорости движения до 90 км/ч сила нажатия должна составлять 33 тс [4].

Расчетные коэффициенты силы нажатия композиционных колодок в пересчете на чугунные определялись по номограммам, которые были получены исходя из равенства тормозных путей грузовых поездов соответственно на композиционных и чугунных колодках. Результаты пересчета представлены в табл. 4.

Тормозные пути на спусках 6 ‰ и 10 ‰ определялись по формуле [5]:

$$S_{\text{т}}=\frac{V_{\text{о}}\cdot t_{\text{п}}}{3,6}+\sum\frac{4,17\cdot(V_n^2-V_{n+1}^2)}{b_{\text{т}}+W_{\text{ох}}+i_{\text{с}}}, \qquad (14)$$

где $V_{\text{о}}$ – скорость в начальный момент торможения, км/ч;

$t_{\text{п}}$ – время подготовки автотормозов к действию, с, которое определяется для грузовых поездов длиной до 200 осей по формуле [5]:

$$t_{\text{п}}=7-\frac{10\cdot i_{\text{с}}}{b_{\text{т}}}, \qquad (15)$$

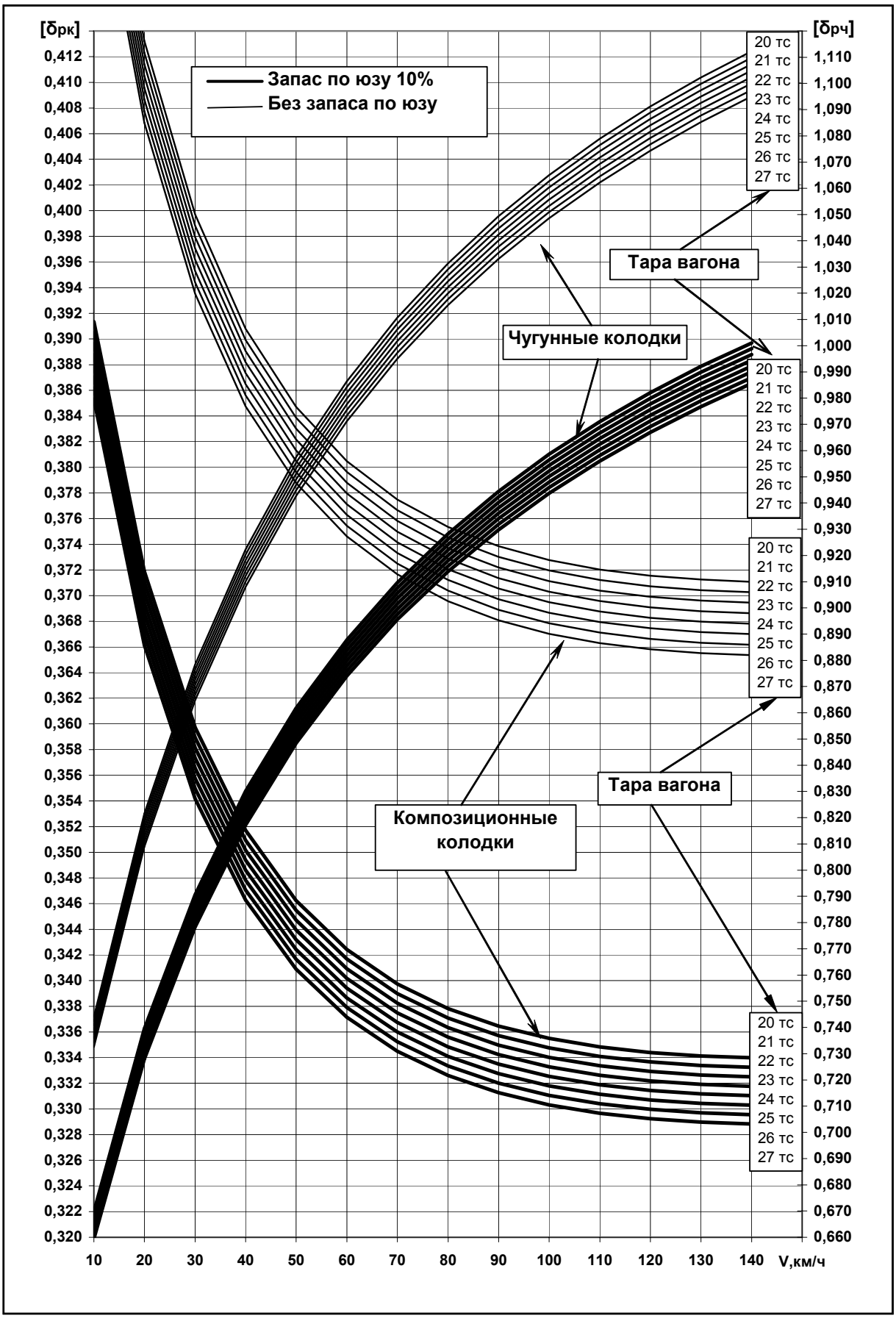


Рис. 1. Предельно допустимые значения расчетных коэффициентов
сил нажатия тормозных колодок на колеса

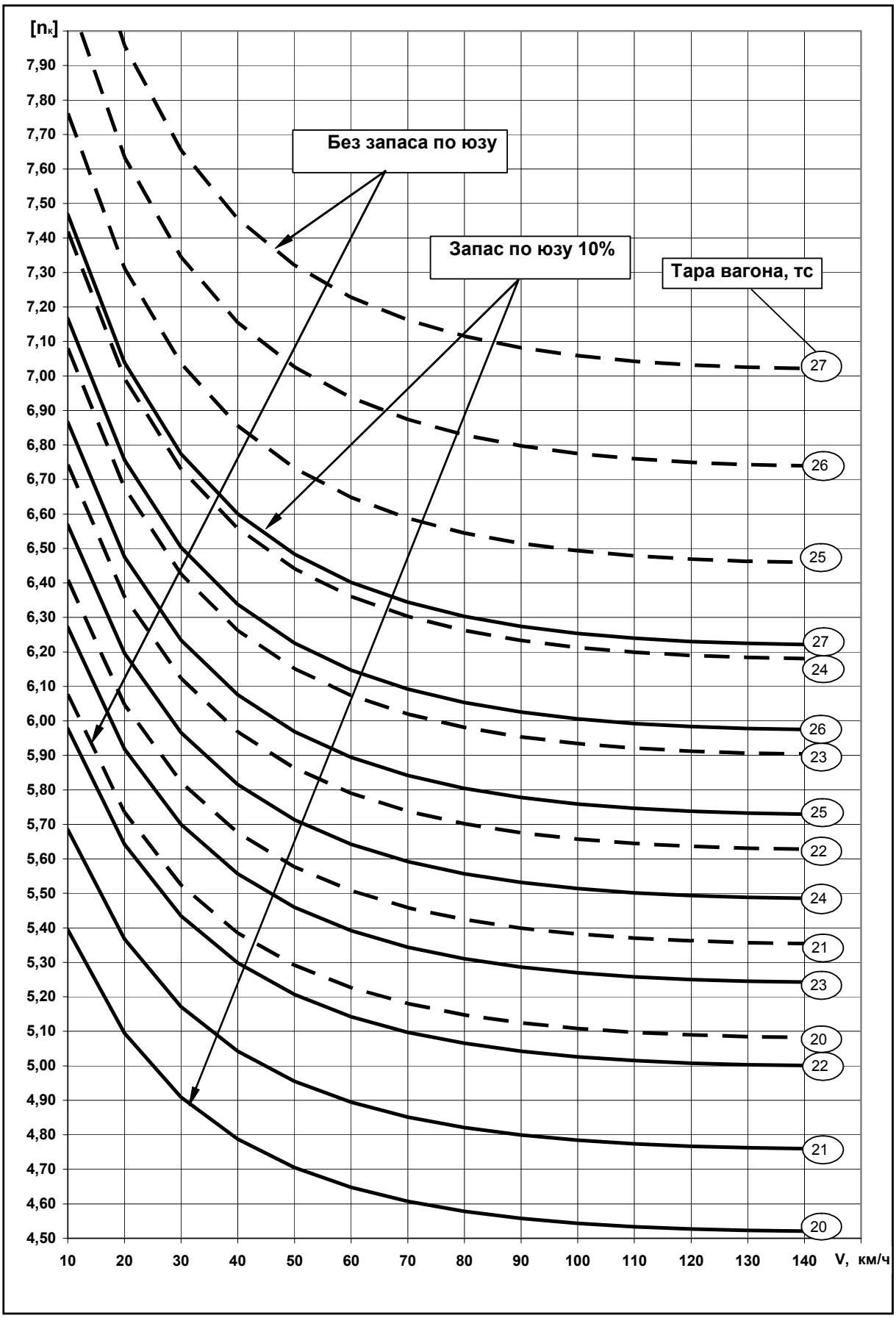


Рис. 2. Предельно допустимые значения передаточных чисел тормозной рычажной передачи грузового вагона при композиционных колодках

Таблица 1

Допустимые предельные значения передаточного числа тормозной рычажной передачи грузовых вагонов на композиционных колодках

Тара вагона, тс	Скорость движения, км/ч					
	100		120		140	
	$\Psi_р = [\psi_к]$	$\Psi_р = 0,9[\psi_к]$	$\Psi_р = [\psi_к]$	$\Psi_р = 0,9[\psi_к]$	$\Psi_р = [\psi_к]$	$\Psi_р = 0,9[\psi_к]$
	Допустимые значения передаточного числа					
20	5,11	4,54	5,09	4,53	5,08	4,52
21	5,38	4,78	5,36	4,77	5,35	4,76
22	5,66	5,03	5,64	5,01	5,63	5,00
23	5,93	5,27	5,91	5,25	5,90	5,24
24	6,21	5,51	6,19	5,49	6,18	5,49
25	6,49	5,76	6,47	5,74	6,46	5,73
26	6,78	6,01	6,75	5,98	6,74	5,98
27	7,06	6,25	7,03	6,23	7,02	6,22

Таблица 2

Расчетные коэффициенты силы нажатия композиционных колодок и расчетные силы нажатия на ось чугунных колодок

Тара вагона, тс	Расчетный коэффициент силы нажатия композиционных колодок (допустимое значение для груженого вагона $[\delta_к] = 0,14$ [1])		Расчетная сила нажатия чугунных колодок на ось, тс (допустимое значение для груженого вагона $[K_{ч,ось}] = 6,5$ тс [1])	
	$\Psi_р = [\psi_к]$	$\Psi_р = 0,9[\psi_к]$	$\Psi_р = [\psi_к]$	$\Psi_р = 0,9[\psi_к]$
20	0,1392	0,1263	6,4386	5,8165
21	0,1454	0,1319	6,7409	6,0816
22	0,1514	0,1374	7,0456	6,3483
23	0,1574	0,1429	7,3527	6,6166
24	0,1634	0,1483	7,6622	6,8867
25	0,1693	0,1537	7,9741	7,1585
26	0,1751	0,1590	8,2883	7,4321
27	0,1809	0,1642	8,6046	7,7075

Таблица 3

Уточненные значения передаточного числа тормозной рычажной передачи грузовых вагонов на композиционных колодках

Масса тары, тс	Передаточное число		Расчетный коэффициент силы нажатия композиционных колодок	
	$\Psi_р = [\psi_к]$	$\Psi_р = 0,9[\psi_к]$	$\Psi_р = [\psi_к]$	$\Psi_р = 0,9[\psi_к]$
20	5,09 ($p_ц^{min}$ = 3,1 кгс/см^2)	4,95 ($p_ц^{min}$ = 3,1 кгс/см^2)	0,144 ($p_ц^{min}$ = 3,1 кгс/см^2)	0,14 ($p_ц^{min}$ = 3,1 кгс/см^2)
21	5,362	5,140	0,1454	0,14
22	5,636	5,140	0,1514	0,14
23	5,912	5,250	0,1574	0,1429
24	6,190	5,493	0,1634	0,1483
25	6,469	5,738	0,1693	0,1537
26	6,749	5,984	0,1751	0,1590
27	7,032	6,230	0,1809	0,1642

Таблица 4

Силы нажатия композиционных колодок в пересчете на чугунные

Расчетный коэффициент силы нажатия композиционных колодок	Скорость в начале торможения, км/ч			
	90	100	110	120
Расчетный коэффициент силы нажатия композиционных колодок в пересчете на чугунные				
0,14	0,358	0,366	0,373	0,379
0,1429	0,365	0,373	0,380	0,386
0,1483	0,379	0,387	0,395	0,401
0,1537	0,393	0,402	0,409	0,416
0,159	0,406	0,415	0,423	0,430
0,1642	0,420	0,429	0,437	0,444
Силы нажатия композиционных колодок в пересчете на чугунные				
0,14	33,645	34,381	35,029	35,591
0,1429	34,342	35,093	35,755	36,328
0,1483	35,640	36,419	37,106	37,701
0,1537	36,937	37,745	38,457	39,074
0,159	38,211	39,046	39,783	40,421
0,1642	39,461	40,323	41,084	41,743

$b_т$ – удельная тормозная сила, кгс/т;

W_{ox} – удельное основное сопротивление движению, кгс/т;

i_c – уклон, ‰.

В качестве критерия для сравнительной оценки тормозного пути грузового поезда на уклонах принималось расстояние от переносных сигналов и от места внезапно возникшего препятствия до первой петарды [2].

Выполненные расчетные исследования свидетельствуют, что для композиционных колодок тормозные пути на уклонах удовлетворяют инструкции [2] при минимальных предельных значениях передаточных чисел тормозной рычажной передачи.

Для чугунных колодок тормозные пути на уклонах превышают допустимые значения [2].

Расчетные исследования тормозных систем грузовых вагонов с раздельным торможением тележек с композиционными и чугунными колодками при осевой нагрузке 23,5 тс удовлетворяют нормативным требованиям, за исключением тормозных путей грузовых поездов с чугунными колодками на уклонах.

Вместе с тем, следует отметить, что в соответствии с требованиями [6] установлены минимальные величины расчетного коэффициента силы нажатия композиционных колодок для грузовых вагонов с осевой нагрузкой до 25 тс:

- для скорости 90 км/ч на среднем режиме 0,22 для порожнего вагона и 0,14 для груженого;
- для скорости 100 км/ч на среднем режиме 0,22 для порожнего вагона и 0,17 для груженого;
- для скорости 120 км/ч на груженом режиме 0,25 независимо от загрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нормы для расчете и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.
2. ЦШ/0001 Інструкція з сигналізації на залізницях України [Текст]. – К., 1995.
3. Гребенюк, П. Т. Правила тормозных расчетов [Текст] / П. Т. Гребенюк. – М.: Интекст, 2004.
4. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України [Текст]. – К.: Транспорт України, 2002.
5. Иноземцев, В. Г. Нормы и методы расчета автотормозов [Текст] / В. Г. Иноземцев, П. Т. Гребенюк. – М.: Транспорт, 1971.
6. Технические требования на тормозную систему с раздельным торможением тележек и новым тормозным оборудованием для вагоностроительных заводов [Текст]. – ВНИИЖТ, 2005.

Поступила в редколлегию 10.03.2009.
Принята к печати 19.03.2009.

УДК 629.4.027.11.004.67:621.793.74::620.178.4

В. И. ЗЕЛЕНИН, П. М. КАВУНЕНКО, В. В. ТИСЕНКОВ, В. М. ТЕПЛЮК,
М. А. ПОЛЕЩУК (Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ, Киев),
В. Д. ЛЕБЕДЬ, В. И. ЛИПИСИЙ (ГП ПКТБ ЦВ УЗ, Киев),
С. В. БОНДАРЕВ, С. А. ГАВРИЛОВ, Н. Т. ОЛЬГАРД, С. А. ЧЕБУРОВ (ГП «УкрНИИВ», Кременчуг)

ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ОСЕЙ ВАГОНОВ ТИПОВ РУ1 И РУ1Ш КОЛЕСНЫХ ПАР ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ШЕЕК И ПОДСТУПИЧНЫХ ЧАСТЕЙ

Представлено метод відновлення шийок та підматочинних частин осей колісних пар вантажних вагонів за допомогою плазмово-дугової металізації, а також наведено результати стендових випробувань на втому з рекомендованим терміном експлуатації відновлених осей.

Представлен метод восстановления шеек и подступичных частей осей колесных пар грузовых вагонов при помощи плазменно-дуговой металлизации, а также изложены результаты стендовых испытаний на усталость с рекомендуемым сроком эксплуатации восстановленных осей.

The restoration method for the journals and wheel seats of the freight wagon wheelsets by means of plasma-arc metallization is presented and the results of the bench fatigue tests with the advisable operation life of the axles restored are given.

На железнодорожном транспорте имеется несколько десятков тысяч колесных пар, оси которых отбракованы по причине наличия дефектов шеек и подступичных частей осей: это их износ, задиры, риски, наклеп на шейке.

Восстановление таких осей дает возможность повторного их использования, что может принести значительный экономический эффект.

Материалом для вагонных осей служит углеродистая сталь марки ОСВ (ГОСТ 4728-96) с содержанием углерода 0,38…0,47 %, обладающая высокой износостойкостью и контактно-усталостной прочностью.

Успешное восстановление осей колесных пар проводят в Германии, Швеции, Румынии, России и других странах [1 – 4].

В ИЭС им. Е. О. Патона и ПКТБ ЦВ УЗ была разработана новая технология плазменной металлизации в инертной среде.

Техника напыления таких покрытий отличается тем, что распыление производится плазменной дугой в аргоне токоведущей проволоки-анода, служащей исходным материалом для образования слоя покрытия с одновременной механической обработкой покрытия специальным щеточным устройством, очищающим покрытия от окислов и частиц, попадающих на покрытие под большим углом.

В работе для напыления покрытий применяли аргонодуговой плазмотрон с вольфрамовым катодом и воздушным охлаждением. Поджиг осуществлялся на промежуточный анод охлаждаемым воздухом, формирующим струю плазмы. После поджига потенциал перебрасывался на распыляемую проволоку. Использование проволоки в качестве распыляемого анода повышает КПД процесса, т.к. энергия плазмы идет на распыление проволоки и создание покрытий, а не на нагрев плазмотрона. Катод находится в аргоне, что увеличивает его стойкость.

Поток аргоновой плазмы аксиально обдувается по окружности потоком воздуха, одновременно охлаждающим плазмотрон, что качественно влияет на форму и состав плазмы.

Подбирался режим обдуваемого потока таким образом, чтобы давление в плазменном потоке было равным давлению обдуваемого воздуха. Создавались условия, когда контуры видимого конуса исходящей плазмы становятся почти параллельными, что говорило о незначительном смешении плазмы с охлаждающим воздухом.

В связи со значительной разницей температур потока плазмы и аксиально-исходящего воздушного потока, смешивания потоков не наблюдается. Предположительно, из-за высокой скорости истекаемого потока зона с максимальным содержанием аргона распространяется на значительную длину до 150…200 мм, что

© Зеленин В. И., Кавуненко П. М., Тисенков В. В., Теплюк В. М., Полещук М. А., Лебедь В. Д., Липисий В. И., Бондарев С. В., Гаврилов С. А., Ольгард Н. Т., Чебуров С. А., 2009

позволяет нам вести в ней напыление без значительного окисления.

На рис. 1 приведен расчетный вид плазменной струи: (*а*) – без обдува, (*б*) – с обдувом воздухом [1].

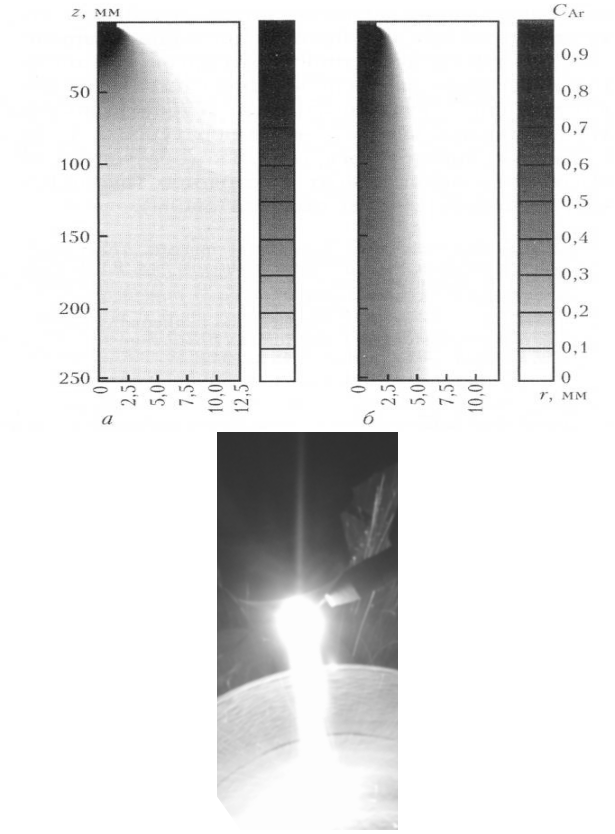


Рис. 1. Распределение относительной концентрации аргона в плазменной струе, истекающей в воздушное пространство без обдува (*а*), с обдувом (*б*), истечение плазмы (*в*)

На рис. 1*в* показан вид реально истекающего потока плазмы такого типа, полученного для нанесения покрытий.

Полученные данные хорошо коррелируют с данными, полученными на расчетных моделях (рис. 1*а*, *б*) [1].

В качестве материала для покрытий использовались проволоки из стали марок 65Г, 70, 20Х, 30 ХДС и порошковые проволоки.

Предложенная технология позволяет снизить пористость в покрытиях до 2…5 %, а также исключить окислы и увеличить сцепление получаемого покрытия с подложкой до 40…60 НМ. На рис. 2 приведены микроструктуры покрытий, полученных плазменно-дуговой металлизацией проволокой из стали 65Г, не наблюдается пористости, окислов и др. дефектов.

Твердость получаемых покрытий составляла 30…35 HRC, что соответствует нормативной документации.

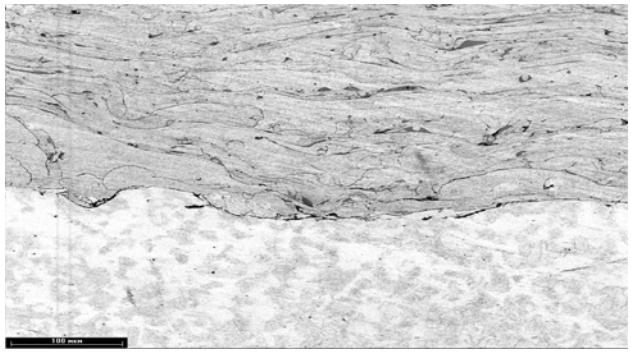


Рис. 2. Микроструктура покрытия из стали 65Г, полученного нанесением плазменно-дуговым методом

Получаемые покрытия по механическим свойствам и химическому составу приближаются к осевой стали марки ОСВ (ГОСТ 4728-96).

На рис. 3 представлен общий вид установки КТ-088 для восстановления шеек и подступичной части осей колесных пар, разработанной и изготовленной ИЭС им. Е. О. Патона и ПКТБ ЦВ УЗ.



Рис. 3. Общий вид установки для восстановления шейки и подступичной части оси колесной пары методом плазменно-дуговой металлизации КТ-088

Установка представляет собой плазмотрон с источником тока и шумопоглощающую камеру с закрепленной в ней осью.

Напыление производится плазмотроном с воздушным охлаждением, при мощности 14…16 кВт в среде аргона значительно увеличивает срок службы сопла плазмотрона (более 100 часов) (рис. 4).

Перед металлизацией восстанавливаемые поверхности оси протачиваются до необходимого размера, упрочняются накатыванием, обезжириваются и дробеструятся металлической дробью ДЧК-1-3.

После нанесения покрытий толщиной более 2 мм на ось ее подают на механическую обработку.

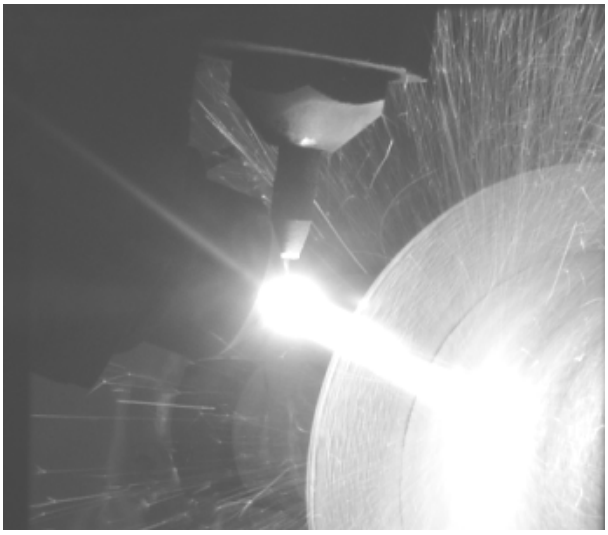


Рис. 4. Процесс плазменно-дуговой металлизации шейки оси

В табл. 1 приведены примеры данных замеров твердости после напыления партии осей проволокой из стали марки 65Г шеек осей типа РУ-1, РУ-1Ш.

Таблица 1

Данные замера твердости осей после напыления

№ п/п	Тип оси	№ оси	Среднее значение твердости поверхности шейки (НВ)	
			правая	левая
1	РУ1Ш	42097	343	358
2	РУ1Ш	52073	319	305
3	РУ1Ш	42827	312	344
4	РУ1	49764	387	376

Примечания:

1. Шейки осей после напыления прошлифованы до альбомных размеров.

2. Замеры твердости поверхности каждой шейки проводились в 5 точках твердомером ТДМ-1.

Внешний осмотр и металлографические исследования контрольных образцов подтвердили удовлетворительное состояние покрытия на шейках осей, приведенных в качестве примера.

Напрессовку и распрессовку колес на подступичную часть вышеуказанных осей производили на Дарницком ВРЗ по стандартной технологии. Усилие запрессовки согласно диаграмме составляло от 63 до 80 т в зависимости от величины натяга. Распрессовка проводилась по прошествии недельного срока. Внешний осмотр подступичной части оси показал удовлетворительное состояние их поверхности. Они не имели рисок, сколов и трещин.

Преимущества разработанной технологии восстановления шеек и подступичной части оси:

- процесс ПДМ не снижает прочностных свойств восстанавливаемой детали (нагрев изделия не более 200 °С) и не влияет на их механические свойства;
- не вызывает деформации восстановленной детали;
- позволяет наносить покрытие толщиной от 0,1 до 20 мм;
- пористость не более 2…4 %;
- высокая стабильность процесса напыления (ресурс формирующего плазменную дугу сопла и катода плазмотрона не менее 100 ч машинного времени).

Проведенные научно-исследовательские работы позволяют применить плазменно-дуговую металлизацию на предприятиях вагонного хозяйства «Укрзалізниці».

Дальнейшее испытание осей предприятием ГП «УкрНИИВ» подтвердили полученные результаты.

Испытания на усталость осей проводились согласно согласованной и утвержденной ПМ 07.00307-2007 «Оси с восстановленными шейками и подступичными частями (типы РУ1 и РУ1Ш). Программа и методика испытаний на усталость» на гидропульсаторном стенде ЦДМ-200Пу.

Перед проведением испытаний разрезанные образцы осей были оснащены тензорезисторами для настройки и контроля режима испытаний по их показаниям.

Схема нагружения образца оси с указанным местом расположения тензорезисторов представлена на рис. 5. Образец устанавливался на стенде на двух опорах. Нагрузка через специальный давильник прикладывалась к подступичной части образца оси.

Расстояние между опорами L и место приложения нагрузки P выбирались руководствуясь возможностями испытательного оборудования и необходимостью гарантированного усталостного разрушения шейки оси в зоне галтели.

По результатам расчетов расстояние между опорами было принято 1000 мм, плечо приложения вертикальной нагрузки было принято равным 730 мм (см. рис. 5) от правой опоры, при этом вертикальная нагрузка не превышала 883 кН (90 тс).

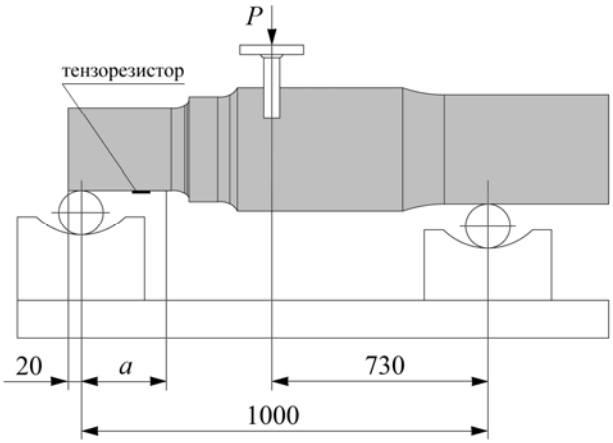


Рис. 5. Схема нагружения образца оси:
P – вертикальная нагрузка; *a* – расстояние до опасного сечения

Испытания образцов на усталость проводились методом многоразового циклического нагружения при ассиметричном цикле и ассиметрией цикла 0,1 на разных уровнях нагрузки.

Определение усталостных трещин производилось органолептическим методом (визуально) при помощи керосиновой пробы.

Все образцы были испытаны на пяти уровнях нагружения. Из них пять образцов осей типа РУ1 – на четырех уровнях, а четыре образца осей типа РУ1Ш – на трех уровнях.

Восемь образцов разрушились на галтельном переходе от шейки оси до предподступичной части. Один образец выдержал базовое количество ($5 \cdot 10^6$) циклов нагружений без усталостных повреждений и разрушений. Вид излома разрушенного образца шейки оси представлен на рис. 6.

После испытаний определялись максимальные напряжения σ_{max}, МПа в зоне разрушения по формуле:

$$\sigma_{max} = 0,73\frac{a \cdot P}{W},$$

где *a* – расстояние от опоры до места излома, мм;

W – момент сопротивления шейки оси в месте излома, мм^3.

Момент сопротивления шейки оси *W* определяли по формуле:

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{32},$$

где *D* – диаметр шейки оси в месте излома, мм.

Предел выносливости осей в зоне галтели шейки при симметричном цикле нагружения составил:

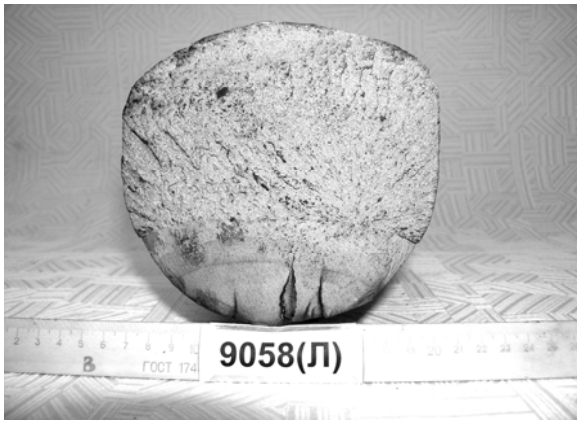


Рис. 6. Вид излома разрушенного образца шейки оси

- для осей типа РУ1 – 167 МПа;
- для осей типа РУ1Ш – 189,5 МПа.

Учитывая небольшое количество образцов осей каждого типа для испытаний и различные года их изготовления, вероятностно-статистическая обработка была проведена по результатам испытаний всех образцов. Предел выносливости при этом составил 149,5 МПа.

Для новых деталей предел выносливости в зоне галтели шейки при симметричном цикле нагружения на базе $5 \cdot 10^6$ циклов должен быть не ниже 195 МПа, что обеспечивает средний срок эксплуатации вагонных осей 15 лет в соответствии с требованиями ГОСТ 30237 [5].

Предел выносливости испытанных восстановленных осей составил 0,76 от нормативного значения для новых осей. Соответственно средний срок эксплуатации восстановленных осей нужно уменьшить на такую же величину, т.е. до 11,4 лет, но учитывая, что оси, которые будут восстанавливаться, были в эксплуатации разные сроки и имеют разные года изготовления, срок эксплуатации таких деталей рекомендуется установить в пределах 10 лет.

Все оси, которые подлежат восстановлению, должны проходить ультразвуковой контроль.

Определение увеличения поверхностной твердости и глубины упрочненного слоя после накатки проводились на образцах, изготовленных из шейки и подступичной части оси № 217525, которая не испытывалась на усталость, в соответствии с требованиями «Технологической инструкции по упрочнению накатыванием роликами осей колесных пар вагонов» [6] и ГОСТ 2999 [7].

Увеличение поверхностной твердости Δ (%) после накатки осей определяли по формуле:

$$\Delta = \frac{H_{пов} - H_{осн}}{H_{осн}} \cdot 100,$$

где $H_{пов}$ – наибольшее значение твердости;

$H_{осн}$ – исходная твердость неупрочненного металла, которая определялась на одной из перпендикулярных к поверхности оси сторон на глубине 15…20 мм.

Результаты расчета увеличения поверхностной твердости и глубины упрочненного слоя после накатки приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета увеличения поверхностной твердости и глубины упрочненного слоя после накатки

Контролируемые характеристики	Единицы измерения	Нормативная документация, которая содержит значения, требования к параметру (обозначение раздела, пункта, документа)	Значение параметра	
			по документации	фактически
1. Увеличение твердости после накатки в сравнении с исходной, не менее		«Технологическая инструкция по упрочнению накатыванием роликами осей колесных пар вагонов» [6], ГОСТ 30237 [5]		
- шейки	%		22	24,9
- подступичной части	%		22	29,6
2. Глубина упрочненного слоя				
- шейки	мм		2,6 … 5,2	3,2
- подступичной части	мм		3,9 … 7,8	4,0

На основании проведенных испытаний можно сделать следующие ***выводы***:

- по результатам испытаний на усталость осей типа РУ1 и РУ1Ш колесных пар грузовых вагонов с восстановленными шейками и подступичными частями по технологии плазменно-дуговой металлизации на базе $5 \cdot 10^6$ циклов нагружения, предел выносливости в зоне галтели шейки составил 149,5 МПа, что составляет 0,76 нормативного значения (195,0 МПа) и соответствует среднему сроку эксплуатации 11,4 года;
- учитывая, что восстанавливаться будут оси разных сроков эксплуатации, разных типов и разных годов изготовления, рекомендуется срок эксплуатации восстановленных осей установить в пределах 10 лет;
- технология плазменно-дуговой металлизации шеек и подступичных частей осей колесных пар грузовых вагонов позволяет получать параметры увеличения поверхностной твердости и глубины упрочненного слоя после накатки, которые отвечают требованиям нормативной документации.

В настоящий момент согласно программе испытаний партия восстановленных осей проходит эксплутационные испытания на замкнутом испытательном маршруте Роковатая – Ужгород – Кошице.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Восстановление шеек осей колесных пар напылением [Текст] / В. П. Кузьмин и др. // Ж.д. транспорт. – 2002. – № 1. – С. 46-49.
2. Технологическая инструкция И32-ВНИИЖ 0501/6-95 [Текст].
3. Влияние рода газа спутного потока на характеристики дуговой плазмы, создаваемой плазмотроном с проволокой – анодом [Текст] / М. Ю. Харламов и др. // Автоматическая сварка. – 2008. – № 6. – С. 19-24.
4. Кузьмин, В. П. Восстановление шеек осей вагонных колесных пар электродуговой металлизацией напылением [Текст] / В. П. Кузьмин, А. Н. Пурехов // Вестник ВНИИЖТ. –№1. – 2002. –С. 46.
5. ГОСТ 30237-96 Оси чистовые для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия [Текст].
6. ТИ 32 ЦВ ВНИИЖТ-86 «Технологическая инструкция по упрочнению накатыванием роликами осей колесных пар вагонов» [Текст]. –М.: Транспорт, 1987.
7. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.

Поступила в редколлегию 18.03.2009.
Принята к печати 26.03.2009.

УДК 629.4.077

Н. Е. НАУМЕНКО, И. Ю. ХИЖА, Е. Г. БОГОМАЗ (Институт технической механики НАНУ и НКАУ, Днепропетровск)

ТОРМОЖЕНИЕ ПАССАЖИРСКОГО СКОРОСТНОГО ПОЕЗДА С УЧЕТОМ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЬСОВОГО ТОРМОЗА

Проведено дослідження процесу гальмування швидкісного пасажирського поїзда при використанні пневматичних, електропневматичних та електромагнітних рейкових гальм. Визначено залежності гальмового шляху від швидкості руху в разі обладнання екіпажів колодковими або дисковими гальмами, а також у випадку застосування додатково до наявних гальмових засобів електромагнітних рейкових гальм.

Проведены исследования процесса торможения скоростного пассажирского поезда при использовании пневматических, электропневматических и электромагнитных рельсовых тормозов. Определены зависимости тормозного пути от скорости движения при оборудовании экипажей колодочными или дисковыми тормозами, а также в случае применения дополнительно к имеющимся тормозным средствам электромагнитных рельсовых тормозов.

The research of the braking process of high-speed passenger train with the use of compressed-air, electropneumatic and electromagnetic track brakes is carried out. The dependences of braking distance on motion speed for vehicles equipped by block or disk brakes as well as for a case of electromagnetic track brakes used in addition to existing braking means.

Наряду с вопросами экологии, связанными с безопасностью движения грузовых поездов, в состав которых включены вагоны, в частности вагоны-цистерны, транспортирующие опасные грузы, по-прежнему остаются важными и главными проблемы безопасности движения пассажирских поездов. Требования к повышению безопасности движения пассажирских поездов во многом определяют направление разработок по созданию локомотивов и вагонов перспективных конструкций и способов их защиты при сверхнормативных соударениях. Наиболее эффективными являются активные средства защиты, однако они не могут полностью защитить подвижной состав и пассажиров, т.к. могут иметь неисправности, а также вследствие воздействия человеческого фактора. Известны различные конструктивные элементы, выполняющие функции пассивной защиты подвижного состава в случае столкновения. Устройства пассивной защиты обеспечивают надежную работу, т.к. они не могут быть отключены и являются энергонезависимыми. Наибольшая эффективность защиты обеспечивается при распределении энергопоглощающих устройств по всему поезду. Однако такой способ защиты лучше всего применять для вновь разрабатываемого подвижного состава или при капитальном ремонте эксплуатационного парка вагонов. При соударениях со значительными скоростями невозможно полностью избежать повреждений сталкивающихся экипажей. Но благодаря использованию дополнительных высокоэнергоемких элементов может быть повышена защита пассажиров, поездной бригады и обслуживающего персонала при аварийных ситуациях, вызванных столкновением поездов или наездом поезда на неподвижную преграду. Развитие высокоскоростного движения требует реализации поглощающих устройств большой энергоемкости.

Кроме того, одной из важнейших задач при проектировании подвижного состава является создание тормозной системы, обладающей высокой эффективностью действия, т.е. способностью развивать значительные удельные силы и обеспечивать остановку движущихся с большой скоростью поездов на возможно кратчайших расстояниях. Для остановки поезда необходимо привести в действие тормоза, учитывая их эффективность. Под эффективностью тормозов подразумевается величина кинетической энергии, которая гасится тормозами за единицу времени в процессе торможения. Таким образом, тормозные силы и силы сопротивления движению гасят кинетическую энергию движущегося поезда. Эффективность действия колодочного, дискового и электрического тормозов ограничивается силой сцепления колес с рельсами. Для реализации скоростного движения необходимо повышать эффективность тормозов поезда. Наиболее распространенным

© Науменко Н. Е., Хижа И. Ю., Богомаз Е. Г., 2009

средством для получения тормозных сил является колодочный тормоз, при котором торможение осуществляется прижатием колодок к вращающимся колесам, благодаря чему возникают силы трения между колодкой и колесом. Трение тормозных колодок можно рассматривать как процесс превращения механической работы сил трения в тепло. Кинетическая энергия поезда, превращающаяся при этом в тепловую, зависит от тормозной силы и пути, проходимого поездом в заторможенном состоянии. Коэффициент трения тормозной колодки зависит от многих факторов: материала колодки, скорости движения, удельного давления колодки, материала колеса, состояния рельсов и др. Коэффициент трения показывает, какую часть от силы нажатия составляет сила трения.

Тормозные силы экипажей вычисляются с использованием зависимости [1], приведенной к удобному для расчета виду

$$B_{Ti} = c_1 K_{\max} \frac{(t - t_{bi})}{(c_2 + c_3(i-1))} \frac{|v| + c_4}{|v| + c_5};$$

$$c_2 = t_г; \quad c_3 = \frac{t_x - t_г}{N-1}, \qquad (1)$$

где c_1, c_4, c_5 – постоянные коэффициенты; $K_{\max}$ – максимальная сила нажатия колодок экипажа; t_{bi} – время распространения тормозной волны до i-го вагона; v – скорость поезда (м/с); $t_г$, $t_х$ – времена наполнения тормозных цилиндров головного и хвостового вагонов; N – число экипажей в составе.

Электропневматические тормоза (ЭПТ) позволяют повысить эффективность тормозных средств поезда и заметно сократить длину тормозного пути, что достигается благодаря одновременному действию тормозов в поезде и сокращению времени наполнения тормозных цилиндров. При этом значительно улучшается плавность торможения. Электропневматические тормоза принято делить на два типа: прямодействующие и автоматические. На пассажирском подвижном составе Украины применяется прямодействующий (неавтоматический) ЭПТ с одной пневматической тормозной магистралью, с приборами питания и управления, расположенными на локомотиве, и электровоздухораспределителями, установленными на каждом вагоне и соединенными электрическими проводами с приборами питания и управления. Одним из преимуществ электропневматических тормозов является резкое снижение продольных усилий, возникающих при торможении, особенно в грузовых поездах. Так, при неблагоприятных условиях торможения продольные усилия в тяжелых грузовых поездах при пневматическом торможении превышают 3 МН и приводят к повреждению подвижного состава и разрыву автосцепок [2]. В тех же условиях, в поездах, оборудованных электропневматическими тормозами, продольные усилия составляют 0,5 МН и в исключительных случаях не превышают 1 МН. В пассажирских поездах наибольший эффект от электропневматических тормозов получается при применении композиционных колодок и противоюзных устройств.

Подвижной состав, оборудованный электропневматическими тормозами с чугунными тормозными колодками, может эксплуатироваться по условиям необходимой эффективности торможения со скоростями движения до 120 км/ч. Повышение скоростей движения становится возможным при использовании системы регулирования силой нажатия чугунных тормозных колодок в зависимости от скорости (скоростное регулирование). Скоростное регулирование силы нажатия чугунных тормозных колодок позволяет увеличить скорости движения пассажирских поездов до 140 км/ч, а в отдельных случаях до 160 км/ч. Пассажирские поезда с электропневматическим тормозом и композиционными колодками, имеющими мало зависящий от скорости коэффициент трения, обращаются со скоростями до 140…160 км/ч без скоростного регулирования. Использование противоюзных устройств, предупреждающих заклинивание колесных пар при коэффициенте сцепления ниже допускаемой величины, когда тормозная сила больше силы сцепления колес с рельсами, позволяет также увеличить силу нажатия тормозных колодок. Дальнейшее повышение скоростей движения пассажирских поездов при колодочных тормозах ограничено силой сцепления колес с рельсами, а также чрезмерным нагревом поверхности катания колеса при торможении, особенно при композиционных колодках.

Дисковые тормоза вследствие отсутствия воздействия на поверхности катания колес устраняют термическую нагрузку на колеса, особенно при торможениях на высоких скоростях, а также при длительных торможениях. Другим преимуществом дисковых тормозов является то, что их тормозная рычажная передача отличается небольшой массой, простотой конструкции и обслуживания, высоким к.п.д., меньшими вибрациями по сравнению с рычажной переда-

чей колодочного тормоза. При торможении вагона башмаки с накладками из композиционного материала прижимаются к тормозному диску с двух сторон. Кроме того, используемые в конструкции дискового тормоза тормозные накладки обеспечивают относительно постоянный коэффициент трения. Тормозная сила экипажа определяется выражением (1) при условии, что коэффициент трения $f_{\text{тр}} = c_1 \dfrac{|v| + c_4}{|v| + c_5}$ заменяется значением $f_{\text{тр}} = 0{,}349$ согласно исследованиям, приведенным в работе [3].

Для решения проблемы увеличения скоростей движения пассажирских поездов с целью обеспечения безопасности их движения железнодорожный подвижной состав, дополнительно к имеющимся тормозным средствам, оборудуется электромагнитными рельсовыми тормозами (ЭМРТ), действие которых не зависит от силы сцепления колеса с рельсом [3]. Независимость действия электромагнитного рельсового тормоза от колодочного, дискового и электрического тормозов позволяет использовать его в сочетании с любым из них и достигнуть при этом сокращения длины тормозного пути. Наибольшее распространение получили ЭМРТ фрикционного действия. ЭМРТ предназначены для работы в режиме экстренного торможения. Применение электромагнитных рельсовых тормозов, действие которых не зависит от условий сцепления колес с рельсами и работающих при экстренном торможении, в сочетании с обычными тормозными системами позволяет значительно повышать мощность тормозных систем и реализовать скорость движения поезда до 200…250 км/ч.

Тормозную силу $B_{\text{т}}$ каждого башмака можно определить известными методами пересчета по полученной длине тормозного пути [4] с помощью непосредственного ее измерения тензодинамометром и расчетом по формуле

$$B_{\text{т}} = F\varphi_{\text{э}},$$

где F – сила притяжения башмака ЭМРТ к рельсу; $\varphi_{\text{э}}$ – коэффициент трения башмака о рельс, значение которого зависит от скорости движения, удельного давления, материала магнитопровода и межполюсной вставки.

Для стальных башмаков коэффициент трения может быть определен по формуле

$$\varphi_{\text{э}} = 0{,}032 \frac{15 - q}{14{,}9 - q} \cdot \frac{417 - v}{29 + v}, \qquad (2)$$

где q – давление на рельс башмака ЭМРТ (обычно принимается 120…125 Н/см^2); v – скорость движения, км/ч.

Формула (2) получена в диапазоне скоростей движения от 10 до 160 км/ч и при удельных давлениях от 90 до 140 Н/см^2. При скоростях движения менее 10 км/ч и от 160 до 200 км/ч может быть использован график зависимости коэффициента трения от скорости движения, приведенный в работе [4].

В результате натурных испытаний подвижного состава, оборудованного ЭМРТ, получены действительные значения тормозной силы, и выведены формулы для определения тормозной силы ЭМРТ $B_{\text{т}}$, измеряемой в ньютонах, [4]:

$$B_{\text{т}} = 1{,}564 \cdot 10^4 e^{-0{,}0183\, v}; \qquad (3)$$

$$B_{\text{т}} = 1{,}212 \cdot 10^4\ e^{-0{,}005\, v}, \qquad (4)$$

где v – скорость движения экипажа, км/ч.

Формулы (3) и (4) применимы соответственно в диапазоне скоростей движения от 0 до 20 км/ч и от 20 до 200 км/ч.

Использование электромагнитных рельсовых тормозов позволяет значительно сократить тормозной путь.

Исследуем экстренное торможение скоростного пассажирского поезда, составленного из локомотива, 7 пассажирских вагонов и вагона для перевозки легковых автомобилей, и определим его тормозной путь в зависимости от вида применяемого торможения. Предполагаем, что экипажи состава оборудованы колодочными или дисковыми тормозами, и используются пневматические или электропневматические тормоза. Пассажирские вагоны, кроме того, оборудованы ЭМРТ. В расчетах приняты следующие значения параметров торможения [1, 3]: $c_1 = 0{,}18$; $c_4 = 41{,}7$; $c_5 = 20{,}85$ – для композиционных колодок; $c_1 = 0{,}054$; $c_4 = 27{,}8$; $c_5 = 5{,}56$ – для чугунных колодок; $K_{\max} =$ = 0,045 МН – значение максимальной силы нажатия композиционных колодок вагона на ось, в случае использования чугунных колодок значение $K_{\max}$ составляет 0,1 МН, для дисковых тормозов – 0,076 МН; скорость поезда v варьировалась от 20 до 160 км/ч с шагом 20 км/ч; время наполнения тормозных цилиндров головного и хвостового вагонов $t_{\text{г}}, t_{\text{х}}$ одинаковое и составляет соответственно при пневматическом торможении 7 и 3,5 с при электропневматическом; число экипажей в составе $N = 9$ (с учетом локомотива).

Масса локомотива составляет 160 т, масса вагона для перевозки легковых автомобилей – 41 т, масса вагона первого класса – 60 т, масса вагона второго класса – 57 т, масса вагона-бара – 58 т, продольная жесткость для всех конструкций железнодорожных экипажей одинакова и равна 52 МН/м. Локомотив оборудован чугунными колодками, вагоны – чугунными или композиционными. Длина локомотива по осям автосцепок равна 33 м, длины пассажирского вагона и вагона для перевозки автомобилей одинаковы и составляют 25,54 м.

На рис. 1 приведены зависимости тормозного пути S поезда от скорости движения при его экстренном пневматическом и электропневматическом торможениях колодочными тормозами и совместном торможении электропневматическом колодочными тормозами и ЭМРТ.

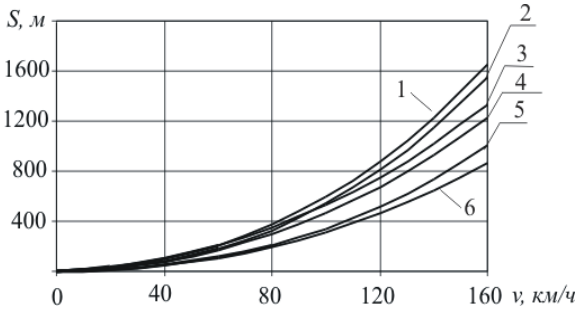


Рис. 1. Зависимость тормозного пути от скорости движения поезда при оборудовании вагонов колодочными тормозами

Линии 1 и 2 соответствуют зависимостям тормозного пути от скорости движения при пневматическом колодочном торможении в случае оборудования вагонов поезда чугунными (линия 1) и композиционными (линия 2) тормозными колодками. Аналогичные зависимости показаны линиями 3 и 4, а также линиями 5 и 6 при применении электропневматического и, соответственно, электропневматического торможения с использованием ЭМРТ.

При оборудовании вагонов дисковыми тормозами графики зависимости тормозного пути от скорости движения поезда и вида применяемого торможения показаны на рис. 2. Линия 1 соответствует применению пневматического торможения, линия 2 – электропневматического, линия 3 – электропневматического торможения дисковыми тормозами и ЭМРТ.

Анализ проведенных результатов показал, что при экстренном торможении поезда со скорости 160 км/ч в случае использования электропневматического торможения колодочными тормозами тормозной путь составляет 1552 м и 1230 м, соответственно, для чугунных и композиционных колодок, в случае применения электропневматического торможения дисковыми тормозами тормозной путь равен 695 м.

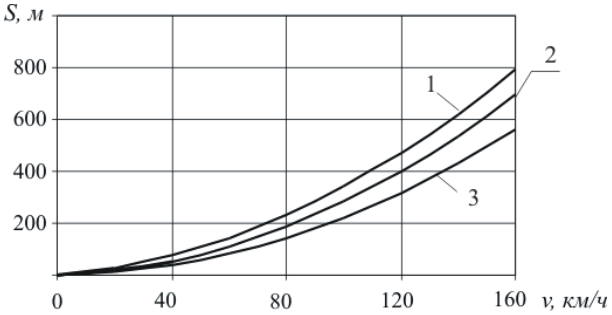


Рис. 2. Зависимость тормозного пути от скорости движения поезда при оборудовании вагонов дисковыми тормозами

Если же торможение осуществляется с учетом работы ЭМРТ, то тормозные пути, соответственно, составляют 1001, 859 и 564 м. Расчеты показали, что при скоростях до 100 км/ч длина тормозного пути за счет применения ЭМРТ совместно с дисковыми или колодочными тормозами при экстренном торможении сокращается на 40…50 % по сравнению с длиной тормозного пути при действии только дисковых или колодочных тормозов, а при скоростях от 100 до 160 км/ч – примерно на 30…35 %. Эти данные согласуются с результатами, приведенными в работах [3, 4].

Рассмотрен случай аварийного экстренного торможения, применяемого, например, при расположении на железнодорожном переезде постороннего предмета (автомобиля, трактора и т.д.), и определен тормозной путь поезда при сбросе скорости со 160 до 40 км/ч, т.к. столкновение поезда со скоростью 40 км/ч с преградой массой до 100 т не вызывает ускорений, превышающих 5g [5, 6]. В табл. 1 приведены значения тормозного пути для различных видов тормозов. Наименьшее значение тормозного пути получено при совместном торможении электропневматическими дисковыми и электромагнитными рельсовыми тормозами.

Таким образом, в случае экстренного торможения пассажирского поезда применение дополнительно к колодочным или дисковым тормозам электромагнитных рельсовых тормозов позволяет значительно сократить тормозной путь.

Таблица 1

Тормозной путь пассажирского поезда при сбросе скорости со 160 до 40 км/ч

Тормозной путь, м					
Дисковое торможение					
пневматическое		электропневматическое		электропневматическое и ЭМРТ	
756		659		537	
Колодочное торможение					
пневматическое		электропневматическое		электропневматическое и ЭМРТ	
Вид колодок					
чугун.	композиц.	чугун.	композиц.	чугун.	композиц.
1590	1265	1495	1171	963	820

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гребенюк, П. Т. Динамика торможения тяжеловесных поездов [Текст] / П. Т. Гребенюк. – М.: Транспорт, 1977. – 180 с.
2. Казаринов, В. М. Теоретические основы проектирования и эксплуатации автотормозов [Текст] / В. М. Казаринов, В. Г. Иноземцев, В. Ф. Ясенцев. – М.: Транспорт, 1968. – 399 с.
3. Водянников, Ю. Я. Исследования дисковой тормозной системы пассажирского вагона [Текст] / Ю. Я. Водянников, С. В. Кукин, А. В. Гречко // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты. – 2007. – Вып 4. – С. 113-120.
4. Балон, Л. В. Электромагнитные рельсовые тормоза [Текст] / Л. В. Балон. – М.: Транспорт, 1979. – 104 с.
5. Бороненко, Ю. П. Особенности динамики высокоскоростного электропоезда «Сокол» [Текст] / Ю. П. Бороненко, В. С. Лесничий, А. М. Орлова // Транспорт : зб. наук. пр. – 2002. – Вип. 9. – С. 44-48.
6. Оценка эффективности использования элементов защиты конструкций локомотивов и вагонов пассажирских поездов при аварийных соударениях [Текст] / Н. Е. Науменко и др. // Вісник. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2005. – Вип. 8. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2005. – С. 79-85.

Поступила в редколлегию 23.03.2009.
Принята к печати 31.03.2009.

УДК 001.891.5:453.62-592

О. Є. НІЩЕНКО, А. В. ГРЕЧКО, С. В. КУКІН (ДП «УкрНДІВ», м. Кременчук),
Д. І. ЄСЬКОВ (ВАТ «КВБЗ», м. Кременчук)

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАГОНА-ХОПЕРА ІЗ СИСТЕМОЮ РОЗДІЛЬНОГО ГАЛЬМУВАННЯ ВІЗКІВ

Представлено результати випробувань гальмівних систем вагона-хопера для окатишів з типовою системою і з роздільним гальмуванням на кожен візок. Показано, що гальмівна система з роздільним гальмуванням має декілька переваг порівняно з типовою системою.

Представлены результаты исследований тормозных систем вагона-хопера для окатышей с типовой системой и с раздельным торможением на каждую тележку. Показано, что тормозная система с раздельным торможением обладает рядом преимуществ по сравнению с типовой системой.

The results of tests of the hopper brake systems for the pellets having typical system and separate braking per each bogie are presented. It is shown that the brake system with separate braking has several advantages as compared to the typical one.

На Крюківському вагонобудівному заводі був виготовлений вагон для перевезення окатишів моделі 20-7032 з роздільним гальмуванням на кожен візок і двома гальмівними циліндрами моделі 710 діаметром (10″).

Гальмівна система вагона з роздільним гальмуванням складається з незалежних важільних передач кожного з візків, очевидними перевагами яких порівняно з типовою системою є спрощене регулювання та обслуговування важільної передачі та можливість врахування нерівномірного завантаження вагона завдяки наявності авторежимів на кожному візку.

Для оцінки відповідності вагонів для окатишів моделі 20-7032 з роздільним гальмуванням на кожен візок і вагона з типовою гальмівною системою нормативним вимогам було проведено стаціонарні та поїзні гальмівні випробування.

Основні показники вагонів для окатишів моделі 10-7032 з роздільним гальмуванням і з гальмівним циліндром (14″) і схема гальмівної важільної передачі вагона для окатишів з роздільним гальмуванням моделі 20-7032 наведені в табл. 1 і на рис. 1.

Босов А. А.,

За даними стаціонарних випробувань визначалися:

– розрахункова сила натиснення гальмівних колодок однієї колісної пари [1];

– розрахунковий гальмівний коефіцієнт [1].

При стаціонарних гальмівних випробуваннях визначалися середні значення таких характеристик:

– щільність магістрального повітропроводу, гальмівного циліндра і запасного резервуару [2];

– величина сталого тиску повітря в гальмівному циліндрі та запасному резервуарі;

Таблиця 1

Основні показники вагона для окатишів моделі 20-7032

Назва характеристик (показників), одиниця вимірювання	З роздільним гальмуванням	З одним циліндром (14″)
Маса тари, т, не більше	23,5	23,5
Вантажопідйомність, т, не менше	70,0	70,0
Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки, тс (кН)	23,5 (230,5)	23,5 (230,5)
Розрахунковий гальмівний коефіцієнт при композиційних колодках і середньому режимі гальмування [1]:		
- порожнього вагона	0,22	0,22
- навантаженого вагона	0,14	0,14
Утримання стоянковим гальмом при нормованому уклоні, ‰, не менше	30	30
Передаточне відношення важільної передачі вагона:		
- на композиційних колодках	5,33	5,82
- на чавунних колодках	8,85	10,86

© Ніщенко О. Є., Гречко А. В., Кукін С. В., Єськов Д. І., 2009

– розміри виходу штока гальмівних циліндрів при композиційних та чавунних колодках [2];

– час зарядки гальмівної системи [2];

– час наповнення гальмівних циліндрів [2];

– час відпуску гальма;

– час витримки гальма при ступені гальмування без самовільного відпуску;

– час підзарядки запасного резервуара;

– сили натиснення гальмівних колодок на колеса від пневматичного та стоянкового гальм.

Під час стаціонарних гальмівних випробувань проводився запис на комп'ютер тиску повітря в гальмівній магістралі, запасному резервуарі та гальмівних циліндрах. Діаграми гальмівних процесів зміни тиску в гальмівній системі вагона для окатишів мод. 20-7032 з роздільним гальмуванням, наведено на рис. 2 і 3.

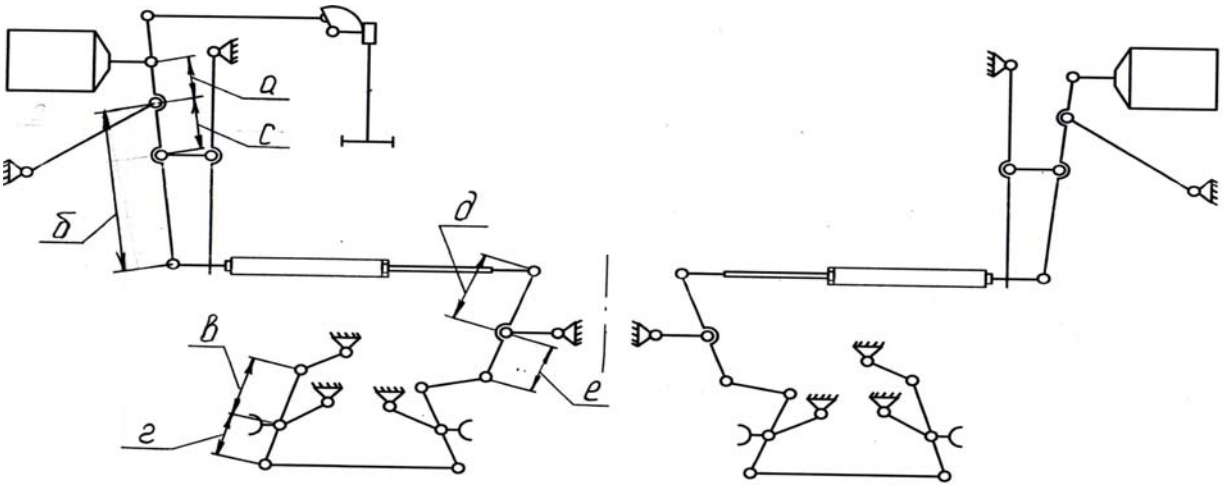


Рис. 1. Схема гальмівної системи з роздільним гальмуванням для вагонів бункерного типу

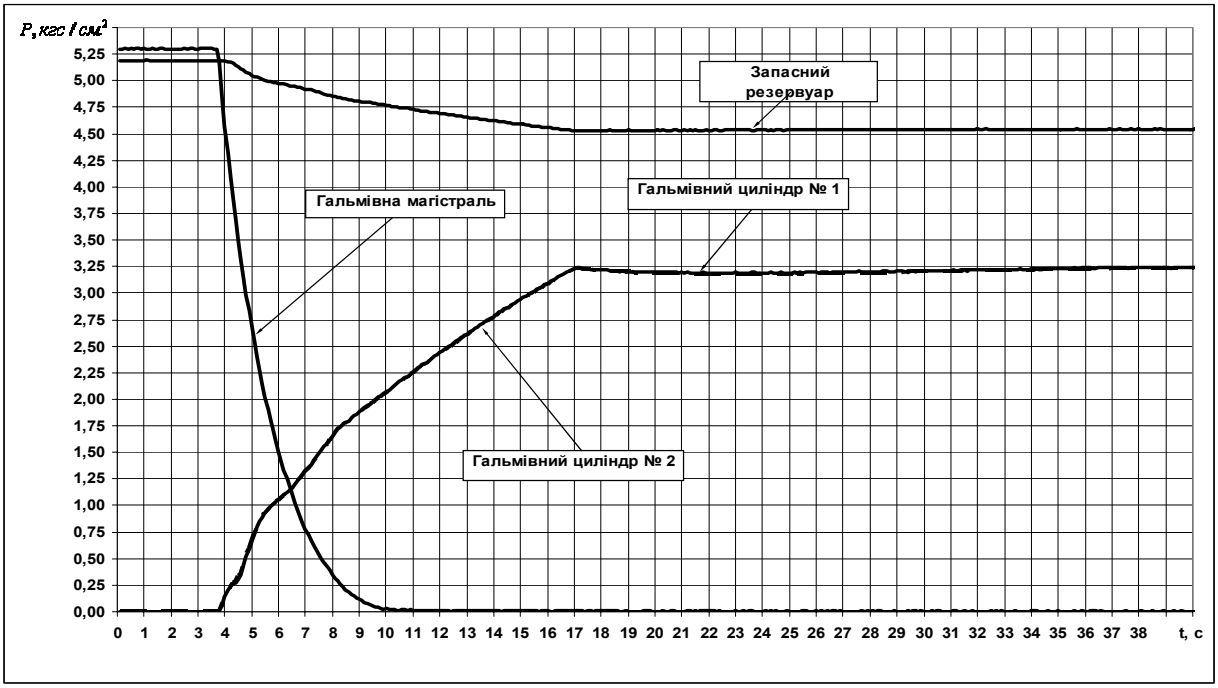


Рис. 2. Зміна тиску в елементах гальмівної системи навантаженого вагона із композиційними колодками при екстреному гальмуванні

Після проведення стаціонарних гальмівних випробувань вагона-хопера для окатишів моделі 20-7032 були проведені поїзні гальмівні випробування.

В процесі проведення поїзних випробувань одиночного вагона методом «кидання» шляхом перекриття кінцевого крану на вагоні-лабораторії зі сторони дослідного вагона після досяг-

нення потрібної швидкості реалізовувалися екстрені гальмування у діапазоні швидкостей на початку гальмування від 40 до 120 км/год. Визначалися гальмівні шляхи, тиск у гальмівних циліндрах та запасному резервуарі. Після кожного гальмування особлива увага зверталась на зношення та цілісність фрикційних пар гальма, перевірялась наявність юзу та стан поверхні кочення коліс.

При проведенні поїзних гальмівних випробувань візуально перевірялася цілісність та надійність кріплення елементів гальма, зношеність і цілісність фрикційних пар гальма, визначалися та реєструвались наступні характеристики:

– кількість обертів колеса від початку гальмування до повної зупинки дослідного вагона;

– тиск повітря в гальмівній магістралі [2];

– тиск повітря в гальмівних циліндрах та запасному резервуарі [2];

– вихід штока гальмівних циліндрів [2].

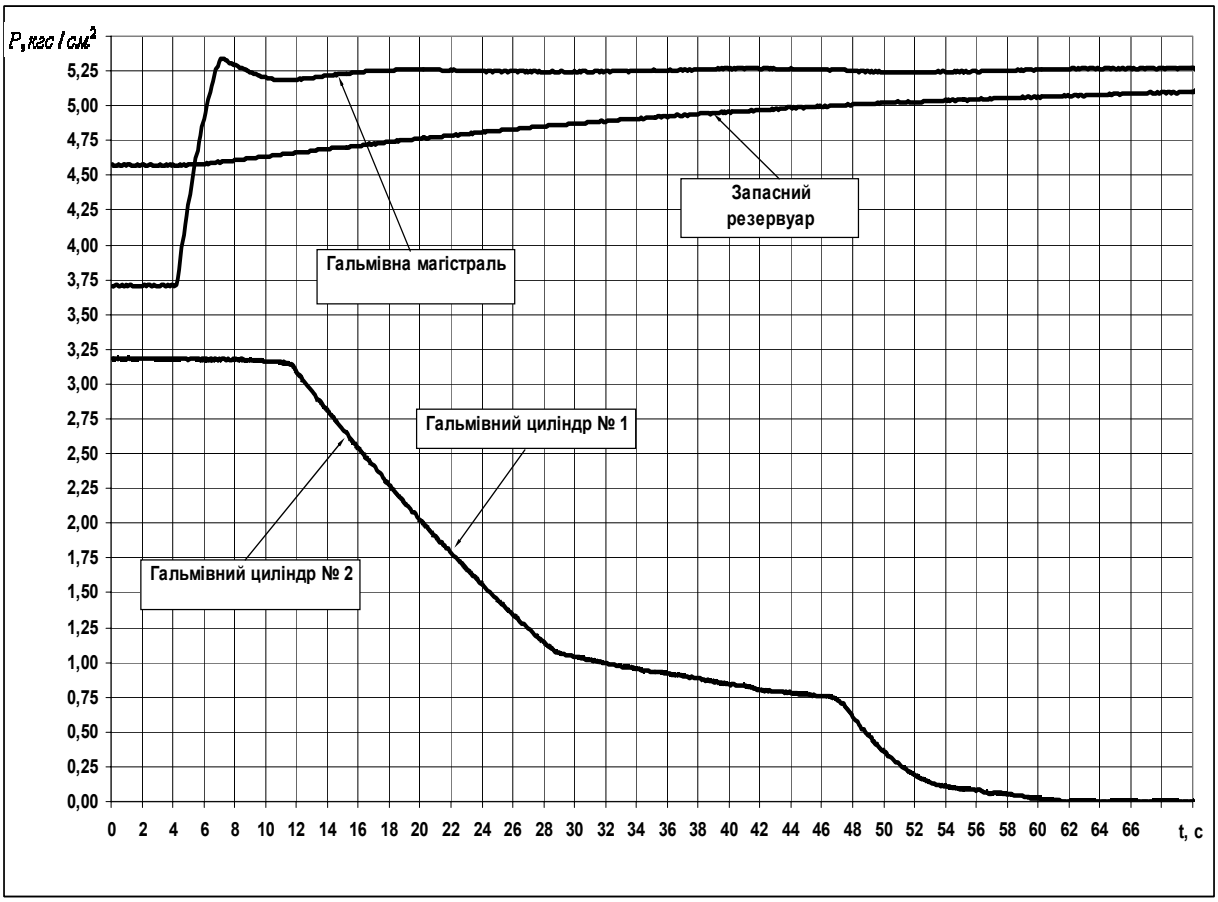


Рис. 3. Зміна тиску в елементах гальмівної системи навантаженого вагона із композиційними колодками при відпуску після екстреного гальмування

Обробка результатів поїзних гальмівних випробувань дослідного зразка вагона передбачала розшифрування та систематизацію параметрів зареєстрованих гальмівних процесів, при цьому визначалися:

– швидкість руху на початку гальмування – за кількістю обертів колеса за одну секунду безпосередньо перед початком гальмування;

– довжина гальмівного шляху [3] – за кількістю обертів та довжини обода колеса під час руху від початку гальмування до повної зупинки дослідного вагона.

Результати поїзних випробувань вагона для окатишів моделі 20-7032 з роздільною системою гальмування наведені в табл. 2, а графік залежності гальмівного шляху від швидкості на початку гальмування – на рис. 4.

Після проведення стаціонарних і поїзних гальмівних випробувань вагонів для окатишів з роздільним гальмуванням на кожен візок і з одним гальмівним циліндром (14″) та одержання результатів порівнюємо розрахунковий

гальмівний коефіцієнт наведених вище вагонів на рис. 5.

Після проведення випробувань гальмівних систем вагона для окатишів моделі 20-7032 з роздільним гальмуванням на кожен візок і вагона з одним гальмівним циліндром (14″) та опрацювання матеріалів, можна зробити висновки стосовно конструкції гальмівної системи з роздільним гальмуванням, застосування якої на вагоні дає додаткові переваги, а саме дозволяє:

– спростити гальмівну важільну передачу;

– зменшити кількість і втрати у шарнірних з'єднаннях важільної передачі;

– наблизити гальмівний циліндр до колодок;

– збільшити гальмівну ефективність і ККД важільної передачі вагона;

– розширити і спростити можливість регулювання важільної передачі на зношених і повномірних колодках;

– уникнути нерівномірного натиснення на колодки одного тріангеля;

– зменшити нерівномірний знос і сповзання колодок з поверхні кочення колеса.

Таблиця 2

Результати поїзних гальмівних випробувань вагона для окатишів моделі 20-7032 з роздільною системою гальмування

Швидкість на початку гальмування, км/год	Експериментальне значення гальмівного шляху, м	Гальмівний шлях навантаженого поїзда до 200 осей	Розрахунковий гальмівний коефіцієнт	Сила натиснення композ. колодок
Порожній вагон				
40	115	149	0,298	1,722
50	162	204	0,318	1,840
60	216	266	0,333	1,929
70	277	335	0,387	2,239
80	345	412	0,358	2,074
90	421	496	0,368	2,131
100	504	587	0,377	2,183
110	593	685	0,386	2,232
120	690	790	0,393	2,275
Середнє значення			0,358	2,069
Навантажений вагон				
40	114	148	0,302	7,015
50	193	235	0,245	5,689
60	292	342	0,219	5,097
70	411	469	0,206	4,788
80	550	616	0,197	4,589
90	709	784	0,192	4,467
100	888	971	0,188	4,380
110	1087	1179	0,186	4,316
120	1307	1407	0,184	4,267
Середнє значення			0,213	4,957

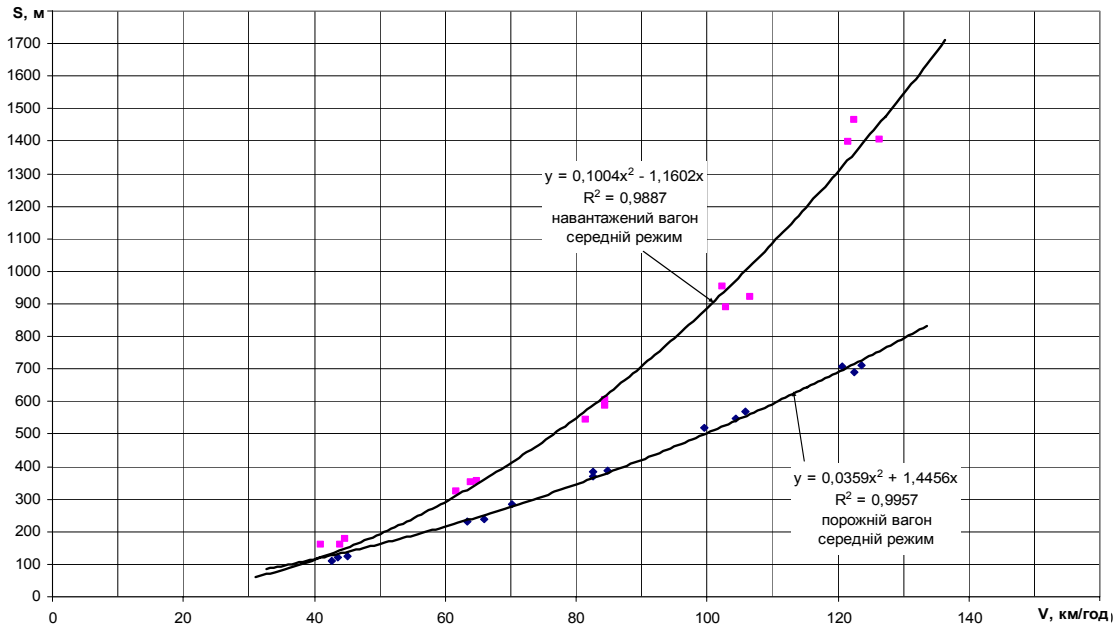


Рис. 4. Графік залежності гальмівного шляху від швидкості – на початку гальмування

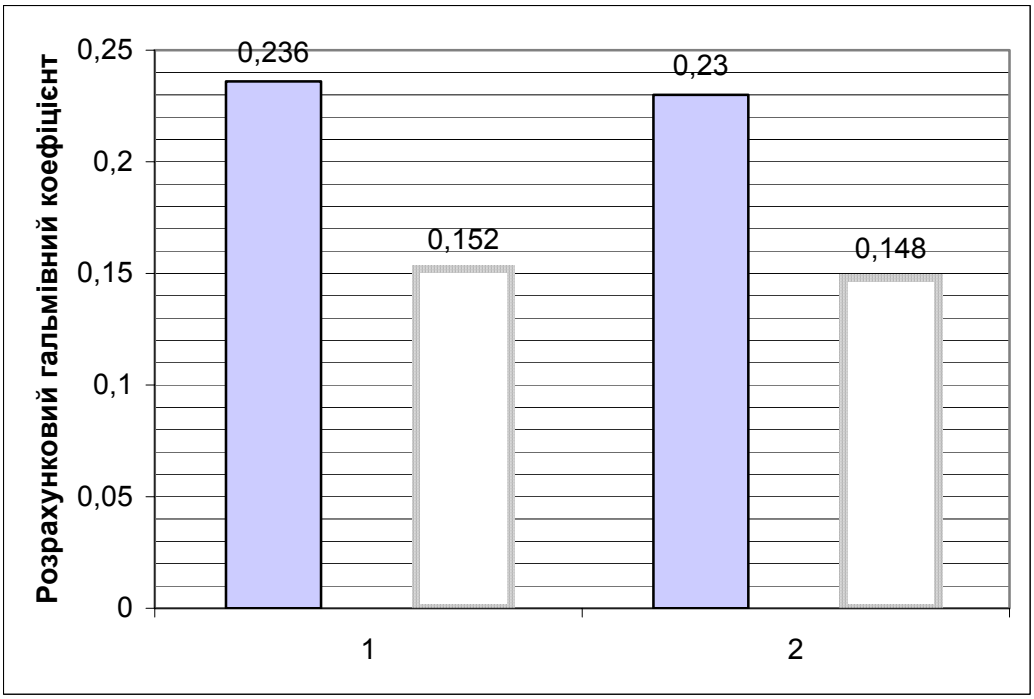


Рис. 5. Розрахунковий гальмівний коефіцієнт:
1 – вагон з роздільним гальмуванням на кожен візок;
2 – вагон з одним гальмівним циліндром (14″);
– порожній вагон; – навантажений вагон

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.
2. ЦВ-ЦЛ-0013 Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів [Текст]. – К., 2005.
3. ЦШ 0001 Інструкція з сигналізації на залізницях України [Текст]. – К., 1995.

Надійшла до редколегії 17.06.2009.
Прийнята до друку 23.06.2009.

УДК 656.212

Д. М. КОЗАЧЕНКО (ДІІТ)

МОДЕЛЬ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГІРКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Наведено структуру моделі колійного розвитку для імітаційного моделювання процесу розформування-формування вантажних поїздів на сортувальних гірках. Модель побудовано на основі зважених орієнтованих графів. Поздовжній профіль гірки апроксимовано модифікованим кубічним сплайном.

Приведена структура модели путевого развития для имитационного моделирования процесса расформирования-формирования грузовых поездов на сортировочных горках. Модель построена на основе взвешенных ориентированных графов. Продольный профиль горки аппроксимирован кубическим сплайном.

A model structure of track lay-out for simulation of the process of braking-up and making up of freight trains on the sorting humps is presented. The model is made on the basis of weighed directed graphs. The longitudinal hump profile is approximated by a cubic spline.

Сортувальні гірки є основними пристроями для розформування составів вантажних поїздів на залізничних станціях. Вони відіграють важливу роль у прискоренні доставки вантажів та скороченні простоїв вагонів. У зв'язку з цим особливо актуальними є задачі вдосконалення їх конструкції, технічного оснащення та технології роботи для забезпечення умов безпечного розформування составів з мінімальними експлуатаційними витратами. Відповідно до Правил та норм проектування сортувальних пристроїв [1], конкуруючі варіанти сортувальної гірки повинні бути оцінені за допомогою моделювання процесу розформування потоку составів. Однак у сучасних умовах виконується лише перевірка плану та поздовжнього профілю сортувальної гірки, яка ґрунтується на результатах імітаційного моделювання скочування відчепів розрахункової групи. Подібна методика дозволяє визначати тільки працездатність гірки і не дозволяє розраховувати техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники, які необхідні для пошуку її оптимальних параметрів.

Сортувальна гірка є невід'ємною частиною сортувального комплексу, тому для її комплексної оцінки необхідна модель, що дозволяє імітувати всі елементи гіркового технологічного циклу разом з процесом накопичення вагонів у сортувальному парку. Загальна модель гірки включає модель колійного розвитку, модель технологічного процесу, модель пересування об'єктів, модель системи управління стрілками і уповільнювачами та інформаційну модель.

У даній статті викладено основні принципи побудови однієї з базових моделей зазначеного комплексу – моделі колійного розвитку. Ця модель повинна забезпечувати інформацією взаємодіючі з нею моделі комплексу, а також реалізовувати необхідні керуючі команди. Зокрема модель колійного розвитку повинна надавати наступну інформацію: стан і положення стрілочних переводів і гальмівних уповільнювачів; стан ділянок колії; положення об'єктів рухомого складу; параметри маршрутів руху об'єктів. Окрім того, модель повинна сприймати наступні команди: змінити стан стрілки чи гальмівного уповільнювача; помістити новий об'єкт на ділянку колії; видалити об'єкт з моделі колійного розвитку; перемістити об'єкт на задану відстань у визначеному напрямку.

Для виконання наведених функцій модель колійного розвитку містить інформацію про план та поздовжній профіль колійних ділянок, стрілочні переводи, гальмівні уповільнювачі, їх поточний стан та розташування рухомого складу на коліях. В основу моделі колійного розвитку сортувального комплексу покладено універсальну модель колійного розвитку станції [2], яку було вдосконалено для можливості моделювання гіркових процесів. До складу моделі колійного розвитку входить геометрична модель (ГМКР) та модель зайняття колійних ділянок (МЗК). Структура ГМКР представлена на основі зваженого орієнтованого графа $G(V, E)$, в якому виділено п'ять підмножин вершин: V^S, V^C, V^W, V^Z, V^P. Вершини $v_i \in V^S$ є центрами стрілочних переводів (ЦП), вершини $v_j \in V^C$ – світлофорами (СВ), вершини $v_l \in V^W$ – кінцями колій (КП), вершини $v_k \in V^Z$ – стиками колійних ділянок (СТ), вершини $v_n \in V^P$ – точками початку вертикальних кривих (ПВК). Для розподілу множини вершин графа G на підмножи-

© Козаченко Д. М., 2009

ни кожній із них виділені непересічні групи номерів: N^S = {1, 2,…, 199}, N^C = {201, 202, …, 399}, $N^{W,Z}$ = {401, 402,…, 999}, N^P = {1001, 1002,…, 1099}.

Дугам графа $e \in E$ поставлені у відповідність ділянки колій між вершинами. Орієнтований граф G у пам'яті ЕОМ представляється списком дуг. При цьому кожна дуга орграфа $e = (v \to u)$ позначається упорядкованою парою вершин, де v – початкова, а u кінцева вершина; прийнято, що всі дуги орієнтовані зліва направо.

Орграф $G(V, E)$ є зваженим. Кожній вершині графа у відповідність поставлена її відмітка (апліката) z. Відмітка z може бути задана безпосередньо або розрахована. Інші параметри визначаються типом вершини. Так, кожній вершині v_i підмножини V^S поставлено у відповідність вектор параметрів:

$$\mathbf{X}^S = \{e_1, e_2, e_3, e_4, s_{\text{ск}}\},$$

де e_1 , …, e_4 – колійні ділянки, що входять до складу стрілочного переводу;

$s_{\text{ск}}$ – положення стрілки ($s_{\text{ск}} = 0$ – вліво, $s_{\text{ск}} = 1$ – вправо).

Параметри e_2 та e_4 відповідають правій колії стрілочного переводу (рис. 1). При цьому використовується лише один з них залежно від напрямку укладки стрілочного переводу (пошерстний чи протишерстний); інший параметр приймає нульове значення. Таке представлення стрілочного переводу дозволяє контролювати його зайнятість рухомим складом та визначати напрям слідування по ньому відчепів.

Для вершин $v_j \in V^C$ (СВ) повинен бути заданий напрямок сигналу (дозволяє прослідування зліва направо $dr = 0$, дозволяє прослідування справа наліво $dr = 1$):

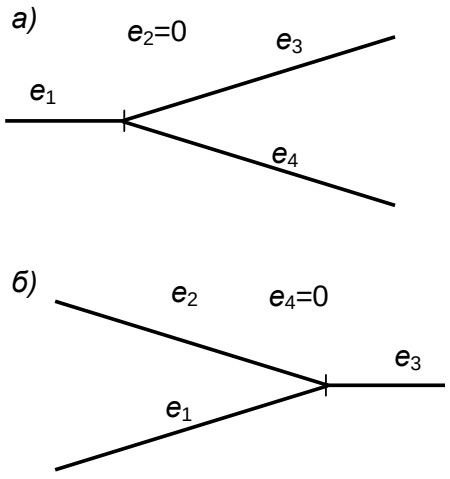


Рис. 1. Схема кодування стрілочних переводів:
а – протишерстний перевід; б – пошерстний перевід

$$\mathbf{X}^C = (dr).$$

Кожна вершина v_n підмножини V^P характеризується вектором параметрів:

$$\mathbf{X}^P = \{i_{\text{п}}, R_{\text{в}}\},$$

де $i_{\text{п}}$ – ухил елемента поздовжнього профілю, що знаходиться справа від вертикальної кривої, ‰;

$R_{\text{в}}$ – радіус вертикальної кривої, м.

Вершини $v_l \in V^W$ (КП) та $v_k \in V^Z$ (стики) використовуються лише для вказівки меж ділянок і додаткових параметрів не мають.

Кожній дузі оргафа $e \in E$ поставлено у відповідність вектор параметрів

$$\mathbf{Y}_{\text{пл}} = \{l_e, w_{\text{ск}}, w_{\text{сі}}\, w_{\text{з}}, N_{\text{п}}, P_1, P_2,\},$$

де l_e – довжина ділянки колії, м;

$w_{\text{ск}}$ – питомий опір стрілок та кривих на ділянці колії;

$w_{\text{сі}}$ – питомий опір снігу та інею на ділянці колії;

$w_{\text{з}}$ – питомий опір гальмівних уповільнювачів на ділянці колії;

$N_{\text{п}}$ – номер колії відповідно до нумерації, яка прийнята на станції ;

P_1, P_2 – ідентифікатори робіт, які повинні бути виконані, при занятті та звільненні колійної ділянки.

Останні три параметри є необов'язковими і наводяться при необхідності.

Додатково в ГМКР описуються гальмівні уповільнювачі. При цьому кожен із уповільнювачів представляється структурою:

$$\mathbf{R} = \{T_{\text{у}}, s_{\text{у}}, t_{\text{у}}, \mathbf{e}_{\text{у}}, \mathbf{p}_{\text{у}}\},$$

де $T_{\text{у}}$ – тип гальмівного уповільнювача;

$s_{\text{у}}$ – стан уповільнювача ($s_{\text{у}} = 0$ – розгальмований, $s_{\text{у}} = 1$ – загальмовується, $s_{\text{у}} = 2$ – загальмований, $s_{\text{у}} = 3$ – розгальмовується);

$t_{\text{у}}$ – момент часу подачі команди на зміну стану уповільнювача;

$\mathbf{e}_{\text{у}}$ – список колійних ділянок, що відповідають уповільнювачу;

$\mathbf{p}_{\text{у}}$ – список додаткових параметрів уповільнювача, що залежить від його типу.

У процесі скочування в залежності від типу уповільнювача $T_{\text{у}}$, його стану $s_{\text{у}}$ та кількості осей рухомого складу, що знаходяться у зоні гальмування, встановлюється гальмівний опір $w_{\text{з}}$ для колійних ділянок $\mathbf{e}_{\text{у}}$, що входять до його складу. При цьому в перехідних станах ($s_{\text{у}} = 1$ чи $s_{\text{у}} = 3$) гальмівний опір також залежить від різниці між поточним моментом часу та моментом подачі команди на зміну стану $t_{\text{у}}$.

Для моделювання скочування відчепів інформацію про план колійного розвитку, що міститься в ГМКР, необхідно доповнити інформацією про поздовжній профіль. В основу представлення поздовжнього профілю покладена його апроксимація модифікованим кубічним сплайном, що запропонована в [3].

В загальному вигляді задача апроксимації поздовжнього профілю гірки формулюється наступним чином: задано значення відміток профілю гірки $h(s_1)$, ..., $h(s_n)$ в точках $s_1 < ... < s_n$. Необхідно побудувати інтерполяційну сплайн-функцію f ступеня m з точками з'єднання (вузлами) s_1, ..., s_n, яка на відрізку $[s_1, s_n]$ має неперервні похідні до $(m - 1)$ включно і на кожному з інтервалів$[s_i, s_{i+1}]$ представляється багаточленом ступеню m, тобто $f = P_i(s)$. Кожен багаточлен P_i повинен відповідати вимогам:

$$P_i(s_i) = h(s_i);\ P_i(s_{i+1}) = h(s_{i+1});$$

$$P_i'(s_i) = K_i;\ P_i'(s_{i+1}) = K_{i+1};\ i = 1, ..., n - 1,$$

де K_1, ..., K_n – вільні параметри – кутові коефіцієнти дотичних.

Враховуючи, що при моделюванні скочування відчепів відмітки точок переломів $h(s)$ не використовуються, інтерес представляють лише кутові коефіцієнти дотичних.

В моделі сортувальної гірки, запропонованій у [4], сплайн, що описує поздовжній профіль маршруту скочування, представляється списком

$$\mathbf{I}_j = \{ S_j, K_{1,j}, K_{2,j}, K_{3,j} \},\ j = 1, \ldots, n_y + 1,$$

де S_j – абсциси вузлів сплайну від початку маршруту скочування.

Враховуючи значну кількість можливих варіантів маршрутів скочування відчепів та значну кількість їх спільних ділянок, таке представлення профілю призводить до дублювання інформації. Окрім того, при такому підході ухил колії в деякій точці визначається не лише параметрами колії, а й таким суб'єктивним параметром об'єкта рухомого складу як відстань від початку маршруту скочування, що створює проблеми при моделюванні інших маневрових пересувань з урахуванням поздовжнього профілю. Враховуючи те, що в процесі скочування можуть траплятися випадки нерозділення відчепів на стрілках, то виникає необхідність переходу від одного сплайну до іншого, що не забезпечує повною мірою неперервність похідних функції f по маршруту скочування.

Зазначені проблеми можуть бути усунені, якщо кутові коефіцієнти сплайнів, що описують поздовжній профіль, поставити у відповідність дугам графа G. Таке представлення поздовжнього профілю дає можливість визначати ухил колії лише за поточним розташуванням вагонів відчепа.

Для побудови поздовжнього профілю на попередньому етапі на підставі даних про відмітки z окремих вершин, а також даних про довжину колійних ділянок та ухил елементів профілю, на яких вони розташовані, виконується розрахунок відміток всіх інших вершин та параметри вертикальних кривих.

Відповідно до [3], коефіцієнти сплайну в межах прямолінійних ділянок поздовжнього профілю приймають значення $K_{1,i} = i$, $K_{2,i} = 0$, $K_{3,i} = 0$. Вертикальні криві апроксимуються квадратичними параболами. Коефіцієнти сплайну в межах вертикальних кривих визначаються на підставі списку точок $P_j = \{x_j, y_j\}$, $j = 1, n$ за допомогою виразів:

$$K_{1,j} = \phi_{1,j},$$

$$K_{2,j} = 2(\phi_{1,j} - \phi_{2,j} + \phi_{3,j}) / \tau_{x,j},$$

$$K_{3,j} = \frac{\phi_{3,j}}{6\tau_{x,j}^2},$$

де $\tau_{x,j} = x_{j+2} - x_j$, $\phi_{1,j} = (y_{j+1} - y_j) / (x_{j+1} - x_j)$, $\phi_{2,j} = (y_{j+2} - y_j) / \tau_{x,j}$, $\phi_{3,j} = \phi_{1,j} + \phi_{1,j+1} - 2\phi_{2,j}$.

Відповідно до запропонованої моделі колійного розвитку, в межах однієї ділянки колії може знаходитись максимум два елементи профілю: кругова крива на його початку та прямолінійна ділянка в кінці. Тому для представлення поздовжнього профілю в моделі дугам орграфа G у відповідність поставлено наступний вектор параметрів

$$\mathbf{Y}_{\text{пр}} = \{K_1, K_2, K_3, l_{\text{к}}\},$$

де $l_{\text{к}}$ – довжина вертикальної кривої в межах колійної ділянки.

Необхідно відзначити, що відстань, яка вимірюється по маршруту скочування, не дорівнює її проекції, але через невеликі значення кутів повороту вертикальних кривих цією різницею можна знехтувати. Для забезпечення неперервності похідних в якості довжини кривої в моделі приймається довжина її проекції, а залишок (не перевищує 5 мм) відноситься на наступну за нею прямолінійну ділянку.

При подібній організації моделі величина ухилу в деякій точці на ділянці колії, що знаходиться на відстані l від її початку, визначається за формулою

$$i(l) = K_1 - K_2 \cdot l - \frac{K_3}{2} \cdot l^2 \quad \text{при} \quad l < l_к;$$

$$i(l) = K_1 - K_2 \cdot l_к - \frac{K_3}{2} \cdot l_к^2 \quad \text{при} \quad l \geq l_к.$$

Наведене представлення поздовжнього профілю дозволяє отримувати неперервні поверхні скочування по будь-якому із маршрутів, при цьому на спільних ділянках маршрутів профіль є ідентичним.

Модель заняття колійних ділянок рухомим складом (МЗК) дозволяє контролювати заняття кожної колійної ділянки рухомим складом і визначати ідентифікатори об'єктів (локомотивів, составів, відчепів), що знаходяться на даній ділянці колії, а також положення окремих осей рухомого складу на коліях.

До складу МЗК входить список об'єктів, модель розташування рухомого складу на коліях (МРСК) та модель розташування осей рухомого складу на коліях (МОК).

Об'єкти рухомого складу, що знаходяться на коліях, представляються структурами

$$O = \{N_{об}, \mathbf{A}\},$$

де $N_{об}$ – ідентифікатор об'єкта рухомого складу;

A – вектор міжосьових відстаней, в якому також вказується положення крайніх осей відносно вагона.

Для представлення розташування рухомого складу на коліях використовується динамічний список, кожен з елементів якого є структурою

$$\mathbf{Q} = \{N_{кд}, N_{об}, l_{об}, d\},$$

де $N_{кд}$ – номер зайнятої колійної ділянки;

$l_{об}$ – відстань від правого кінця об'єкта до кінця колійної ділянки (відповідно до прийнятої орієнтації графа), м;

d – відстань, що займає об'єкт $N_{об}$ на колійній ділянці $N_{кд}$, м.

Для представлення розташування осей рухомого складу на коліях використовується динамічний список, кожен з елементів якого є структурою

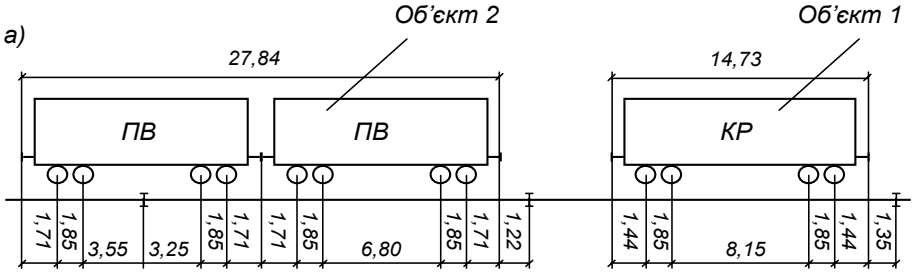
$$\mathbf{V} = \{N_{кд}, N_{об}, N_{ос}, l_{ос}\},$$

де $N_{ос}$ – порядковий номер осі рухомого складу;

$l_{ос}$ – відстань від даної осі до кінця колійної ділянки, м.

Наявність в МЗК МРСК та МОК дозволяє контролювати як фізичне зайняття колії, що необхідно при моделюванні процесу підходу одного вагону до іншого, так і зайняття рейкових кіл, що необхідно для моделювання функцій гіркової автоматики. Осьові моделі рухомого складу використовуються лише при моделюванні скочування відчепів, при моделюванні інших процесів МОК не ведеться, а зайнятість колійних ділянок визначається за МРСК.

Для прикладу на рис. 2, *а* наведено розташування двох відчепів на колійних ділянках; на рис. 2, *б* наведено представлення цієї ситуації в МЗК.



Моделі об'єктів рухомого складу

$N_{об}$	Міжосьові відстані
1	1,44 1,85 8,15 1,85 1,44
2	1,71 1,85 6,80 1,85 3,42 1,85 6,80 1,85 1,71

Модель розташування рухомого складу на коліях

$N_{кд}$	$N_{об}$	$l_{об}$	d
1	1	1,35	14,73
2	2	1,22	20,73
3	2	0	7,11

Модель розташування осей рухомого складу

$N_{кд}$	$N_{об}$	$N_{ос}$	$l_{ос}$
1	1	1	2,79
1	1	2	4,64
1	1	3	12,79
1	1	4	14,64
2	2	1	2,93
2	2	2	4,78
2	2	3	11,58
2	2	4	13,43
2	2	5	16,85
2	2	6	18,7
3	2	7	3,55
3	2	8	5,4

Рис. 2. Фрагмент моделі заняття колій: а – схема заняття колійних ділянок; б –модель заняття колій

Оновлення МЗК виконується при додаванні та видаленні об'єктів (готовність состава до розформування, прибирання состава з сортувального парка і т.ін.), а також в дискретні моменти системного часу за командами моделі пересувань об'єктів.

Модель колійного розвитку сортувальної гірки реалізована у вигляді компонента Builder C++, побудованого з використанням об'єктно-орієнтованого підходу. При розробці імітаційної моделі гірки необхідно додати зазначений компонент до головного програмного модуля і, відповідно до викладеної методики, підготувати файл вихідних даних для побудови ГМКР гірки. Цей файл може бути створений за допомогою програми автоматизованого проектування станцій [5].

Розроблена методика побудови МКР є універсальною і може бути застосована для моделювання роботи будь-яких гірок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207-89 [Текст]. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.
2. Бобровський, В. І. Базова модель колійного розвитку в імітаційних моделях залізничних станціях [Текст] / В. І. Бобровський, Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора // Удосконалення вантажної і комерційної роботи на залізницях України : зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2004. – Вип. 62. – С. 20-25.
3. Бобровский, В. И. Представление продольного профиля сортировочных горок в АСУ расформированием составов [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1996. – № 1-2. – С. 19-25.
4. Бобровский, В. И. Эргатические модели сортировочных горок [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2001. – № 5. – С. 7-11.
5. Бобровский, В. И. Информационные технологии в проектировании железнодорожных станций и узлов [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко // Залізн. трансп. України. – 1999. – № 6 (15). – С. 6-10.

Надійшла до редколегії 24.07.2009.
Прийнята до друку 29.07.2009.

УДК 621.313.001.4

А. М. АФАНАСОВ (ДИИТ)

УСЛОВИЯ КОМПЕНСАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ПРИ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКЕ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПО СХЕМЕ ПОТЬЕ

Розглядаються умови компенсації магнітних і механічних втрат при випробуванні тягових електричних машин за схемою Потьє.

Рассматриваются условия компенсации магнитных и механических потерь при испытании тяговых электрических машин по схеме Потье.

The conditions of compensation of magnetic and mechanical losses during the test of hauling electric machines according to the Potier's chart are considered.

Использование принципа взаимной нагрузки по схеме Потье [1, 2] для проведения испытаний тяговых электрических машин (ТЭД) постоянного и пульсирующего тока является перспективным направлением в решении общей задачи выбора рациональной структуры стенда для проведения испытаний ТЭД.

К преимуществам схемы Потье относится, прежде всего, наличие всего одного мощного источника электрической энергии невысокого напряжения, который компенсирует электрические, механические и магнитные потери в стенде. Применение одного источника для компенсации всех видов потерь при проведении испытаний дает возможность снизить себестоимость испытательного стенда и повысить к.п.д. самих испытаний [3].

Использование в схемах взаимной нагрузки ТЭД двух отдельных источников электрической или механической мощности для отдельной компенсации электрических, механических и магнитных потерь требует, как минимум, двукратного запаса мощности каждого из источников. Это связано с тем фактом, что при расхождении магнитных характеристик испытуемых электромашин происходит перераспределение потоков мощностей упомянутых источников при постоянстве их суммарной мощности, расходуемой на покрытие общих потерь.

Предварительные расчеты показывают, что при допустимом расхождении магнитных характеристик однотипных испытуемых ТЭД все суммарные потери мощности в стенде взаимной нагрузки могут покрываться мощностью только одного из источников (вольтодобавочной машины, линейного генератора, приводного двигателя).

Учитывая высокую вероятность возникновения переходных процессов в испытательной схеме, указанные источники должны иметь запас по мощности более чем двукратный.

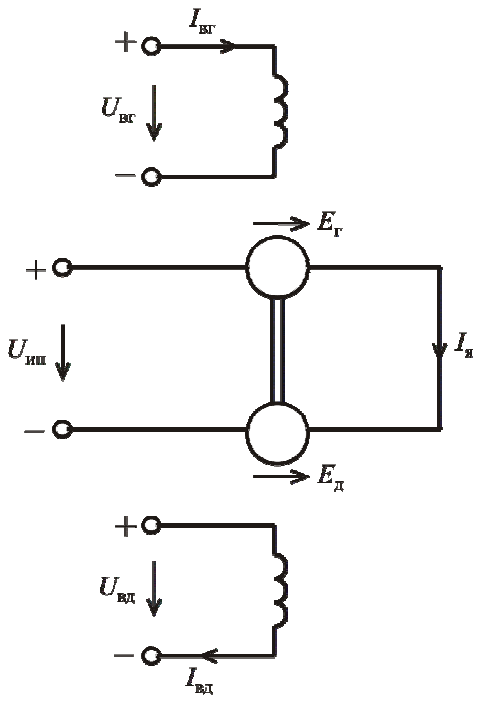


Рис. 1

Компенсация электрических потерь в схеме взаимной нагрузки по принципу Потье (рис. 1) обеспечивается подведением внешнего напряжения к последовательно соединенным якорным цепям электромашин, которое компенсирует падение напряжения в общей цепи при протекании тока.

Компенсация механических и магнитных потерь происходит путем предварительного преобразования в электромашине-двигателе части электрической мощности источника в

© Афанасов А. М., 2009

механическую мощность. Обязательным условием обеспечения такой компенсации является превышение электромагнитной мощности испытуемой электромашины-двигателя $P_{эмд}$ над электромагнитной мощностью электромашины-генератора $P_{эмг}$:

$$P_{эмд} > P_{эмг}. \quad (1)$$

При этом суммарные механические и магнитные потери обеих испытуемых электромашин при установившемся режиме работы схемы представляет собой разность их электромагнитных мощностей:

$$\sum \Delta P_{м} = P_{эмд} - P_{эмг}. \quad (2)$$

С электромеханической точки зрения условие вращения испытуемых машин может быть представлено в виде общего уравнения баланса моментов, соответствующего установившемуся режиму работы схемы:

$$\sum \Delta M = M_{эмд} - M_{эмг}, \quad (3)$$

где $\sum \Delta M$ – суммарные потери моментов двигателя и генератора, обусловленные вращением их роторов;

$M_{эмд}$, $M_{эмг}$ – электромагнитные моменты испытуемых двигателя и генератора, соответственно.

Нарушение равенства (3) будет указывать на наличие переходного процесса в механической части испытательного стенда. При условии, когда суммарные потери момента будут больше разности электромагнитных мощностей двигателя и генератора, угловое ускорение их валов будет отрицательным, и частота вращения якорей будет снижаться. При условии, когда суммарные потери момента будут меньше разности электромагнитных мощностей двигателя и генератора, угловое ускорение их валов будет положительным, и частота вращения якорей будет увеличиваться. В течение времени переходного процесса небалансный механический момент на валах электромашин будет компенсироваться суммарным моментом инерции их якорей.

Общие потери моментов испытуемых электромашин представляют собой сумму

$$\sum \Delta M = \Delta M_{д} + \Delta M_{г}, \quad (4)$$

где $\Delta M_{д}$, $\Delta M_{г}$ – потери моментов двигателя и генератора, соответственно.

Электромагнитные моменты испытуемых двигателя и генератора могут быть определены в виде:

$$M_{эмд} = C_{мд} \cdot \Phi_{д} \cdot I_{я}; \quad (5)$$

$$M_{эмг} = C_{мг} \cdot \Phi_{г} \cdot I_{я}, \quad (6)$$

где $C_{мд}$, $C_{мг}$ – конструктивные постоянные двигателя и генератора соответственно;

$\Phi_{д}$, $\Phi_{г}$ – магнитные потоки двигателя и генератора соответственно;

$I_{я}$ – общий ток якорей испытуемых электромашин.

Объединив (3) – (6), получим уравнение баланса моментов для установившегося режима вращения якорей испытуемых электромашин в виде

$$\Delta M_{д} + \Delta M_{г} = (C_{мд}\Phi_{д} - C_{мг}\Phi_{г}) \cdot I_{я}. \quad (7)$$

Для однотипных электромашин можно принять конструктивные постоянные $C_{мд}$ и $C_{мг}$ одинаковыми, равными $C_{м}$.

Тогда уравнение (7) получим в виде

$$\Delta M_{д} + \Delta M_{г} = C_{м} \cdot \Delta\Phi \cdot I_{я}, \quad (8)$$

где $\Delta\Phi = \Phi_{д} - \Phi_{г}$ – разность магнитных потоков испытуемых электромашин.

Рассмотрим условия обеспечения номинальной нагрузки тяговых электромашин последовательного возбуждения при испытаниях по схеме Потье. Сам принцип работы данной схемы обеспечивает возможность установки одинакового для испытуемых электромашин номинального значения тока якоря $I_{н}$:

$$I_{я} = I_{н}.$$

Установление значения тока возбуждения, равным номинальному току якоря при проведении приемо-сдаточных испытаний является условием, обязательным для той электромашины, которая будет работать двигателем, и для которой согласно требованиям к испытаниям определяется номинальное значение частоты вращения якоря.

Установление номинальных значений токов возбуждения для обеих однотипных испытуемых электромашин невозможно вообще по принципу работы самой схемы Потье. Однако существует три возможных варианта соотношения этих токов, рациональных с точки зрения адекватности результатов температурных

испытаний, наиболее важных и энергоемких из общего перечня приемосдаточных испытаний.

Вариант «а»:

$$\begin{cases} I_{\text{вд}} = I_{\text{н}}; \\ I_{\text{вг}} < I_{\text{н}}. \end{cases} \quad (9)$$

Вариант «б»:

$$\begin{cases} I_{\text{вг}} = I_{\text{н}}; \\ I_{\text{вд}} > I_{\text{н}}. \end{cases} \quad (10)$$

Вариант «в»:

$$\begin{cases} I_{\text{вд}} > I_{\text{н}}; \\ I_{\text{вг}} < I_{\text{н}}. \end{cases} \quad (11)$$

Вариант «а» является наиболее рациональным с точки зрения обеспечения номинальных значений параметров испытуемой электромашины-двигателя. Ток возбуждения двигателя устанавливается равным его номинальному значению, а ток возбуждения генератора – меньшим номинального. При этом варианте обмотка возбуждения электромашины – генератора недогружена по току на величину

$$\Delta I_{\text{вг}} = I_{\text{н}} - I_{\text{вг}}. \quad (12)$$

При варианте «б» ток возбуждения генератора устанавливается равным его номинальному значению, а ток возбуждения двигателя – большим номинального. Этот вариант характерен тем, что обмотка возбуждения электромашины-двигателя перегружена по току на величину

$$\Delta I_{\text{вд}} = I_{\text{вд}} - I_{\text{н}}. \quad (13)$$

При варианте «в» ток возбуждения двигателя устанавливается несколько большим его номинального значения, а ток генератора – меньшим номинального. Обмотка возбуждения генератора недогружена, а обмотка возбуждения двигателя при этом перегружена по току относительно номинального значения $I_{\text{н}}$ на величины, определяемые формулами (12) и (13), соответственно. При этом каждое из значений $\Delta I_{\text{вг}}$ и $\Delta I_{\text{вд}}$ приблизительно вдвое меньше, чем в вариантах «а» и «б». Наиболее рациональным для данного варианта будет обеспечение равенства отклонений от номинального значения токов возбуждения двигателя и генератора $\Delta I_{\text{вд}}$ и $\Delta I_{\text{вг}}$, соответственно.

Окончательный выбор распределения токов возбуждения двигателя и генератора относительно номинального значения будет определяться тем, какая из обмоток испытуемой электромашины является лимитирующей по условиям нагрева.

Для электродвигателей, у которых лимитирующей является обмотка возбуждения, рациональным будет вариант «а». Для электродвигателей, у которых лимитирующей является одна из обмоток якорной цепи, рациональным будет вариант «б».

Вариант «в» будет компромиссным решением для электромашин, у которых обмотки якорной цепи и обмотка возбуждения находится в приблизительно одинаковых условиях по нагреву.

Графически принцип каждого из перечисленных возможных вариантов обеспечения компенсации механических и магнитных потерь показан на рис. 2 – 4.

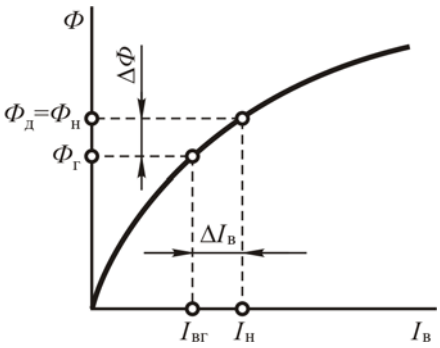


Рис. 2. Вариант «а»

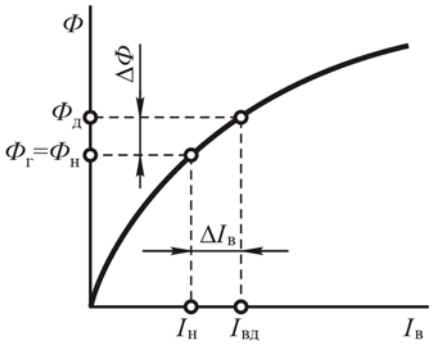


Рис. 3. Вариант «б»

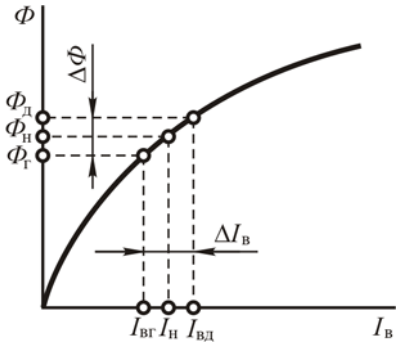


Рис. 4. Вариант «в»

Разность магнитных потоков $\Delta\Phi$, обеспечивающая компенсацию потерь моментов электромашин по формуле (8), для каждого их приведенных вариантов определяется разностью токов возбуждения $\Delta I_{в}$ и местом положения точки, соответствующей номинальному режиму, на кривой намагничивания $\Phi = f(I_{в})$.

Для номинального режима значение $\Delta\Phi$ по формуле (8) может быть определено в виде

$$\Delta\Phi_{н} = \frac{\Delta M_{д} + \Delta M_{г}}{C_{м} I_{н}}. \qquad (14)$$

Строго говоря, магнитные потери мощности и момента в генераторе при испытаниях по схеме Потье должны быть меньше, чем в двигателе в связи с меньшим значением магнитного потока. Однако самые общие предварительные расчеты показывают, что в тяговых электрических машинах с коэффициентом полезного действия не менее 0,9 это различие не будет превышать 10 %. При этом суммарные потери, связанные с вращением роторов электромашин (механические и магнитные) будут отличаться не более, чем на 5 %, которыми можно пренебречь. В связи с вышесказанным формулу (14) можно записать в упрощенном виде

$$\Delta\Phi_{н} = \frac{2\Delta M_{н}}{C_{м} I_{н}}, \qquad (15)$$

где $\Delta M_{н}$ – механические и магнитные потери момента одной электромашины в номинальном режиме.

Поделив левую и правую часть уравнения (15) на номинальное значение магнитного потока $\Phi_{н}$, после преобразований получим

$$\frac{\Delta\Phi_{н}}{\Phi_{н}} = \frac{2\Delta M_{н}}{M_{эмн}}, \qquad (16)$$

где $M_{эмн}$ – номинальное значение электромагнитного момента электромашины.

Это же выражение может быть записано в виде соотношения мощностей

$$\frac{\Delta\Phi_{н}}{\Phi_{н}} = \frac{2\Delta P_{мн}}{P_{эмн}}, \qquad (17)$$

где $\Delta P_{мн}$ – механические и магнитные потери мощности в одной электромашине при номинальном режиме;

$P_{эмн}$ – номинальная электромагнитная мощность одной электромашины.

Таким образом, разность магнитных потоков однотипных электромашин, испытуемых по схеме Потье, приведенная к номинальному магнитному потоку, равна удвоенным механическим и магнитным потерям электромашины в номинальном режиме, приведенным к её номинальной электромагнитной мощности.

Обозначим:

$K_{\Delta\Phi} = \frac{\Delta\Phi_{н}}{\Phi_{н}}$ – относительная разность магнитных потоков;

$K_{\Delta M} = \frac{\Delta P_{мн}}{P_{эмн}}$ – относительные механические и магнитные потери;

$K_{\Delta I} = \frac{\Delta I_{в}}{I_{н}}$ – относительная разность токов возбуждения электромашин.

Согласно (17), связь между данными коэффициентами имеет вид:

$$K_{\Delta\Phi} = 2K_{\Delta M}. \qquad (18)$$

Значение коэффициента $K_{\Delta\Phi}$, необходимое для создания условий компенсации механических и магнитных потерь, будет определяться значением $K_{\Delta I}$ и коэффициентом магнитного насыщения испытуемых электромашин. По универсальной магнитной характеристике [4] могут быть определены универсальные зависимости $K_{\Delta I}$ от $K_{\Delta M}$ для ТЭД.

Такие универсальные характеристики, полученные для ряда значений коэффициента магнитного насыщения, могут быть использованы при выборе основных параметров источников мощности и регуляторов вновь проектируемых стендов взаимной нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жерве, Г. К. Промышленные испытания электрических машин [Текст] / Г. К. Жерве. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 408 с.
2. Коварский, Е. М. Испытание электрических машин [Текст] / Е. М. Коварский, Ю. И. Янко. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
3. Афанасов, А. М. Теоретический анализ энергетических процессов при взаимной нагрузке тяговых электрических машин постоянного тока [Текст] / А. М. Афанасов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 258-262.
4. Проектирование тяговых электрических машин [Текст] / под ред. М. Д. Находкина. – М.: Транспорт, 1976. – 624 с.

Поступила в редколлегию 04.08.2009.
Принята к печати 19.08.2009.

УДК 621.331.621.311.52

Г. А. ДОМАНСКАЯ (ДИИТ)

ВЫБОР ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЯГОВЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ НЕЧЕТКОГО ОПИСАНИЯ ИХ СОСТОЯНИЙ

У статті запропоновано підхід до реалізації енергозберігаючих технологій тягового електропостачання залізниць, що використовує нечіткі моделі та методи представлення, аналізу і вибору управлінь.

В статье предложен подход к реализации энергосберегающих технологий тягового электроснабжения железных дорог, использующий нечеткие модели и методы представления, анализа и выбора управлений.

In the article the approach to realization of energy conservation technologies of hauling power supply of railways, using fuzzy models and methods of presentation, analysis and choice of controls, is offered.

В данной статье предложен подход к реализации энергосберегающих технологий тягового электроснабжения железных дорог, использующий нечеткие модели и методы представления, анализа и выбора управлений. Такой подход позволяет использовать разнородные и ограниченные данные для принятия решения о выборе рациональных режимов системы тягового электроснабжения (СТЭ) с учетом режимов работы питающих их энергосистем. На этапе формирования модели нечеткого управления учитывается то, что на режимы СТЭ влияют множество неопределенных факторов. Среди них такие, как режим работы электротяговых нагрузок, уровни напряжений тяговых подстанций, схемы питания тяговых сетей. Несмотря на наличие такого постоянного фактора, как профиль пути, от которого непосредственно зависит режим ведения поезда, рациональное управление уникально для каждой поездки.

Рассмотрим задачу выбора энергосберегающих режимов системы тягового электроснабжения с учетом внешней системы электроснабжения (ВСЭ) на основе построения базы нечетких правил экспертных систем по данным опытных измерений основных параметров: суммарной массы перевезенных грузов за сутки на межподстанционной зоне двухпутного участка переменного тока, суточных расходов и потерь энергии на межподстанционной зоне, уровней напряжения тяговых подстанций. Такие правила управления учитывают отклонения фактических состояний от оптимальных режимов для эталонного случая, рассчитанного в предположении равенства уровней напряжения на шинах тяговых подстанций СТЭ и экономичного распределения нагрузок ЭПС с компромиссно-оптимальными режимами работы. Эталонными режимами служат данные о фактических энергосберегающих режимах СТЭ участков или направлений железных дорог или же расчеты согласно моделям СТЭ. Критерием оценки режимов работы СТЭ является расход энергии тяговыми подстанциями, в котором отражены большинство влияющих факторов, в том числе и неразрывная взаимосвязь СТЭ и ВСЭ. Для моделирования энергосберегающих режимов использовались:

- компромиссно-оптимальные режимы тяги поездов с разными массами, разным напряжением на токоприемнике, при различных ограничениях по скорости и изменением других параметров;
- режимы минимальных потерь и перетоков мощности СТЭ и ВСЭ с учетом неразрывной их взаимосвязи;
- режимы равномерной загрузки СТЭ с учетом критерия минимальных энергетических затрат при формировании графика движения поездов.

При формировании правил установлены такие параметры:

ΔQ_i – отклонение суточной массы перевезенных грузов на i-ой межподстанционной зоне двухпутного участка переменного тока, для характеристики которой введены значения нечетких величин Q_p: «отставание (сильное, слабое, отсутствует)» и «опережение (отсутствует, слабое, сильное)»; ΔS_i – отклонение суточных активных потерь энергии для межподстанционной зоны i, величина S_p со значениями: «сильное, отсутствует, слабое»; ΔW_i – разница суточных расходов энергии на межподстанционной зоне i для реального режима работы СТЭ и эталонного режима равномерной загрузки СТЭ, величина W_p; K_i – участок пути, величина K_p,

© Доманская Г. А., 2009

где i = 0, 1.. n – это количество межподстанционных зон заданного участка.

Нечеткие правила имеют вид, подобный работе [1]:

$$\text{IF } (K_i \in K_p \text{ AND } \Delta W_i \in W_p \text{ AND } \Delta Q_i \in Q_p \text{ AND } \Delta S_i \in S_p) \text{ THEN } U_i \text{ AND } Cx_i ,$$

где U_i – уровни напряжения тяговых подстанций, которые обеспечивают управление, близкое к оптимальному на некоторой i-той межподстанционной зоне участка пути, Cx_i – схема питания i-той зоны.

При построении модели управления в виде нечетких правил использована работа [2], а каждая нечеткая характеристика аппроксимируется N нечеткими величинами с треугольными функциями принадлежности. Для нечеткой характеристики заданы минимальное и максимальное значение интервала, в которых находятся её допустимые значения. Аппроксимирующие величины имели треугольную степень принадлежности: вершина лежит в центре, ей соответствует степень принадлежности 1, а две другие вершины по сторонам от нее со степенями принадлежности 0. Нечеткий вывод основывается на правиле нечеткой импликации, построенном на правиле Мамдани [3].

Рассмотрим величину W_p (разница расходов энергии реального и эталонного режима работы СТЭ). Минимальное значение разницы расходов межподстанционной зоны равнялось –32 тыс. кВт·ч, а максимальное 30 тыс. кВт·ч. Разбив этот интервал на 13 частей, имеем такие значения нечеткой величины, показанные в табл. 1.

Таблица 1

Значения нечеткой величины *Wp* (разница расходов энергии реального и эталонного режима на межподстанционной зоне, кВт·ч)

№	Название значения	α = 0	α = 1	α = 0
1	$-\Delta W_6$	-42000	-32000	-22000
2	$-\Delta W_5$	-35800	-25800	-15800
3	$-\Delta W_4$	-30000	-20000	-10000
4	$-\Delta W_3$	-25000	-15000	-5000
5	$-\Delta W_2$	-20000	-10000	0
6	$-\Delta W_1$	-15000	-5000	5000
7	$\Delta W_н$	-10000	0	10000
8	$+\Delta W_1$	-5000	5000	15000
9	$+\Delta W_2$	0	10000	20000
10	$+\Delta W_3$	5000	15000	25000
11	$+\Delta W_4$	10000	20000	30000
12	$+\Delta W_5$	15000	25000	35000
13	$+\Delta W_6$	20000	30000	40000

Названия каждого значения даны таким образом: значения около 0 называются «$\Delta W_н$», «$+\Delta W_1$» – «$+\Delta W_6$», «$-\Delta W_1$» – «$-\Delta W_6$» – нечеткие отклонения соответственно до ΔW_{max} та ΔW_{min} классов 1...6. Изображение этой величины в виде графиков функции принадлежности показано на рис. 1.

Каждая аппроксимация была представлена нечеткими значениями, полученными при разбиении допустимого интервала на части (рис. 2, 3).

Разбиение каждой величины необходимо откорректировать так, чтобы добиться наибольшего соответствия значениям, которые подаются на вход нечеткой модели.

Каждое значение из обучающей выборки эталонных режимов тяги сопоставляется со значениями нечеткой характеристики и заменяется значением с максимальной степенью принадлежности для всех заданных в области. Например, если ΔW_i = 8 тыс. кВт·ч, ΔQ_i = = –50 тыс. т и ΔS_i = 300 кВт·ч, то получим правило:

IF ($\Delta W_i \in$ «$\Delta W_н$» AND $\Delta Q_i \in$ «$-\Delta Q_2$» AND $\Delta S_i \in$ «$+\Delta S_4$») THEN $U_i \geq 27{,}5$ AND Cx_{Ki} ,

где «$-\Delta Q_2$» – слабое опережение по перевезенной суточной массе класса 2; «$+\Delta S_4$» – сильное отклонение суточных активных потерь класса 4.

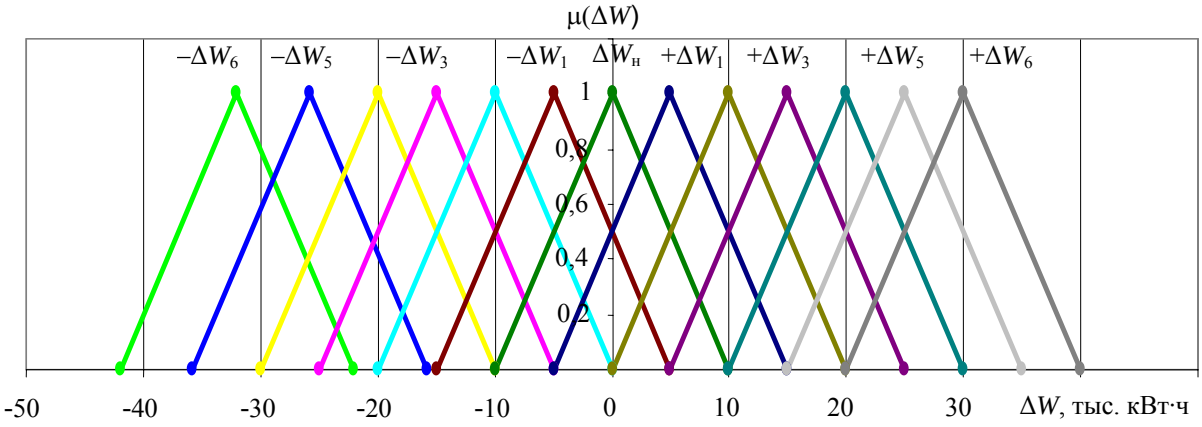


Рис. 1. Функции принадлежности при аппроксимации нечеткой величины W_p

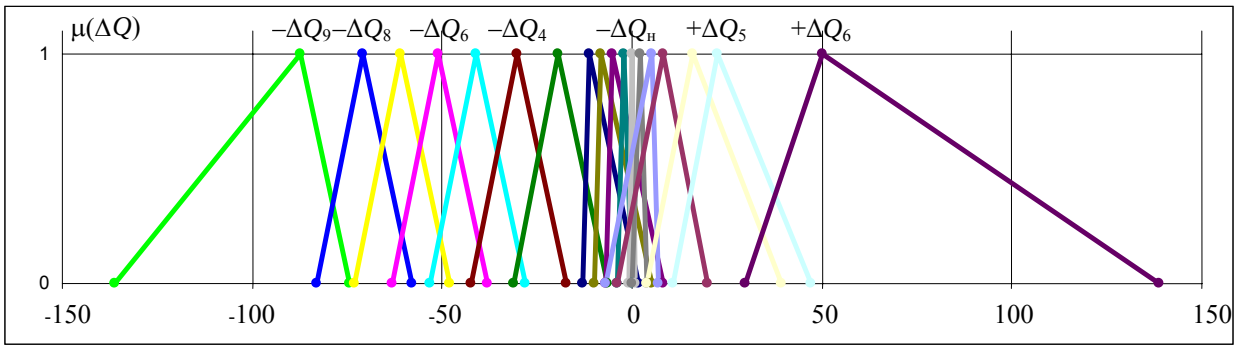


Рис. 2. Функции принадлежности при аппроксимации нечеткой величины Q_p
(отставание по перевезенной суточной массе грузов, тыс. т)

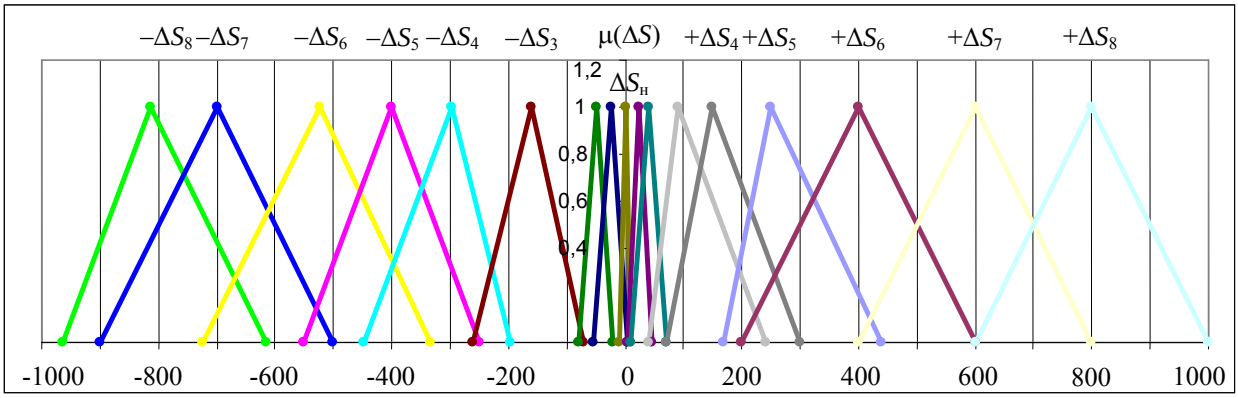


Рис. 3. Функции принадлежности при аппроксимации нечеткой величины S_p
(отклонение суточных активных потерь энергии, кВт·ч)

Согласно правилу, необходим переход на консольную схему питания тяговой сети с таким напряжением на шинах подстанций, которое обеспечит допустимую норму 21 кВ для ЭПС. Для каждой точки опытной траектории получается несколько правил и возникает проблема их противоречивости: правила с одинаковыми посылками будут подтверждать разные выводы. Проблема решается приписыванием каждому правилу степени истинности. При появлении противоречивых правил проверяется их степень истинности и остается правило с наибольшей степенью истинности. Степень истинности вычисляем как произведение степени принадлежностей всех величин, участвующих в правиле. Построенная база правил имеет вид таблицы, в которой есть столбцы посылок, столбец вывода и степень истинности правила. В табл. 2 представлена часть полученной базы правил.

Таблица 2

Фрагмент полученной базы правил для одной межподстанционной зоны

Степень ист. правила	ΔW	ΔQ	ΔS	U, кВ
0,6310	$+\Delta W_5$	$+\Delta Q_1$	$\Delta S_н$	27,5
0,9465	$+\Delta W_5$	$+\Delta Q_1$	$\Delta S_н$	27,5
0,8051	$+\Delta W_5$	$+\Delta Q_1$	$\Delta S_н$	27,5
0,4395	$+\Delta W_2$	$\Delta Q_н$	$\Delta S_н$	23,5
0,3863	$+\Delta W_2$	$+\Delta Q_2$	$-\Delta S_3$	25,0
0,4016	$+\Delta W_2$	$+\Delta Q_3$	$-\Delta S_3$	24,0
0,5653	$+\Delta W_2$	$+\Delta Q_3$	$-\Delta S_3$	25,0
		.....		
0,0231	$+\Delta W_3$	$-\Delta Q_2$	$-\Delta S_1$	28,0
0,0383	$+\Delta W_3$	$-\Delta Q_2$	$-\Delta S_1$	28,0
0,9800	$-\Delta W_5$	$\Delta Q_н$	$\Delta S_н$	27,5
0,6517	$-\Delta W_5$	$\Delta Q_н$	$\Delta S_н$	25,0
0,5667	$-\Delta W_5$	$\Delta Q_н$	$\Delta S_н$	23,5

Использование базы нечетких правил заключается в определении отображения входных посылок $f(K_i, \Delta W_i, \Delta Q_i, \Delta S_i) \Rightarrow \sim U_i$, где $\sim U_i$ – нечеткая величина, для определения количественного значения которой необходимо выполнять операцию дефазификации [3]. В представленных результатах был использован метод дефазификации по правилу среднего центра.

Результаты проведенного моделирования проиллюстрированы примером на рис. 4, где изображен график зависимости потерь мощности для двух вариантов. Тонкая линия – потери мощности эталонного режима. Жирная линия показывает контрольный расчетный режим работы СТЭ, информация о котором не попадала в обучающую выборку, которую нужно приблизить к эталонному режиму на основе базы нечетких правил.

На рис. 5 показано, как система, основанная на выводе из базы нечетких правил, производила корректировку управления режимами работы СТЭ.

Пунктирная линия представляет рекомендуемое управление, которое нужно задать энергодиспетчеру, чтобы режим СТЭ приблизился к показателям энергосберегающего режима управления. Из графика видно, что рекомендуемое системой управление стремится увеличить уровень напряжения на шинах тяговой подстанции, чтобы снизить потери энергии на межподстанционной зоне и обеспечить необходимый уровень на ЭПС. Это связано с тем, что в качестве контрольного был взят режим ликвидации перетоков мощности путем перехода на консольную схему питания тяговой сети и повышение уровня напряжения приближает систему к оптимальному управлению.

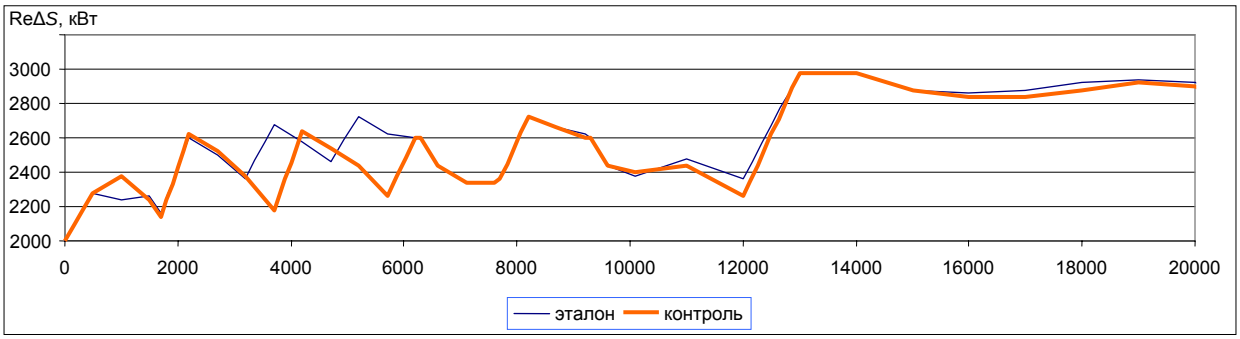


Рис. 4. Потери мощности эталонного энергооптимального режима работы СТЭ и реального на заданной межподстанционной зоне перегона

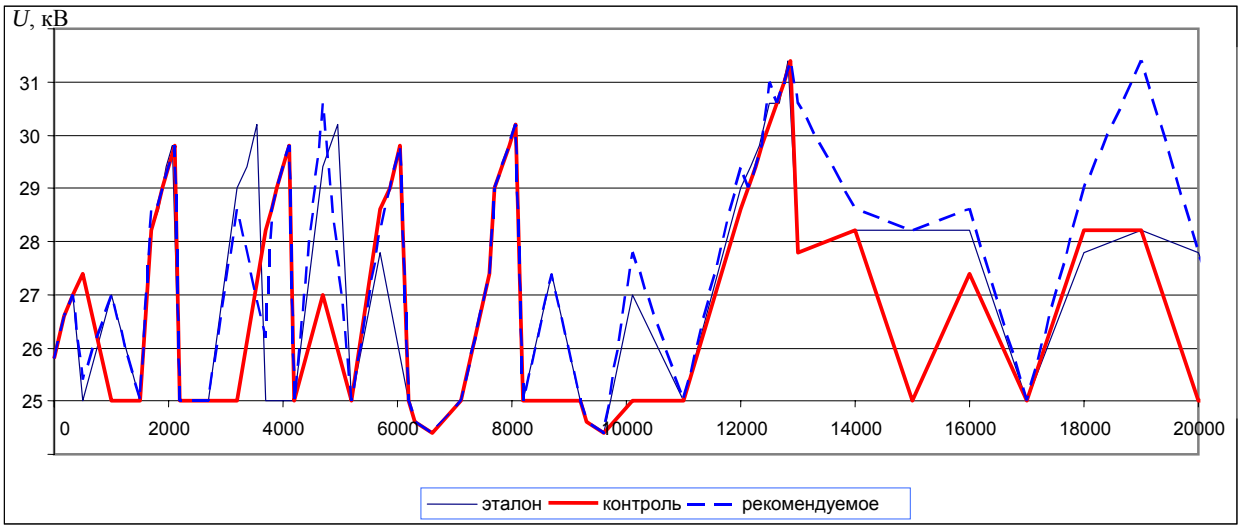


Рис. 5. Зависимость уровня напряжения на шинах тяговой подстанции на очередном временном промежутке

Проведенные исследования показали достаточную точность полученных режимов управления СТЭ. Построенную базу нечетких правил, заменяющую собой модель режимов СТЭ, можно использовать как советчик энергодиспетчеру для выбора управления на очередном временном промежутке с учетом условий неопределенности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Объектно-ориентированные модели нестационарных стохастических потоков в транспортных сетях [Текст] / В. В. Скалозуб и др. // Системні технології: Регіональний міжвуз. зб. наук. пр. – Д., 2001. – С. 141-150.
2. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М: Горячая линия, 2004.
3. Шнейдерман, М. Получение экспертных знаний [Текст] / М. Шнейдерман, И. В. Неймани // Итоги науки и техники. Сер. «Техническая кибернетика». – ВИНИТИ, 1990. – С. 29.

Поступила в редколлегию 09.09.2009.
Принята к печати 17.09.2009.

УДК 629.423.1.001.57

М. М. КЕДРЯ, М. Л. КУМПАН (ДИИТ)

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЯГОВОГО ПРИВОДА КАК ОДНОМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Розглядається одномірна електромеханічна система з тяговим електричним приводом послідовного збудження. Наведено диференційні рівняння, структурну схему та передатну функцію по вхідному впливу. Розглянуто режими роботи системи при детермінованих та випадкових впливах.

Рассматривается одномерная электромеханическая система с тяговым электрическим приводом последовательного возбуждения. Приведены дифференциальные уравнения, структурная схема и передаточная функция по входному воздействию. Рассмотрены режимы работы системы при детерминированных и случайных воздействиях.

The one-dimensional electromechanical system with the hauling electric drive of successive excitation is examined. Differential equations, flow diagram and transmission function on entrance influence are given. The system operational modes under the determined and casual influences are considered.

Эксплуатируемые на железных дорогах электровозы ВЛ-8, ДЕ-1 и другие имеют индивидуальный тяговый привод с двигателями последовательного возбуждения. Такой привод можно рассматривать как одномерную электромеханическую систему, в которой управляемой величиной является касательная сила тяги на ободе колесной пары. Управляющим воздействием на привод будет напряжение питания двигателя. Режим управления приводом зависит от скорости движения электровоза и тока двигателя.

Для оценки динамических свойств привода необходимо иметь дифференциальные уравнения, по которым составляется структурная схема и передаточная функция.

Методика получения уравнений динамики тягового привода с определенными допущениями приведена в [1].

При составлении уравнений предполагалось, что магнитный поток, ток, противо-эдс, момент на валу и подводимое к двигателю напряжение имеют малые отклонения от установившихся значений. При таких изменениях отклонение силы тяги и скорости также принимаются малыми. Кроме этого, при составлении уравнений предполагалось, что заданы статические характеристики $\Phi(i)$, $L(i)$, $V(i)$, $F(i)$, представляющие собой зависимости магнитного потока, индуктивности, скорости и силы тяги от тока.

Для конкретных типов двигателей указанные зависимости могут быть получены аналитически или экспериментально.

Полученные уравнения в изображениях по Лапласу имеют вид:

$$\left.\begin{aligned}
&\Delta I(s) = W_1(s)\left[\Delta U(s) - \Delta E(s)\right];\\
&\Delta\Phi(s) = W_2(s)\,\Delta I(s);\\
&\Delta M(s) = W_3'(s)\,\Delta I(s) + W_3''(s)\,\Delta\Phi(s);\\
&\Delta F(s) = W_4(s)\,\Delta M(s);\\
&\Delta E(s) = W_5'(s)\,\Delta V(s) + W_5''(s)\,\Delta\Phi(s).
\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

В уравнениях (1) $\Delta I(s)$, $\Delta\Phi(s)$, $\Delta M(s)$, $\Delta E(s)$, $\Delta U(s)$ – изображение отклонений тока, магнитного потока, момента, противо-эдс и подводимого напряжения, соответственно. $\Delta F(s)$ и $\Delta V(s)$ – изображения отклонений силы тяги F и скорости V.

Кроме изображений отклонений переменных в уравнения (1) входят передаточные функции $W_1(s), ..., W_5(s)$. Передаточная функция $W_1(s)$ соответствует апериодическому звену первого порядка, а передаточные функции $W_2(s), W_3'(s), W_3''(s), W_4(s), W_5'(s), W_5''(s)$ – пропорциональным звеньям.

Передаточная функция $W_1(s)$ содержит постоянную времени, которая определена индуктивностью и омическим сопротивлением двигателя. Остальные передаточные функции имеют коэффициенты передачи, зависящие от параметров двигателя, тяговой передачи, а также от статических характеристик, рассмотренных выше.

Уравнениям (1) соответствует структурная схема, приведенная на рис. 1.

© Кедря М. М., Кумпан М. Л., 2009

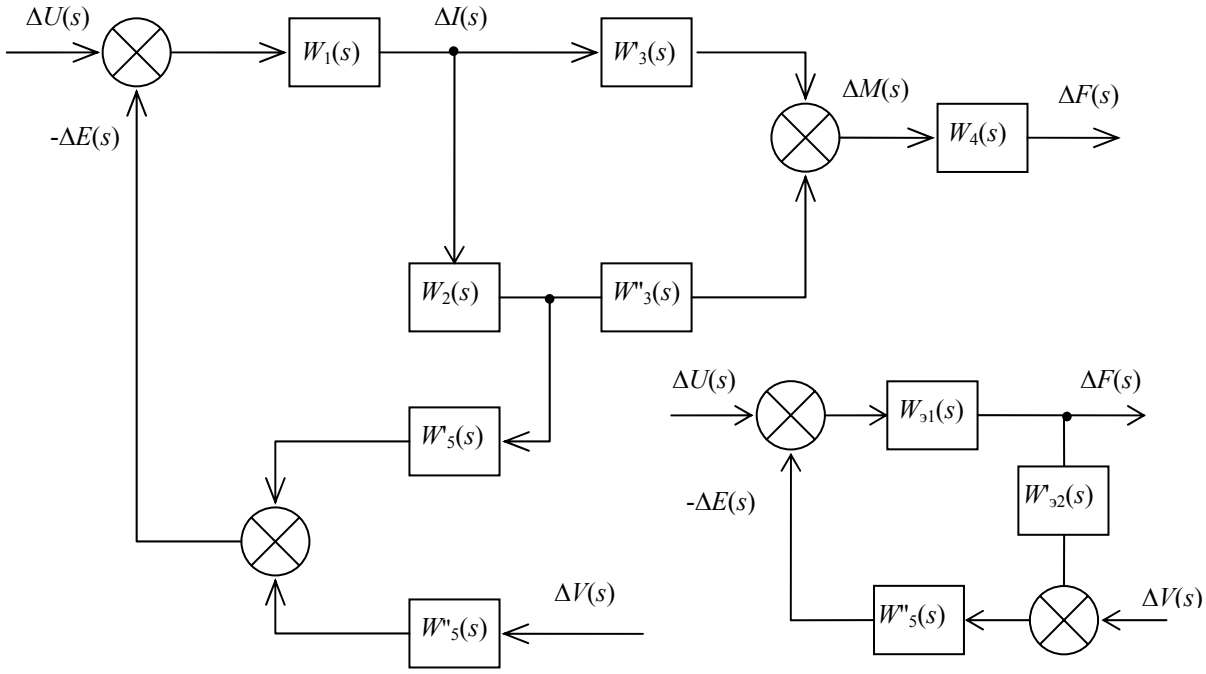


Рис. 1. Структурная схема одномерной электромеханической системы привода

С целью упрощения преобразуем структурную схему к виду, приведенному на рис. 2. Все преобразования выполнены на основании правил, применяемых для линейных систем [2].

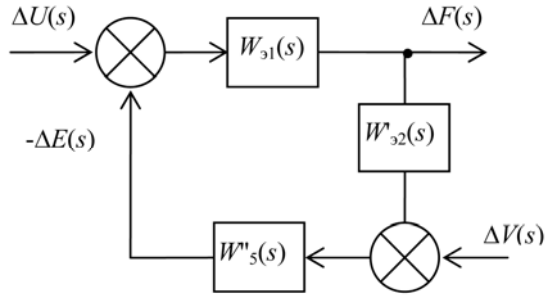


Рис. 2. Преобразованная структурная схема одномерной электромеханической системы привода

Структурная схема рис. 2 содержит три звена с передаточными функциями $W_{э1}(s)$, $W'_{э2}(s)$, $W''_5(s)$, где

$$W_{э1}(s) = W_1(s)\,W_4(s)\left[W'_3(s) + W_2(s)\,W''_3(s)\right]; \quad (2)$$

$$W'_{э2}(s) = W_2(s)\,W'_5(s)\,W''_5(s)^{-1}. \quad (3)$$

Передаточная функция $W''_5(s)$, как было отмечено ранее, представляет собой передаточную функцию пропорционального звена. Передаточные функции $W_{э1}(s)$, $W'_{э2}(s)$ относятся к комбинированным звеньям. Их динамические свойства, как отдельных звеньев, пока не будем принимать во внимание.

Определим передаточную функцию системы по входному напряжению $\Delta U(s)$. Примем, что $\Delta V(s) = 0$, тогда

$$W_{\Delta F \Delta U}(s) = \frac{\Delta F(s)}{\Delta U(s)} = \frac{W_{э1}(s)}{1 + W_{э1}(s)W'_{э2}(s)W''_5(s)} = \frac{W_1(s)W_4(s)\left[W'_3(s) + W_2(s)W''_3(s)\right]}{1 + W_1(s)W_2(s)W_4(s)W'_5(s)\left[W'_3(s) + W_2(s)W''_3(s)(s)\right]}. \quad (4)$$

Как было отмечено выше, передаточные функции $W_1(s), ..., W_5(s)$ относятся к типовым звеньям, определенным в работе [1]. Эти звенья имеют следующие передаточные функции:

$$W_1(s) = \frac{k_1}{1 + T_1 s}; \quad W_2(s) = k_2; \quad W'_3(s) = k'_3;$$

$$W''_3(s) = k''_3; \quad W_4(s) = k_4; \quad W'_5(s) = k'_5;$$

$$W''_5(s) = k''_5.$$

Подставим выражения этих передаточных функций в (4).

$$W_{\Delta F \Delta U}(s) = \frac{\frac{k_1}{1 + T_1 s} k_4 \left[k'_3 + k_2 k''_3\right]}{1 + \frac{k_1}{1 + T_1 s} k_2 k_4 k'_5 \left[k'_3 + k_2 k''_3\right]} = \frac{k_{э1}}{1 + T_{э1} s}, \quad (5)$$

где $k_{э1} = \dfrac{k_1 k_4 \left[k_3' + k_2 k_3''\right]}{1 + k_1 k_2 k_4 k_5' \left[k_3' + k_2 k_3''\right]}$;

$$T_{э1} = \frac{T_1}{1 + k_1 k_2 k_4 \left[k_3' + k_2 k_3''\right]}.$$

Согласно выражению (5), передаточная функция $W_{\Delta F \Delta U}(s)$ соответствует апериодическому звену первого порядка с известными частотными и переходными характеристиками [2].

Рассмотрим поведение системы в зависимости от режимов работы. В статическом стационарном режиме работы, когда $s = 0$, передаточная функция

$$W_{\Delta F \Delta U}(0) = k_{э1}, \qquad (6)$$

что соответствует пропорциональному звену.

Для стационарного случайного процесса среднее значение приложенного напряжения $m_{\Delta U}(t)$ и реализуемой силы тяги $m_{\Delta F}(t)$ представляют собой постоянные величины. Связь между ними определяется по уравнению статики системы:

$$m_{\Delta F} = W_{\Delta F \Delta U}(0) m_{\Delta U}. \qquad (7)$$

Определим спектральную плотность на выходе системы. Пусть входное воздействие – белый шум со спектральной плотностью:

$$V_{\Delta U}(\omega) = V_{\Delta U} = \text{const}.$$

На выходе системы получаем спектральную плотность [3]:

$$V_{\Delta F}(\omega) = \left| \frac{k_{э1}}{1 + jT_{э1}\omega} \right|^2 V_{\Delta U} = \frac{k_{э1}{}^2 V_{\Delta U}}{1 + T_{э1}{}^2 \omega^2}. \qquad (8)$$

Таким образом, в результате прохождения через систему бесконечный спектр входного воздействия ограничивается в соответствии с амплитудной частотной характеристикой системы.

Оценим дисперсию на выходе системы [3]:

$$Д_{\Delta F} = \frac{1}{\pi}\int_0^\infty A_{зам}(\omega) V_{\Delta U^0}(\omega)\, d\omega = \frac{1}{\pi}\int_0^\infty \left| \frac{k_{э1}}{1 + jT_{э1}\omega} \right| V_{\Delta U}(\omega)\, d\omega = \frac{k_{э1}^2 V_{\Delta U}}{\pi}\int_0^\infty \frac{d\omega}{1 + \omega^2 T_{э1}^2} = \frac{k_{э1}^2}{2T_{э1}} V_{\Delta U}. \qquad (9)$$

Согласно полученному выражению (9), после прохождения случайного процесса через систему его дисперсия становится конечной и тем меньше по величине, чем больше инерционность системы. Последнее обстоятельство связано с постоянной времени $T_{э1}$, которая, в свою очередь, зависит от индуктивности двигателя.

По условию обеспечение требуемой точности работы системы в стационарном случайном режиме сводится к определению передаточной функции системы, при которой выполняется неравенство:

$$Д_{\Delta F} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} V_{\Delta F}(\omega)\, d\omega \le Д_{\Delta F доп}, \qquad (10)$$

где $Д_{\Delta F доп}$ – предельно допустимое значение дисперсии выходной величины системы.

Спектральная плотность $V_{\Delta F}(\omega)$ определяется амплитудной частотной характеристикой системы и спектральной плотностью воздействия.

Как показано в работе [1], система является устойчивой. Оценка проводилась по критерию Гурвица. Характеристическое уравнение системы имеет первый порядок:

$$T_{э1}\lambda + k_{э1} = 0,$$

отсюда следует, что корень уравнения λ располагается в левой части комплексной плоскости, т.к. $T_{э1} \succ 0$, $k_{э1} \succ 0$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кедря, М. М. Передаточная функция электропривода транспортного средства [Текст] / М. М. Кедря, Д. В. Устименко // Транспорт: зб. наук. пр. – Д.: Наука і освіта, 1999.
2. Теория автоматического управления [Текст]. – Ч. 1 / Л. С. Гольдфарб и др.; под ред. проф. А. В. Нетушила. – М.: Высш. шк., 1968.
3. Юревич, Е. И. Теория автоматического управления [Текст] / Е. И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007.

Поступила в редколлегию 19.03.2009.
Принята к печати 23.03.2009.

УДК 629.423.32

А. М. МУХА (ДІІТ)

УНІФІКАЦІЯ ЯК КРИТЕРІЙ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ СТРУКТУРНИХ СХЕМ ТЯГОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ БАГАТОСИСТЕМНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА

У статті проведено порівняльний аналіз різних варіантів структурних схем статичного перетворювача для тягового привода перспективних багатосистемних електровозів. В якості критерію порівняльної оцінки запропоновано використовувати значення основних показників уніфікації функціональних вузлів, які входять до складу перетворювача.

В статье проведен сравнительный анализ различных вариантов структурных схем статического преобразователя для тягового привода перспективных многосистемных электровозов. В качестве критерия сравнительной оценки предлагается использовать значения основных показателей унификации функциональных узлов, входящих в состав преобразователя.

In the article a comparative analysis of different variants of structured schemes of static converters for traction drive of the promising multi-system electric locomotive is performed. As a criterion of comparison estimation it is offered to use the values of main parameters of unification of functional units included in the converter.

Вступ

В наш час електрорухомий склад залізниць, що експлуатується, та система тягового електропостачання знаходяться не у кращому стані, необхідна їхня повномасштабна модернізація. Особливо гостро стоїть питання підвищення пропускної спроможності ділянок залізниць, електрифікованих постійним струмом. Вирішити цю задачу можливо за рахунок переведення електричної тяги всіх залізниць України на змінний струм (що потребує значних коштів) або підвищення напруги у контактній мережі постійного струму (враховуючі наявний запас по електричній міцності ізоляції). При цьому буде необхідно вводити в експлуатацію електровози, які можуть працювати як при постійному, так і змінному струмах, при різних рівнях напруги у контактній мережі – це так званий багатосистемний електрорухомий склад. Введення в експлуатацію цих електровозів дозволить вирішити проблему оновлення тягового рухомого складу з одночасним збільшенням пропускної спроможності електрифікованих постійним струмом ділянок.

Аналіз літературних джерел показав, що основою тягового привода сучасних одно-, двох- та багатосистемних електровозів є статичний перетворювач. Існують різні варіанти схемної реалізації тягових статичних перетворювачів електровозів, аналіз яких дозволяє визначитись з їх загальною структурою [1, 2 та ін.].

Вибір раціональної структури, розробка схем та конструкцій статичних перетворювачів для тягового привода багатосистемних електровозів не можуть бути виконані в повному обсязі без оцінювання різних варіантів структурних схем, з точки зору уніфікації перетворювачів.

Мета роботи

Визначення функціональних вузлів, на базі яких доцільним є будувати статичний перетворювач для тягового привода багатосистемного електровозу.

Матеріал і результати дослідження

Уніфікація – одна з найбільш поширених і ефективних різновидів стандартизації.

Стандартизація – встановлення та використання правил з метою упорядкування діяльності у визначеній області на користь та за участі всіх зацікавлених сторін, зокрема для досягнення загальної економії при дотриманні умов експлуатації та вимог безпеки [3].

Уніфікація складових частин статичних перетворювачів для тягового привода багатосистемних електровозів дозволить зменшити витрати часу та коштів по створенню нових типів перетворювачів за рахунок використання модульності конструкції. Так, відпрацювання схемного та конструктивного рішення модуля тягового інвертора для чотирьохвісного електровозу з АТД дозволить його використовувати в складі тягового привода шестивісного електровозу з АТД.

© Муха А. М., 2009

Уніфікацію, в даному випадку, розглядаємо як задачу, метою якої є визначення функціональних вузлів перетворювача, які доцільно використовувати у складі тягового перетворювача, незалежно від виду тягового двигуна, роду струму та рівня напруги у контактній мережі.

Оцінювати рівень уніфікації функціональних вузлів перетворювальної структури пропонується за наступними показниками.

Частість використання функціонального вузла у складі перетворювальної структури $K_N = \frac{N_j}{N}$, де N та N_j, відповідно, – загальна кількість функціональних вузлів у всіх розглянутих перетворювальних структурах та кількість функціональних вузлів, рівень уніфікації яких розглядається.

Частість використання функціонального вузла у складі перетворювальної структури, з урахуванням кількості типів функціональних вузлів $K_M = \frac{1}{M}$, де M – кількість типів функціональних вузлів.

Залежно від структури перетворювача тягового привода багатосистемних електровозів пропонується наступна їх класифікація, яка враховує:

1) кількість та вид тягового двигуна: 4А – чотири асинхронних тягових двигуна (АТД); 6А – шість АТД; 4Т – чотири двигуна постійного струму (ТДПС); 6Т – шість ТДПС;

2) тип силового модуля: М1, М2, М3, М4, М5 або М6;

3) тип трансформатора підвищеної частоти: 1Ф – однофазний; 3Ф – трифазний;

4) схему з'єднання вхідних випрямлячів мережевого контуру за формулою $m \times a$, де m – кількість паралельних груп послідовно з'єднаних мережевих випрямлячів; a – кількість послідовно з'єднаних мережевих випрямлячів.

Наприклад, тяговий статичний перетворювач для живлення чотирьох асинхронних тягових двигунів, побудований з силових модулів типу М2 (тобто два тягових двигуна на один силовий модуль) з використанням трифазних трансформаторів підвищеної частоти, в складі якого використовуються шість мережевих випрямлячів, буде класифіковано як: 4А-М2-3Ф-2м3а (рис. 1).

На рис. 2 представлено розгорнуту структуру тягового перетворювача 6Т-М1-1Ф-6м1а, призначеного для живлення шести тягових двигунів постійного струму.

На рис. 1 та 2 прийняті наступні скорочення: ПР – перемикач режимів (змінний або постійний струм); МВ – випрямляч мережевого контуру; ФН – фільтр-накопичувач; МІ – інвертор мережевого контуру; ТТПЧ – трифазний трансформатор підвищеної частоти; ТПЧ – однофазний трансформатор підвищеної частоти; ТВ – випрямляч тягового контуру; ТІ – тяговий інвертор; АТД – асинхронний тяговий двигун; ТДПС – тяговий двигун постійного струму.

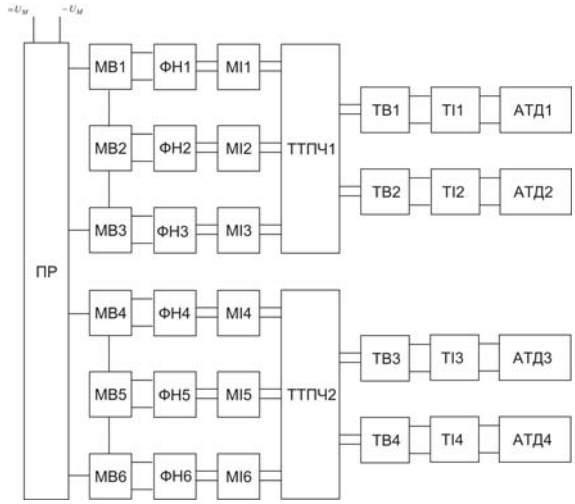


Рис. 1. Розгорнута структура тягового перетворювача 4А-М2-3Ф-2м3а

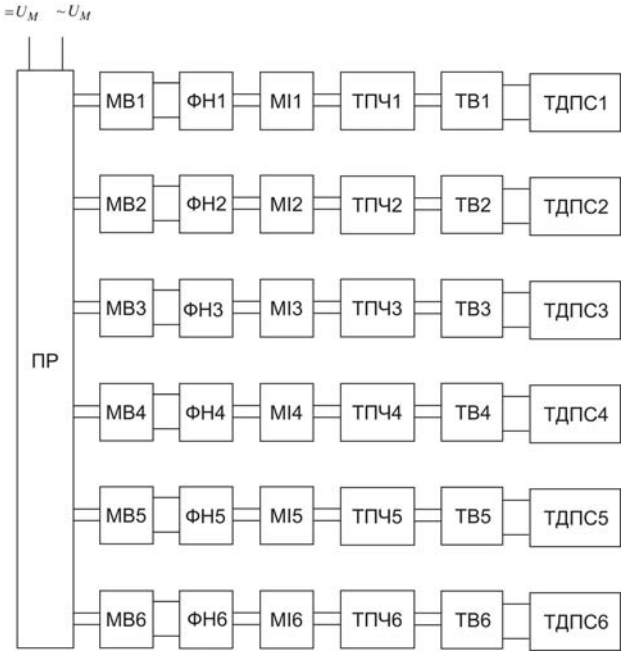


Рис. 2. Розгорнута структура тягового перетворювача 6Т-М1-1Ф-6м1а

Аналіз розроблених структурних схем перетворювачів для багатосистемних електровозів з АТД (наприклад, рис. 1) та ТДПС (наприклад, рис. 2) дозволяє визначити функціональні вузли, які є доцільним розглядати з точки зору уніфікації:

1) тяговий інвертор ТІ;

2) тяговий випрямляч ТВ;

3) однофазний інвертор підвищеної частоти, позначимо як МІ. До складу схем з трифазними інверторами підвищеної частоти, входять три однакових ланки МІ, кожна з яких підключена до однієї з первинних обмоток трифазного трансформатора підвищеної частоти ТТПЧ;

5) однофазний трансформатор підвищеної частоти ТПЧ;

6) трифазний трансформатор підвищеної частоти ТППЧ;

7) фільтр-накопичувач ФН;

8) модуль мережевого випрямляча ММВ, до складу якого входять m однакових паралельних груп з a послідовно з'єднаних мережевих випрямлячів МВ, тому класифікувати модуль є доцільним за кількістю послідовно з'єднаних мережевих випрямлячів (наприклад, 1а, 2а, 3а і т.д.);

9) перемикач режимів ПР.

Таблиця 1

Показники уніфікації функціональних вузлів запропонованих перетворювальних структур для асинхронного тягового привода

Перетворювальна структура	Кількість функціональних вузлів														
	ПР	Модуль МВ								ФН	МІ	ТПЧ	ТППЧ	ТВ	ТІ
		1а	2а	3а	4а	6а	9а	12а	18а						
4А-М1-1Ф-1м4а	1				1					4	4	4		4	4
4А-М1-1Ф-4м1а	1	4								4	4	4		4	4
4А-М1-1Ф-2м2а	1		2							4	4	4		4	4
4А-М1-3Ф-4м3а	1			4						12	12		4	4	4
4А-М1-3Ф-12м1а	1	12								12	12		4	4	4
4А-М1-3Ф-1м12а	1							1		12	12		4	4	4
4А-М2-1Ф-1м2а	1		1							2	2	2		4	4
4А-М2-1Ф-2м1а	1	2								2	2	2		4	4
4А-М2-3Ф-2м3а	1			2						6	6		2	4	4
4А-М2-3Ф-1м6а	1					1				6	6		2	4	4
4А-М2-3Ф-6м1а	1	6								6	6		2	4	4
6А-М1-1Ф-1м6а	1					1				6	6	6		6	6
6А-М1-1Ф-6м1а	1	6								6	6	6		6	6
6А-М1-1Ф-3м2а	1		3							6	6	6		6	6
6А-М1-1Ф-2м3а	1			2						6	6	6		6	6
6А-М1-3Ф-1м18а	1								1	18	18		6	6	6
6А-М1-3Ф-18м1а	1	18								18	18		6	6	6
6А-М1-3Ф-3м6а	1					3				18	18		6	6	6
6А-М1-3Ф-6м3а	1			6						18	18		6	6	6
6А-М2-1Ф-1м3а	1			1						3	3	3		6	6
6А-М2-1Ф-3м1а	1	3								3	3	3		6	6
6А-М2-3Ф-1м9а	1						1			9	9		3	6	6
6А-М2-3Ф-3м3а	1			3						9	9		3	6	6
6А-М2-3Ф-9м1а	1	9								9	9		3	6	6
6А-М3-1Ф-1м2а	1		1							2	2	2		6	6
6А-М3-1Ф-2м1а	1	2								2	2	2		6	6
6А-М3-3Ф-1м6а	1					1				6	6		2	6	6
6А-М3-3Ф-2м3а	1			2						6	6		2	6	6
6А-М3-3Ф-6м1а	1	6								6	6		2	6	6
Кількість функціональних вузлів, N_j	29	68	7	20	1	6	1	1	1	221	221	50	57	152	152
Загальна кількість функціональних вузлів, N	987														
Частість використання функціонального вузла, K_N	0,02938	0,06890	0,00709	0,02026	0,00101	0,00608	0,00101	0,00101	0,00101	0,22391	0,22391	0,05066	0,05775	0,15400	0,15400

Таблиця 2

Показники уніфікації функціональних вузлів запропонованих перетворювальних структур для тягового привода з двигунами постійного струму

Перетворювальна структура	Кількість функціональних вузлів													
	ПР	Модуль МВ								ФН	МІ	ТПЧ	ТТПЧ	ТВ
		1а	2а	3а	4а	6а	9а	12а	18а					
4Т-М1-1Ф-1м4а	1			4						4	4	4		4
4Т-М1-1Ф-4м1а	1	4		4						4	4	4		4
4Т-М1-1Ф-2м2а	1		2	4						4	4	4		4
4Т-М1-3Ф-4м3а	1				4					12	12		4	4
4Т-М1-3Ф-12м1а	1	12			4					12	12		4	4
4Т-М1-3Ф-1м12а	1				4			1		12	12		4	4
4Т-М2-1Ф-1м2а	1		1	2						2	2	2		4
4Т-М2-1Ф-2м1а	1	2		2						2	2	2		4
4Т-М2-3Ф-2м3а	1				2					6	6		2	4
4Т-М2-3Ф-1м6а	1				2	1				6	6		2	4
4Т-М2-3Ф-6м1а	1	6			2					6	6		2	4
6Т-М1-1Ф-1м6а	1			6		1				6	6	6		6
6Т-М1-1Ф-6м1а	1	6		6						6	6	6		6
6Т-М1-1Ф-3м2а	1		3	6						6	6	6		6
6Т-М1-1Ф-2м3а	1			6						6	6	6		6
6Т-М1-3Ф-1м18а	1				6				1	18	18		6	6
6Т-М1-3Ф-18м1а	1	18			6					18	18		6	6
6Т-М1-3Ф-3м6а	1				6	3				18	18		6	6
6Т-М1-3Ф-6м3а	1				6					18	18		6	6
6Т-М2-1Ф-1м3а	1			3						3	3	3		6
6Т-М2-1Ф-3м1а	1	3		3						3	3	3		6
6Т-М2-3Ф-1м9а	1				3		1			9	9		3	6
6Т-М2-3Ф-3м3а	1				3					9	9		3	6
6Т-М2-3Ф-9м1а	1	9			3					9	9		3	6
6Т-М3-1Ф-1м2а	1		1	2						2	2	2		6
6Т-М3-1Ф-2м1а	1	2		2						2	2	2		6
6Т-М3-3Ф-1м6а	1				2	1				6	6		2	6
6Т-М3-3Ф-2м3а	1				2					6	6		2	6
6Т-М3-3Ф-6м1а	1	6			2					6	6		2	6
Кількість функціональних вузлів, N_j	29	68	7	50	57	6	1	1	1	221	221	50	57	152
Загальна кількість функціональних вузлів, N	835													
Частість використання функціонального вузла, K_N	0,03473	0,08144	0,00838	0,02395	0,00120	0,00719	0,00120	0,00120	0,00120	0,26467	0,26467	0,05988	0,06826	0,18204

Тяговий двигун при розгляді уніфікації складових частин статичного перетворювача тягового привода багатосистемного електровозу не враховуємо.

Показники уніфікації функціональних вузлів у складі запропонованих перетворювальних структур представлені у табл. 1 (перетворювачі з АТД) та табл. 2 (перетворювачі з ТДПС).

Середні показники уніфікації функціональних вузлів запропонованих перетворювальних структур, розраховані за даними табл. 1 та 2, представлені у табл. 3.

Не потребує доказу той факт, що статичний перетворювач тягового привода багатосистемного електровозу повинен складатися з функціональних вузлів з максимальним рівнем уніфікації. Представлений варіаційний аналіз перетворювальних структур дозволяє встановити наступне: на рівень уніфікації перетворювача, за прийнятими показниками, не впливають такі функціональні вузли як: перемикач режимів (ПР), фільтр-накопичувач (ФН), тяговий інвертор (ТІ) та тяговий випрямляч (ТВ), оскільки ці функціональні вузли в представлених дослі-

дженнях прийняті однотипними та вони входять до складу всіх розглянутих варіантів побудови статичного перетворювача тягового привода електровозів. Частість використання цих функціональних вузлів у складі досліджуваних перетворювальних структури, з урахуванням кількості типів функціональних вузлів, дорівнює $K_M = 1$ (табл. 3).

Таблиця 3

Середні показники уніфікації функціональних вузлів запропонованих перетворювальних структур

Функціональний вузол		N_j	M	N	$K_N = \frac{N_j}{N}$	$K_M = \frac{1}{M}$
ПР		58	1	1822	0,03183	1
Модуль МВ	1а	136	8		0,07464	0,125
	2а	14			0,00768	
	3а	40			0,02195	
	4а	2			0,00110	
	6а	12			0,00659	
	9а	2			0,00110	
	12а	2			0,00110	
	18а	2			0,00110	
ФН		442	1		0,24259	1
МІ		442	1		0,24259	1
ТПЧ		100	2		0,05488	0,5
ТТПЧ		114			0,06257	
ТВ		304	1		0,16685	1
ТІ		152	1		0,08342	1

Серед розглянутих варіантів побудови статичного перетворювача для тягового привода більшість структур має у своєму складі однофазні мережеві інвертори ($K_N = 0{,}24259$) та трифазні трансформатори підвищеної частоти ($K_N = 0{,}06257$), але не слід виключити з подальших досліджень однофазні мережеві перетворювачі, частіть використання яких теж досить висока ($K_N = 0{,}05488$).

Загальні висновки

Аналіз середніх показників уніфікації (див. табл. 3) показав, що самий низький рівень уніфікації ($K_N = 0{,}00110$) мають модулі мережевих випрямлячів типу 4а, 9а, 12а та 18а. Тому в подальших дослідженнях розглядати перетворювачі з цими модулями немає сенсу, оскільки ці варіанти є одиничними. Самий високий рівень уніфікації мають модулі типу 1а ($K_N = 0{,}07464$) та 3а ($K_N = 0{,}02195$), тобто ці варіанти побудови модуля мережевих випрямлячів зустрічаються найчастіше, і тому перетворювальні структури, які мають у своєму складі мережеві випрямлячі цих типів, доцільно досліджувати надалі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Литовченко, В. В. Современные многосистемные электровозы. [Текст] / В. В. Литовченко, О. Б. Баранцев. // Локомотив. – 2000. – № 10. – С. 44-48.
2. Преобразовательные устройства электропоездов с асинхронними тяговими двигателями. [Текст] / А. М. Солодунов и др.; под ред. А. М. Солодунова. – Рига: Зинантне, 1991. – 351 с.
3. Дубинец, Л. В. Научное обоснование и разработка систем управления электроподвижным составом на основе применения герконовых устройств [Текст] : дис. … докт. техн. наук : 05.09.03 / Дубинец Леонид Викторович. – Д., 1991. – 356 с.

Надійшла до редколегії 24.03.2009.
Прийнята до друку 01.04.2009.

УДК 621.314

Н. В. ПАНАСЕНКО (ДНДЦ УЗ), Ю. П. ГОНЧАРОВ, В. В. ЗАМАРУЕВ,
С. Ю. КРИВОШЕЕВ, А. Е. ИВАНОВ, П. П. МОРОЗОВ (НТУ «ХПИ», Харьков),
В. Г. СЫЧЕНКО (ДИИТ)

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ФОРМЫ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Розглянуто структури перетворювачів синусоїдальної напруги в напругу квазіпрямокутної форми, що дозволяють до двох разів підвищити пропускну здатність контактної мережі.

Рассмотрены структуры преобразователей синусоидального напряжения в напряжение квазипрямоугольной формы, позволяющие до двух раз повысить пропускную способность контактной сети.

The structures of sine voltage to quasi-meander shape voltage converters, which allow increasing up to two times the traffic carrying capacity of the feeder mains, are considered.

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАБОТЫ

В системе электроснабжения на переменном токе наряду с очевидным достоинством, которое состоит в возможности повысить напряжение и, следовательно, уменьшить ток в контактном проводе, имеет место двукратное недоиспользование контактной сети (КС) по сравнению с сетью постоянного тока равного уровня напряжения. Это ведет к снижению пропускной способности, снижению к.п.д. и излишнему расходу меди на контактный провод.

Недостаток обусловлен синусоидальной формой напряжения в КС, которая вытекает из синусоидальности напряжения питающей сети (ПС). При равной амплитуде напряжения, определяемой изоляцией КС, действующее значение переменного напряжения, определяющее передаваемую мощность, в $\sqrt{2}$ раз ниже в сравнении с постоянным напряжением. В результате получается двукратный проигрыш по произведению относительной пропускной способности на относительные потери. Действительно, при равной передаваемой мощности за счет увеличения в $\sqrt{2}$ раз действующего тока, потери в КС переменного тока вдвое выше, поскольку они пропорциональны квадрату действующего тока. При ограничении по нагреву контактного провода (равном действующем токе) в системе переменного тока в $\sqrt{2}$ раз ниже передаваемая мощность за счет снижения действующего напряжения и одновременно в $\sqrt{2}$ раз выше относительные потери по той же причине. Наконец, в варианте равных относительных потерь получаем двукратное снижение передаваемой мощности за счет одновременного снижения в $\sqrt{2}$ раз действующего напряжения и действующего тока.

Переход на постоянное напряжение в КС с уровнем $25\cdot\sqrt{2}$ кВ в данное время невозможен по причине отсутствия соответствующих высоковольтных преобразователей. Но даже тогда, когда они будут созданы, это решение является более дорогостоящим в сравнении с системой переменного тока, поскольку такие преобразователи необходимо устанавливать на каждом электровозе и мотор-вагонной секции. В некотором смысле сходная ситуация сложилась в большой энергетике. Когда более 50 лет назад появилась возможность реализации передачи энергии постоянным током, то ей пророчили быструю победу в конкуренции с системой переменного тока. Однако ожидаемая замена не состоялась по причине того, что при каждом изменении уровня напряжения требуется в дополнение к трансформатору вводить два преобразователя – инвертор и выпрямитель.

В работе [1] было показано, что отмеченные выше, а также и некоторые другие недостатки системы переменного тока преодолеваются при введении вставки постоянного тока со структурой «выпрямитель – промежуточное звено постоянного тока – инвертор» между питающей сетью и КС. Преодоление недостатков проис-

© Панасенко Н. В., Гончаров Ю. П., Замаруев В. В., Кривошеев С. Ю.,
Иванов А. Е., Морозов П. П., Сыченко В. Г., 2009

ходит за счет формирования в КС с помощью инверторного звена вставки не синусоидального напряжения, а напряжения с формой, приближенной к прямоугольнику (меандру) (рис. 1). Система переменного тока с идеальным меандром (рис. 1, а) обладает теми же энергетическими характеристиками, что и система постоянного тока с тем же напряжением $u = U_m$, но выгодно отличается от нее возможностью непосредственной трансформации на транспортных средствах.

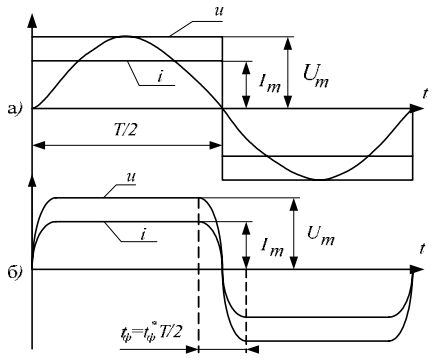


Рис. 1. Идеальный меандр со вписанной синусоидой (а) и реальный меандр с ограниченным спектром, имеющий синусоидальные фронты и плоскую вершину (б)

Основной эффект, как и на постоянном токе, достигается за счет лучшего использования изоляции: при равной амплитуде вписанная синусоида дает существенно худшее заполнение во времени (рис. 1, а). Однако такое решение, будучи достаточно радикальным, существенно удорожает тяговую подстанцию, поскольку каждый из двух преобразователей должен быть рассчитан на полную мощность.

В данной работе предлагается альтернативное решение, основная идея которого состоит в неизменности основного канала передачи активной мощности по первой гармонике, а преобразовании только высших гармоник, доля которых относительно невелика. Рассматриваемое решение принадлежит к классу преобразователей с непосредственной связью и может быть реализовано с помощью активных фильтров (АФ). Их установленная мощность при реализации только основной функции преобразования формы напряжения примерно втрое меньше по сравнению со вставкой постоянного тока. За счет некоторого увеличения установленной мощности может быть реализован также ряд дополнительных функций.

2. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ СИНУСОИДЫ К МЕАНДРУ

При заданной амплитуде U_m синусоидального напряжения и заданном действующем синусоидальном токе I активная мощность:

$$P_{\text{с}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cdot I \,. \qquad (1)$$

При идеальном меандре напряжения с той же амплитудой U_m и синусоидальном токе с тем же действующим значением I:

$$P_{\text{и}} = \frac{U_m}{K_{\text{фс}}} \cdot I \,, \qquad (2)$$

где $K_{\text{фс}} = \pi / (2\sqrt{2})$ – коэффициент формы синусоиды.

Соотношение мощностей и коэффициент эффективности $K_{\text{эи}}$ при переходе к меандру напряжения:

$$P_{\text{и}}^* = \frac{P_{\text{и}}}{P_{\text{с}}} = \frac{4}{\pi} = 1{,}27 \,;\; K_{\text{эи}} = P_{\text{и}}^{*2} = \frac{16}{\pi^2} = 1{,}62 \,. \qquad (3)$$

В последней формуле учтено, что абсолютные потери в сравниваемых вариантах одинаковы в связи с одинаковостью действующего тока, а относительные потери при меандре ниже пропорционально $P_{\text{и}}^*$. Поэтому коэффициент эффективности, как произведение относительной передаваемой мощности на относительные потери, при переходе к меандру возрастает пропорционально $P_{\text{и}}^{*2}$.

При переходе к идеальному меандру тока с сохранением его действующего значения, которое теперь равно амплитуде меандра:

$$P = U_m \cdot I \,;\;\; P^* = \frac{P}{P_{\text{с}}} = \sqrt{2} \,;\;\; K_{\text{э}} = P^{*2} = 2 \,. \qquad (4)$$

Дополнительный эффект при переходе к меандру тока:

$$K_{\text{эi}} = \frac{K_{\text{э}}}{K_{\text{эи}}} = \frac{\pi^2}{8} = 1{,}23 \,. \qquad (5)$$

Таким образом, основную долю эффекта (более 2/3), дает переход к меандру напряжения за счет улучшения использования изоляции.

При сохранении синусоиды напряжения, но использовании меандра тока с тем же действующим значением I:

$$P_i^* = \frac{P_i}{P_c} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} = 0{,}9\,. \qquad (6)$$

Здесь при переходе к меандру получаем проигрыш, поскольку передача активной мощности осуществляется только первой гармоникой тока. Таким образом, улучшение использования проводника КС за счет перехода к меандру тока достигается только при одновременном переходе к меандру напряжения.

При протяженной КС идеальный меандр тока недостижим по причине влияния индуктивности линии. Однако сохранение в этом случае синусоидального тока снижает эффективность перехода к меандру напряжения (рис. 2). Чтобы получить заданное напряжение в конце участка КС, необходимо добавить к напряжению подстанции $u_{\text{п}}$ падение напряжения u_L на индуктивности, что ведет к возрастанию амплитуды напряжения и, как следствие, к ухудшению использования изоляции. Синусоидальный ток могут создать преобразователи, устанавливаемые в современных электровозах с асинхронным приводом.

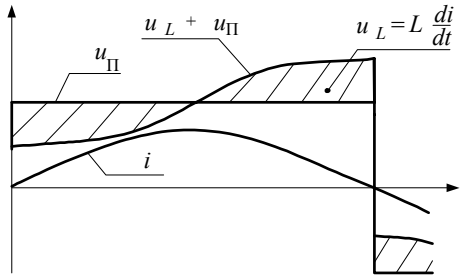


Рис. 2. Нецелесообразность формирования синусоидального тока в КС с меандром напряжения

Использование идеального меандра напряжения при ограниченной крутизне фронтов тока, причиняемой индуктивностью КС, не дает значительного эффекта. Это связано с необходимостью согласования спектрального состава тока и напряжения для передачи максимальной активной мощности и поясняется графиками (рис. 3), которые соответствуют реальным меандрам напряжения и тока с формой, приведенной на рис. 1, б, но при разной крутизне фронтов. За базис принята передаваемая мощность при одновременно идеальных меандрах напряжения и тока (рис. 1, а).

Практически целесообразно при реальных значениях индуктивности КС иметь значения $t^*_{\text{фи}} = 0{,}3\ldots0{,}4$ и $t^*_{\phi i} \approx t^*_{\text{фи}}$, что позволяет реализовать около 2/3 того эффекта, который получается при переходе к идеальному меандру.

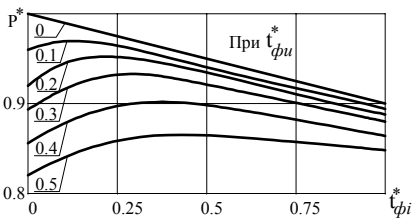


Рис. 3. Зависимость относительной передаваемой мощности от крутизны фронтов напряжения ($t^*_{\text{фи}}$) и тока ($t^*_{\phi i}$) для меандров с ограниченным спектром

3. БАЗОВАЯ СТРУКТУРА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Базовая структура преобразователя приведена на рис. 4. В ее состав входит преобразователь формы напряжения (ПФН), который добавляет к синусоиде напряжения питания недостающие до меандра высшие гармоники. Преобразователь формы тока (ПФТ) делает то же самое по отношению к току, так что ток $i_{\text{п}}$ синусоидальный. ПФН и ПФТ могут меняться местами. ПФН состоит из нескольких последовательно соединяемых ячеек, одна из которых показана внутри обозначения блока.

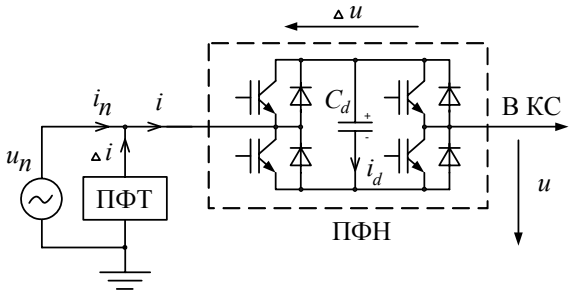


Рис. 4. Структура преобразователя формы:
$u_{\text{п}}$ – питающая сеть синусоидального напряжения и тока

Принцип действия ПФН поясняют диаграммы рис. 5. Диаграмма рис. 5, а относится к случаю формирования идеального меандра напряжения u в КС. Разница напряжений $u_{\text{п}}$ и u, показанная на рис. 5, а штриховкой, является той добавкой Δu, которую создает ПФН методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ), из практически постоянного напряжения u_d на накопителе энергии C_d. Пульсации с частотой ШИМ на рис. 5, а не показаны, т.е. сделан переход к непрерывной модели ПФН.

При заданном $u_{\text{п}}$ величина U_m определяется таким образом, чтобы обеспечить нулевую среднюю мощность, потребляемую от источника u_d, что позволяет обойтись на стороне постоянного тока только емкостным накопителем энергии C_d. Это достигается при равенстве активных мощностей источника питания и на-

грузки. При условии, что нагрузка является чисто активным сопротивлением и, следовательно, ток i также имеет форму идеального меандра с амплитудой I_m, это условие дает

$$\frac{U_{1m}}{\sqrt{2}\cdot K_{\text{фс}}} I_m = U_m I_m ; \quad \text{откуда} \quad U_m = \frac{2}{\pi} U_{1m} . \quad (7)$$

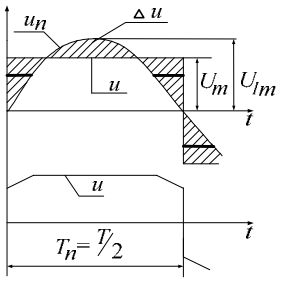


Рис. 5. К пояснению принципа действия ПФН:
а) при формировании идеального меандра напряжения;
б) при ограничении амплитуды напряжения на ПФН

Заметим, что при выполнении условия (7) напряжение Δu содержит, кроме высших гармоник, также и небольшую основную гармонику, обеспечивающую компенсацию активной мощности, генерируемой на частотах высших гармоник. Условие (7) реализует управляющая структура, изображенная на рис. 6.

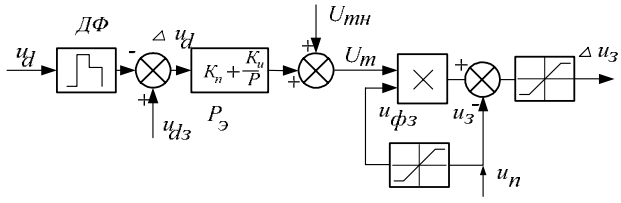


Рис. 6. Структура системы управления ПФН:
$u_{dз}$ – сигнал задания по напряжению накопителя энергии;
$P_э$ – ПИ-регулятор напряжения на накопителе энергии;
$u_{фз}$ – сигнал задания по форме напряжения в КС

Сигнал ошибки Δu_d по напряжению на накопителе энергии преобразует ПИ-регулятор, формируя задание по амплитуде U_m напряжения u. Этот сигнал умножается на сигнал задания формы $u_{\text{фз}}$, имеющий единичную амплитуду и требуемую форму выходного напряжения. Из получающегося задания по выходному напряжению вычитается $u_{\text{п}}$, что и дает сигнал $\Delta u_{\text{з}}$, который должен быть отработан ШИМ-контроллером ПФН. Сигнал задания формы $u_{\text{фз}}$ (меандр) может быть получен ограничением преобразуемого напряжения $u_{\text{п}}$, что позволяет согласовать как частоту, так и фазу сигнала задания. Дискретный фиксатор ДФ устраняет влияние пульсаций с удвоенной основной частотой на форму выходного напряжения.

Недостаток режима формирования идеального меандра напряжения состоит в большой установленной мощности полупроводниковых ключей, которую можно определить как сумму произведений амплитудных значений напряжения и тока

$$S = 4 U_m I_m . \quad (8)$$

Эта величина, очевидно, совпадает с установленной мощностью ключей инверторного звена вставки постоянного тока.

Однако в формировании идеального меандра напряжения, как следует из разд. 2, нет настоятельной необходимости. Можно сократить установленную мощность ключей примерно втрое, если ограничить максимум напряжения ΔU таким образом, чтобы он сравнялся с амплитудой $U_{lm} - U_m$ (жирные линии на рис. 5, а). Величина u приобретает при этом форму, показанную на рис. 5, б. Её можно рассматривать как кусочно-линейную аппроксимацию меандра с ограниченным спектром (рис. 1, б).

Ограничение должно быть на уровне среднего импульса, что при использовании известных методик дает следующие значения параметров:

$$\Delta u_0 = 0,25\, U_{1m} ; \; u_d = \frac{\Delta u_0}{1 - K_{\text{пи}}} ;$$

$$U_m = 0,76\, U_{1m} ; \;\; I_{2m} = 0,22\, I_m \frac{U_{1m}}{u_d} ;$$

$$2\omega C_d = \frac{I_{2m}}{K_{\text{пи}} u_d} , \quad (9)$$

где U_{lm} – амплитуда синусоидального входного напряжения; Δu_0 – уровень ограничения напряжения в ПФН; $K_{\text{пи}} \approx 0,1$ – допустимый коэффициент пульсаций напряжения накопителя энергии.

При определении параметров регулятора в структуре рис. 6 базовым является условие равенства мгновенных мощностей в звеньях постоянного и переменного тока непрерывной модели ПФН (рис. 4):

$$\Delta u \cdot i = u_d \cdot i_d . \quad (10)$$

Допустим, что в установившимся режиме сигналы u и i имеют форму идеальных меандров с амплитудами U_m и I_m, пренебрегая, таким образом, влиянием индуктивности в цепи нагрузки и отклонением формы, причиняемым ограничителем сигнала задания $\Delta u_{\text{з}}$. Пренебрегаем также пульсациями напряжения u_d.

Рассмотрим далее один такт $T_{\text{п}} = T/2$, устанавливаемый дискретным фиксатором ДФ сиг-

нала обратной связи u_d (рис. 6). Предположим, что на предыдущем такте произошло отклонение ΔU_m выходного сигнала регулятора от установившегося значения. Это приращение отработается силовой схемой ПФ, вызывая соответствующее приращение напряжения $\Delta u = \Delta U_m$ на ПФН. Определим связанное с этим приращение тока Δi_d и приращение напряжения на накопителе энергии на такте $T_{\text{п}}$:

$$\Delta i_d = \frac{\Delta U_m}{u_d} I_m ; \quad \Delta u_d = \frac{\Delta i_d \cdot T_{\text{п}}}{C_d} . \qquad (11)$$

Допуская, что регулятор напряжения накопителя энергии чисто пропорциональный, определяем приращение выходного сигнала регулятора на такте

$$\Delta U'_m = -K_{\text{п}} \Delta u_d . \qquad (12)$$

Если величина $\Delta U'_m$ превышает по модулю $2\Delta U_m$, то происходит возбуждение автоколебаний, которые получили название субгармонических. Из (12) и (11) получаем граничное значение коэффициента усиления пропорционального звена по условию недопущения субгармонических автоколебаний:

$$K_{\text{п}} = \frac{4 u_d C_d}{I_m T} . \qquad (13)$$

Эта величина, как показывает анализ, недостаточна для получения приемлемой статической погрешности регулятора. Для ее компенсации целесообразно ввести интегральное звено в регулятор, коэффициент усиления которого удобно определить, приводя параметры регулятора к цепи постоянного тока ПФН [2]. Возможность такого приведения вытекает из эквивалентной схемы рис. 6 в сочетании с равенством (10). Существует пропорциональная связь между вариацией напряжения u_d на входе схемы рис. 6, вариацией сигнала $\Delta U_{\text{з}}$ на ее выходе и, в конечном итоге, вариацией сигнала i_d согласно (10), что соответствует эквивалентной операторной проводимости параллельно конденсатору C_d (рис. 7). Пренебрегая влиянием ограничения сигнала $\Delta u_{\text{з}}$, получаем:

$$g_{\text{э}} = K_{\text{п}} \frac{I_m}{u_d} ; \quad L_{\text{э}} = \frac{u_d}{K_{\text{и}} \cdot I_m} . \qquad (14)$$

Характеристикой динамических свойств демпфированного колебательного контура рис. 7 является его добротность

$$Q = \sqrt{\frac{C_d}{L_{\text{э}}}} \Big/ g_{\text{э}} . \qquad (15)$$

Задаваясь добротностью Q в пределах 0,3…0,5, что соответствует апериодической системе, находим из (15) допустимую величину $L_{\text{э}}$, а затем из (14) допустимую величину коэффициента усиления $K_{\text{и}}$ интегрального звена регулятора.

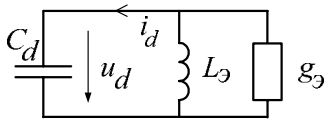


Рис. 7. Эквивалентная схема, приводящая параметры ПИ-регулятора к цепи постоянного тока ПФН

4. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

На рис. 8 представлены машинограммы переходного процесса пуска ПФН, полученные на его непрерывной модели. Величина относительного индуктивного сопротивления КС принята 20 % от сопротивления номинальной нагрузки, угол сдвига фаз между напряжением и током φ = 0, амплитуда меандра напряжения в КС принята равной $27{,}5\sqrt{2} \approx 40$ кВ.

Приведенные результаты подтверждают полученные теоретические соотношения. В частности, определение параметров регулятора обеспечивает практически апериодический заряд конденсатора C_d без перерегулирования. Амплитуда напряжения в КС при переходном процессе не превышает установившегося значения.

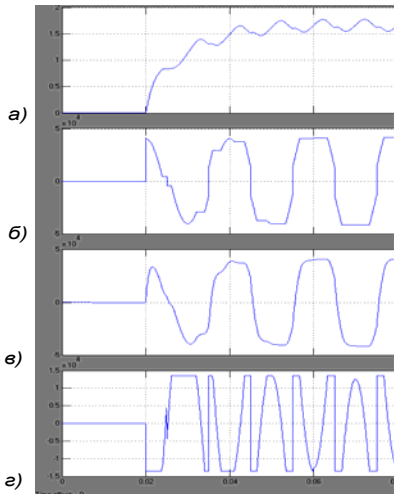


Рис. 8. Переходной процесс при пуске ПФН:
а) напряжение на конденсаторе накопителя энергии;
б) напряжение на входе КС; в) напряжение нагрузки;
г) напряжение на ПФН

ВЫВОДЫ

1. Основную долю эффекта от преобразования формы дает переход к меандру напряжения, что является благоприятным фактором по причине малости препятствующих этому переходу параллельных емкостей.

2. Использование непосредственных преобразователей формы дает примерно втрое меньшую установленную мощность полупроводниковых ключей в сравнении со вставкой постоянного тока.

3. Предлагаемая структура регулятора позволяет реализовать непосредственный обмен активной мощностью между питающей сетью с синусоидальным напряжением и КС с меандром напряжения. В звеньях постоянного тока преобразователей формы необходимо устанавливать только емкостные накопители энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система электроснабжения железной дороги переменного тока с модульными вставками постоянного тока [Текст] / В. В. Корниенко и др. // Материалы 2 Межд. науч.-практ. конф. «Электрификация транспорта» «Трансэлектро-2008» (30.09 – 04.10.2008). – С. 41.
2. Метод эквивалентных сопротивлений для синтеза регуляторов в полупроводниковых преобразователях с резонансными силовыми фильтрами [Текст] / Е. И. Сокол и др. // Технічна електродинаміка, тем. випуск. «Силова електроніка та енергоефективність». – ч. 4. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2007. – С. 38-44.

Поступила в редколлегию 07.09.2009.
Принята к печати 15.09.2009.

УДК 621.311

В. Г. СИЧЕНКО, Д. О. БОСИЙ (ДІІТ)

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ НАПРУГИ НА ПРИЄДНАННЯХ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗМІННОГО СТРУМУ

У статті наведено результати досліджень режимів напруги на шинах тягових підстанцій змінного струму в первинній, районній та тяговій мережі. Отримано числові характеристики розподілів густини ймовірностей напруги. Проаналізовано автокореляційні функції напруги прямої та зворотної послідовності.

В статье приведены результаты исследований режимов напряжения на шинах тяговых подстанций переменного тока в первичной, районной и тяговой сети. Получены числовые характеристики плотностей распределений вероятностей напряжения. Проанализированы автокорреляционные функции напряжений прямой и обратной последовательности.

Research results of voltage modes at traction substation buses in primary, regional and traction network are presented in the article. Numeric characteristics of probability density distributions are obtained. Autocorrelation functions of positive and negative sequence voltages are analyzed.

ВСТУП

Швидкі темпи та глобальні масштаби тотальної електрифікації 60-х років змусили застосовувати тягові трансформатори з трьома обмотками на тягових підстанціях змінного струму. На перший погляд, зниження капітальних витрат внаслідок живлення великих районів від обмотки середньої напруги насправді призводить до збитків, пов'язаних із порушенням якості електричної енергії, і, як правило, найбільш вагомо у районних споживачів.

У споживачів, які живляться від районної обмотки тягового трансформатора, найчастіше виникає завищене значення напруги в мережі. Це викликано необхідністю підтримання мінімальної напруги в контактній мережі на лімітуючій блок-ділянці для забезпечення необхідного рівня пропускної спроможності системи електропостачання ділянки залізниці.

В деяких випадках залежно від розгалуженості нетягових електричних мереж та особливостей схем живлення контактної мережі практично неможливо забезпечити одночасно мінімальний рівень напруги в контактній мережі та дотримання нормованих показників якості у нетягових споживачів стосовно режимів напруги. Проблема ускладнюється моральним та фізичним зносом пристроїв регулювання напруги на тягових підстанціях. Для регулювання напруги застосовуються пристрої регулювання напруги під навантаженням (РПН), принцип дії яких базується на перемиканні анцапф первинної обмотки тягового трансформатора. Зміна кількості робочих витків обмотки 110 (154) кВ призводить до зміни режиму напруги і у двох інших обмотках 35 (10) та 27,5 кВ.

В умовах експлуатації вибір режиму напруги на тягових підстанціях виконується на користь забезпечення безпеки руху поїздів та підтриманні рівня напруги на лімітуючій блок-ділянці із запасом.

Метою даної роботи є аналіз режимів напруги на приєднаннях тягових підстанцій змінного струму.

В якості об'єкта дослідження обрано шість тягових підстанцій Одеської залізниці, на яких проводились експериментальні дослідження.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Одним із найважливіших показників режиму роботи електроенергетичної системи, який безпосередньо впливає на якість електричної енергії, надійність електропостачання споживачів та економічність роботи системи електропостачання є напруга [1].

Тягова мережа змінного струму є специфічним споживачем електричної енергії. Для неї характерні наступні особливості:

1. Струми тягових навантажень є комплексними випадковими величинами, які неперервно змінюються в часі та по модулю і фазі в широкому діапазоні.

2. Внаслідок однофазних тягових навантажень та незважаючи на застосування відомих способів зниження несиметрії (приєднання фаз тягових підстанцій за правилом гвинта, нерегульованої компенсації реактивної потужності відстаючої фази), в електроенергетичній системі виникають несиметричні режими.

© Сиченко В. Г., Босий Д. О., 2009

3. На сьогодні експлуатуються електровози змінного струму як з напівпровідниковими некерованими перетворювачами, так і з керованими. Некеровані перетворювачі викликають несинусоїдність тягових струмів, тобто появу в електроенергетичній системі поряд зі струмами основної частоти, струмів вищих гармонійних складових непарного порядку, починаючи з третього. В керованих перетворювачах окрім струмів, частоти яких кратні основній частоті в мережі, виникають також і некратні, які прийнято називати інтергармоніками.

Рівні напруги на шинах різних тягових підстанцій, як з пристроями компенсації реактивної потужності, так і без них (рис. 1 – 2) є випадковими процесами.

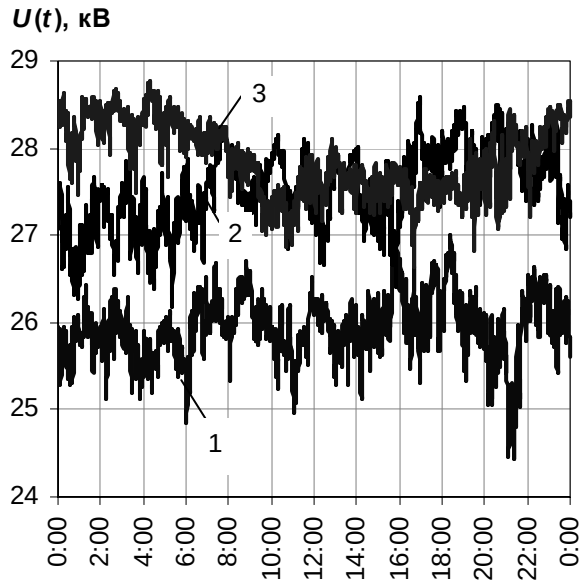


Рис. 1. Реалізації напруги на шинах тягових підстанцій з компенсацією реактивної потужності:
1, 2 – нерегульована; 3 – з плавним регулюванням

Наведені в табл. 1 статистичні характеристики режимів напруги тягової підстанції О за три послідовні доби спостереження змінюються досить незначно. Числові характеристики положення розподілу, такі як математичне очікування $M(U)$, мода $Mo(U)$ та медіана $Me(U)$ відрізняються між собою на величину не більше 0,4…0,6 %. Середньоквадратичне відхилення $\sigma(U)$ величини напруги відносно математичного очікування $M(U)$ складає близько 0,490 кВ. Розподіли напруги асиметричні відносно математичного очікування та крутизна кожного розподілу відрізняється від крутизни нормального закону розподілу. Центральні моменти 3-го та 4-го порядку, які описують ці властивості розподілів $As(U)$ та $Ex(U)$, набувають від'ємних значень одного порядку.

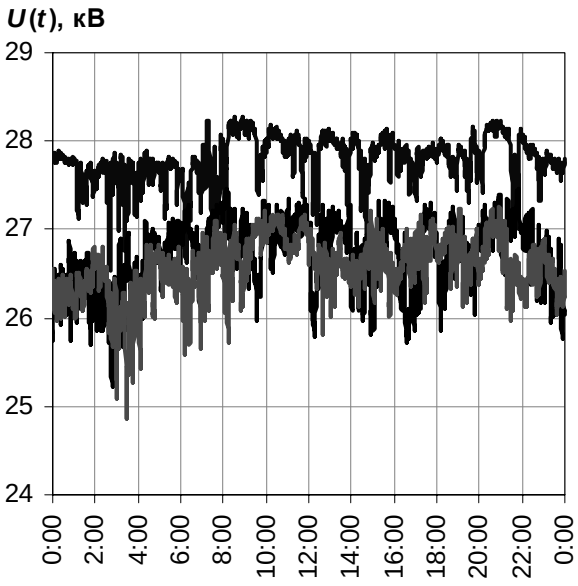


Рис. 2. Реалізації напруги на шинах тягових підстанцій без компенсації реактивної потужності

Оскільки розподіли ймовірностей кожної реалізації напруги практично не змінюються, то їх достатньо точно можна описати нормальним законом розподілу (рис. 3).

Таблиця 1

Числові характеристики напруги на шинах 27,5 кВ тягової підстанції О

Параметр	1 доба	2 доба	3 доба
$M(U)$, кВ	27,364	27,414	27,522
$Mo(U)$, кВ	27,599	27,349	27,621
$Me(U)$, кВ	27,456	27,431	27,540
$D(U)$, кВ^2	0,241	0,243	0,217
$\sigma(U)$, кВ	0,490	0,491	0,465
$As(U)$	-0,291	-0,124	-0,281
$Ex(U)$	-0,318	-0,333	-0,308

Значної зміни статистичні характеристики набувають при вимушеному режимі роботи тягових підстанцій. Дані табл. 2 показують, як змінились числові характеристики напруги при ускладненні руху поїздів внаслідок утворення ожеледі на проводах контактної мережі.

Погіршення струмознімання та велика кількість коротких замикань в контактній мережі призвели до пошкодження струмоприймачів

рухомого складу та відключення пристроїв електропостачання.

В результаті аварійних відключень обладнання та наявності значного дугового струмознімання характер зміни режиму напруги в тяговій мережі другої доби принципово відрізнявся від першої.

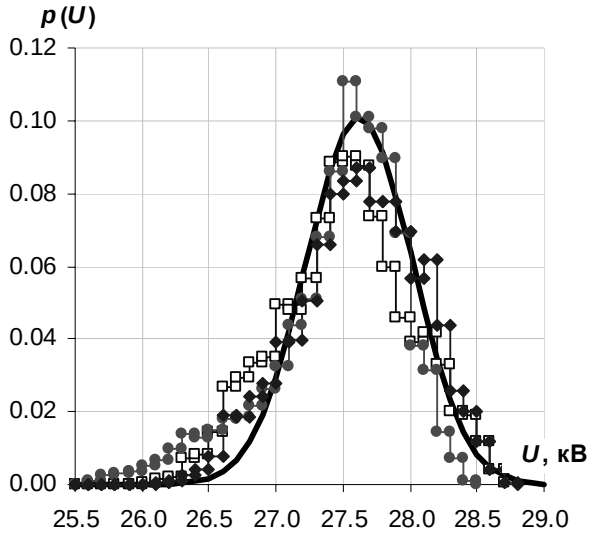


Рис. 3. Функції густини розподілів ймовірностей напруги на шинах тягової підстанції О

У вимушеному режимі роботи системи тягового електропостачання закон розподілу щільності ймовірностей напруги на шинах 27,5 кВ тягової підстанції можна отримати у вигляді суперпозиції двох нормальних законів (рис. 4).

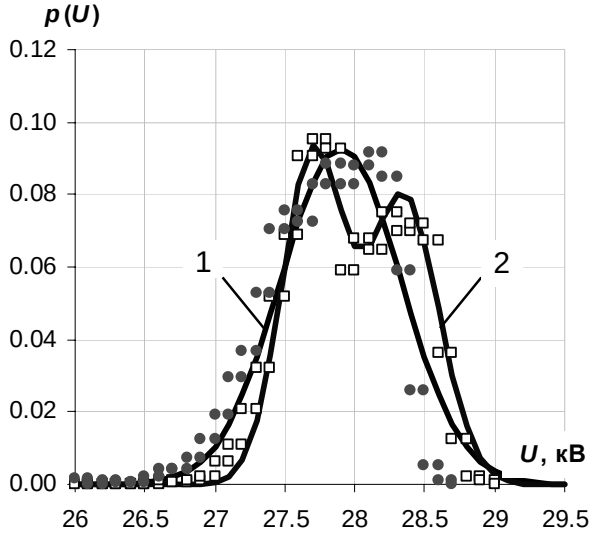


Рис. 4. Функції густини розподілів ймовірностей напруги на шинах тягової підстанції Ч:
1 – нормальний режим; 2 – вимушений режим

Загалом по всім шести тяговим підстанціям числові характеристики положення розподілу змінювались в межах 25,93…27,87 кВ, дисперсія розподілів 0,079…0,203 кВ. Асиметрія розподілу завжди набувала від'ємних значень – від –0,058 до –1,0. Ексцеси розподілів набували як додатних, так і від'ємних значень в межах від –0,766 до 1,617 (табл. 2).

Таблиця 2

Числові характеристики режимів напруги на шинах 27,5 кВ тягових підстанцій

Параметр	З компенсацією			Без компенсації		
	З	О	Ч	Ш	П	Т
$M(U)$	25,93	27,54	27,87	26,58	26,72	27,79
$Mo(U)$	25,96	27,87	27,59	26,63	26,84	27,84
$Me(U)$	25,94	27,57	27,85	26,63	26,80	27,84
$D(U)$	0,14	0,20	0,17	0,12	0,17	0,08
$\sigma(U)$	0,38	0,45	0,41	0,35	0,41	0,28
$As(U)$	-0,28	-0,29	-0,06	-0,72	-0,59	-1,0
$Ex(U)$	0,70	-0,43	-0,77	1,04	-0,32	1,62

Режими напруги на районній та первинній обмотках проаналізуємо окремо для прямої та зворотної послідовностей. Як видно з рис. 5, характери зміни напруги в первинній мережі (154 кВ) прямої послідовності двох тягових підстанцій З та О подібні, проте відрізняються за величиною.

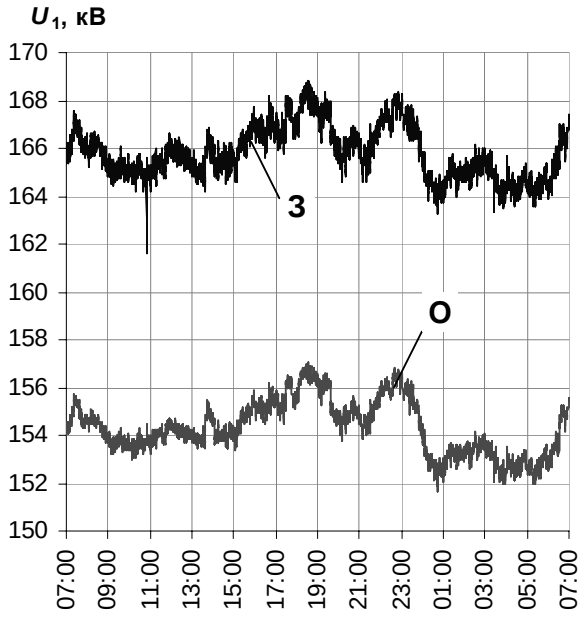


Рис. 5. Рівень напруги прямої послідовності на шинах первинної напруги двох підстанцій

Характери зміни напруги в районній мережі кожної підстанції, навпаки, не подібні, проте практично рівні середні значення на інтервалі спостереження (рис. 6).

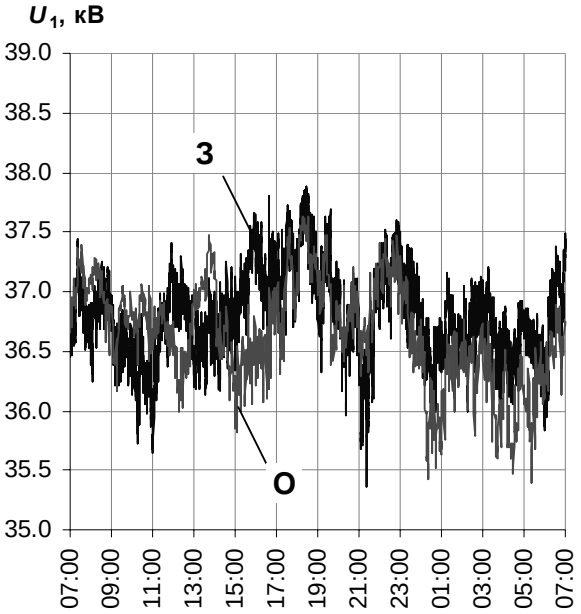


Рис. 6. Рівень напруги прямої послідовності на шинах районної напруги двох підстанцій

Режими напруги в первинній мережі мають характерні тримодальні розподіли (рис. 7). В загальному випадку математичне очікування, мода та медіана не співпадають між собою. Розкид значень в первинній мережі відносно математичного очікування складає більше 1 кВ, що є найбільшим значенням порівняно з розподілами напруги в тяговій та районній мережі.

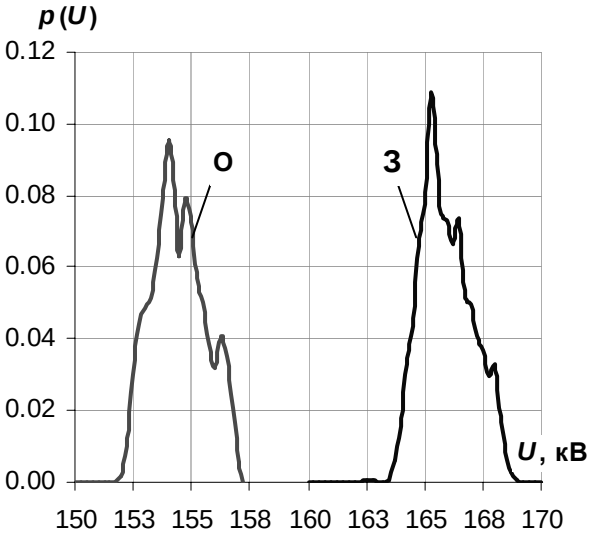


Рис. 7. Функції густини розподілів ймовірностей напруги прямої послідовності первинної мережі

Числові характеристики положення в розподілах напруги районної мережі різних тягових підстанцій (рис. 8) практично співпадають при різних значеннях характеристик положення в первинній завдяки пристроям регулювання напруги.

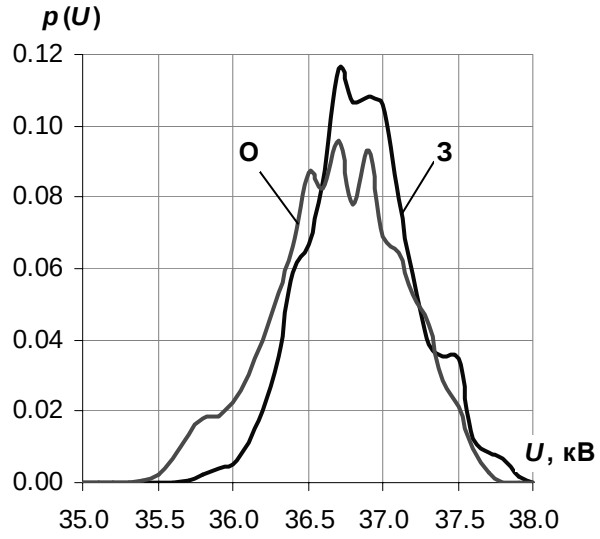


Рис. 8. Функції густини розподілів ймовірностей напруги прямої послідовності районної мережі

Для всіх підстанцій на приєднаннях первинної та районної мереж центральні моменти 4-го порядку набувають від'ємних значень (табл. 3), що свідчить про плосковершинний характер функцій густини розподілу ймовірностей. Асиметрія розподілів може приймати як додатні, так і від'ємні значення, що вказує на наявність скошеності розподілу вправо чи вліво відносно нормального розподілу.

Таблиця 3

Числові характеристики режимів напруги в первинній та районній мережі

Параметр	Первинна мережа		Районна мережа	
	З	О	З	О
$M(U)$	165,817	154,330	36,800	36,648
$Mo(U)$	165,982	153,776	36,707	36,808
$Me(U)$	165,711	154,240	36,786	36,658
$D(U)$	1,201	1,283	0,132	0,190
$\sigma(U)$	1,096	1,133	0,364	0,436
$As(U)$	0,284	0,182	0,095	-0,244
$Ex(U)$	-0,480	-0,739	-0,030	-0,298

Отримані результати вказують на наявність і малих, і великих змін в числових характеристиках. З цього впливає, що строго стаціонарних процесів в системі тягового електропостачання не відбувається [2].

Проте за досить малих змін процес зміни напруги можна вважати стаціонарним у вузькому смислі [3].

За значних змін числових характеристик процес зміни напруги вважають або слабо стаціонарним, або взагалі нестаціонарним.

Таким чином, стаціонарними у вузькому смислі будуть режими напруги за нормального режиму роботи системи тягового електропостачання.

При виникненні вимушених режимів режим напруги необхідно розглядати в якості слабо стаціонарного чи нестаціонарного процесу.

Для аналізу випадкових процесів застосовують автокореляційні функції, які дозволяють виявити наявність невипадкових складових та оцінити невипадкові параметри цих процесів [4].

Для більш детального аналізу режимів напруги на шинах тягових підстанцій визначимо для кожної реалізації напруги автокореляційні функції.

Як видно з рис. 9 – 11, автокореляційні функції напруги на шинах 27,5 кВ тягових підстанцій в первинній та районній мережі мають випадкові та невипадкові складові. Причому, в первинній мережі тягових підстанцій невипадкові складові превалюють над випадковими.

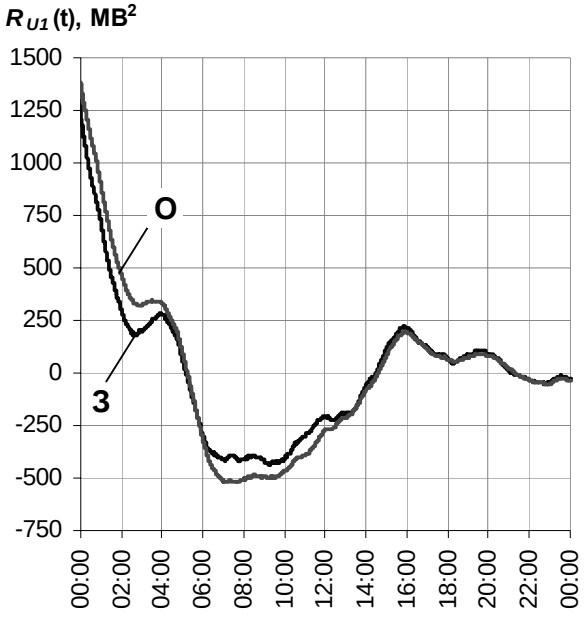


Рис. 9. Автокореляційні функції напруги прямої послідовності на шинах первинної напруги

Крім того, автокореляційні функції напруги прямої послідовності в первинній мережі для двох різних тягових підстанцій практично співпадають (рис. 9). Це вказує на те, що характер зміни тягового навантаження несуттєво впливає на характер зміни напруги прямої послідовності в первинній мережі тягових підстанцій.

Характер зміни напруги прямої послідовності в районній мережі подібний до відповідного в первинній мережі, проте автокореляційні функції напруги двох різних підстанцій (рис. 10) суттєво відрізняються між собою та мають в собі складові з різними значеннями періодів.

Таким чином, спотворення режиму напруги в районній обмотці тягового трансформатора визначається джерелами, які не присутні в первинній мережі тягових підстанцій.

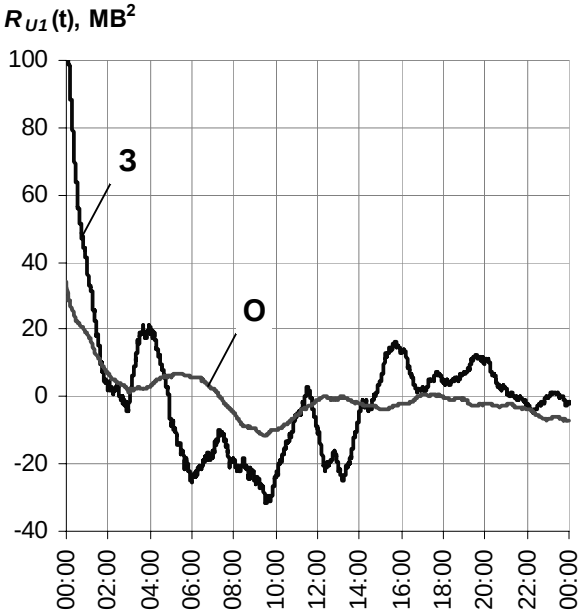


Рис. 10. Автокореляційні функції напруги прямої послідовності на шинах районної напруги

Характери зміни напруги зворотної послідовності в первинній та районній мережі між собою не подібні, суттєво відрізняються і їх автокореляційні функції (рис. 12, 13).

Невідповідність періодів складових напруги зворотної послідовності з періодами складових прямої послідовності свідчить про різні причини їх виникнення.

Логічно припустити, що безпосередньо тягове навантаження визначає наявність випадкових складових в автокореляційних функціях напруги прямої та зворотної послідовності.

Як видно з рис. 13 – 14, напруга зворотної послідовності в районній мережі має в собі ще більшу кількість періодичних складових, тобто

змінюється частіше від напруги прямої послідовності.

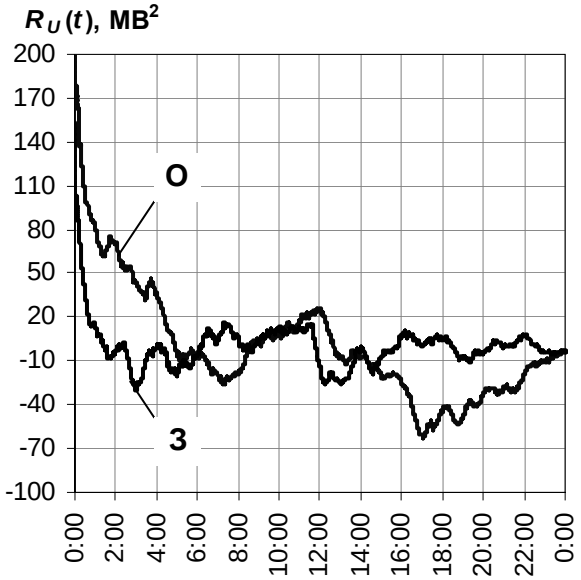


Рис. 11. Автокореляційні функції напруги на шинах тягової підстанції 27,5 кВ

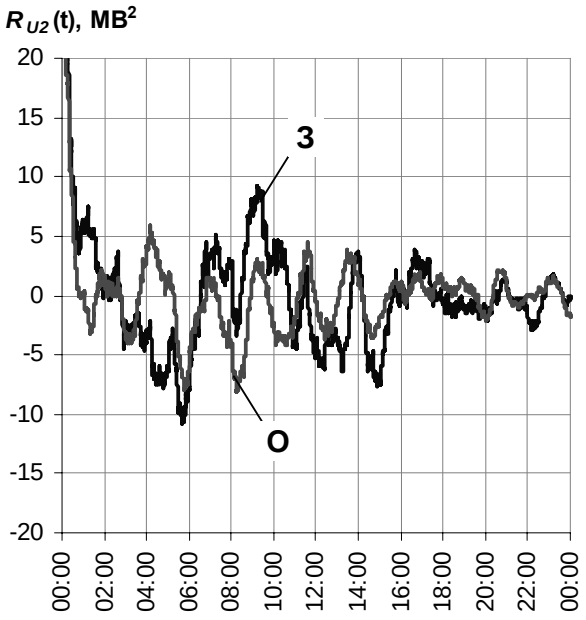


Рис. 12. Автокореляційні функції напруги зворотної послідовності на шинах первинної напруги

ВИСНОВКИ

1. В загальному випадку величину напруги на кожному приєднанні тягової підстанції можна вважати випадковою величиною, в основі розподілів щільності ймовірностей якої виступає один або сума нормальних законів.

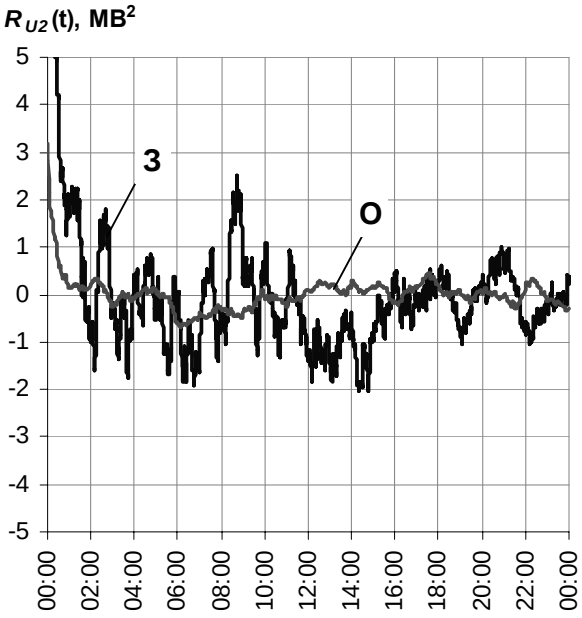


Рис. 13. Автокореляційні функції напруги зворотної послідовності на шинах районної напруги

2. В нормальному режимі роботи системи тягового електропостачання процес зміни напруги можна вважати стаціонарним у вузькому смислі. Вимушені режими викликають відповідні зміни в режимах напруги, тривалість яких визначить процес зміни напруги або стаціонарним в широкому смислі, або нестаціонарним.

3. Розглядаючи окремо режими напруги прямої та зворотної послідовностей, за допомогою автокореляційних функцій можна виявити невипадкові складові, превалююче значення яких виявлено в напрузі прямої послідовності первинної мережі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Тимофеев, Д. В. Режимы в электрических системах с тяговыми нагрузками [Текст] / Д. В. Тимофеев. – М.: Энергия, 1972. – 296 с.
2. Bollen, M. H. J. Signal Processing of Power Quality Disturbances [Текст] / M. H. J. Bollen, I. Y. H. Gu. – Piscataway, NJ.: IEEE Press, 2006. – 861 p.
3. Отнес, Р. Прикладной анализ временных рядов [Текст] / Р. Отнес, Л. Эноксон. – М.: Мир, 1982. – 428 с.
4. Бендат, Дж. Прикладной анализ случайных данных [Текст] / Дж. Бендат, Л. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 527 с.

Надійшла до редколегії 16.09.2009.
Прийнята до друку 24.09.2009.

УДК 629.4

И. П. КОРЖЕНЕВИЧ (ДИИТ)

ОЦЕНКА РАСХОДА ТОПЛИВА ИЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ МЕХАНИЧЕСКУЮ РАБОТУ ЛОКОМОТИВА

Розглядається зв'язок механічної роботи локомотива з витратами палива або електроенергії.

Рассматривается связь механической работы локомотива с расходом топлива или электроэнергии.

The relation of locomotive mechanical work with the consumption of fuel or electric power is considered.

Для экономической оценки тех или иных проектных решений необходимо определять эксплуатационные расходы на тягу поездов. Необходимые для расчетов показатели определяются путем выполнения тяговых расчетов. При определении расхода топлива или электроэнергии возникают некоторые сложности, вызванные необходимостью ввода в компьютер топливных и токовых характеристик и выработки алгоритма определения силы тока или расхода топлива при ограниченной силе тяги.

В то же время имеются рекомендации [1] по определению расхода топлива G (кг) или электроэнергии A (кВт·ч) через механическую работу локомотива $R_м$ (т-км):

$$G = 0,8...0,85 \cdot R_м ;$$

$A = 3,2 \cdot R_м$ – для постоянного тока и

$A = 3,3 \cdot R_м$ – для переменного тока.

Такие зависимости вытекают из следующего. Как известно [2], механическая работа определяется через касательную силу тяги и пройденный путь:

$$R_м = \int F_к dS = \sum F_к \cdot \Delta S .$$

Записав пройденный путь через скорость V и время Δt, получим:

$$R_м = \sum F_к \cdot V \cdot \Delta t .$$

Расход топлива определяется через единичный расход g и время:

$$G = \int g\, dt = \sum g \cdot \Delta t .$$

Аналогично расход электроэнергии можно определить через напряжение U, ток I и время

$$A = \int U \cdot I \cdot dt = \sum U \cdot I \cdot \Delta t .$$

Таким образом, для определения коэффициентов перехода от механической работы к расходу топлива или расходу электроэнергии необходимо проанализировать соотношение между g или UI и $F_к V$.

Для ряда локомотивов был выполнен такой анализ. Значения коэффициентов перехода от механической работы к расходу топлива или электроэнергии в зависимости от скорости и аппроксимирующие зависимости представлены на рис. 1 – 9.

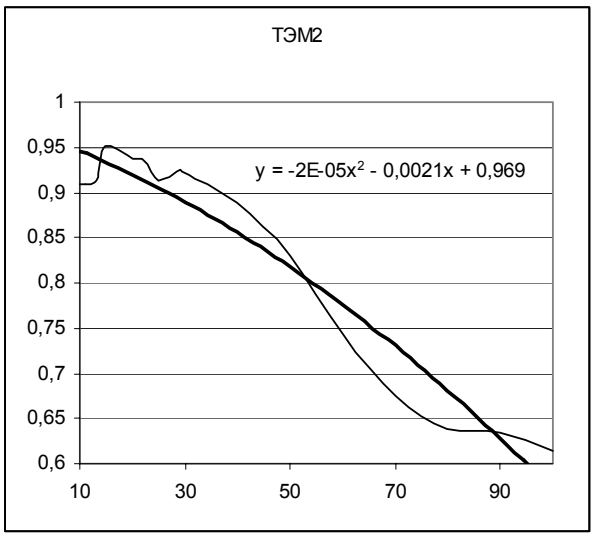


Рис. 1

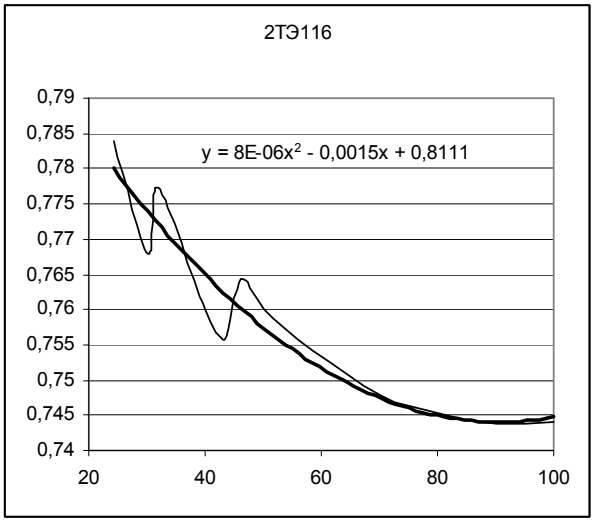


Рис. 2

© Корженевич И. П., 2009

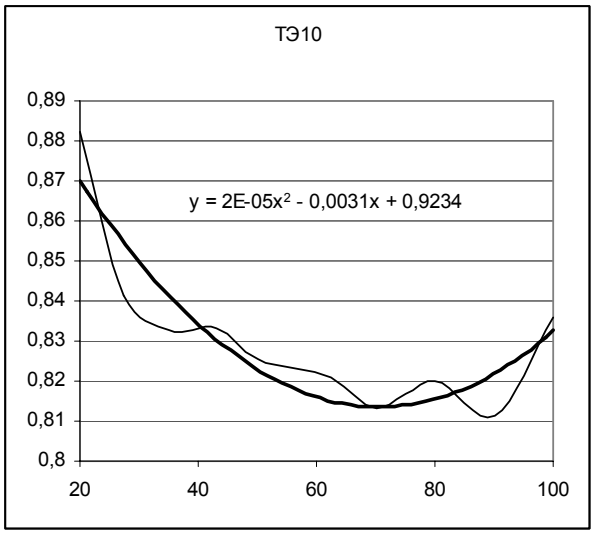


Рис. 3

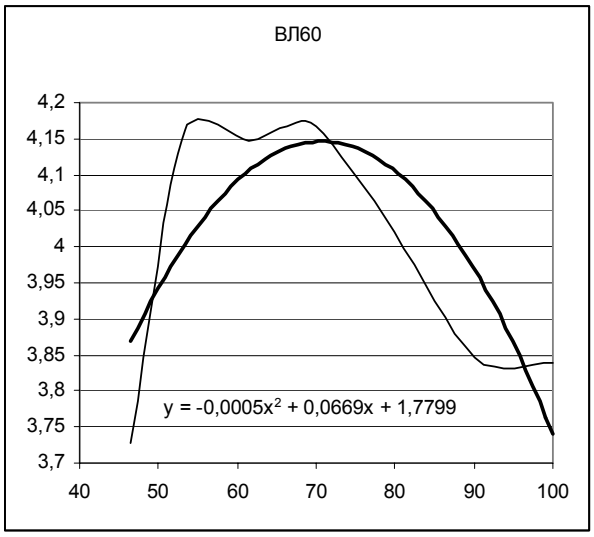


Рис. 6

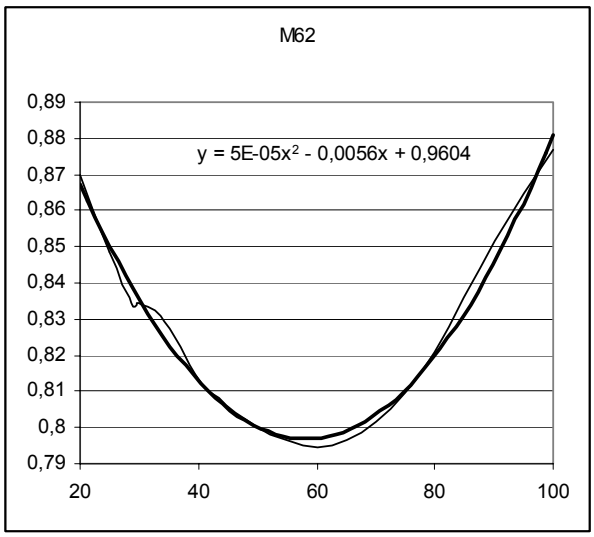


Рис. 4

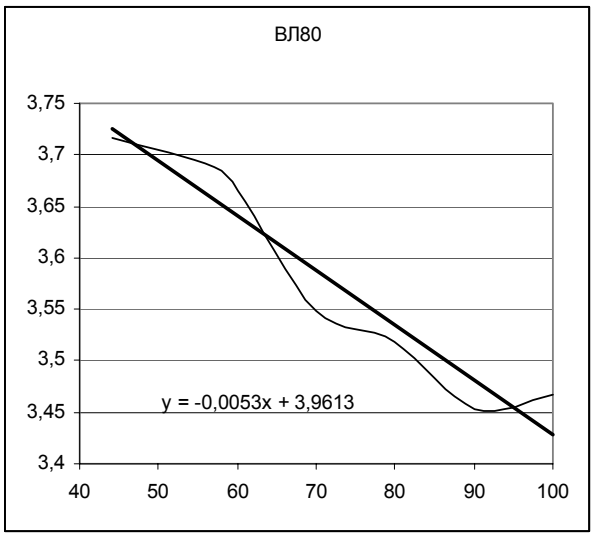


Рис. 7

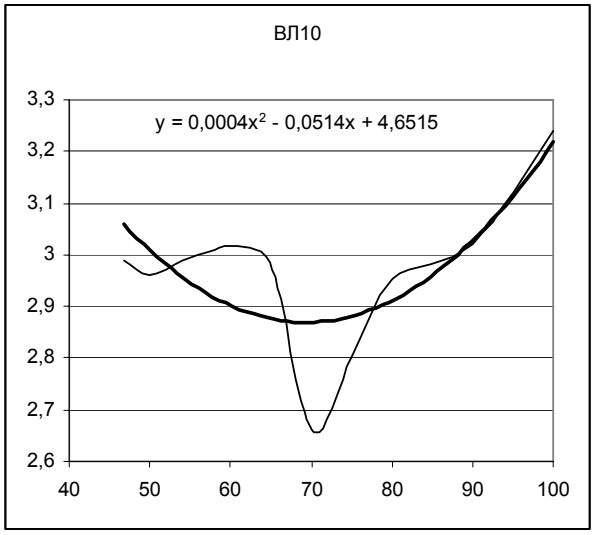


Рис. 5

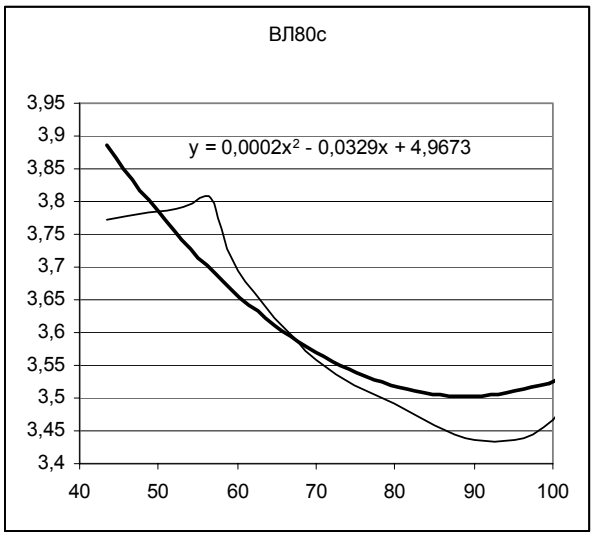


Рис. 8

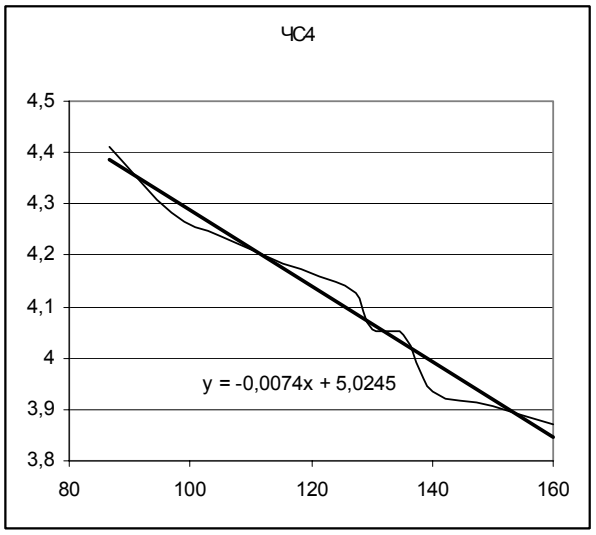


Рис. 9

Как видно из приведенных рисунков, рекомендации [1] далеко не всегда могут давать достаточно точные результаты.

Для каждого локомотива были определены средние значения коэффициента перехода и погрешность при использовании такого значения или рекомендованного [1]. Соответствующие данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Локомотив	Средний коэффициент перехода	Максимальная ошибка, %	
		при среднем коэффициенте	при коэффициенте из [1]
ТЭМ2	0,84	26	26
2ТЭ116	0,76	3	10
ТЭ10	0,83	6	7
М62	0,83	6	7
ВЛ10	2,97	10	17
ВЛ60	4,01	7	26
ВЛ80	3,58	4	13
ВЛ80с	3,63	5	15
ЧС4	4,11	7	34

Выполненные расчеты показали, что использование в экономических расчетах взаимосвязи между механической работой и расходом топлива или электроэнергии вполне допустимо.

В то же время применение коэффициентов, рекомендованных в [1], будет приводить к существенным ошибкам.

Для приближенных расчетов рекомендуется применять взамен [1] коэффициенты, приведенные в табл. 1.

При реализации расчета расхода топлива или электроэнергии в компьютерных реализациях наиболее эффективно использовать аппроксимирующие зависимости, которые приведены на рис. 1 – 9.

При отсутствии таких данных для современных локомотивов можно применять следующие зависимости:

$k = 0,00002V^2 - 0,003V + 0,92$ – для тепловозов;

$k = 0,0004V^2 - 0,051V + 4,65$ – для электровозов постоянного тока;

$k = 0,0002V^2 - 0,033V + 4,97$ – для электровозов переменного тока.

При пошаговом выполнении тягового расчета на каждом шаге при включенной тяге определяется средняя скорость на шаге. По средней скорости рассчитывается значение коэффициента перехода, а по изменению механической работы определяется прирост расхода топлива или электроэнергии.

В результате такие расчеты можно выполнять даже при отсутствии тяговых или топливных характеристик с достаточной точностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кантор, И. И. Изыскания и проектирование железных дорог [Текст] / И. И. Кантор. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 288 с.
2. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.

Поступила в редколлегию 03.09.2009.
Принята к печати 18.09.2009.

УДК 519.6

Н. Н. БЕЛЯЕВ, В. М. ЛИСНЯК (ДИИТ)

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ОБЛАКА ТОКСИЧНОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ

На базі розробленої тривимірної чисельної моделі виконано розрахунок процесу нейтралізації токсичної речовини в атмосфері. Модель базується на чисельному інтегруванні 3D рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки. Наводяться результати обчислювального експерименту щодо прогнозу рівня забруднення атмосфери.

На основе разработанной трехмерной численной модели рассчитан процесс нейтрализации токсичного газа в атмосфере. Модель основывается на численном интегрировании уравнения конвективно-диффузионного переноса примеси. Приводятся результаты вычислительного эксперимента по прогнозу уровня загрязнения атмосферы.

The 3D CFD model to simulate the pollutant transfer and the process of neutralization of toxic gas after accidents was developed. The model is based on the transport gradient model. The results of numerical experiments are presented.

Введение

Аварии при транспортировке, погрузке, разгрузке химически опасных грузов могут привести к значительной эмиссии токсичных веществ, что является причиной масштабного загрязнения окружающей среды (очень часто атмосферы) и создает угрозу поражения людей. При ликвидации последствий аварий с химически опасными веществами применяются различные защитные мероприятия, в число которых входит подача нейтрализатора для уменьшения зоны загрязнения атмосферы [1, 5]. При применении метода нейтрализации возникает закономерный вопрос – чем гарантируется обеспечение требуемого уровня экологической безопасности? Количеством поданного нейтрализатора? Очевидно, нет. Количеством нейтрализованного токсичного газа? Очевидно, да. Понятно, что подача нейтрализатора в облако токсичного газа может осуществляться с различных позиций, с различной интенсивностью, при различных метеоусловиях и т.д., и все это, естественно, будет влиять на количество нейтрализованного токсичного газа, а значит на эффективность защитного мероприятия и на уровень экологической безопасности. Поэтому одним из важнейших вопросов при разработке плана организации защитных мероприятий является не только прогноз возможных масштабов загрязнения (прогноз масштаба угрозы), но и *количественная оценка эффективности* планируемых средств защиты. *Иными словами, принятие решения по организации защитных мероприятий должно основываться на расчете.* Только на основе такого подхода можно научно обоснованно определить параметры защитных установок, рациональное их размещение, режим работы для минимизации экологического ущерба и обеспечения требуемого уровня безопасности.

Использование аналитических моделей для решения задачи оценки эффективности нейтрализации токсичного газа в атмосфере не представляется возможным в силу сложности задачи – неравномерный профиль ветра, необходимость учета формы облака (для выполнения критерия геометрического подобия в модели), изменение в атмосфере концентрации токсичного газа, нейтрализатора с течением времени при их химическом взаимодействии. Поэтому единственным методом расчета является численное моделирование. ***Целью данной работы*** явилось применение построенной трехмерной численной модели (CFD model) для расчета процесса загрязнения атмосферы при аварийном выбросе фтористого водорода и расчета процесса нейтрализации облака токсичного газа в атмосфере за счет подачи реагента. Построенная модель дает возможность выполнить прямое численное моделирование процессов рассеивания токсичного газа и его нейтрализации с учетом неравномерного профиля ветра, неравномерных значений коэффициентов диффузии, геометрической формы облака, режима подачи нейтрализатора. Модель позволяет получить прогнозные результаты в течение нескольких секунд на ПК средней и малой мощности.

© Беляев Н. Н., Лисняк В. М., 2009

Математическая модель

Рассматривается процесс загрязнения атмосферы при поступлении в нее токсичного газа – HF. Моделируется ситуация, когда над местом аварии образовалось облако газа сложной геометрической формы. С целью защиты атмосферы от загрязнения и минимизации экологического ущерба применяется подача нейтрализатора в мигрирующее облако. Такая подача может осуществляться как с помощью наземных средств (стационарные лафетные установки, пожарные машины), так и воздушных (вертолет, самолет).

Для расчета процесса загрязнения атмосферы при распространении токсичного газа, попавшего в воздушную среду вследствие аварии, используем трехмерное уравнение переноса примеси (модель градиентного типа) [2, 3]. Данное уравнение переноса используется для моделирования рассеивания нейтрализатора (NaOH) в атмосфере, подаваемого для снижения уровня загазованности атмосферы:

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\frac{\partial uC}{\partial x}+\frac{\partial vC}{\partial y}+\frac{\partial (w-w_s)C}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_x\frac{\partial C}{\partial x}\right)+$$

$$+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_y\frac{\partial C}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_z\frac{\partial C}{\partial z}\right)+\sum Q_i(t)\delta(r-r_i), \quad (1)$$

где C – концентрация примеси (нейтрализатор, токсичный газ); u, v, w – компоненты вектора скорости воздушной среды; w_S – скорость оседания примеси (нейтрализатор); $\mu=(\mu_x,\mu_y,\mu_z)$ – коэффициенты атмосферной диффузии; Q – интенсивность выброса нейтрализатора; $r_i=(x_i(t), y_i(t), z_i(t))$ – координаты источника эмиссии нейтрализатора; $\delta(r-r_i)$ – дельта-функция Дирака.

Место подачи нейтрализатора моделируется с помощью дельта-функции Дирака. Процесс взаимодействия токсичного газа и нейтрализатора рассчитывается на основе уравнения реакции

$$HF + NaOH \rightarrow NaF + H_2O.$$

В разработанной численной модели используется неравномерный профиль скорости ветра и вертикального коэффициента диффузии:

$$u=u_1\left(\frac{z}{z_1}\right)^n, \quad \mu_z=k_1\left(\frac{z}{z_1}\right)^m,$$

где u_1 – скорость ветра на высоте z_1; $k_1=0,2$; $n=0,15$; $m\approx 1$. Принимается, что коэффициенты μ_y и μ_x одинаковы.

Постановка краевых условий для рассмотренного уравнения переноса примеси рассмотрена в работах [2, 3].

Метод решения

Численное интегрирование уравнения (1) проводится с использованием попеременно-треугольной разностной схемы расщепления [2] на прямоугольной разностной сетке. Разработанный код реализован на алгоритмическом языке FORTRAN. Форма облака токсичного газа формируется в численной модели с помощью маркеров [2].

Практическая реализация

На основе разработанного кода была решена задача по оценке эффективности метода нейтрализации для защиты атмосферы от загрязнения при миграции облака токсичного газа. Рассматривался следующий сценарий. Произошла авария, в результате которой на месте аварии образовалось облако сложной (грибовидной) формы (рис. 1). Для защиты атмосферы от загрязнения используется подача щелочи NaOH. Исследуется эффективность процесса нейтрализации при различной интенсивности и месте подачи нейтрализатора.

Вычислительный эксперимент проводился при следующих параметрах: размеры облака: высота – 20,4 м; максимальная ширина шляпки – 60 м; ширина ножки – 30 м; масса HF в облаке составляет порядка 5,9 т; скорость ветра (на высоте 10 м) – 4,7 м/с; коэффициент диффузии μ_x = 2,7 м^2/с; скорость оседания капель нейтрализатора – 0,01 м/с; размеры расчетной области 180 х 180 х 40,8 м. Интенсивность подачи нейтрализатора варьируется – 50 кг/с (второй вариант – 90 кг/с, третий вариант – 350 кг/с). Координаты источника эмиссии NaOH: x = = 67,5 м; y = 82,5 м; z = 22,1 м (другой вариант – z = 8,5 м). При расчете полагалось, что подача нейтрализатора начинается в момент времени t = 0 с.

Оценку эффективности процесса нейтрализации проведем по двум параметрам: по количеству нейтрализованного токсичного газа и по величине токсодозы. Рассмотрим результаты расчета. В табл. 1 – 5 представлены данные по расчету количества нейтрализованного токсичного газа в зависимости от различной интенсивности подачи нейтрализатора. На основе этих данных можно количественно оценить

эффективность метода нейтрализации. В табл. 1 представлены данные, как о массе нейтрализованного газа, так и процент нейтрализованного газа от его начальной массы. В других таблицах приводится процент нейтрализованного газа для оперативной оценки эффективности процесса нейтрализации.

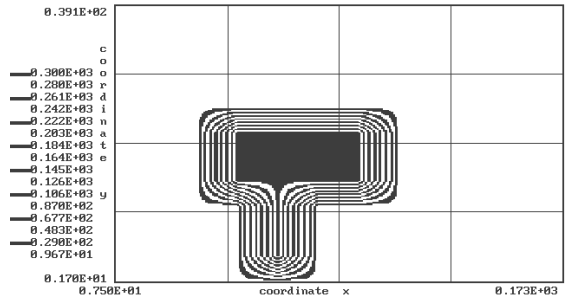


Рис. 1. Форма облака токсичного газа на месте аварии (сечение y = 82,5 м)

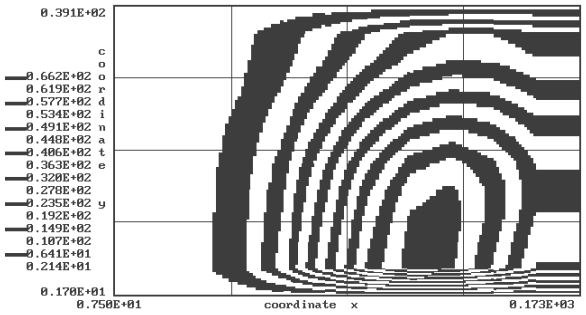


Рис. 2. Зона загрязнения атмосферы для момента времени t = 12 с (сечение y = 82,5 м); нет подачи нейтрализатора

Таблица 1

Количество нейтрализованного токсичного газа, высота подачи нейтрализатора 22,1 м (подача нейтрализатора Q = 50 кг/с)

t, с	7	20	27
нейтрализовано	174,8 кг 2,92 %	407,1 кг 6,80 %	501,8 кг 8,38 %

Таблица 2

Количество нейтрализованного токсичного газа, высота подачи нейтрализатора 22,1 м (подача нейтрализатора Q = 90 кг/с)

t, с	7	20	27
нейтрализовано	4,99 %	11,19 %	13,73 %

Таблица 3

Количество нейтрализованного токсичного газа, высота подачи нейтрализатора 22,1 м (подача нейтрализатора на одном уровне Q = 350 кг/с)

t, с	7	20	27
нейтрализовано	14,78 %	31,63 %	37,42 %

Таблица 4

Количество нейтрализованного токсичного газа, высота подачи нейтрализатора 8,5 м (подача нейтрализатора на одном уровне Q = 350 кг/с)

t, с	7	20	27
нейтрализовано	17,20 %	33,89 %	39,75 %

Таблица 5

Количество нейтрализованного токсичного газа, подача нейтрализатора на двух уровнях 22,1м и 8,5 м (суммарная подача нейтрализатора Q = 350 кг/с)

t, с	7	20	27
нейтрализовано	18,20 %	34,62 %	40,23 %

Отметим, что к моменту времени t = 27 с может быть нейтрализовано порядка 37…40 % токсичного газа при интенсивности подачи нейтрализатора в количестве 350 кг/с, т.е. за достаточно короткий промежуток времени будет нейтрализована значительная часть токсичного вещества и, что важно, на относительно *коротком* участке местности. Даже если нет возможности нейтрализовать оставшуюся часть токсичного газа, то понятно, что после организованного природоохранного мероприятия в атмосфере теперь переносится практически вдвое меньше токсичного вещества.

Теперь выполним оценку эффективности *использования* нейтрализатора. Для анализа рассмотрим ситуацию, когда интенсивность подачи нейтрализатора равна Q = 50 кг/с, подача осуществляется на уровне 22,1 м. В табл. 6 представлены данные о количестве нейтрализатора, не вступившего в реакцию с токсичным газом на определенный момент времени.

Таблица 6

Количество «неиспользованного» нейтрализатора, подача нейтрализатора на уровне 22,1 м (интенсивность подача нейтрализатора Q = 50 кг/с)

t, с	7	20	27
Не использовано нейтрализатора, кг	0,27	185,7	346,3

Из табл. 6 отчетливо видно, что количество «неиспользованного» нейтрализатора все время возрастает с течением времени. Это объясняется сносом облака токсичного газа относительно источника подачи реагента и, следовательно, «уходом» токсичного газа из зоны влияния источника подачи нейтрализатора.

Оценить эффективность метода нейтрализации для уменьшения зоны загрязнения атмосферы можно на основе анализа представленных ниже рисунков, где показано распределение изолиний концентрации HF (сечение y = = 82,5 м) для момента времени t = 12 с.

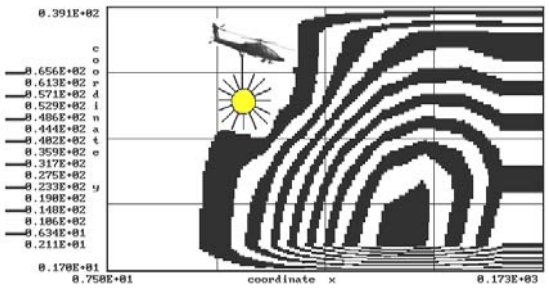


Рис. 3. Зона загрязнения атмосферы для момента времени t = 12 с (сечение y = 82,5 м); подача нейтрализатора Q = 50 кг/с, высота подачи z = 22,1 м

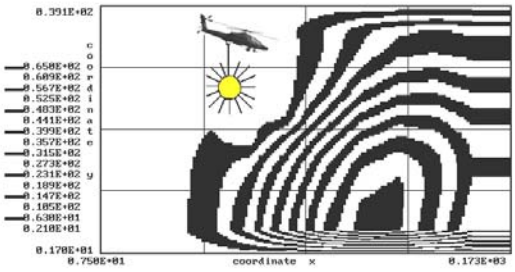


Рис. 4. Зона загрязнения атмосферы для момента времени t = 12 с (сечение y = 82,5 м); подача нейтрализатора Q = 90 кг/с, высота подачи z = 22,1 м

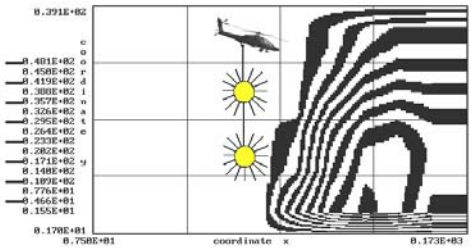


Рис. 5. Зона загрязнения атмосферы для момента времени t = 12 с (сечение y = 82,5 м); подача нейтрализатора от двух источников, каждый интенсивностью Q = 175 кг/с и расположенных на разных уровнях: z = 22,1 м и z = 8,5 м

Хорошо видно влияние изменения интенсивности и места подачи нейтрализатора на размеры «нейтрализованной» зоны (для такой оценки следует сравнить рис. 2 и рис. 3 – 7). Отчетливо видно, что подача нейтрализатора на двух уровнях (рис. 5) существенно уменьшила размеры зоны загрязнения атмосферы по сравнению с подачей реагента на одном уровне.

Поскольку при авариях с химически опасными веществами поражающим фактором является концентрация загрязнителя, то при разработке ПЛАСа особо важным вопросом является расчет токсодозы в тех или иных зонах. Расчет токсодозы крайне важен с позиции оценки эффективности защитных мероприятий, рекомендуемых в ПЛАСе, и, в первую очередь, с целью выбора безопасного расположения людей, техники и т.п. В данной работе для оценки уровня экологической безопасности на месте расположения рецептора рассчитывалось значение токсодозы по следующей зависимости:

$$TD = \int_0^T C(t)\,dt\,,$$

где t – время, C – концентрация токсичного газа.

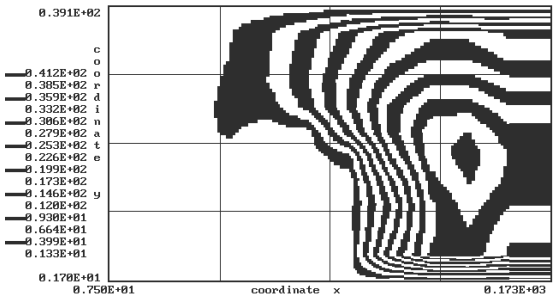


Рис. 6. Зона загрязнения атмосферы для момента времени t = 12 с (сечение y = 82,5 м); подача нейтрализатора Q = 350 кг/с, высота подачи z = 8,5 м

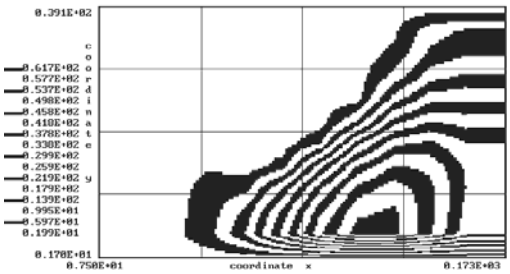


Рис. 7. Зона загрязнения атмосферы для момента времени t = 12 с (сечение y = 82,5 м); подача нейтрализатора Q = 350 кг/с, высота подачи z = 22,1 м

В последующих таблицах показано прогнозное значение величины токсодозы на месте расположения рецептора: x = 157,5 м; y = = 82,5 м; и на высоте $z = 1,7$ м (зона дыхания). Эти данные позволяют также оценить эффективность процесса нейтрализации.

Принимая во внимание, что значение токсодозы 7,5 мг·мин/л является смертельно опасной величиной при загрязнении воздуха HF [1], видно, что подача нейтрализатора при выбранных параметрах работы установки *не обеспечивает* безопасность на месте расположения рецептора, кроме варианта подачи нейтрализато-

ра на уровне $z = 8,5$ м, с интенсивностью 350 кг/с. Для объяснения этого факта необходимо еще раз проанализировать представленные выше рисунки, откуда видно, что для рассматриваемых случаев подачи нейтрализатора на высоте 22,1 м нейтрализации подвергается верхняя часть облака, а зона загрязнения атмосферы возле земли не подвергается нейтрализации. Для варианта подачи реагента на высоте $z = 8,5$ м, наоборот, верхняя часть облака не подверглась нейтрализации.

Таблица 7

Изменение величины токсодозы с течением времени, уровень z = 1,7 м (нет подачи нейтрализатора)

t, с	15	18	25	27
токсодоза, мг·мин/л	5,39	7,79	12,34	13,26

Таблица 8

Изменение величины токсодозы с течением времени, уровень z = 1,7 м (подача нейтрализатора 50 кг/с)

t ,с	15	18	25	27
токсодоза, мг·мин/л	5,37	7,73	12,14	12,92

Таблица 9

Изменение величины токсодозы с течением времени, уровень z = 1,7 м (подача нейтрализатора 90 кг/с)

t ,с	15	18	25	27
токсодоза, мг·мин/л	5,35	7,68	11,97	12,78

Таблица 10

Изменение величины токсодозы с течением времени, уровень z = 1,7 м (подача нейтрализатора 350 кг/ с на уровне z = 22,1 м)

t, с	15	18	25	27
токсодоза, мг·мин/л	5,21	7,37	10,89	11,39

Таблица 11

Изменение величины токсодозы с течением времени, уровень z = 1,7 м (подача нейтрализатора на двух уровнях, величина суммарной подачи 350 кг/с)

t, с	15	18	25	27
токсодоза, мг·мин/л	4,63	6,34	8,45	8,54

Таблица 12

Изменение величины токсодозы с течением времени, уровень z = 1,7 м (подача нейтрализатора 350 кг/с на уровне z = 8,5 м)

t, с	15	18	25	27
токсодоза, мг·мин/л	4,05	5,31	6,26	6,27

В заключение отметим, что расчет с использованием построенной численной модели требует около 5…10 с для получения прогнозных результатов с помощью разработанного кода.

Выводы

В работе на основе разработанной трехмерной численной модели и созданного на ее основе кода выполнен расчет процесса нейтрализации облака токсичного, мигрирующего газа в атмосфере. Методом вычислительного эксперимента исследована эффективность процесса нейтрализации при различной интенсивности подачи нейтрализатора и месте его подачи. Дальнейшее развитие данной модели должно быть направлено на создание численной модели для расчета рассеивания и нейтрализации тяжелых газов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий [Текст] : учеб. пособие в 5-ти книгах / под ред. В. А. Котляревского и А. В. Забегаева. – М.: АСВ, 2001. – 200 с.
2. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде [Текст] / М. З. Згуровский и др. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.
3. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды [Текст] / Г. И. Марчук. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
4. Мацак, В. Г. Гигиеническое значение скорости испарения и давления пара токсических веществ, применяемых в производстве [Текст] / В. Г. Мацак, Л. К. Хоцянов. – М.: Медгиз, 1959. – 231 с.
5. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об’єктах і транспорті [Текст]. – К., 2001. – 33 с.
6. Самарский, А. А. Теория разностных схем [Текст] / А. А. Самарский. – М.: Наука, 1983. – 616 с.

Поступила в редколлегию 01.09.2009.
Принята к печати 14.09.2009.

УДК 666:293.12; 666:113.83

В. И. БОЛЬШАКОВ, Л. С. САВИН, А. П. ПРИХОДЬКО (ПГАСА, Днепропетровск),
А. Н. ПШИНЬКО (ДИИТ), Ю. Л. САВИН, Т. Н. ДУБОВ, Е. Ю. САВИН (ПГАСА, Днепропетровск)

НАУЧНО-ТЕХНОЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД И НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

У статті запропоновано науково-техноекономічний підхід щодо використання техногенних відходів у будівництві. Дано теоретико-експериментальні розробки з кінетики корозії сталі в натрієво-кальцієвих силікатах із заміною аніона кисню на фтор і хлор. В роботі наведено фізико-хімічні принципи створення нового підкласу скла з участю хлорвміщуючих аніонних комплексів.

В статье предложен научно-техноэкономический подход по использованию техногенных отходов в строительстве. Даны теоретико-экспериментальные разработки по кинетике коррозии стали в натриево-кальциевых силикатах с заменой аниона кислорода на фтор и хлор. В работе приведены физико-химические принципы создания нового подкласса стекол с участием хлорсодержащих анионных комплексов.

A new techno-economic approach to the use of technogenic wastes in construction is proposed in this article. The theoretical-and-experimental developments on steel corrosion kinetics in the sodium-calcium silicates with the replacement of oxygen anion on fluorine and chlorine are given. In this study some physico-chemical principles of making a new glass subclass with chlorine-containing anionic complexes are presented.

В последнее время акцентируется внимание на расширение выпуска товаров народного потребления и техники специального назначения, что прямо или косвенно указывает на необходимость развития и совершенствования производства изделий различного назначения в системе «стекло – металл». Естественно, что с ростом производства изделий и товаров санитарно-технического профиля увеличивается потребность в сырьевых материалах. Поэтому немаловажную роль играет изыскание нетрадиционных компонентов из числа попутных продуктов различных отраслей промышленности. Особого внимания заслуживает всестороннее изучение, научное обоснование целесообразности применения в производстве химического, электробытового и социально-бытового оборудования и приборов техногенных материалов цветной металлургии и коксохимической промышленности, которые характеризуются химическим разнообразием и значительным количеством на единицу выпускаемой продукции (0,3 мас. частей отходов).

Исходя из этого, создание малоотходных и безотходных технологий позволяет более полно утилизировать образующиеся в процессе производства вещества и их композиции. Однако для этого необходимо решить ряд сложных научно-технических проблем, главной из которых является разработка физико-химических основ по вовлечению в производство стеклоизделий и других силикатных материалов многотоннажных отходов цветной металлургии и коксохимии. Таким образом, в настоящее время народно-хозяйственное значение имеет разработка технологий, обеспечивающих рациональное и бережное использование материальных ресурсов с комплексным использованием сырья, способствующего сохранению окружающей природной среды.

Основной целью данной работы является разработка научно-обоснованных положений, обеспечивающих создание материалосберегающей технологии эмалирования стали и изделий. Одновременно народно-хозяйственная потребность исследований по вовлечению в промышленное производство эмалированных изделий новых материалов и композиций вызывается недостатком природного сырья и требованиями экологии. Так, проблемным стал вопрос о замене фтористых соединений в составах стекол другими компонентами. Для интенсификации основных процессов технологии эмалирования стальных изделий и улучшения

© Большаков В. И., Савин Л. С., Приходько А. П., Пшинько А. Н., Савин Ю. Л., Дубов Т. Н., Савин Е. Ю., 2009

качества защитного покрытия одновременно актуальными являются исследования по разработке малоглинистых и безглинистых композиций эмалевых шликеров. Однако в специальной литературе не обнаружено данных по замене состава грунтовых фритт другими галогенами.

В связи с этим для проектирования новых составов стекол, фритт и защитных покрытий на их основе предложены физико-химические принципы по замене одних компонентов другими с учетом диагонального расположения элементов в периодической системе Д. И. Менделеева и особенностей их электронного строения. Для достижения поставленной цели и выполнения намеченных задач проведено аналитическое сопоставление свойств и параметров хлора и фтора по вертикальной гомологии, а хлора с кислородом по диагональной аналогии (рис. 1). Сравнивая электронное строение элементов пары «хлор – фтор» обнаружено существование сходства, состоящего в том, что нейтральные атомы фтора и хлора имеют семь внешних электронов.

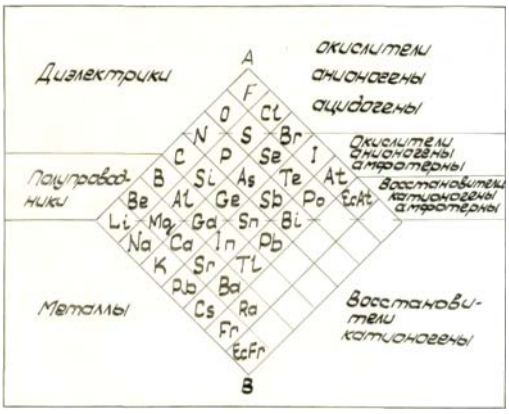


Рис. 1. Характеристика диагональных разрезов системы

Такого рода сходство в типах внешних оболочек атомов обусловливает формальное сходство возможных степеней окисления-восстановления и химических формул. Так, например, для соединений элементов главной подгруппы седьмой группы вертикального столбца характерна первая степень окисления и общая формула всех галогенидов щелочных металлов будет такой МеГ, где Ме – металл, Г – галоген. Однако такое сходство в ряде случаев является внешним, формальным.

Дальнейшее углубленное изучение выявило, что между атомами хлора и фтора имеется существенное различие. Так, значения ионизационных потенциалов и сродства к электрону у хлора и фтора неодинаковы. Кроме того, во внешней оболочке атома фтора имеется только одна свободная вакансия, а атом хлора характеризуется незанятой *p*-вакансией и еще десятью вакансиями с символом 3*d*, которые по своей энергии близки к 3*p*-орбиталям. Участие 3*d*-орбиталей в химических связях создает совершенно новую (совсем отсутствующую у фтора) склонность к повышению координационного числа, увеличению степеней окисления и образованию комплексов различных форм (рис.2.).

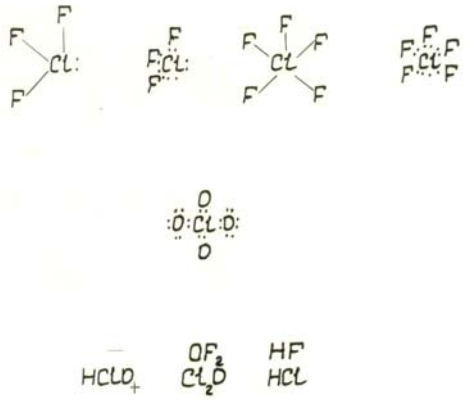


Рис. 2. Участие 3*d*-орбиталей в химических связях при повышении координационного числа, увеличении степеней окисления и образовании комплексов различных форм

При этом происходит как бы два встречных движения электронов: первое от хлора к кислородным лигандам; второе от кислорода к хлору. В результате этого заселение 3*d*-орбиталей становится энергетически выгодным.

Сопоставление элементов по диагонали имеет большое значение, т.к. позволяет осуществить технологу научно-обоснованный выбор соединений для составления новых составов стекол. В самом деле, диагональные аналоги хлор и кислород характеризуются равной энергией разрыва химической связи между водородом и хлором, между водородом и кислородом в молекулах HCl и H_2O (419 Дж/моль). Они образуют соединения с водородом неодинаковые по форме, но с одинаковым выделением энергии при разрыве химической связи из-за того, что в диагональной паре «хлор – кислород» обнаруживается химически-функциональное сходство.

Основываясь на предположениях о целесообразности замены кислорода на галогены с учетом вертикальной гомологии и диагональной аналогии, а также исходя из вскрытой связи между основными внутренними параметрами неорганических веществ, обоснованы физико-химические положения по созданию новых силикатных материалов. Таким образом, изложенными выше теоретическими исследования-

ми показано, что перспективной научно-методической основой проектирования галогенсодержащих стекол являются системы, которые включают одновременно два и более аниона. В композициях на основе таких систем обеспечивается образование структурных элементов «катион – кислород», «катион – галоген», «галоген – кислород», что предопределяет разнообразие свойств создаваемых стекол, фритт и защитных покрытий по стали.

На основании изучения свойств электронного строения элементов с учетом диагональной аналогии и вертикальной гомологии, синтезированы материалы с заменой аниона кислорода на галоид-ионы и изучены некоторые их свойства: интервал наплавления, растекаемость, температура начала размягчения, химическая стойкость; окислительная и смачивающая способности, поверхностное натяжение, вязкость и кристаллизация расплава, содержащего два аниона; микроструктура твердой фазы и др.

Исследованию подвергались 3-, 4- и 5-компонентные системы, в которых производилась частичная замена аниона кислорода на галоидные ионы путем введения фторидов и хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов вместо углекислых солей натрия и кальция. При этом выявлены стекловидные материалы и спеки. Для стекол, полученных путем замены карбоната натрия и кальция на фториды и хлориды, установлена зависимость: длина капли хлоридных стекол выше фторидных и оксидных. Это коррелируется тем, что размеры анионов растут в ряду, нм:

$$O^{-2} = 1{,}32;\ F^{--} = 1{,}36;\ Cl^{-} = 1{,}91 \cdot 10^{-10}.$$

Кроме того, экспериментально установленные данные можно объяснить различием внутреннего строения карбонатов и галоидов. Так, у карбоната кальция структура тригональная; у хлорида кальция – линейная, а у фторида кальция – равнобедренный треугольник. Это приводит к тому, что у данных соединений разный запас внутренней энергии и межъядерные расстояния Ме-Г также несходны и находятся в пределах от 0,21 до 0,251 нм.

Результаты экспериментальных исследований коррозии стали 0,8 КП в стеклах пятикомпонентной системы, содержащих анионы фтора и хлора, свидетельствуют (рис. 3) о коррелляционном росте потерь массы с увеличением концентрации.

Это объясняется различными значениями стандартных мольных энергий Гиббса, согласно которым галоид-ион выступает в роли модификаторов кремний-кислородных радикалов.

Одновременно изучено влияние этих ионов на изменение кислородно-основного отношения в расплавах и появления в них структурных новообразований фтора и хлора.

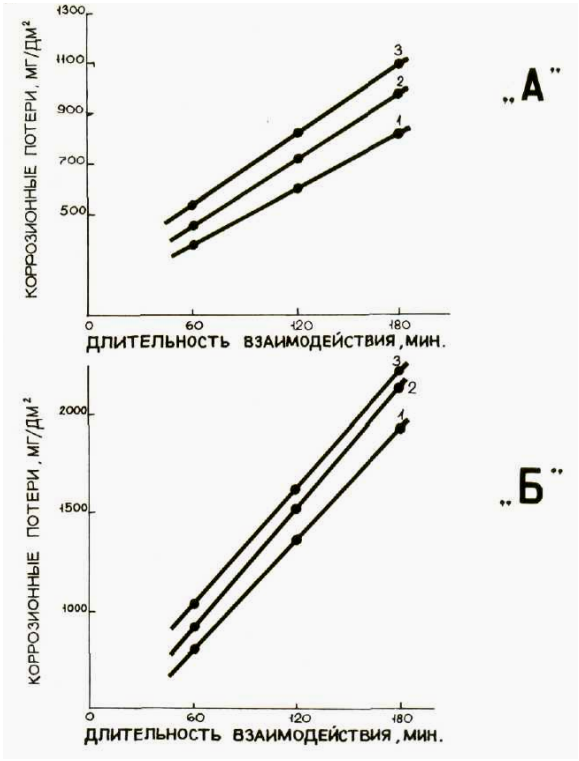


Рис. 3. Кинетика коррозии стали при температуре 1173 ºК в расплавах $Na_2O{\cdot}CaO{\cdot}B_2O_3{\cdot}SiO_2$ «А» и $Na_2O{\cdot}CaO{\cdot}B_2O_3{\cdot}Al_2O_3\ SiO_2$ «Б» с частичной заменой анионов кислорода «1» на фтор «2» и хлор «3»

Для суждения о кислотно-основных свойствах опытных стекол за «стандартное» было взято стекло состава 0,3 Na_2O; 0,7 SiO_2. Полученные данные о влиянии галогенидов на изменение равновесных потенциалов представлены на рис. 4., из которого видно, что при введении анионов хлора и фтора положительные значения потенциалов увеличиваются, т.е. активность ионов кислорода уменьшается, а кислотной системы возрастает. Наблюдаемое явление уменьшения активности ионов кислорода с ростом концентрации галоидных ионов вполне удовлетворительно объясняется теорией экранирования Вейля-Беляева, согласно представлениям которой по мере увеличения концентрации ионов фтора и хлора преобладающее влияние на степень связывания начинает оказывать ион кремния как обладающий большой силой поля (1,56). При дальнейшем увеличении концентрации галоид-ионов образуются кремнегалоидкислородные комплексы Si-O-Г, экранирование катиона-стеклообразователя улучшается, а кислотность системы понижается.

Поэтому на кривых 1 и 2 (рис. 4) наблюдается максимум, отражающий изменение равновесных потенциалов от концентрации анионов в стекле. Для уяснения внутреннего строения стекол, полученных в 3-, 4- и 5-компонентных системах при введении анионов хлора и фтора, выполнены ЭМА, ИКС, РФА, ДТА исследования.

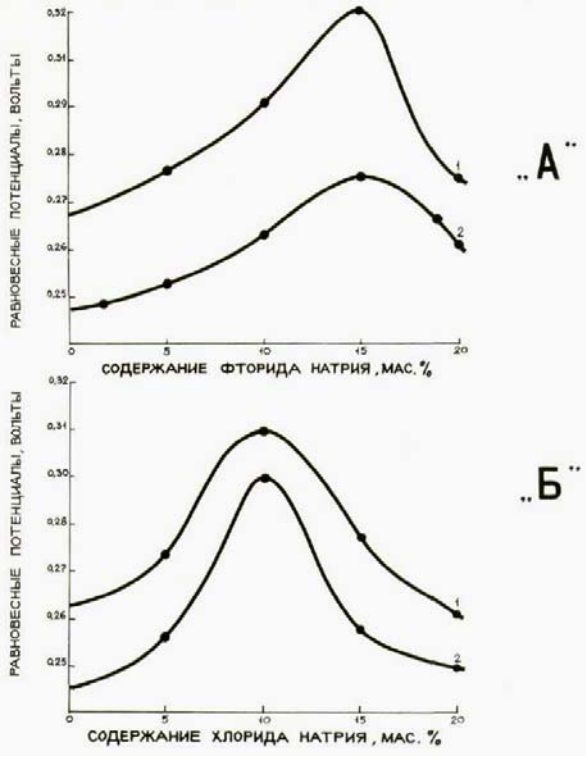


Рис. 4. Влияние фторида «А» и хлорида «Б» натрия на кислотно-основные свойства расплава системы $Na_2O{\cdot}CaO{\cdot}B_2O_3{\cdot}SiO_2$ при температурах 1173 ºК «1» и 1273 ºК «2»

Установлено, что структура стекол изменяется в зависимости как от катионной, так и анионной составляющих, в которых главными структурными мотивами являются кремнекислородные группировки. Выяснено, что изучаемые стекла имеют микрогетерогенную структуру. Размеры неоднородных областей увеличиваются с возрастанием ионного радиуса аниона модификатора. На примере стекол системы Na_2O-CaO-B_2O_3-SiO_2 показано, что при изменении анионной части в ряду O-F-Cl происходит увеличение областей расслаивания.

Изучение структуры стекол (рис. 5) выявило несовершенный анионный изоморфизм, т.е. наблюдается способность ионов фтора, хлора, кислорода замещать друг друга в структурах с образованием динамических микрогетерогенных фаз переменного состава. Замена одного аниона другим происходит ограниченно, не выявлена строгая закономерность, и соотношения между ними изменяется в широких пределах. При анионном изоморфизме силикатообразование нестабильно, поэтому образуются самостоятельные фазы (две), четко фиксируемые ЭМА.

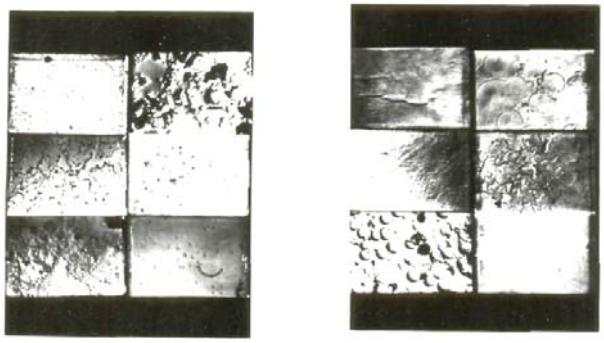


Рис. 5. Микроструктура галогенсодержащих стекол с двумя анионами (химический состав стекол соответствует: $Na_2O{\cdot}CaO{\cdot}B_2O_3{\cdot}Al_2O_3\ SiO_2$ с заменой аниона кислорода на галоидные ионы)

Составление опытных рецептов хлорсодержащих грунтовых эмалей основывалось на данных, полученных в результате теоретико-экспериментальных исследований эмалевых стекол. За исходное было взято стекло состава $Na_2O{\cdot}xCaCl{\cdot}(1 - x)CaO{\cdot}B_2O_3{\cdot}SiO_2$, в котором значение x изменялось от 0 до 1, а также промышленные составы грунтов, где оксиды натрия и кальция заменялись на соответствующие хлориды,

В результате выполненных исследований установлено, что хлорид кальция, улучшая смачивающую способность, снижает вязкость, уменьшает температуру начала размягчения, а также вспучивание грунтов при взаимодействии их с железным порошком и способствует выщелачиваемости зерен фритт в воде. С увеличением в многокальциевых грунтах хлорида до 7,5 мас. % поверхностное натяжение расплавов уменьшается.

Таким образом, исследования составов и физико-химических свойств стекол и грунтовых эмалей показало не только возможность, но и целесообразность создания кальцийхлорсодержащих боросиликатных грунтовых фритт. В системах, содержащих несколько анионов, возникают катион-кислородные, катион-галоидные, катион-кислород-хлоридные группировки за счет электростатического взаимодействия катиона-модификатора и катиона-стеклообразователя с анионами. В расплавах стекол имеет место постоянное и динамическое взаимодействие всех ионов, определяемое их размерами, зарядами, прочностью связи, т.е. все ионы участвуют в образовании структуры

стекла. В свете необходимости соблюдения баланса валентности и размеров ионов возможно допустить, что в катион-кислородно-хлоридной упаковке имеются определенные положения, из которых каждое может быть действительно любым представителем той или иной, но вполне определенной группы атомов, взаимозамещающих друг друга, но сами эти группировки размещены в структуре хаотичным способом. В этом заключается суть подхода к пониманию анионного изоморфизма в опытных стеклах. При этом следует учитывать, что завершенность постройки предстает в термодинамических условиях, резко отличных от ситуации, сопутствующей ее созданию. Данное представление позволяет, наряду с улучшением качества грунтовых стекол, использовать для их изготовления хлорсодержащие отходы, которых ежегодно образуется более 150 тыс. т в твердом состоянии и 12,5 млн $м^3$ жидких (только в титано-магниевой подотрасли).

Для разработки технологии вовлечения хлорсодержащих попутных продуктов в эмалевое производство ранее выполненные теоретико-экспериментальные исследования послужили научно-методической основой их использования при изготовлении галогенсодержащих фритт и малоглинистых шликеров.

Экспериментальные данные, полученные при изучении важнейших свойств опытных стекол (текучести; температуры начала размягчения, ТКЛР, растекаемости расплавов по окисленной поверхности стали и качества грунтового слоя), показали целесообразность применения в эмальпромышленности флюсов, изготовленных на попутных продуктах. Введение 5…10 мас. % одного из пяти синтезированных флюсов на помол борных грунтовых фритт обеспечивает получение качественных покрытий с уменьшением расхода дорогостоящих материалов.

Таким образом, систематическими экспериментально-теоретическими исследованиями свойств боросиликатных стекол, синтезированных с применением отходов, содержащих оксихлориды и гидрооксихлориды железа, титана, магния, кальция, которые ранее в технологии эмалирования стальных изделий не находили квалифицированного использования, показана реальная возможность применения их в определенных количествах для изготовления галогенсодержащих фритт.

Известно, что решающее влияние на качество формирующегося стеклоэмалевого покрытия оказывают обезжиривание и травление поверхности стали. Поэтому возникает необходимость в углубленном изучении физико-химических процессов, протекающих на границе «металл – среда – ПАВ».

Научным обоснованием применения ПАВ при химической подготовке поверхности стали перед эмалированием явилась предложенная концепция, согласно которой органические вещества адсорбируются на границе «металл – раствор» и создают дополнительный барьер на пути переноса заряда и массы. В работе показано, что изменением величины потенциального барьера при введении добавок ПАВ достигается регулирование скорости переноса заряда, степени очистки и микрорельефа поверхности, который впоследствии обуславливает предотвращение диффузии водорода в металл.

На основании проведенных исследований и сравнения эффективности различных ПАВ (анионные и неионогенные) сделан вывод о сущности очищающего действия ПАВ. При этом замечено снижение свободной межфазной энергии на границе загрязненная «поверхность – раствор». Теоретический и экспериментальный материал показывает, что положительное действие ПАВ непосредственно связано с их адсорбцией на эмалируемом металле. Развиваемые положения о влиянии добавок ПАВ в технологии эмалирования позволили решить вопросы теоретического и прикладного значения.

Для совершенствования технологии кислотного травления эмалируемой стали, а также в связи с ориентацией на промежуточные продукты, исследованы отходы коксохимического производства в качестве присадок.

Изучены ПАВ на основе надсмольных вод, типа КХК, органических роданидов, каменноугольной смолы, индолпроизводных, продуктов очистки коксового газа, которые не находили применения в технологии эмалирования стали. Установлено их положительное влияние на качество химической подготовки поверхности стали и формирование эмалевого покрытия с использованием композиций безглинистого шликера на основе галогенсодержащих фритт. Исследование выявило, что микронометрия поверхности стальной подложки зависит от химического состава и структуры металла, природы раствора и вида ПАВ.

Исследование процессов обезжиривания, кислотного травления поверхности эмалируемой стали, а также изучение процесса формования покрытия привели к физико-химическому обоснованию целесообразности примене-

ния ПАВ в технологии эмалирования стальных изделий. Основываясь на экспериментальных данных (рис. 6), разработаны научные основы выбора ПАВ и определена эффективность их действия в технологии эмалирования металла.

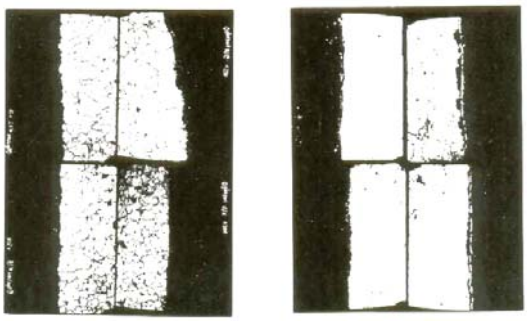


Рис. 6. Межфазная граница «эмаль – металл». 1 – эмаль состава по а.с. № 918279; 2 – по а.с. № 918280; 3 – фритта № 606; 4 – фритта № 203. Предварительная обработка поверхности стали в 15 % растворе серной кислоты с добавкой ПАВ коксохимического производства

При этом установлено, что ПАВ, вводимые в щелочные ванны при обезжиривании или кислые растворы при травлении стали, изменяют микрорельеф поверхности, снижают степень растворения и способствуют минимальному наводорожеванию. Одновременно добавки ПАВ обеспечивают дальнейшие процессы формирования качественного грунтового покрытия. Составы стекол, малоглинистых шликеров и ПАВ на основе попутных продуктов коксохимического производства испытаны и внедрены в ряде предприятий, получен экономический эффект в сумме 1,8 млн грн/год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка состава эмали в системе R_2O-Z_2O_2-SiO_2 [Текст] / Л. С. Савин, А. П. Приходько, Ю. Л. Савин // Сб. науч. тр.: Строительство, материаловедение, машиностроение. – Вып. 40. – Д.: ПГАСА, 2007. – С. 17.
2. Физико-химические основы получения эмалей [Текст] / Л. С. Савин, А. П. Приходько, Ю. Л. Савин // Сб. науч. тр.: Строительство, материаловедение, машиностроение. – Вып. 40. – Д.: ПГАСА, 2007. – С. 157.
3. Савин, Л. С. Влияние побочных продуктов титаномагниевого производства на физико-химические свойства эмалевого шликера [Текст] / Л. С. Савин, А. П. Приходько, Ю. Л. Савин // Будівництво: зб. наук. пр. – Вип. 10. – Д., 2002. – С. 3-7.
4. Технико-экономические интересы и охрана окружающей среды [Текст] / Ю. Л. Савин и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – № 43: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. – Д.: ПГАСА, 2007. – С. 443-445.
5. Емалювання: фрита, шлікер, підготовка поверхні металу, охорона довкілля [Текст] : монографія / Л. С. Савін та ін. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2008. – 336 с.

Поступила в редакцию 17.09.2009.
Принята к печати 25.09.2009.

УДК 539.3

Й. Й. ЛУЧКО, Є. Г. ІВАНИК (Львівська філія ДІТу)

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗКРИТТЯ ТРІЩИНИ В ЗАЛІЗОБЕТОННІЙ АРМОВАНІЙ БАЛЦІ ТАВРОВОГО ПРОФІЛЮ

У статті викладено методику визначення ширини розкриття тріщини у залізобетонній балці таврового профілю залежно від геометричних розмірів полиці і стінки, зовнішнього навантаження і проценту армування.

В статье изложено методику определения ширины раскрытия трещины в железобетонной балке таврового профиля в зависимости от геометрических размеров полки и стенки, внешней нагрузки и процента армирования.

In the paper the method for determination of the width of crack opening of the ferro-concrete beam of the tee-form profile in dependence on the shelf and wall geometrical sizes, external load and reinforcement percent is described.

Постановка проблеми

Розрахунок залізобетонних конструктивних елементів за існуючими офіційними нормативами свідчить про пряму залежність між прийнятою методикою і раціональністю та економічністю проектованої конструкції, причому для однакового конструктивного елемента дістають різну кількісну оцінку за тріщиностійкістю, деформативністю та несучою здатністю. Дослідження утворення та розрахунок розкриття тріщини та деформативності залізобетонних конструкцій складає певні труднощі, оскільки процеси, що мають місце при цьому як при навантаженнях, так і під час експлуатації важко піддаються вивченню та прогнозуванню. Також слід брати до уваги, що для фахівців ці питання мали другорядне значення, ніж розрахунки на міцність, оскільки нормативи обмеженості допустимих напружень в бетоні та арматурі приводили до жорстких конструктивних елементів, а виникаючі при цьому тріщини були нехтувано малими за розкриттям.

Прогресивні технології в будівельній справі привели до підвищення міцності бетону та арматури, що дало змогу зменшити розміри перерізів конструктивних елементів, знизити їх вагу. Але при цьому зменшення геометричних параметрів залізобетонних балок при одночасному зростанні робочих напружень і прогонів приводить до зниження жорсткості і збільшує ймовірність надмірного розкриття тріщини. Отже, в цих умовах вже не міцність, а утворення і розкриття тріщини (деформативність) стає визначальним чинником у здійсненні проектних розрахунків об’єктів будівництва.

Аналіз досліджень і публікацій з даної проблематики

В останні роки питання тріщиностійкості і деформативності залізобетонних конструкцій набули першорядного значення для інженерної практики в будівництві. Вирішення цієї проблеми значною мірою визначає подальший прогрес у будівельній галузі, зокрема, розширення сфери застосувань залізобетонних конструкцій, в тому числі для споруд, що експлуатуються в агресивному середовищі та умовах підвищених температур.

Значного успіху в цьому напрямі досягли вітчизняні вчені, які створили найбільш обґрунтовану теорію тріщиностійкості [1 – 4], на основі якої для інженерної практики розроблено достатньо адекватні методики розрахунку за деформаціями, а також зародження і розкриття тріщин [5 – 11]. В представлених роботах пропонується враховувати роботу розтягнутого бетону в зоні між тріщинами за допомогою деяких коефіцієнтів, залежно від марки бетону, проценту армування, величини напружень і характеру дії навантажень. Дальшим продовженням розвитку цієї моделі є трактування критерію тріщиностійкості, як досягнення деформаціями на границі певного значення, причому розкриття тріщини трактується як результат зміщення арматури і бетону в перерізах, де зародилась і розвивається тріщина. Вихідна модель приймається у вигляді однорідного ізотропного деформівного тіла, що містить дефекти типу пор, включень, тріщин. Напружений стан представляється як сума напружень у тілі з

© Лучко Й. Й., Іваник Є. Г., 2009

тріщиною і напружень в суцільному середовищі.

Недоліком наданих підходів є те, що міцність, деформації і розкриття тріщини пов'язані з низкою коефіцієнтів, що не повністю враховують властивості матеріалу, зчеплення арматури з бетоном, отримані з даних випробувань, а не шляхом теоретичних розрахунків.

Подальший розвиток механіки руйнування стимулює зростання робіт стосовно проблематики моделювання і розрахунку залізобетонних конструктивних елементів балкового типу з дефектами типу тріщин.

Постановка завдання

Внаслідок недостатньої вивченості проблеми процесу зародження, розвитку і поширення тріщин в деформівних середовищах деякі принципові положення теорії не є прозорими і мають значною мірою емпіричний характер, внаслідок чого виникає потреба розвитку нових підходів до вивчення тріщиностійкості залізобетонних елементів конструкцій із застосуванням теорії пружності.

Розрахункову схему приймемо у вигляді таврової балки, підкріпленої знизу смуговою арматурою. Система складається з двох пружних пластин, в перерізі має тавровий профіль, шарнірно оперта на кінцях і знаходиться під дією довільного симетрично-розподіленого відносно середини прогону навантаження.

Виклад основного матеріалу досліджень

В роботі [12] подано підхід до розв'язання задачі про визначення напружено-деформованого стану залізобетонної балки таврового профілю з тріщиною. В цій роботі даються формули для компонент тензора напружень в балці у довільному перерізі, в тому числі й там, де знаходиться тріщина.

Аналогічно результатам роботи [13] представимо напруження в залізобетонній балці у вигляді двох складових σ'_x і σ_x, причому σ_x – напруження, обумовлені навантаженням від виникаючих напружень в стінці [12]; σ'_x – напруження в балці, обумовлені розклинюванням, і визначаються на основі формул Колосова-Мусхелішвілі [14]:

$$\sigma'_x = \int_0^l K(y,t)\mu(t)\,dt, \qquad (1)$$

де l – довжина тріщини; $\mu(t)$ – невідома функція, яка описує форму тріщини; ядро в інтегральному представленні (1) має вигляд

$$K(y,t) = -\frac{E_a}{4\pi}\left[\frac{1}{t+y} + \frac{1}{t-y} - \frac{2t(t-y)}{(t+y)^3}\right]. \quad (2)$$

Враховуючи, що береги тріщини вільні від навантаження, то має місце

$$\sigma'_x + \sigma_x = 0 \text{ при } x = 0,\ 0 < y < l. \qquad (3)$$

Підставляючи вираз (1) в умову (2), та врахувавши вираз (3), матимемо

$$\frac{E_a}{4\pi}\int_0^l \left[\frac{1}{t+y} + \frac{1}{t-y} - \frac{2t(t-y)}{(t+y)^3}\right]\mu(t)\,dt = \sigma_x(0,y), \quad (4)$$

звідки, беручи до уваги вираз для $\sigma_x(0,y)$, наданий у роботі [12], дістанемо

$$\frac{E_a}{4\pi}\int_0^l \left[\frac{1}{t+y} + \frac{1}{t-y} - \frac{2t(t-y)}{(t+y)^3}\right]\mu(t)\,dt =$$

$$= \sum_{k=1}^{\infty}\Big[c_{2k}\left(2\mathrm{sh}\alpha_k y + \alpha_k y \mathrm{ch}\alpha_k y\right) + c_{3k}\alpha_k \mathrm{sh}\alpha_k y +$$

$$+ c_{4k}\left(2\mathrm{ch}\alpha_k y + \alpha_k y \mathrm{sh}\alpha_k y\right)\Big]\alpha_k. \qquad (5)$$

Коефіцієнти у формулі (5) визначаються з групи основних граничних умов для полиці (плити) та додаткових на стику стінки з арматурою [12].

Виконавши заміну змінних

$$t = \frac{1}{2}l(\xi+1);\ y = \frac{1}{2}l(\eta+1);$$

$$\mu\left[\frac{1}{2}l(\xi+1)\right] = \varphi(\xi);$$

$$\sigma_x\left[\frac{1}{2}l(\eta+1)\right] = \sigma_{x1}(\eta),$$

причому

$$\sigma_{x1}(\eta) = \sum_{k=1}^{\infty}\alpha_k\left\{c_{2k}\left[2\mathrm{sh}\frac{\alpha_k}{2}l(\eta+1) + \right.\right.$$

$$\left. + \frac{\alpha_k}{2}l(\eta+1)\mathrm{ch}\frac{\alpha_k}{2}l(\eta+1)\right] + c_{3k}\alpha_k \mathrm{sh}\frac{\alpha_k}{2}l(\eta+1) +$$

$$\left. + c_{4k}\left[2\mathrm{ch}\frac{\alpha_k}{2}l(\eta+1) + \frac{\alpha_k}{2}l(\eta+1)\mathrm{sh}\frac{\alpha_k}{2}l(\eta+1)\right]\right\},$$

отримаємо вираз (5) у вигляді:

$$\frac{E_a}{4\pi}\int_{-1}^{1}\left[\frac{1}{\xi-\eta}+K(\xi,\eta)\right]\varphi(\xi)\,dt=\sigma_{x1}(\eta), \quad (6)$$

тобто, дістаємо сингулярне інтегральне рівняння з ядром

$$K(\xi,\eta)=\frac{2\xi-\xi^2+4\xi\eta+\eta^2+6\eta+4}{(\xi+\eta+2)^3}.$$

Відзначимо, що ядро $K(\xi,\eta)$ та права частина $\sigma_{x1}(\eta)$ рівняння (6) є заданими на відрізку [–1;1] і неперервними функціями своїх аргументів.

Представимо функцію $\varphi(\xi)$ у вигляді

$$\varphi(\xi)=\frac{u(\xi)}{\sqrt{1-\xi^2}}, \quad (7)$$

де $u(\xi)$ – нова невідома функція, неперервна на відрізку [–1;1].

Розв'язок інтегрального рівняння (6), придатного для чисельного аналізу, будемо будувати на основі квадратурних формул Гаусса. Зокрема, для сингулярного інтеграла маємо формулу

$$\int_{-1}^{1}\frac{u(\xi)d\xi}{\sqrt{1-\xi^2}(\xi-\eta)}=\frac{\pi}{n}\sum_{k=1}^{n}\frac{u(\xi_k)}{\xi_k-\eta}+\pi u(\eta)\frac{U_{n-1}(\eta)}{T_n(\xi)}, \quad (8)$$

в якій $T_n(\eta)$ – многочлени Чебишева 1-го роду, $U_{n-1}(\eta)$ – многочлени Чебишева 1-го роду [15].

Вузли $\xi_k=\cos\frac{2k-1}{2n}\pi$ ($k=1,2,3,...,n$) є нулями многочлена $T_n(\xi)$, а у точках $\eta_m=\cos\frac{\pi m}{n}$ ($m=1,2,3,...,n-1$), які є коренями рівняння $U_{n-1}(\eta)=0$, формула (8) набуває простішого вигляду:

$$\int_{-1}^{1}\frac{u(\xi)d\xi}{\sqrt{1-\xi^2}(\xi-\eta)}=\frac{\pi}{n}\sum_{k=1}^{n}\frac{u(\xi_k)}{\xi_k-\eta_m}. \quad (9)$$

Звичайна квадратурна формула Гаусса для деякої функції $u(\xi)$ має вигляд

$$\int_{-1}^{1}\frac{u(\xi)d\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}=\frac{\pi}{n}\sum_{k=1}^{n}u(\xi_k). \quad (10)$$

Співставляючи залежності (9) і (10), бачимо, що формула для обчислення сингулярного інтеграла з ядром типу Коші, яка справджується на дискретній множині точок $\eta=\eta_m$, співпадає з квадратурною формулою Гаусса, якщо підінтегральна функція є поліномом степеня не вище $2n$.

Наведені залежності (8) – (10) застосуємо при розв'язуванні інтегрального рівняння (6). Використавши інтерполяційні формули Лагранжа для шуканої функції $u(\xi)$ по вузлах $\xi_k=\cos\frac{2k-1}{2n}\pi$, дістанемо

$$u(\xi)=\frac{T_n(\xi)\sqrt{1-\xi_k^2}}{\xi-\xi_k}. \quad (11)$$

Згідно залежності $u(-1)=0$, маємо особливість, яка вказує на те, що функція $\varphi(\xi)$ має в точці $\xi=-1$ особливість меншого порядку, ніж коренева $\frac{1}{\sqrt{1+\xi}}$.

Таким чином, на основі формул (9) – (11) і залежності (6) дістаємо систему n лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\frac{E_a}{4\pi n}\sum_{k=1}^{n}\left[\frac{1}{\xi_k-\eta_m}+K(\xi_k,\eta_m)\right]\varphi(\xi_k)=\sigma_{x1}(\eta_n);$$
$$\sum_{k=1}^{n}(-1)^k u(\xi_k)\operatorname{tg}\left(\frac{2k-1}{4n}\pi\right)=0, \quad (12)$$

з яких визначаються n шуканих значень $u(\xi_k)$ ($k=1,2,3,...,n$).

Коефіцієнт інтенсивності напружень знаходимо на основі формули, яка виражена через знайдені значення $u(\xi_k)$

$$K_1=\frac{1}{n}\sqrt{\frac{l}{2}}\sum_{k=1}^{n}(-1)^k u(\xi_k)\operatorname{ctg}\left(\frac{2k-1}{4n}\pi\right).$$

У відповідності до критерія Ірвіна-Баренблатта [1, 2], тріщина буде розвиватись при виконанні умови

$$K_1=K_{1c},$$

в якій параметр K_{1c} представляє коефіцієнт інтенсивності напружень для конкретного матеріалу, в даному випадку бетону. Зазвичай, він визначається експериментальним шляхом і залежить від виду і класу бетону за міцністю. Зокрема, в роботі [16] дано формулу для визначення K_{1c} залежно від міцності бетону на розтяг:

$$K_{1c} = 4R_{bt}\sqrt{d_s}\,, \qquad (12)$$

в якій R_{bt} – розрахунковий опір бетону розтягу; d_s – максимальний діаметр гранул заповнювача (щебінь, гравій), причому $d_s = 1,2 \ldots 2$ см.

Визначивши значення функції $u(\xi_k)$ з наведених формул (12). тим самим обчислимо значення функції $\varphi(\xi_k)$, яка визначає форму і розмір тріщини. Оскільки на інтервалі $(0; l)$ проекція вектора переміщень на вісь абсцис терпить розрив, то

$$u(+0, y) - u(-0, y) = \int_y^l \varphi(\xi)\, d\xi\,. \qquad (14)$$

Врахувавши залежності (7), (9), подамо формулу (15) у вигляді:

$$u(+0, y) - u(-0, y) = \frac{\pi}{n}\sum_{k=1}^{n} u(\xi_k)\,. \qquad (15)$$

Отримана формула (15) є основною залежністю, з якої визначається розкриття тріщини на рівні арматури (при $y = 0$).

Як приклад, співставимо дані чисельного розрахунку згідно отриманої залежності (14) на основі розвинутої методики та експериментальні результати згідно норм і правил залізобетонних конструкцій «СНиП 2.03.01-84» за таких параметрів конструкції:

- модулі пружності та коефіцієнти Пуассона для пластин $\nu = 0,11$; $E = 21 \cdot 10^3$ МПа і арматури відповідно $\nu_a = 0,25$; $E_a = 21 \cdot 10^4$ МПа;
- ширина балки $B = 0,25$ м та її висота $H = 0,6$ м;
- товщина стінки $d = 0,1$ м;
- довжина прогону $L = 0,2$ м.

Деякі результати чисельного аналізу показано в табл. 1 – 4.

При отриманні чисельних результатів необхідно задаватись таким значенням довжини тріщини, щоб задовольнялось критеріальне співвідношення (12).

Висновки

Розроблено методику визначення ширини розкриття тріщини в залізобетонній балці таврового профілю залежно від геометричних параметрів, величини зовнішнього навантаження і проценту армування.

Таблиця 1

Розкриття тріщини залежно від величини зовнішнього навантаження

Величина навантаження, т	СНиП 2.03.01-84, мм	Дослідні дані		Аналітичні результати	Похибка, %
		Середнє	Максимальне		
1	0,01236	0,0108	0,013	0,0132	18
2	0,0258	0,0245	0,027	0,026	5,7
3	0,041	0,04	0,043	0,0413	3,1
4	0,058	0,059	0,064	0,0576	–2,4
5	0,0785	0,08	0,086	0,0769	–4,03
6	0,107	0,1	0,12	0,099	–1,0
7	0,138	0,139	0,141	0,1385	–0,36
8	–	0,174	0,18	0,176	–2,0
9	–	0,203	0,219	0,201	–1,3
10	–	0,241	0,248	0,2406	–0,6

Таблиця 2

Розкриття тріщини залежно від прогону балки

Довжина прогону, м	СНиП 2.03.01-84, мм	Дослідні дані		Аналітичні результати	Похибка, %
		Середнє	Максимальне		
4	0,0123	0,0108	0,013	0,0132	18
5	0,0197	–	–	0,0197	–
6	0,0297	0,0293	0,031	0,0305	3,1
7	0,042	–	–	0,0416	–
8	0,0585	–	–	0,0576	–
9	0,080	–	–	0,089	–
10	0,123	–	–	0,133	–
11	–	–	–	0,2171	–
12	–	–	–	0,375	–

Як показують отримані результати числових розрахунків і їх порівняння з відповідними експериментальними даними, при дослідженні залізобетонних балок на розкриття тріщини, нормальної до поздовжньої осі, використання СНиП 2.03.01-84 є виправданим для балок із процентом армування не більше за 2 %, тоді як розроблена аналітична методика гарантовано може використовуватись для значень значно більшого проценту армування.

Результати, розвинені в роботі, можуть використовуватись в інженерній практиці для визначення ширини розкриття тріщини в балці, яка перебуває під дією рівномірно-розподіленого навантаження з можливістю одночасного

варіювання такими параметрами, як довжина прогону, висота балки та процент армування.

Таблиця 3

Розкриття тріщини залежно від висоти перерізу балки

Висота, м	СНиП 2.03.01-84, мм	Дослідні дані		Аналітичні результати	Похибка, %
		Середнє	Максимальне		
0,3	–	0,104	0,143	0,104	0
0,4	–	–	–	0,86	–
0,5	0,0603	–	–	0,0617	–
0,6	0,0425	–	–	0,047	–
0,7	0,034	–	–	0,0363	–
0,8	0,028	–	–	0,029	–
0,9	0,0248	–	–	0,025	–
1,0	0,020	–	–	0,021	–
1,1	0,0158	–	–	0,0149	–
1,2	0,0093	–	–	0,0101	–

Таблиця 4

Розкриття тріщини залежно від проценту (площі) армування

Площа арматури, $см^2$	СНиП 2.03.01-84, мм	Дослідні дані		Аналітичні результати	Похибка, %
		Середнє	Максимальне		
2	0,928	1,03	1,15	0,978	–5,3
4	0,517	0,60	0,69	0,583	–2,5
6	0,329	0,301	0,341	0,351	14,2
8	0,231	0,25	0,258	0,273	8,4
10	0,165	0,161	0,169	0,170	5,3
12	0,110	0,113	0,12	0,131	13,7
14	0,0903	0,099	0,1	0,1	1,0
16	0,0432	0,044	0,048	0,04	4,3
18	0,025	0,027	0,0285	0,0273	1,1
20	0,01	0,013	0,045	0,013	1,13

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Панасюк, В. В. Предельное равновесие хрупких тел с трещинами [Текст] / В. В. Панасюк. – К.: Наук. думка, 1968. – 246 с.
2. Панасюк, В. В. Механика квазихрупкого разрушения материалов [Текст] / В. В. Панасюк. – К.: Наук. думка, 1991. – 415 с.
3. Панасюк, В. В. О важнейших исследованиях по физико-химической механике материалов [Текст] / В. В. Панасюк // Физ.-хим. механика материалов. – 1974. – № 4. – С.3-13.
4. Ковчик, С. Е. Характеристики кратковременной трещиностойкости материалов и методы их определения. Механика разрушения и прочность материалов [Текст]: справ. пособие / С. Е. Ковчик, Е. М. Морозов. – Т. 3. – К.: Наук. думка, 1988. – 436 с.
5. Лучко, Й. Й. Методи оцінки несучої здатності і підвищення тріщиностійкості залізобетонних елементів конструкцій [Текст] / Й. Й. Лучко. – Львів: Слово і комерція, 1997. – 435 с.
6. Кудзис, А. П. Оценка надежности железобетонных конструкций [Текст] / А. П. Кудзис. – Вильнюс: Маклас, 1985. – 156 с.
7. Холмянский, М. М. К использованию расширенной информации при расчете железобетонных элементов на чистый изгиб [Текст] / М. М. Холмянский // Строительная механика и расчет сооружений. – 1978. – № 2. – С.38-42.
8. Зайцев, Ю. В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения [Текст] / Ю. В. Зайцев. – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.
9. Зайцев, Ю. В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения [Текст] / Ю. В. Зайцев, К. А. Дараган, Б. Ф. Туроколов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1984. – № 9. – С. 1-4.
10. Иваницкий, Я. Л. Методика определения трещиностойкости бетона при сложном напряженном состоянии [Текст] / Я. Л. Иваницкий, Й. Й. Лучко // Бетон и железобетон. – 1986. – № 10. – С. 30-31.
11. Яйцева, А. Г. К вопросу о теории трещин железобетона [Текст] / А. Г. Яйцева // Бетон и железобетон. – 1984. – № 4. – С.17-24.
12. Лучко, Й. Й. Методика розрахунку напружено-деформованого стану залізобетонної балки таврового профілю з тріщиною [Текст] / Й. Й. Лучко, Є. Г. Іваник, М. І. Ігнатишин // Вісник ОДАБА. – Одеса: Місто майстрів, 2009. – Вип. 35. – С. 219-226.
13. Лучко, И. И. Распределение касательных напряжений между арматурой и бетоном [Текст] / И. И. Лучко, В. В. Лотыш // Бетон и железобетон. – 1990. – № 2. – С. 38-39.
14. Мусхелишвили, Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости [Текст] / Н. И. Мусхелишвили. – М.: Наука, 1968. – 245 с.
15. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1975. – 831 с.
16. Пересыпкин, Е. Н. Коэффициенты интенсивности напряжений: раскрытие трещины в железобетонных элементах [Текст] / Е. Н. Пересыпкин // Бетон и железобетон. – 1978. – № 3. – С. 27-29.

Надійшла до редколегії 15.09.2009.
Прийнята до друку 22.09.2009.

УДК 625.12.044

В. Д. ПЕТРЕНКО, В. Т. ГУЗЧЕНКО, О. Л. ТЮТЬКІН, А. М. М. АЛХДУР (ДІІТ)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДВОХ ВАРІАНТІВ ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В роботі представлено результати порівняльного аналізу двох варіантів підсилення земляного полотна. Математичне моделювання, проведене на основі методу скінченних елементів, дало змогу свідчити, що обидва варіанти підсилення позитивно впливають на напружено-деформований стан земляного полотна.

В работе представлены результаты сравнительного анализа двух вариантов усиления земляного полотна. Математическое моделирование, проведенное на основе метода конечных элементов, дало возможность свидетельствовать, что оба варианта усиления положительно влияют на напряженно-деформированное состояние земляного полотна.

In the article the results of comparative analysis of two variants of the ground bed strengthening are presented. The mathematical simulation conducted on the basis of finite-element method has given a possibility to testify that both variants of strengthening influence positively on the stressed-and-strained state of the ground bed.

Підвищення швидкостей залізниці потребує розробки нових конструкцій земляного полотна. Стан земляного полотна значною мірою визначає довговічність залізничної колії та об'єми робіт з поточного утримання. Оскільки земляне полотно є спорудою, яка експлуатується тривалий час, то всі роботи з його підсилення необхідно проводити під максимальні очікувані навантаження і швидкості руху поїздів.

Однією з існуючих тенденцій створення нових конструкцій земляного полотна є підсилення вже існуючих конструкцій із отриманням більш довговічного земляного полотна, що мало деформується [1, 2]. Для підсилення земляного полотна залізниць використовується спосіб перемішування слабкого ґрунту з в'яжучим, які подаються під тиском всередину ґрунту [2]. За рахунок перемішування ґрунту з ними відбувається його зміцнення за рахунок створення стабілізаційних колон. В даний час важливе значення для зміцнення залізничних насипів надається влаштуванню захищаючих конструкцій у вигляді рядів паль із ростверками, а також типу «стіна в ґрунті», яка є спорудою із свердловин великого діаметру, які заповнюються каменем або бетоном, дотичних одна до одної. Стіни можуть бути також одержані розкриттям траншей, які заповнюються каменем. При цьому відсутній армокаркас, який застосовується при реалізації способу «стіна в ґрунті». Також одним із способів збільшення жорсткості земляного полотна є спосіб утворення в ньому ґрунтоцементних паль, що приводить до істотного зниження пластичних осідань всієї конструкції. При цьому ґрунтоцементна паля складається із центральної пілотної свердловини діаметром 160…200 мм, цементу, що нагнітається з водою, і ґрунту насипу. Таким чином, суть методу полягає у тому, що в земляному полотні виготовляються стабілізаційні палі з ґрунту і в'яжучого. В результаті виходять несучі ґрунтові елементи, які сприймають тиск від верхньої будови шляху і навантаження потягу. Але більше розповсюдження отримали варіанти підсилення земляного полотна шляхом армування [2, 3].

Розроблені варіанти підсилення конструкції земляного полотна відрізняються один від одного наявністю особливих конструктивних елементів (розділюючий та морозостійкий шари, геомати, підсилюючі шари із бутового каменю, мінеральної суміші тощо), які дозволяють зменшити переміщення залізничного насипу і подовжити його нормальну експлуатацію на більш довгий період. Але з позиції зміни напружено-деформованого стану (НДС) земляного полотна вплив цих елементів досліджено мало, оскільки розрахунок неоднорідного насипу зі зміною деформаційних характеристик представляє деякі труднощі математичного та методологічного характеру.

Проте дослідження впливу різного типу підсилюючих елементів на НДС земляного полотна повинно виконуватися для того, щоб з'ясувати, який варіант підсилення є найбільш оптимальним. Ця задача є актуальною з цієї позиції ще й тому, що вплив підсилюючих елементів не є однозначним і відомим.

Для того, щоб науково обґрунтувати варіанти підсилення конструкції земляного полотна, проведено серію їх числових розрахунків з метою з'ясувати варіант із найбільш оптимальними характеристиками та найбільшою стійкістю, міцністю та стабільністю. Розрахунок НДС

© Петренко В. Д., Гузченко В. Т., Тютькін О. Л., Алхдур А. М. М., 2009

конструкцій земляного полотна проводиться із застосуванням методу скінченних елементів (МСЕ) за допомогою розрахункового комплексу Structure CAD for Windows, version 7.31 R. 4 (SCAD).

Модель для розрахунку для більшого врахування реальних характеристик об'єкту, що досліджується, прийнята просторовою на основі об'ємних скінченних елементів (СЕ). Всі геометричні та деформаційні характеристики земляного полотна взяті із нормативних документів. Таким чином, розроблена просторова модель базується на реальних характеристиках земляного полотна висотою 6 м для одноколійної дільниці, які отримані при спорудженні існуючого насипу.

Розрахункова схема земляного полотна, яка змодельована у комплексі SCAD, виконана таким чином (рис. 1), що СЕ у схемі прийняті сумісними, тобто всі вузли сусідніх елементів співпадають, що позитивно впливає на точність рішення.

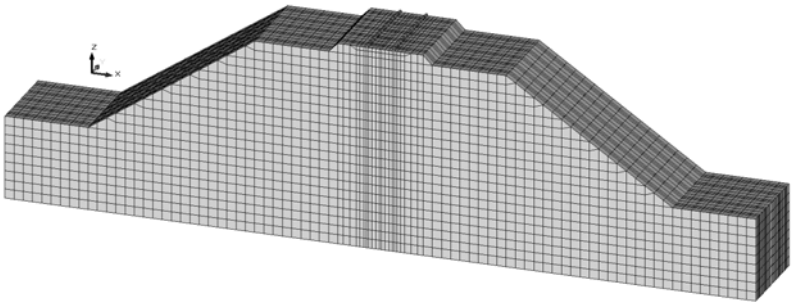


Рис. 1. Розрахункова схема земляного полотна насипу висотою 6 м

Загальна кількість вузлів схеми – 34 986 (біля 105 тис. степенів вільності, задача вважається великорозмірною), кількість скінченних елементів – 31 500. Розміри моделі: довжина (основа) – 40,6 м, ширина – 5,0 м, висота – 10,5 м (з яких висота земполотна – 6 м).

Основні розміри СЕ коливаються у межах 0,15…0,5 м, тобто СЕ-сітка є адекватною розмірам представленої моделі, оскільки вважається, що основний розмір СЕ не повинен перевищувати 1/20 від характерного розміру моделі. У схемі застосовані як призматичні СЕ із трикутною основою (у моделюванні відкосу), так і паралелепіпеди (у моделюванні земполотна та основи). Призматичні СЕ із трикутною основою перевірені на умови вироджених та «голчастих» елементів, кути трикутника не менше 45° [4].

На схему накладені граничні умови: понизу моделі – заборона переміщення по всіх трьох осях *X*, *Y* та *Z*, по боках основи – заборона по осях *X* та *Y*, по поперечних сторонах моделі – заборона по осі *Y* (умова плоскої деформації).

Для подальшого дослідження обрано два варіанти підсилення земляного полотна (рис. 2): 1-й варіант – шар мінеральної суміші; 2-й варіант – пакет із георешітки та піску.

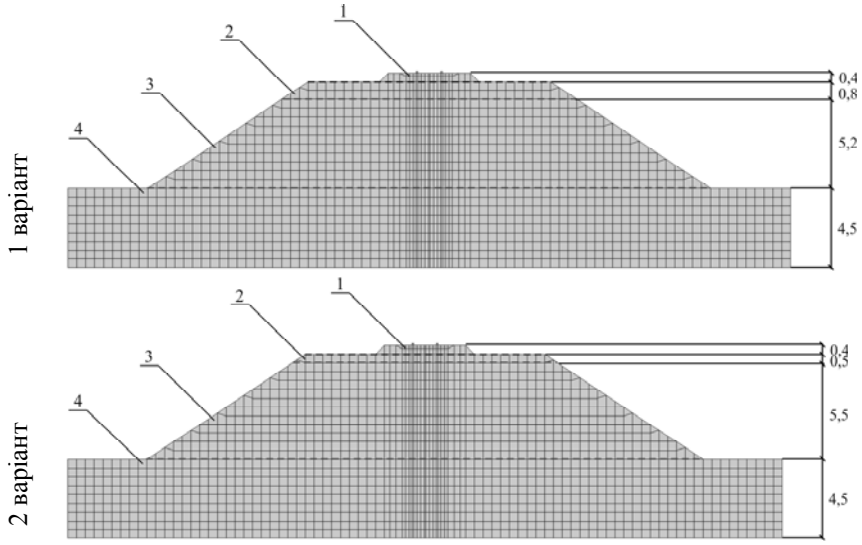


Рис. 2. Варіанти підсилення земляного полотна:
1) верхня будова колії (ВБК); 2) підсилюючий шар; 3) ущільнений суглинок; 4) слабка основа

Деформаційні характеристики, обрані відповідно до досліджених ґрунтів земляного полотна: жорсткість 1: слабка основа – суглинок; питома вага $\gamma = 1{,}9$ т/м^3; модуль пружності $E = 25\,000$ кПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0{,}3$; жорсткість 2: ґрунт залізничного насипу – суглинок щільний; питома вага $\gamma = 1{,}9$ т/м^3; модуль пружності $E = 50\,000$ кПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0{,}3$; жорсткість 3: баластна призма – щебінь; питома вага $\gamma = 2{,}2$ т/м^3; модуль пружності $E = 150\,000$ кПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0{,}2$; жорсткість 4: шпала – залізобетон; питома вага $\gamma = 2{,}5$ т/м^3; модуль пружності $E = 4 \cdot 10^7$ кПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0{,}2$; жорсткість 5: рейка – сталь; питома вага $\gamma = 7{,}7$ т/м^3; модуль пружності $E = 21 \cdot 10^7$, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0{,}2$; жорсткість 6: матеріал підсиленого шару.

Для першого варіанту підсиленим шаром є мінеральна суміш; питома вага $\gamma = 2{,}3$ т/м^3; модуль пружності $E = 200\,000$ кПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0{,}2$; для другого варіанту – пакет з піску, який знаходиться між двома георешітками; питома вага $\gamma = 1{,}7$ т/м^3, модуль пружності $E = 160\,000$ кПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0{,}2$.

У ролі навантаження моделі було прийнято локомотивне, тиск на вісь прийнято рівним нормативному тиску від локомотиву ($P = 30$ т) (рис. 3).



Рис. 3. Схема поїздного навантаження

Навантаження на вісь локомотива розподілене по ширині рейки (рис. 4), на яку воно приходиться, причому воно розподілене по двох вузлах СЕ, які входять до геометричного місця розміщення рейки.

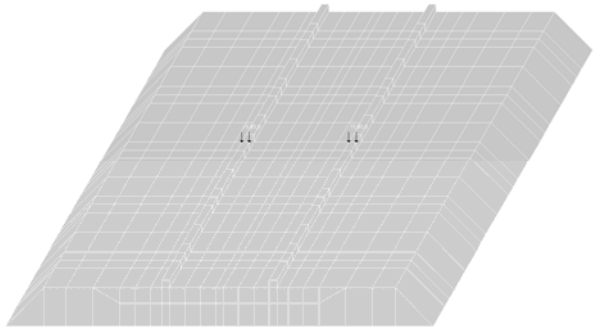


Рис. 4. Розташування навантажень на ВБК

Усі геометричні розміри та загальні навантаження на модель зберігаються та контролюються у ході виконання розрахунку, що можливе у застосованому розрахунковому комплексі. При розрахунку МСЕ застосовувався мультифронтальний метод розкладення матриці жорсткості з автоматичною оптимізацією ширини стрічки, як найбільш прогресивний метод роботи із матрицями, який застосовано у комплексі SCAD.

Результатами розрахунку є загальні переміщення по осі Z (переміщення по осі X складають менше 0,1 мм і тому не виводяться на візуалізацію) та нормальні напруження моделі по осях X та Z, причому нижченаведені результати показують характерну картину їх розподілення у земляному полотні.

На рис. 5 – 7 наведені результати розрахунку МСЕ земляного полотна із поїздним навантаженням.

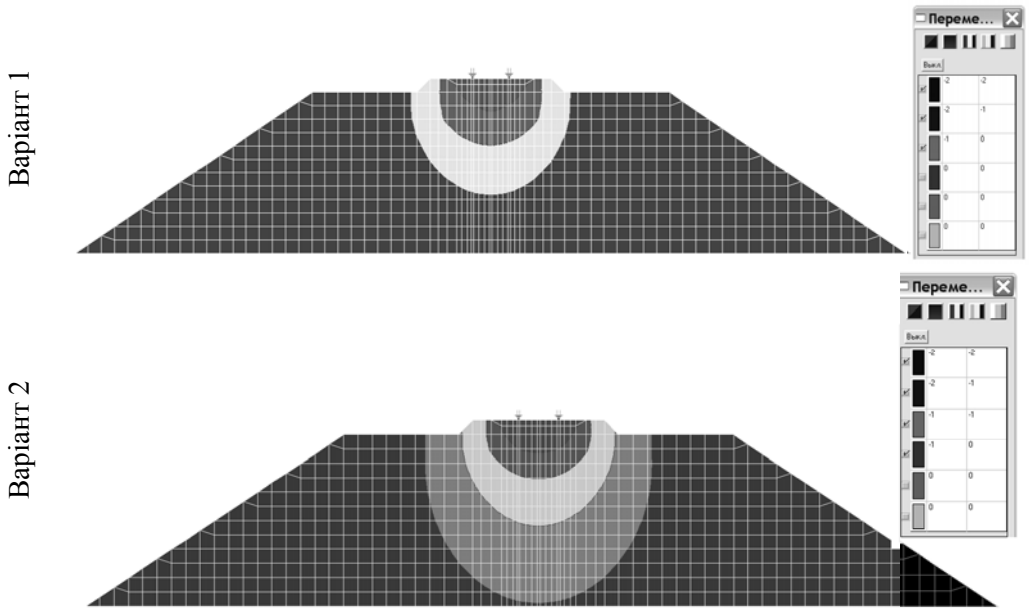


Рис. 5. Ізолінії та ізополя переміщень по осі Z (вертикальна) у фрагменті моделей (земляне полотно і ВБК)

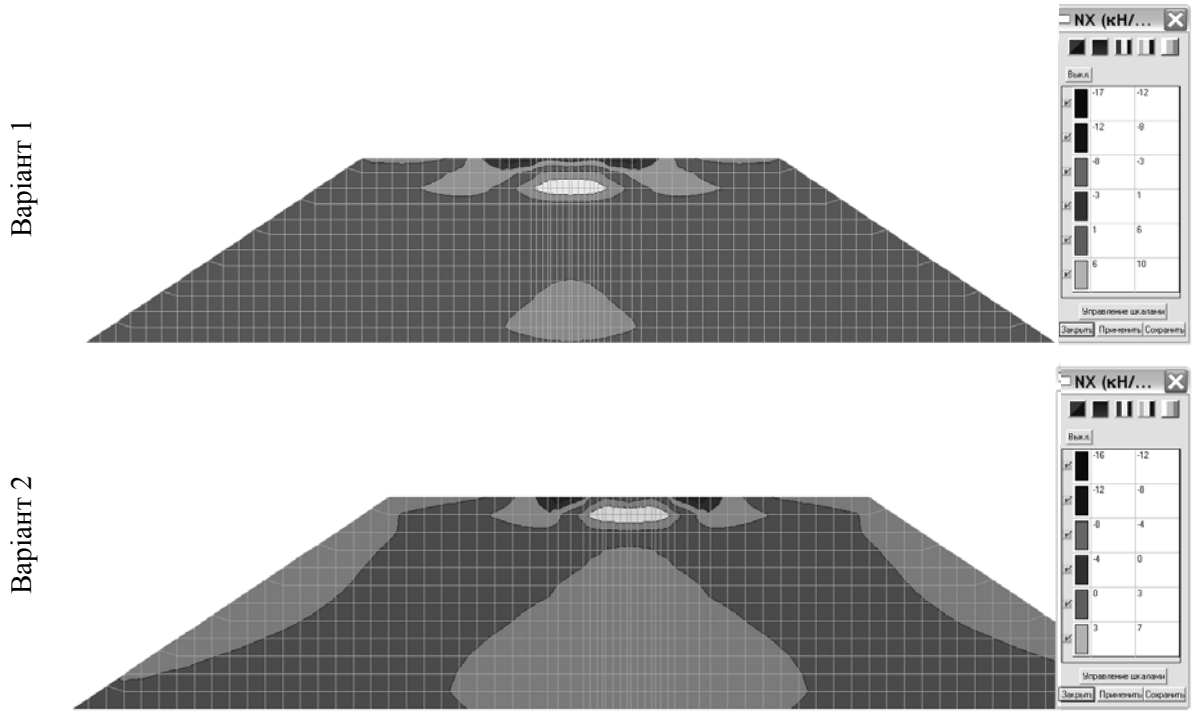


Рис. 6. Ізолінії та ізополя нормальних напружень по осі *X* (горизонтальна) у фрагменті моделей

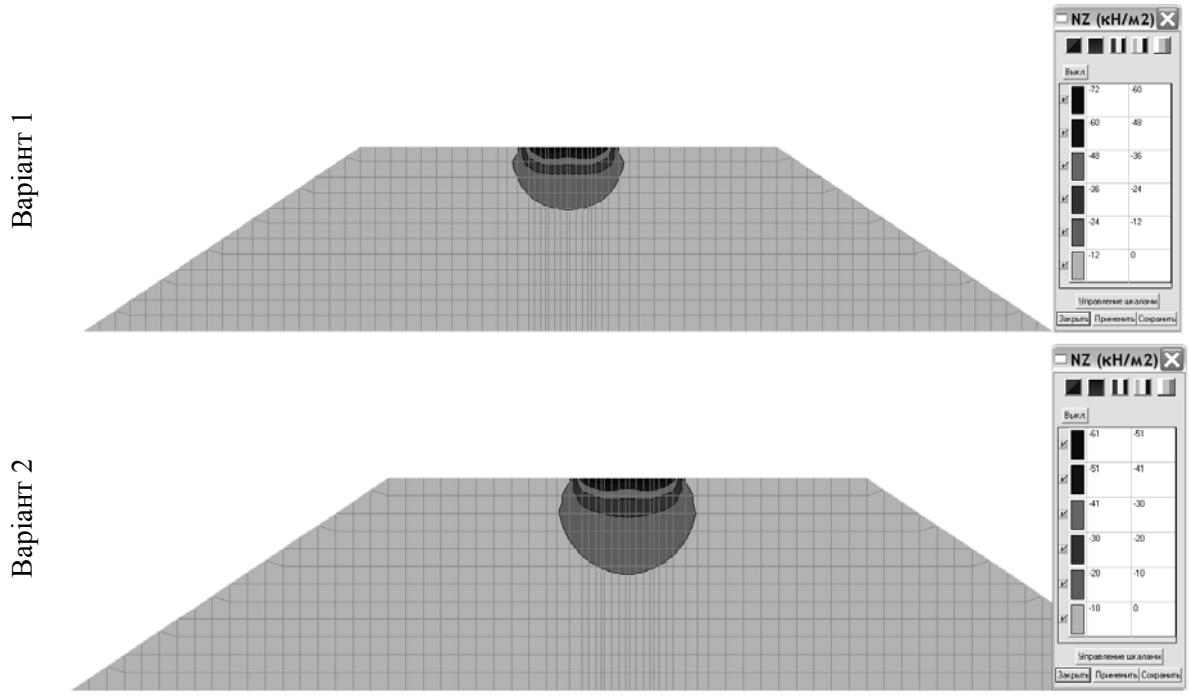


Рис. 7. Ізолінії та ізополя нормальних напружень по осі *Z* (вертикальна) у фрагменті моделей

Із аналізу рис. 4 – 6 можна зробити наступні висновки:

1. Кількісно переміщення в обох варіантах знаходяться у нормативних межах (максимальні значення – 1…2 мм). Але слід відмітити значні відміни у якісному розподілі вертикальних переміщень у Варіанті 1 та 2, які позначені більшою глибиною розподілу та площиною дії. Це свідчить про те, що вплив підсилюючих шарів обох варіантів на зменшення деформацій ВБК та основної площадки майже однаковий, хоча у Варіанті 1 розповсюдження переміщень по висоті насипу закінчується на глибині 3,75 м, а у Варіанті 2 сягає 6,0 м. Однак, окрім ізополя зі значенням –1 мм, яке з'явилося у Варіанті 2 (рис. 5), кількісний та якісний характер розподілу ізополів під рейко-шпальною решіткою в обох варіантах майже ідентичний. Із цього можна зробити висновок, що обидва варіанти значно покращують деформований стан зем-

ляного полотна, зменшуючи вертикальні переміщення, причому їх значення свідчать про їх однозначний зворотній характер (ці переміщення відповідні пружній зоні роботи матеріалу земляного полотна).

2. Розподіл нормальних горизонтальних напружень для двох варіантів також відрізняється як якісно, так і кількісно (рис. 6), причому у Варіанті 2 спостерігається збільшення ізополя в тілі насипу в декілька разів на відміну від Варіанту 1. Однак, загальний напружений стан земляного полотна, наприклад, під рейко-шпальною решіткою має невеликі відмінності. Причому, значення максимальних напружень відповідають Варіанту 1 (–0,017 МПа) на відміну від Варіанту 2 (–0,016 МПа), але надто малі значення свідчать, що обидва варіанти не відчувають значної напруженості в горизонтальній площині та зсувів, спричинених високим рівнем напружень, не відбувається.

3. Горизонтальні напруження у ВБК (рис. 6) для двох варіантів є майже ідентичними, а максимальні значення (–6,5 МПа – Варіант 1 та –6,6 МПа – Варіант 2), які знаходяться на поверхні рейок і шпал, не викликають жодного перенапруження.

4. Розподіл вертикальних напружень (рис. 7) свідчить про те, що у Варіанті 1 напруження від дії локомотиву сягають глибини 2,0 м, а у Варіанті 2 – 3,2 м. Однак, максимальні напруження у Варіанті 1 сягають –0,072 МПа, а у Варіанті 2 –0,061 МПа. Ця ситуація пояснюється впливом деформаційних властивостей та товщини підсилюючих шарів, які зменшуючи вертикальні переміщення у Варіанті 1, викликають деяке перенапруження у тілі насипу. Таким чином, менша товщина підсилюючого шару Варіанту 2 (0,5 м на відміну від 0,8 м у Варіанті 1), хоча і дозволяє зменшити вертикальні напруження приблизно на 18…20 %, дещо збільшує переміщення. Однак, значення вертикальних напружень в обох варіантах свідчить про його роботу в пружній стадії і значні коефіцієнти запасу.

5. Картини розподілу нормальних вертикальних напружень (рис. 7) та дотичних напружень у площині *XZ* (за браком місця не показані) не викликають ніякої перестороги, оскільки як максимальні значення відповідають рейкам і шпалам, а напруження у баластній призмі сягають –4,0 МПа і –4,2 МПа відповідно до Варіантів 1 та 2, що значно менше значення міцності матеріалу баласту.

Основним висновком після порівняльного аналізу НДС обох варіантів є те, що обидва варіанти підсилення земляного полотна на слабкій основі добре впливають на деформований стан, зменшуючи вертикальні переміщення ВБК і основної площадки, та покращують напружений стан, значення якого дає змогу свідчити про нормальну експлуатацію земляного полотна.

Вибір варіанту підсилення, окрім проведеного наукового обґрунтування, повинен бути всебічно проаналізований з позиції техніко-економічного порівняння та обсягу виконання робіт із його створення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Правила і технологія виконання робіт при поточному утриманні залізничної колії. ЦП/0084 [Текст]. – К., 2002. – 156 с.
2. ЦП-0204 Правила улаштування основної площадки земляного полотна при виконанні капітального ремонту та модернізації колії (ЦЮ 25.12.2008 р., реєстр. номер ЦП-0204) [Текст] / В. Д. Петренко та ін. – К.: Укрзалізниця. Головне управління колійного господарства, 2009. – 44 с.
3. Технические указания по применению нетканых материалов для усиления земляного полотна: ЦП-4591 [Текст] / МПС СССР. Главное управление пути. – М.: Транспорт, 1989. – 47 с.
4. SCAD для пользователя [Текст] / В. С. Карпиловский и др. – К.: ВВП «Компас», 2000. – 332 с.

Надійшла до редколегії 09.09.2009.
Прийнята до друку 15.09.2009.

624.042.8

А. С. РАСПОПОВ (ДИИТ)

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВ И АВТОМАТОВ К РАСЧЕТУ КОЛЕБАНИЙ ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНЫХ БАЛОК

Складено топологічні моделі для поздовжніх і крутильних коливань стержневих конструкцій із різними зосередженими включеннями в розподілену масу, жорсткість пружного середовища та жорсткість стержня. Показана висока ефективність застосування теорій графів і автоматів у розрахунках вільних коливань дискретно-континуальних балок.

Составлены топологические модели для продольных и крутильных колебаний стержневых конструкций с различными сосредоточенными включениями в распределенную массу, жесткость упругой среды и жесткость стержня. Показана высокая эффективность применения теорий графов и автоматов в расчетах свободных колебаний дискретно-континуальных балок.

The topological models for longitudinal and torsional oscillations of rod structures with various concentrated inclusions in distributed mass, stiffness of elastic medium and rod stiffness are done. The high efficiency of application of theory of graphs and automations into calculations of free oscillations of discrete-continual beams is shown.

Конструкции, имеющие сосредоточенные включения в распределенные параметры, относятся к смешанным (комбинированным) дискретно-континуальным системам, математическое описание которых является достаточно сложным, особенно при возрастании числа учитываемых элементов и связей. Методы точного динамического расчета таких систем должны сочетать возможности применения как дискретной, так и непрерывной моделей. Упрощение вычислений за счет изменения расчетных схем с помощью предельного перехода от одной модели к другой приводит к приближенному решению и необходимости двусторонней оценки точности получаемых результатов. В данной работе используются графовые и автоматные модели для точного решения такого рода задач. На примере стержней и одномерных стержневых систем прослеживается последовательность стандартных действий и простота логики алгоритма, которые в последующем используются в динамических расчетах более сложных двух- и трехмерных стержневых систем.

Будем различать сосредоточенные включения двух типов [1, 2]: I тип соответствует случаю, когда в распределенную массу стержня включены сосредоточенные массы с жесткими или упругими связями или когда в жесткость упругой среды (основания), в которой находится стержень или одномерная стержневая система, включены упругие или жесткие опоры и защемления, и II тип, когда в жесткость стержня (при изгибе, растяжении-сжатии, кручении) включены точечные упругие элементы, а также идеальные или упругие шарниры I и II рода. В последнем случае стержни, содержащие точечные упругие элементы, называются стержнями с сингулярной податливостью [3].

Рассмотрим сначала продольные колебания одномерной балочной конструкции с сосредоточенными включениями в погонную массу стержня точечных масс m_k, в жесткость упругой среды дискретных упругих опор жесткостью c_k и в продольную жесткость балки упругих связей жесткостью c'_k (рис. 1). Интенсивность массы μ_k, продольная жесткость EF_k приняты постоянными по длине k-го участка и в общем случае различными для каждого из участков.

В соответствии с типами сосредоточенных включений будем рассматривать два вида дополнительных связей: внешние (рис. 1, а) и внутренние (рис. 1, б).

Дополнительные связи между кинематическими и силовыми (статическими) параметрами η_1, η_2, …, η_{p-1} и ζ_1, ζ_2, …, ζ_{p-1}, обусловленные наличием сосредоточенных включений, накладывают определенные ограничения на состояния зависимых параметров в сечениях балки. Рассечение этих связей, как и любых других, создает для граничных параметров по две дополнительные вершины графа G, каждая из которых может принимать либо фиксированное значение 0, либо произвольное 1. Таким образом, k-тая дополнительная связь определяет состояние k-го узла y_k, в котором стыкуются k и $(k + 1)$ зависимые параметры. Следуя

© Распопов А. С., 2009

работе [4], связь между η_k и y_k выражается логическим отношением отрицания

$$\eta_k = \overline{y}_k . \qquad (1)$$

Зависимость (1) позволяет сформулировать следующие две теоремы для внешних дополнительных связей.

Теорема 1. Если состояние узла y_k является произвольным 1, то кинематические зависимые параметры, входящих в узел стержней, связаны посредством логической операции отрицания (инверсии) или логической операции равнозначности (эквиваленции) – если состояние узла y_k является фиксированным 0.

Теорема 2. Если состояние узла y_k является фиксированным 0, то силовые зависимые параметры, входящих в узел стержней, связаны посредством логической операции отрицания или логической операции равнозначности – если состояние узла y_k является произвольным 1.

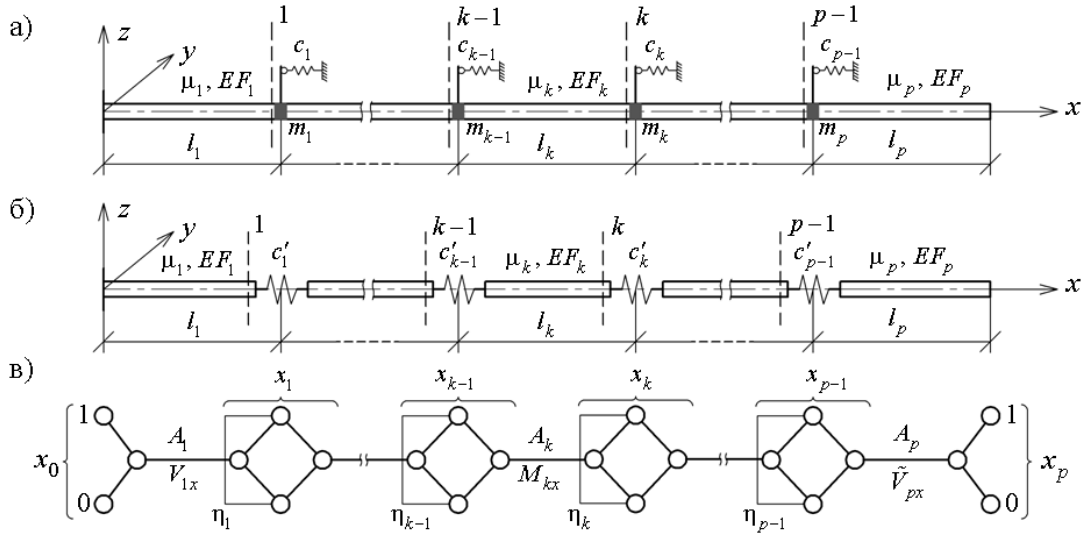


Рис. 1. Сосредоточенные включения и топологическая модель континуальной балки

Доказательство. Допустим, что жесткость упругой опоры $c_k \to \infty$ (рис. 1, а), тогда для кинематических параметров состояние $\eta_k^{(k)}$ примет значение 1, а состояние узла y_k по соотношению (1) будет фиксированным 0. При таком состоянии y_k, очевидно, кинематические зависимые параметры входящих в узел стержней, также будут фиксированными $x_k^{(k)} \sim x_{k+1}^{(k)} = 0$. Для силовых параметров состояние $\eta_k^{(c)}$ является фиксированным, состояние $y_k = 1$ и силовые зависимые параметры будут также произвольными $x_k^{(c)} \sim x_{k+1}^{(c)} = 1$.

Предположим, что $c_k \to 0$. В этом случае $\eta_k^{(k)}$ равняется 0 и на узел y_k не наложено никаких кинематических ограничений. Поэтому при y_k=1 будет выполняться соотношение [4] для кинематических параметров $x_k^{(k)} = \overline{x}_{k+1}^{(k)}$. Соответственно, при состоянии $\eta_k^{(c)} = 1$ и $y_k = 0$ отсутствуют ограничения на силовые параметры и $x_k^{(c)} = \overline{x}_{k+1}^{(c)}$. Теоремы 1, 2 доказаны.

Топологические модели *k*-го узла с дополнительной внешней связью, построенные в соответствии с теоремами 1, 2, приведены на рис. 2. Здесь же показаны два варианта представления состояний узла y_k.

На рис. 2, а видно, что подача входного символа 1 на кинематические узловые параметры и символа 0 – на силовые заставляет пару состояний $x_k^{(i)}$ и $x_{k+1}^{(i)}$ перейти в одно и то же состояние с одинаковыми реакциями 0/0 или 1/1. И, наоборот, соответствующие входные символы 0 и 1 приводят к различным их реакциям 0/1 или 1/0.

Совершенно иначе обстоит дело с дополнительными внутренними связями, имеющими место для стержней с сингулярной податливостью. Теоремы для кинематических и силовых параметров запишем в символьной форме.

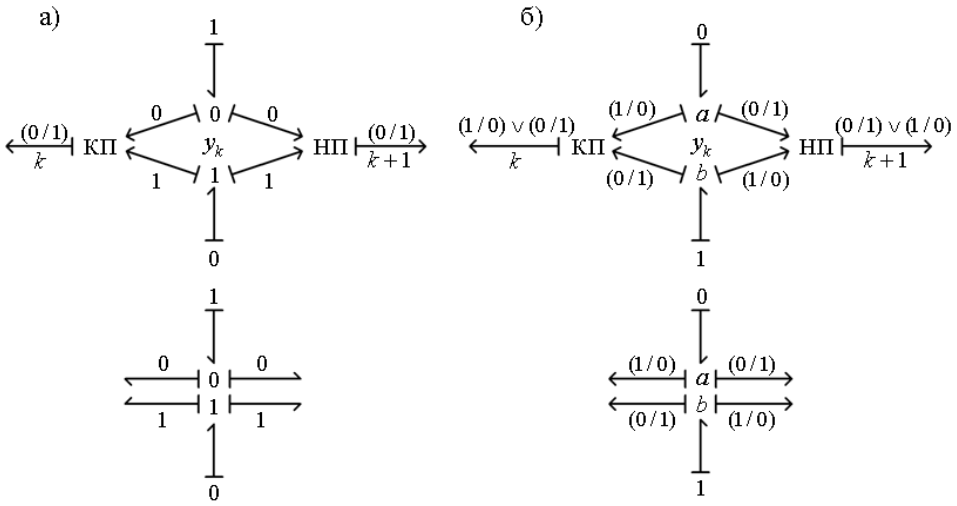


Рис. 2. Топологические модели *k*-го узла с дополнительной внешней связью

Теорема 3. Если $\zeta_k^{(k)} = 0$, y_k=1, то кинематические зависимые параметры $x_k^{(k)} \sim x_{k+1}^{(k)} = 1$ и при $\zeta_k^{(k)} = 1$, $y_k = 0 \Rightarrow x_k^{(k)} = \overline{x}_{k+1}^{(k)}$.

Теорема 4. Если $\zeta_k^{(c)} = 1$, $y_k = 0$, то силовые зависимые параметры $x_k^{(c)} \sim x_{k+1}^{(c)} = 0$ и при $\zeta_k^{(c)} = 0$, $y_k = 1 \Rightarrow x_k^{(c)} = \overline{x}_{k+1}^{(c)}$.

Доказательство проведем по аналогии с теоремами 1, 2. При $c_k' \to \infty$, $\zeta_k^{(k)} = 1$, $y_k = 0$ следует отсутствие кинематических ограничений на узел y_k, поэтому $x_k^{(k)} = \overline{x}_{k+1}^{(k)}$. Соответственно, при $\zeta_k^{(c)} = 0$, $y_k = 1$ отсутствуют ограничения на силовые параметры и $x_k^{(c)} = \overline{x}_{k+1}^{(c)}$.

Если $c_k' \to 0$, $\zeta_k^{(k)} = 0$, $y_k = 1$, то, очевидно, $x_k^{(k)} \sim x_{k+1}^{(k)} = 1$ и, когда $\zeta_k^{(c)} = 1$, $y_k = 0$, будет выполняться соотношение $x_k^{(c)} \sim x_{k+1}^{(c)} = 0$.

В виде графов теоремы 3, 4 могут быть представлены следующим образом (рис. 3).

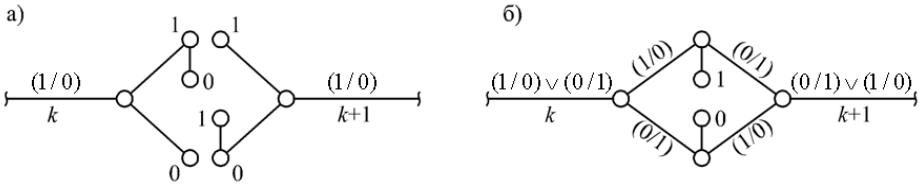


Рис. 3. Топологические модели *k*-го узла с дополнительной внутренней связью

Как следствие, из теорем 1 – 4 несложно получить выражения ассоциированных матриц Y_{xk} и Z_{xk} с учетом различных упругих связей:

$$Y_{xk} = \begin{array}{c|c|c} \text{НП}\backslash\text{КП} & 01 & 10 \\ \hline 10 & \cos\lambda_{xk} + \dfrac{c_k}{\alpha\lambda_{xk}}\sin\lambda_{xk} & -\alpha\lambda_{xk}\sin\lambda_{xk} + c_k\cos\lambda_{xk} \\ \hline 01 & \dfrac{1}{\alpha\lambda_{xk}}\sin\lambda_{xk} & \cos\lambda_{xk} \end{array}. \quad (2)$$

$$Z_{xk} = \begin{array}{c|c|c} \text{НП}\backslash\text{КП} & 01 & 10 \\ \hline 10 & \cos\lambda_{xk} & -\alpha\lambda_{xk}\sin\lambda_{xk} \\ \hline 01 & \dfrac{1}{\alpha\lambda_{xk}}\sin\lambda_{xk} + \dfrac{1}{c_k'}\cos\lambda_{xk} & \cos\lambda_{xk} - \dfrac{\alpha\lambda_{xk}}{c_k'}\sin\lambda_{xk} \end{array}. \quad (3)$$

или в сокращенной форме с учетом принятых ранее обозначений [2]

$$Y_{xk} = M_x + c_k M_{01}^{(1)};\ Z_{xk} = M_x + \frac{1}{c'_k} M_{10}^{(2)}. \quad (4)$$

Матрицы упругой связи I_{ck} и I'_{ck} получим из матриц Y_{xk} и Z_{xk} если принять $l_k \to 0$:

$$I_{ck} = \begin{Vmatrix} 1 & c_k \\ 0 & 1 \end{Vmatrix};\ I'_{ck} = \begin{Vmatrix} 1 & 0 \\ 1/c'_k & 1 \end{Vmatrix}. \quad (5)$$

Т.к. рассматриваемое сечение находится слева от упругой связи, то матрицы Y_{xk}, Z_{xk} k-го участка балки с непрерывно-дискретными параметрами можно также представить в следующем виде

$$Y_{xk} = I_{ck} M_x;\ Z_{xk} = I'_{ck} M_x, \quad (6)$$

где M_x – ассоциированная матрица для продольных колебаний обычного участка балки, не имеющего сосредоточенных включений.

Очевидно, что при $c_k \to 0$, $c'_k \to \infty$ приходим к схеме в виде сплошной балки, а при $EF_k \to \infty$ получим дискретную модель из абсолютно твердых тел массой m_k, соединенных упругими связями, для которой

$$Y_{xk} = \begin{Vmatrix} 1 & c_k - m_k\omega_i^2 \\ 0 & 1 \end{Vmatrix};\ Z_{xk} = \begin{Vmatrix} 1 & -m_k\omega_i^2 \\ \dfrac{1}{c'_k} & 1 - \dfrac{m_k\omega_i^2}{c'_k} \end{Vmatrix}. \quad (7)$$

Одинаковая структура дифференциальных уравнений, описывающих продольные и крутильные колебания, позволяет полученные результаты распространить на задачи о крутильных колебаниях.

Ассоциированные матрицы, учитывающие сосредоточенные включения I, II типов с дополнительными внешними и внутренними упругими связями жесткостью q_k и q'_k, имеют вид:

$$Y_{\varphi k} = \begin{array}{c|c|c} \text{кп}\backslash\text{нп} & 01 & 10 \\ \hline 10 & \cos\lambda_{\varphi k} + \dfrac{q_k}{\beta\lambda_{\varphi k}}\sin\lambda_{\varphi k} & -\beta\lambda_{\varphi k}\sin\lambda_{\varphi k} + q_k\cos\lambda_{\varphi k} \\ \hline 01 & \dfrac{1}{\beta\lambda_{\varphi k}}\sin\lambda_{\varphi k} & \cos\lambda_{\varphi k} \end{array}; \quad (8)$$

$$Z_{\varphi k} = \begin{array}{c|c|c} \text{кп}\backslash\text{нп} & 01 & 10 \\ \hline 10 & \cos\lambda_{\varphi k} & -\beta\lambda_{\varphi k}\sin\lambda_{\varphi k} \\ \hline 01 & \dfrac{1}{\beta\lambda_{\varphi k}}\sin\lambda_{\varphi k} + \dfrac{1}{q'_k}\cos\lambda_{\varphi k} & \cos\lambda_{\varphi k} - \dfrac{\beta\lambda_{\varphi k}}{q'_k}\sin\lambda_{\varphi k} \end{array}. \quad (9)$$

Можно отметить некоторую закономерность образования таких матриц, которая следует из сравнения с ассоциированной матрицей обычного участка балки. Например, для участка балки с внешней упругой связью матрица $Y_{\varphi k}$ может быть получена из исходной матрицы M_φ прибавлением к строке $\{10\}$, соответствующей участку без связи ($q_k \to 0$), строки $\{01\}$, соответствующей участку с абсолютно жесткой связью ($q_k \to \infty$), умноженной на жесткость упругой связи q_k. И, наоборот, матрица $Z_{\varphi k}$ для участка балки с внутренней упругой связью можно получить из матрицы M_φ прибавлением к строке $\{01\}$, соответствующей участку с абсолютно жесткой связью ($q'_k \to \infty$), строки $\{10\}$, соответствующей участку без связи ($q'_k \to 0$), умноженной на величину обратную жесткости упругой связи q'_k.

В матричной форме можно записать

$$Y_{\varphi k} = M_\varphi + q_k M_{01}^{(1)};\ Z_{\varphi k} = M_\varphi + \frac{1}{q'_k} M_{10}^{(2)}, \quad (10)$$

или через матрицы упругой связи

$$Y_{\varphi k} = I_{qk} M_\varphi;\ Z_{\varphi k} = I'_{qk} M_\varphi, \quad (11)$$

где

$$I_{qk}=\begin{Vmatrix}1 & q_k\\ 0 & 1\end{Vmatrix};\quad I'_{qk}=\begin{Vmatrix}1 & 0\\ 1/q'_k & 1\end{Vmatrix}. \qquad (12)$$

Если в местах расположения упругих опор (рис. 1, а) имеются сосредоточенные массы m_k ($k=1,\ 2,\ \ldots,\ p-1$) или диски с моментом инерции массы J_m (сосредоточенные включения I типа), то вместо c_k и q_k в матрицах (2), (8) необходимо подставить выражения $c_k-m_k\omega_i^2$ и $q_k-J_m\omega_i^2$. Например, для балки, один конец которой заделан, другой свободен и нагружен сосредоточенной массой m, уравнения частот определяются непосредственно элементами (10/01) матрицы Y_{xk} (2) для продольных колебаний и матрицы $Y_{\varphi k}$ (8) для крутильных, которые после несложных преобразований приводятся к известному виду [5]

$$\lambda_x\,\mathrm{tg}\lambda_x=m'; \qquad (13)$$

$$\lambda_\varphi\,\mathrm{tg}\lambda_\varphi=i'. \qquad (14)$$

Выражения в правой части $m'=\mu l/m$, $i'=J_x l/J_m$ представляют, соответственно, отношение массы всей балки к массе, сосредоточенной на ее конце, и отношение момента инерции всей балки к моменту инерции сосредоточенной массы.

Рассмотрим трехпролетную регулярную балку с двумя одинаковыми включениями I и II типов (рис. 1, а, б) с закрепленным левым концом (код 01) и свободным правым (код 10). Уравнения частот согласно [2, 4] примут вид:

$$V_1Y_{x2}\tilde{V}_3=0;\quad V_1'Z_{x2}\tilde{V}_3'=0. \qquad (15)$$

Характеристики каждого стержня примем одинаковыми $\lambda_{x1}=\lambda_{x2}=\lambda_{x3}=\lambda_x$; $c'_1=c'_2=c'_k$; $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\alpha$; $c_1=c_2=c_k$. Т.к. сечение 1 находится слева от упругой связи, то векторы V_1, V_1' соответствуют строке матрицы M_x [6] обычного участка балки с кодом граничных условий 01

$$V_1=V_1'=\begin{Vmatrix}\dfrac{1}{\alpha\lambda_x}\sin\lambda_x & \cos\lambda_x\end{Vmatrix}. \qquad (16)$$

Третий участок балки уже содержит упругую связь, поэтому векторы $\tilde{V}_3$ и $\tilde{V}_3'$ будут содержать элементы столбцов матриц Y_{xk} (2) и Z_{xk} (3) с кодом 10:

$$\tilde{V}_3=\begin{Vmatrix}-\alpha\lambda_x\sin\lambda_x+c_k\cos\lambda_x\\ \cos\lambda_x\end{Vmatrix};\quad \tilde{V}_3'=\begin{Vmatrix}-\alpha\lambda_x\sin\lambda_x\\ \cos\lambda_x-\dfrac{\alpha\lambda_x}{c'_k}\sin\lambda_x\end{Vmatrix}. \qquad (17)$$

После подстановки в (15) и преобразований получим характеристические уравнения:

- для включений I типа

$$\cos3\lambda_x+\frac{c_k}{\alpha\lambda_x}\left(\sin3\lambda_x+\frac{c_k}{\alpha\lambda_x}\sin^2\lambda_x\cos\lambda_x\right)=0; \qquad (18)$$

- для включений II типа

$$\cos3\lambda_x-\frac{\alpha\lambda_x}{c'_k}\left(\sin3\lambda_x-\frac{\alpha\lambda_x}{c'_k}\sin^2\lambda_x\cos\lambda_x\right)=0. \qquad (19)$$

Используя предельные переходы, несложно получить частные случаи этой задачи. Так, при $c_k\to0$, $c'_k\to\infty$ уравнения (18), (19) будут одинаковыми и равны $\cos3\lambda_x=0$ как для однородной балки длиной $3l_k$. Если $c'_k=0$, получим уравнения частот $\cos\lambda_x=0$; $\sin\lambda_x=0$ отдельных участков балки с кодами граничных условий 01/10 и 10/10. Переход к дискретной системе с двумя степенями свободы осуществляется при $EF_k\to\infty$, что приводит к следующему уравнению

$$\psi_k^2-3\psi+1=0, \qquad (20)$$

где $\psi_k=\dfrac{m_k\omega_i^2}{c'_k}$, $m_1=m_2=m_k$.

Уравнения (19), (20) в точности совпадают с решениями, приведенными в работе [1].

Условия периодичности в балочных конструкциях позволяют упростить значительную часть расчетов и получить несложные алгоритмы и программы для ЭВМ. Так, при возведении

в n-ю степень слагаемых (4) получим:

$$M_{xk}^{n}=\left\|\begin{array}{cc}\cos n\lambda_{xk} & -\alpha\lambda_{xk}\sin n\lambda_{xk}\\ \dfrac{1}{\alpha\lambda_{xk}}\sin n\lambda_{xk} & \cos n\lambda_{xk}\end{array}\right\|; \quad (21)$$

$$\left.\begin{array}{l}\left(c_k M_{01}^{(1)}\right)^n = c_k^n\left(\dfrac{\sin\lambda_{xk}}{\alpha\lambda_{xk}}\right)^{n-1} M_{01}^{(1)};\\ \left(\dfrac{1}{c_k'}M_{10}^{(2)}\right)^n = \dfrac{1}{(c_k')^n}\left(-\alpha\lambda_{xk}\sin\lambda_{xk}\right)^{n-1} M_{10}^{(2)}.\end{array}\right\} \quad (22)$$

Далее, используя свойства биноминальных коэффициентов, несложно получить выражения для матриц Y_{xk}^{n} и Z_{xk}^{n}:

$$Y_{xk}^{n}=\sum_{m=0}^{n} C_n^m M_{xk}^{n-m} c_k^m \left(M_{01}^{(1)}\right)^m;\ n=1,2,\ldots,p-2; \quad (23)$$

$$Z_{xk}^{n}=\sum_{m=0}^{n} C_n^m M_{xk}^{n-m}\left(\frac{M_{10}^{(2)}}{c_k'}\right)^m, \quad (24)$$

где $C_n^m=\dfrac{n!}{m!(n-m)!}$; $m=0,\ 1,\ 2,\ \ldots,\ n$.

Уравнения частот собственных колебаний для других граничных условий имеют отличия только в матрицах концевых участков V_1 и $\tilde{V}_p$.

Полученные результаты несложно распространить также на задачи о крутильных колебаниях балок с сосредоточенными включениями.

Так, для регулярных балок, имеющих сосредоточенные включения I и II типов, произведения ассоциированных матриц промежуточных участков можно представить в виде

$$Y_{\varphi k}^{n}=\sum_{m=0}^{n} C_n^m M_{\varphi k}^{n-m} q_k^m \left(M_{01}^{(1)}\right)^m;\ n=1,2,\ldots,p-1; \quad (25)$$

$$Z_{\varphi k}^{n}=\sum_{m=0}^{n} C_n^m M_{\varphi k}^{n-m}\left(\frac{M_{10}^{(2)}}{q_k'}\right)^m;\ m=0,1,\ldots,n. \quad (26)$$

Графики-номограммы собственных значений $\lambda_{\varphi k}$, особенности определения спектра частот будут аналогичными продольным колебаниям регулярных балок с сосредоточенными включениями I, II типов [2].

Решения (2), (3) и (23) – (26) дают возможность в простой форме получить уравнения частот для продольных и крутильных колебаний регулярной балки с сосредоточенными включениями.

Таким образом, полученные зависимости позволяют достаточно эффективно составлять топологические модели стержневой системы с различными сосредоточенными включениями в распределенную массу и жесткости упругой среды и стержня. Показано, что кинематические и силовые зависимые параметры, входящих в узел стержней, зависят от состояния этого узла и связаны посредством логической операции отрицания (инверсии) или логической операции равнозначности (эквиваленции). Как следствие полученных теорем, для каждого вида колебаний определены выражения ассоциированных матриц с учетом различных упругих связей. Очевидные преимущества этого подхода проявляются при динамическом анализе более сложных пространственных стержневых систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лазарян, В. А. Обобщенные функции в задачах механики [Текст] / В. А. Лазарян, С. И. Конашенко. – К.: Наук. думка, 1974. – 192 с.
2. Распопов, А. С. Колебания регулярных балочных конструкций с непрерывно-дискретными параметрами [Текст] / А. С. Распопов, О. О. Рубан, С. А. Чернышенко // Техн. мех. – 2008. – № 1. – С. 131-139.
3. Григорьев, Е. Т. Продольные совместные колебания стержня и систем масс [Текст] / Е. Т. Григорьев, Н. Б. Тульчинская. – К.: Наук. думка, 1991. – 156 с.
4. Распопов, А. С. Структура частотных уравнений стержневых систем с распределенными параметрами [Текст] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 28. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 100-105.
5. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара [Текст] / Я. Г. Пановко. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
6. Распопов, А. С. Применение конечных автоматов к расчету пространственных колебаний рамных мостов / А. С. Распопов // Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології. Зб. наук. пр. // Вісник Донбаської нац. акад. будівн. та архітект. – 2007. – Вип. 6 (68). – С. 73-79.

Поступила в редколлегию 01.09.2009.
Принята к печати 15.09.2009.

УДК 69.05:658.5124

П. Е. УВАРОВ (Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Луганск)

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ И УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ РЕАЛИЗУЕМОСТИ ИХ ПОВЕДЕНИЯ

У статті розглянуто базове завдання щодо обґрунтування параметрів моделі оптимізації організаційно-технологічних рішень інвестиційно-будівельних проектів у системі управління проектами.

В статье рассмотрена базовая задача обоснования параметров модели оптимизации организационно-технологических решений инвестиционно-строительных проектов в системе управления проектами.

In the article the basic problem of substantiation of parameters of optimization model of organizational-technological solutions for investment-building projects in the system of project management is considered.

Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими заданиями и программами

В условиях рыночной экономики переходного периода при разработке проектов и организационно-технологических решений (ОТР) по реализации инвестиционно-строительных проектов приходится обосновывать (оптимизировать) их по критерию: наиболее длительное выполнение во времени жизненного цикла проекта (ЖЦП) работ в фазовом пространстве при заданной заказчиком (инвестором) директивной (нормативной) продолжительности проектирования и строительства объекта, т.е. минимизации ресурсопотребления. При этом целевой обоснованности (оптимизации) ОТР можно достичь за счет следующих изменений: интенсивности работ; очередности и последовательности освоения и простоя фронтов работ; организации поточно-совмещенных и раздельных методов возведения строительной и технологической частей проекта, т.е. различных структурообразований проекта при наилучших организационно-технологических режимах, непрерывности, равномерности, ритмичности и интенсивности работ и др. организационно-экономических резервов интенсивного строительства. Показатель совмещения во времени ЖЦП и ведущих процессов (стадий и этапов) в фазовом пространстве проекта для календарного плана характеризует его плотность, а для ресурсов – обеспеченность фронта работ. Однако, при направлении ресурса необходимо, чтобы имеющийся фронт работ в контуре фазового пространства ЖЦП соответствовал специализации ресурса, объему, а также структуре совмещаемых работ (специализации, концентрации и кооперации) и условиям пространственного развития циклов, стадий, этапов проекта-объекта строительства по открытию фронтов и совмещаемых объемов работ с целью уменьшения (отвлечения) капиталовложений. [1, 3].

Однако эти показатели являются вероятностными в силу воздействия на них случайных факторов, поэтому каждый из них должен характеризоваться распределениями, которые могут служить зависимостью между интегрированными (статистическими) показателями проекта-объекта строительного производства (ПОС, ППР) во времени жизненного цикла, и в фазовом пространстве ЖЦП (технико-экономическое обоснование эффективности инвестиций – проектирование – строительство – ликвидация). При этом управление изменениями в ОТР может осуществляться на протяжении всего ЖЦП с непрерывным прогнозированием, контролем, оценкой ситуации и адекватной реакцией.

Анализ последних достижений и публикаций

Выполненный информационно-аналитический анализ проблемной ситуации показал, что результаты проведенных исследований структурно-функциональных параметров инвестиционно-строительного цикла позволяют обосновать принципы и методы формирования обоснованных циклов ОТР, позволяющих на каждой стадии и этапе в контуре времени и ресурсов фазового пространства инвестиционно-строительной деятельности (ИСД) обосновать различные виды деятельности его участников по отношению к конечной цели инвестиционно-строительного процесса П-ОС [2 – 4]. Основой для принятия этих решений являются информационные модели организационно-технологических циклов (ОТЦ) системы $\{ИСД\} \subset \{П\text{-}ОС\}$ содержания и условий их реализации, а в качестве инструмента для переработки информации в организационно-технологические решения выбраны теория циклов и аксиоматические методы принятия решений, адаптированные к целям исследования.

© Уваров П. Е., 2009

Т.к. движение информации в системе ИСД имеет форму замкнутого цикла, то изменения в ней будут происходить постоянно в зависимости от структурно-параметрических характеристик ОТЦ и принимаемых на их основе управленческих решений. Этот процесс имеет свойства «настроечного» периода. Как только в осуществлении проекта устанавливается оптимальный режим, необходимость принятия новых решений отпадает. В системе устанавливается стабильное динамическое состояние.

Если же в результате мониторинга и контроля выявляются тенденции отклонения процессов реализации П-ОС от заданных параметров, блок принятия решений снова включается в работу и обеспечивает новую их «настройку» на оптимальный режим управленческой реализуемости.

Цель и основное содержание работы

Основная цель работы состоит в повышении эффективности организационно-технологических циклов проектирования и управления инвестиционно-строительными проектами (ИСП) путем создания системной основы для формирования и принятия рациональных решений и структурной оптимизации информационных потоков.

Целевая функция оптимизации определяется зависимостью:

$$Ц = Ф_{ц}(Э_1,...,Э_{\alpha}; З_1,...,З_{в}, t_{в}, T_{д}, t), \qquad (1)$$

где $Э_1...Э_{\alpha}$ – зависимости эффекта от параметров ИСП, времени фазового содержания и периода ОТЦ;

$З_1...З_{в}$ – зависимости затрат на создание готовой проектной продукции в ГЖЦ объекта;

$t_{в}$ – время фазового содержания и периода ОТЦ;

T_{∂} – период действия фазового пространства готовой проектной продукции;

t – текущее время.

Технические, организационно-технологические и др. зависимости являются ограничениями. Целевая функция и ограничения составляют математическую модель обоснованности (оптимизации) параметров П-ОС предложенными методами.

Исследованные корреляционные зависимости показателей и коэффициентов, определяющих изменения структуры и функций ОТЦ (например, в зоне фазового пространства «проектирование – строительство»), характеризуют величину инновационного потенциала организационно-технологического ресурса при полиморфизме технологий возведения производственных зданий нового поколения (ПЗНП) и различных способах планирования и организации производства в модели ОТЦ.

Для открытого способа организации и технологии производства:

$$P_{с} = 0,51 + 1,621K_{совм} + 0,812K_{сс} - 2,863K_{пр}. \quad (2)$$

Для закрытого способа организации и технологии производства:

$$P_{с} = 0,332 + 0,756K_{совм} + 0,949K_{сс} - 1,416K_{пр}, \quad (3)$$

где $P_{с}$ – объемы строительно-монтажных работ;

$K_{совм}$ – коэффициент совмещения ведущих процессов (по монтажу технологического оборудования, трубопроводов и конструкций здания);

$K_{сс}$ – коэффициент сокращения сроков строительства;

$K_{пр}$ – коэффициент простоя фронта работ.

Для условий парной корреляции получены зависимости как для раздельного, так и поточно-совмещенной технологии возведения. Выявленные зависимости для интенсивного строительства приведены в табл. 1.

При сравнении полученных показателей технико-экономического обоснования инвестиций (ТЭОИ) и технико-экономического обоснования проекта (ТЭОП) в информационно-функциональных системах (ИФС) ИСД выявилось, что наиболее эффективным являются поточно-совмещенные методы возведения при использовании «открытого» способа организации производства.

Проведенные проектно-экспериментальная проверка и верификация полученных научных и практических результатов моделирования ОТР для различных методов возведения и управленческой реализуемости П-ОС на опыте и примерах объектов корпусов-заводов и ПЗНП органических полупродуктов и красителей позволили проработать расширенный вариантный состав коэффициентов $K_{совм}$ ($K_{СПС}$, $K_{СПО}$, $K_{ССТ}$, $K_{СЭС}$), уровней сложности характеристик П-ОС, допустимые пределы и установить рациональные области совмещения проектных и строительно-эксплуатационных этапов ИСД:

$K_{СПС}$ – коэффициент совмещения ОТЦ в межфазовом пространстве жизненного цикла проекта: создания и оценки информационных потоков по элементам – инвестиционно-организационного, инновационно-проектного, инвестиционно-строительного и эксплуатационного этапов и стадий (может находиться в пределах 0,05…0,3) вплоть до рециклирования проекта;

$K_{СПО}$ – коэффициент совмещения в одной (единой) проектной фазе модуля ОТЦ

«строительство» – подготовительного и основного периодов строительства (0,1…0,35);

$K_{ССТ}$ – коэффициент совмещения во времени ЖЦП-ОС и ОТЦ этапов (стадий) в единой проектной фазе пространства модуля «строительство» – «возведения (сборки) строительной и технологической части проекта» (0,15…0,45);

$K_{СЭС}$ – коэффициент структурно-функционального совмещения процессов (потоков) во времени в разных (строительной и эксплуатационной) фазах пространства – между процессами модуля ОТЦ «возведения строительной, технологической и эксплуатационной частей проекта» (0,05…0,35), а в случае применения гибкого (модульного, комплектно-блочного метода) – «проектирования, строительства и эксплуатации» в пределах (0,3…0,85);

$K_{СПР}$ – показатель сложности морфологических – учетных характеристик П-ОС и проектных решений ПСД (0,4…1,0), которые информационно характеризуют полиморфность (отраслевой характер тип, вид и сложность П-ОС), интенсивность и объем проявления отдельных его свойств $K_{СПС}$, $K_{ССТ}$, $K_{СЭС}$ и учета широкой гаммы других структурных форм и методов преобразований в эволюции научной парадигмы и региональных условий и особенностей;

$У_{СЛ}$ – показатель уровня сложности полиморфизма П-ОС и характер особенностей управления проектом и промышленно-строительного, маркетингового обеспечения и сопровождения П-ОС в ИСД, определяющих механизм регулирующих возмущающие и управляющие адаптационные воздействия и взаимодействия «модели среды – модели объекта». Природа этих показателей и указанные пределы интенсивности и интервалов изменения величин $K_{СПС}$, $K_{ССТ}$, $K_{СЭС}$, $У_{СЛ}$ определяются в результате исследований скрытых обобщенных факторов перемещений нормативных технологий и проектно-эвристических экспериментов на опыте и примерах тех или иных объектов и их отраслевой принадлежности и проведения экспертных заключений при обосновании создания типа (вида) объекта, модуля проекта и опыта проектирования для той или иной отрасли промышленности.

Выводы

Исследованы корреляционные зависимости показателей и коэффициентов, определяющих изменения структуры и функций ОТЦ, характеризующих величину инновационного потенциала организационно-технологического ресурса проектов инвестиционно-строительной деятельности.

Доказана целесообразность использования целевой функции оптимизации как системной основы повышения эффективности организационно-технологических циклов проектирования и управления инвестиционно-строительными проектами.

Таблица 1

Поточно-совмещенный метод возведения при способах организации работ в ОТЦ «проектирование – строительство»

Открытый способ
$P_с = 1{,}27K_{совм} + 0{,}091$ $P_с = -1{,}23 + 13{,}2K_{сс}$ $P_с = -0{,}26 + 3{,}61K_{пр}$ $K_{пр} = 0{,}821K_{сс} + 0{,}112$ $K_{пр} = 0{,}23K_{совм} + 0{,}152$ $K_{сс} = 0{,}151K_{совм} + 0{,}079$
Закрытый способ
$P_с = 1{,}15K_{совм} + 0{,}13$ $P_с = 0{,}06 + 2{,}8K_{сс}$ $P_с = -1{,}62 + 8{,}12K_{пр}$ $K_{пр} = 0{,}42K_{сс} + 0{,}23$ $K_{пр} = 3{,}78K_{совм} + 0{,}987$ $K_{сс} = 0{,}379K_{совм} + 0{,}031$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уваров, П. Е. Теоретические основы и практика комплексного проектирования возведения и реновации промышленных объектов [Текст] / Е. П. Уваров, П. Е. Уваров // Вісник Східноукраїнського держ. ун-ту. – 1996. – № 1. – С. 195-202.
2. Уваров, П. Е. Особенности формирования структуры и параметров комплексных инвестиционно-строительных проектов [Текст] / П. Е. Уваров // Персонал. – 1999. – Приложение к № 4 (52). – С. 230-233.
3. Кирнос, В. М. Дослідження та розробка моделей і методів створення та керування проектами промислово-будівельних систем (ПБС) [Текст] / В. М. Кирнос, П. Є. Уваров // Будівництво України. – 2000. – № 3. – С. 37-41.
4. Уваров, П. Є. Принципи інтегрованого організаційно-технологічного проектування інвестиційно-будівельної діяльності [Текст] : автореф. дис. … канд. техн. наук. – Д.: ПДАБА, 2008. – 20 с.

Поступила в редколлегию 08.09.2009.
Принята к печати 15.09.2009.

УДК 656.25:621.318

Б. М. БОНДАРЕНКО, А. П. РАЗГОНОВ, В. І. ПРОФАТИЛОВ (ДІІТ)

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧНОГО КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ

У статті наведено наукове обґрунтування й вибір оптимальних характеристик оптичного каналу для вимірювання динамічних характеристик зміни повітряного зазору між якорем і сердечником реле, що дозволяє автоматизувати процес вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики.

В статье приведено научное обоснование и выбор оптимальных характеристик оптического канала для измерения динамических характеристик изменения воздушного зазора между якорем и сердечником реле, что позволяет автоматизировать процесс измерения механических параметров реле железнодорожной автоматики.

The scientific substantiation and choice of optimum characteristics of the optical channel for measurement of dynamic characteristics of an air backlash change between the relay armature and core that allows automating a process of measurement of mechanical parameters of the railway automatic relays are presented in the paper.

Вступ

Проблема автоматичного вимірювання величини зазору між якорем і полюсним наконечником реле в процесі його роботи безпосередньо пов’язана з можливістю автоматичної діагностики працездатності реле в цілому, в тому числі й із можливістю вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики.

Для вирішення цього завдання в різний час були запропоновані різні способи і пристрої [1, 2], але до цих пір не створено автоматизованого стенду для вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики без зняття захисного кожуха. З усіх запропонованих способів тільки спосіб на базі оптичних засобів вимірювання з використанням фотометричних датчиків є прямим і тому найбільш точним способом вимірювання [2]. Проте реалізація цього способу пов’язана із серйозними технічними труднощами, зокрема, з проблемою точного позиціювання зазору між якорем і полюсним наконечником напроти фотометричних датчиків. Крім того, необхідно вирішити проблему оптичного вимірювання змінної ширини зазору між плоскими поверхнями якоря і наконечника, що знаходяться усередині прозорого кожуху з органічного скла різної товщини і оптичної щільності, з урахуванням можливих спотворень світлового променя і рівномірності поля яскравості його проекції. При цьому необхідно враховувати, що мінімальний вимірюваний зазор може бути зіставленим із довжиною оптичної хвилі випромінювача, що за певних умов може привести до значних дифракційних спотворень оптичного сигналу [3, 4].

У зв’язку з цим, розробка і вибір параметрів оптичного каналу вимірювання зазору вимагають наукового обґрунтування.

Оптичний канал повинен відповідати наступним вимогам:

- точне позиціювання об’єкта вимірювання;
- максимальна швидкість вимірювання;
- необхідна точність;
- економічна доцільність.

Аналіз методів і пристроїв оптичних вимірювань

Відомі методи оптичних вимірювань діляться на прямі та непрямі.

При прямому методі значення фізичної величини отримують безпосередньо з даних вимірювального експерименту. Існує ряд різновидів прямих вимірювань: метод безпосередньої оцінки, диференціальний метод, нульовий метод та метод збігів.

Метод безпосередньої оцінки полягає у прямому вимірюванні шуканої величини, значення якої визначається безпосередньо за допомогою відлікового пристрою, що входить до вимірювального приладу.

До методів порівняння відносять диференціальний та нульовий методи.

Диференціальний метод порівняння заснований на реєстрації вимірювального сигналу, що є різницею вимірювальних сигналів, що поступають від досліджуваного об’єкта і міри, що зберігає еталонне значення вимірюваної величини. Отже, в диференціальному методі безпосередньо вимірюється не сама шукана ве-

© Бондаренко Б. М., Разгонов А. П., Профатилов В. І., 2009

личина h_s, а її відступ $\pm\Delta h$ від величини h_k, відомої з високою точністю.

Більш розвиненими є методи порівняння, засновані на використанні міри або вимірювального приладу порівняння (компаратора).

Джерела погрішностей від приймачів випромінювання

Основною характеристикою приймачів випромінювання є чутливість. Для електронно-оптичних перетворювачів, фотоелектричних і телевізійних приймачів чутливість характеризують відношенням сили виникаючого фотоструму і падаючого світлового потоку, при цьому чутливість залежить від довжини хвилі випромінювання. Кожен приймач працює в певній зоні довжини хвиль. Поріг чутливості – найменша яскравість або освітленість об'єкта, на яку реагує приймач. Недостатня чутливість приймача створює несприятливі умови, за яких оптичний сигнал реєструється на нелінійній (початковій) ділянці світлової характеристики в умовах зниження контрасту, що до того ж різко знижує відношення сигналу до шуму. А це, в свою чергу, викликає підвищення погрішностей вимірювань.

Способи обробки результатів оптичних вимірювань детально описані в [5]. В якості оцінки дійсного значення вимірюваної величини звичайно приймають середнє арифметичне $\overline{x}$ отриманих результатів вимірювань із масиву отриманих відліків x_i:

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i .$$

Воно вважається найбільш вірогідним значенням шуканої величини, якщо відсутні або виправлені систематичні погрішності й відкинуті промахи.

Середнє квадратичне відхилення (СКВ) ряду вимірювальних відліків (спостережень) при кінцевому числі відліків знаходять за формулою:

$$\sigma_x = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} V_i^2}{n-1}},$$

де $V_i = x_i - \overline{x}$.

СКВ є характеристикою точності методу і засобу вимірювання.

Існує спосіб безконтактного визначення розмірів і положення предмету, що полягає у отриманні тіньової проекції предмету на фотоперетворювачі [6].

Наприклад, оптичні мікрометри РФ65Х компанії «Ріфтек» (Білорусія), що використовують цей принцип, призначені для безконтактного вимірювання і контролю положення, розмірів технологічних об'єктів (діаметр, товщина, ширина, зазор), а також вимірювання рівня рідин і сипких матеріалів. У основу роботи мікрометра покладений тіньовий принцип. При розміщенні об'єкта в області колімованого пучка когерентного джерела випромінювання зображення об'єкта формується телецентричною оптичною системою на лінійці фотоприймачів – приладів із зарядовим зв'язком (ПЗЗ). За положенням тіньової межі процесор розраховує положення (розмір) об'єкта.

У описаного пристрою, що реалізовує тіньовий метод оптичного вимірювання, існує ряд особливостей. Використання оптичної розгортки дозволяє застосовувати для безперервного зчитування інформації багатоелементний фотоприймач на лінійці ПЗЗ і здійснити знімання інформації протягом одного кадру, тривалість якого регулюється в широких межах – до 0,1 мкс. Ця обставина дає можливість використовувати лазерні тіньові вимірювачі для вимірювання параметрів об'єктів, що рухаються з досить великою швидкістю.

Недоліком цього способу є те, що точність вимірювання при використанні даного способу залежить, перш за все, від точності визначення меж контуру досліджуваного об'єкта. Дифракційні ефекти приводять до того, що перехід від світла до тіні на фотоприймачі характеризується певною довжиною, яка для фотоприймачів на лінійці ПЗЗ складає, як правило, декілька пікселів. Розмитість межі між світлом і тінню знижує точність визначення розмірів об'єкта, причому вплив цього чинника буде тим більше, чим менше розмір об'єкта.

Використання лінійок ПЗЗ також недоцільне для реєстрації швидкоплинного процесу роботи реле через низьку швидкість зчитування інформації в сучасних цифрових відеокамерах. Для доступної цифрової відеокамери, яка сьогодні існує на ринку, цей показник складає 500 кадрів на секунду з роздільною здатністю 640 на 480 пікселів, а початок руху якоря реле типу НМШ за допомогою запатентованого авторами пристрою [7] був зафіксований через 1,5 мс після подачі живлення в обмотку реле. Звідси витікає, що максимальна частота кадрів для реєстрації початку руху повинна бути не меншою за 750 кадрів на секунду. При цьому, вартість цифрової відеокамери з відповідними характеристиками, що випускається сьогодні, наприклад Fastvideo-400, складає більше 80 тис. грн. Використання джерела світлового сигналу

без попередньої підготовки рівномірності свічення поля яскравості не дає можливості точних вимірювань цього поля, при розмірах зазору, що змінюється в часі, між якорем і полюсним наконечником реле, а також через значне заломлення хвилі світлового діапазону в оптично неоднорідному просторі з декількома межами переходу «повітря – скло – повітря».

Постановка завдання

Для створення оптичного каналу вимірювання руху якоря реле (реєстрації зміни повітряного зазору) необхідні фотометричні датчики такого хвилевого діапазону, випромінювання якого найменш схильне до спотворень при проходженні зазору і декількох меж з оптичними середовищами різної щільності з одночасним формуванням рівномірної інтенсивності сигналу вимірюваного поля яскравості.

Це може бути досягнуто формуванням поля яскравості розсіювачем за допомогою молочного скла, при використанні в якості випромінювача прямокутної світлодіодної матриці з некогерентних джерел випромінювання. З урахуванням того, що світловий промінь проходить декілька оптичних середовищ різної щільності (повітря – скло – повітря – скло – повітря) і лише одну оптичну щілину, то доцільно використовувати хвилевий діапазон, найменш схильний до заломлення в органічному склі.

При роботі світлодіодної матриці спільно з розсіювачем із молочного скла первинним випромінювачем є центри свічення світлодіодів, а вторинним – зовнішня поверхня молочного скла. Методика і формули розрахунку освітленості, яка створюється зоною прямокутної форми, є загально відомими. Оптичні передавальні властивості розсіювача визначаються його функцією розсіяння точки і коефіцієнтом пропускання, при яких розсіювач стає вторинним ламбертовським випромінювачем. Розподіл яскравості на його зовнішній поверхні, як і для метрологічного калібрування прецизійних фотометричних приладів, описується відомими способами [8].

Фотометрична частина повинна забезпечувати швидкість реєстрації не менше 1 мс, бути дешевою і простою у настройці та реалізації.

Шляхи рішення завдання

Для автоматизації вимірювання механічних характеристик реле при вимірюванні повітряного зазору оптичним методом важливо враховувати не просто дифракцію світла по контуру об’єкта, а дифракцію на щілини, так звану дифракцію Фраунгофера.

Згідно принципу Гюйгенса, кожна точка площини щілини розміром Δx, до якої дійшло світлове збурення, стає джерелом вторинних хвиль, що розповсюджуються на всі боки під різними кутами дифракції. Дифракційні пучки когерентні і можуть інтерферувати при накладенні. Результат інтерференції на зазорі між якорем і полюсним наконечником реле у вигляді періодичного розподілу інтенсивності добре спостерігається на екрані з молочного скла, розташованому на значній відстані від реле (рис. 1). Аналітичний розрахунок розподілу інтенсивності світла при дифракції на щілині наданий у [3, 4].

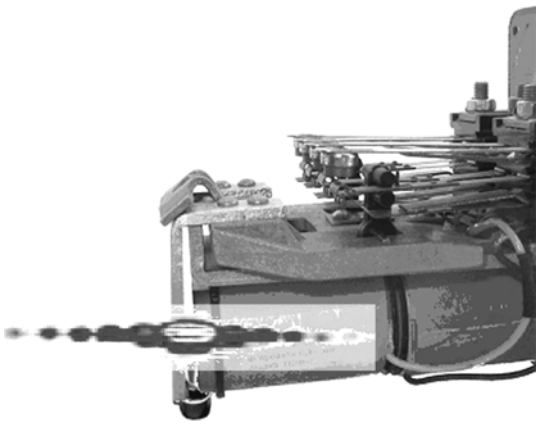


Рис. 1. Результат інтерференції променя, який пройшов крізь зазор між якорем і полюсним наконечником реле

Слід враховувати, що оптичний промінь піддаватиметься не тільки дифракції на щілині, але і дисперсії при проходженні прозорого кожуха реле зі стінками з органічного скла різної товщини й оптичної щільності.

З погляду геометричної оптики, дисперсію можна пояснити як відмінність показників заломлення променів різного кольору, при цьому червоний колір має найменший показник заломлення, а фіолетовий максимальний (на відміну від заломлення аналогічних променів в результаті дифракції). Хвилева оптика трактує показник заломлення як відношення швидкостей світла у вакуумі і даній речовині:

$$n = \frac{c}{\upsilon},$$

тому швидкість розповсюдження у склі хвиль, відповідних червоному кольору, максимальна [3]:

$$\upsilon_{\text{кр}} = \frac{c}{n_{\text{кр}}}.$$

Для спрощення автоматизації процесу і точного вимірювання оптичного сигналу, що пройшов через щілину (зазор) і прозорий кожух, необхідно добитися усунення максимумів і мінімумів сигналу, а також забезпечити концентрацію променів у межах фоточутливого елементу, тобто створити рівномірну інтенсивність сигналу вимірюваного поля яскравості.

За рахунок складної картини спотворень лазерного променя, використання когерентного джерела випромінювання (лазера) не забезпечує необхідної точності вимірювань (не менше 0,05 мм).

З вищевикладених підстав для вимірювань динамічної характеристики зміни повітряного зазору реле залізничної автоматики типу НМШ або РЕЛ вибрано інфрачервоний діапазон, а в якості оптичного випромінювача була прийнята світлодіодна матриця на основі світлодіодів інфрачервоного випромінювання SIR-505STA47 із довжиною хвилі 950 нм і шириною спектральної смуги випромінювання 40 нм.

На рис. 2 наведена схема реле типу НМШ, що пояснює розташування елементів реле і фотометричних датчиків вимірювання повітряного зазору.

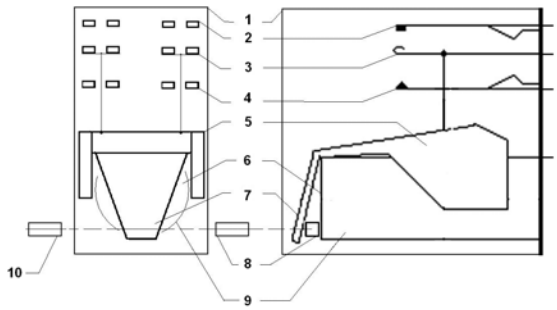


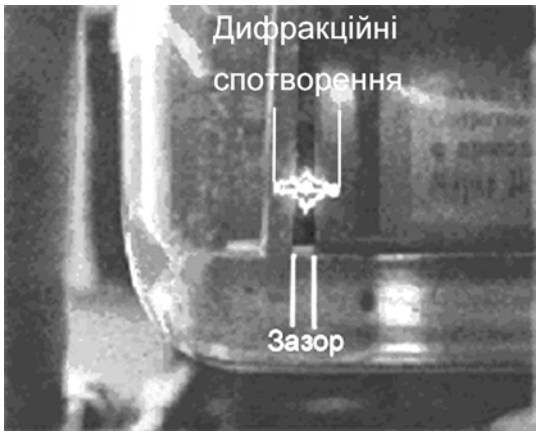
Рис. 2. Схема розташування елементів реле і фотометричних датчиків:
1 – прозорий кожух; 2 – фронтові контакти; 3 – загальні контакти; 4 – тилові контакти; 5 – противага; 6 – полюсний наконечник; 7 – якір; 8 – фотоприймач; 9 – обмотка реле; 10 – оптичний випромінювач

За наслідками випробувань були отримані показові результати використання різних типів випромінювачів.

На рис. 3 *а*, *б* представлені порівняні результати використання когерентного випромінювача (лазера) й інфрачервоної прямокутної матриці. На рис. 3 *б* немає спотворень контуру зазору, які на рис. 3 *а* викликані явищем дифракції.

Для реєстрації та вимірювання змінного сигналу яскравості найбільш швидкісним і економічним є метод із застосуванням одного фотоелемента з широкою фотоприймальною площею для формування проекції поля яскравості зазору. В якості коліматора (формувача паралельного пучка) доцільно застосовувати простий коліматор у вигляді отвору, що калібрується.

а)



б)

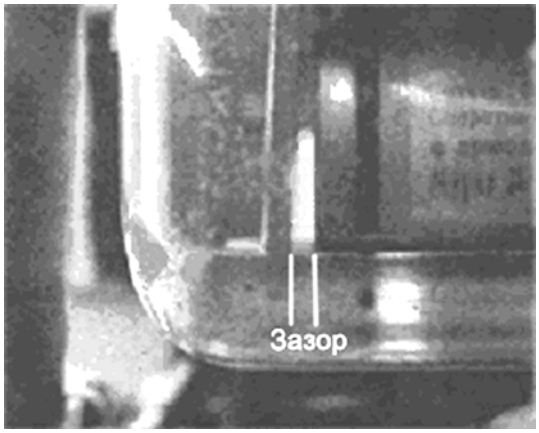


Рис. 3. Приклади використання в якості джерела випромінювання променя: а) когерентного джерела випромінювання (лазера); б) інфрачервоної прямокутної матриці, який пройшов крізь прозорий кожух та зазор між якорем і полюсним наконечником реле

З цією метою в якості фотоприймача вибраний фотодіод ФД24К із діапазоном спектральної характеристики 470…1200 нм і діаметром фоточутливого елементу 10 мм.

Для точного позиціювання повітряного зазору реле були запатентовані спосіб і пристрій ВДК (вимірювально-діагностичний комплекс), принцип дії якого полягає в скануванні платформи з реле між випромінювачем і фотоприймачем [9, 10].

На рис. 4 наведена динамічна характеристика зміни повітряного зазору реле НМШ в циклі «Ввімкнення – Вимкнення», зареєстрована оптичним каналом вимірювання ВДК.

На рис. 5 наведені результати перевірки калібрування оптичних датчиків ВДК по лінійності вимірювання повітряного зазору реле при

кроці ручного регулювання зазору, рівному 0,1 мм. На рисунку видно нелінійність першого кроку результатів вимірювання: при його значенні 0,1 мм, прилад зафіксував значення близько 0,05 мм, що може бути враховане в програмній обробці вимірювання.

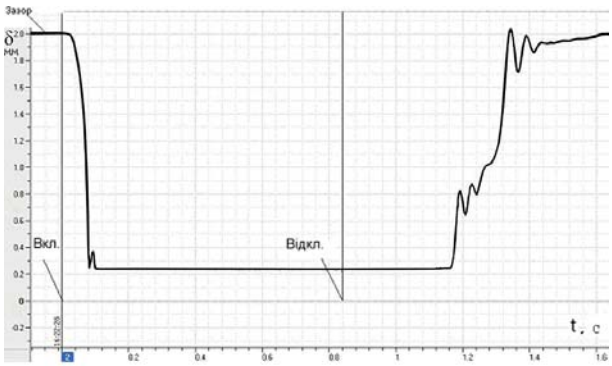


Рис. 4. Динамічна характеристика зміни повітряного зазору реле НМШ

При мінімальному допуску висоти антимагнітного штифта (для деяких типів реле – 0,15 мм), погрішність вимірювання, яка отримана в результаті калібрування і наведена на рис. 3, може вважатися допустимою.

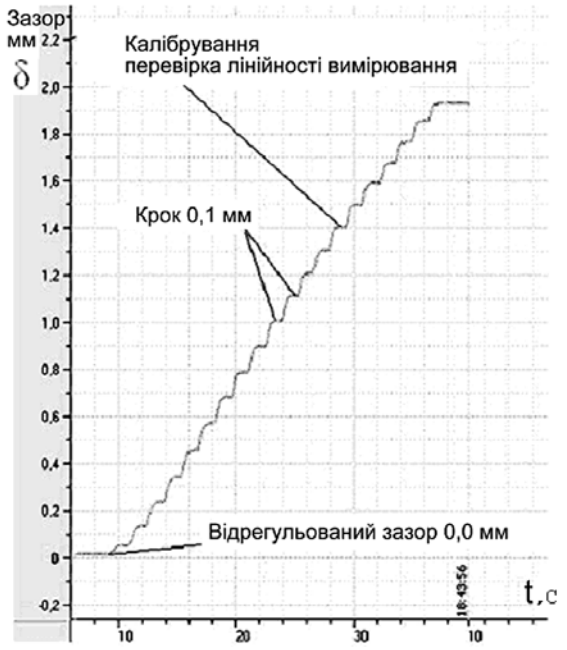


Рис. 5. Результати калібрування пристрою і перевірки лінійності вимірювання повітряного зазору реле

Висновок

Використання когерентного джерела випромінювання (лазера) не забезпечує необхідної точності вимірювань.

Використання лінійок ПЗЗ недоцільне для реєстрації швидкоплинного процесу роботи реле через низьку швидкість зчитування інформації або через високу вартість цифрової камери.

Для вимірювання динамічної характеристики зміни повітряного зазору реле залізничної автоматики доцільно використовувати інфрачервоний діапазон, в якості оптичного випромінювача – некогерентну світлодіодну матрицю, а в якості фотоприймача – фотодіод із широкою фотоприймальною площею і простим коліматором із розсіювачем із молочного скла у вигляді отвору з можливістю калібрування.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Совершенствование методов обслуживания и эксплуатации устройств СЦБ [Текст] : отчет по НИР / ЦНИИ МПС. – 553-У-76-78. – Свердловск, 1978. – 162 с.
2. Стенд для проверки реле СЦБ. Разработка предложений по созданию стенда на базе КТС-ЛИУС-2 [Текст] : отчет по НИР / ДИИТ. – 353/3803. – Д., 1983. – 54 с.
3. Ландсберг, Г. С. Оптика [Текст]. – 5-е изд. / Г. С. Ландсберг. – М.: Наука, 1976. – 928 с.
4. Ваганов, Р. Б. Основы теории дифракции [Текст] / Р. Б. Ваганов, Б. З. Каценеленбаум. – М.: Наука, 1982. – 272 с.
5. Еськова, Л. М. Основы метрологии и оптические измерения [Текст] : методические указания. – СПб.: СПб ГИТМО (ТУ), 1999. – 56 с.
6. Пат. 2262660 Российская Федерация. Способ и устройство бесконтактного оптического измерения размеров объектови [Текст] / Венедиктов А. З., Демкин В. Н., Доков Д. С.; заявл. 20.10.05, Бюл. № 29.
7. Пат. на винахід 70568 Україна. Пристрій для вимірювання переміщення якоря електромагнітного реле [Текст] / Разгонов А. П., Андреєвських О. В., Бондаренко Б. М., Безрукавий Д. А.; заявл. 25.04.07, Бюл. № 5 (2007).
8. Иванов, Л. П. Оптика рассеивающих сред [Текст] / Л. П. Иванов. – Мн: Наука и техника, 1969. – 448 с.
9. Декл. пат. на корисну модель 7850 Україна. Пристрій для вимірювання механічних параметрів електромагнітного реле [Текст] / Разгонов А. П., Андреєвських О. В., Бондаренко Б. М., Безрукавий Д. А.; заявл. 15.07.05, Бюл. № 7 (2005).
10. Пат. на корисну модель 35716 Україна. Спосіб автоматизації контролю механічних параметрів електромагнітного реле [Текст] / Разгонов А. П., Андреєвських О. В., Бондаренко Б. М., Безрукавий Д. А.; заявл. 10.10.08, Бюл. № 19.

Надійшла до редколегії 15.09.2009.
Прийнята до друку 18.09.2009.

УДК 656.25:621.318.5

В. Ю. ДУБ (ДІІТ)

ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ РЕЛЕ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

В даній роботі автором виконано наукове обґрунтування методу діагностування електромагнітних нормальнодіючих реле постійного струму за допомогою нейронних мереж.

В этой работе автором выполнено научное обоснование метода диагностирования электромагнитных нормальнодействующих реле постоянного тока с помощью нейронных сетей.

In the paper the scientific substantiation of diagnostic method for the electromagnetic normal-acting DC relays by means of the neural networks is performed.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку технології обслуговування систем залізничної автоматики, пов'язані з переходом від планово-попереджувального обслуговування й ремонту до обслуговування й ремонту по дійсному технічному стану, створюють передумови для розробки і широкого використання нових засобів та методів автоматизованого контролю й діагностування.

В пристроях залізничної автоматики, що експлуатуються на залізницях України, для виконання відповідальних операцій, пов'язаних із безпекою руху поїздів, застосовуються реле першого класу надійності типу НМШ і РЭЛ. Технологія їх обслуговування в умовах ремонтно-технологічної дільниці з ряду причин не задовольняє сучасним вимогам [1]. Існуючі засоби вимірювання й контролю параметрів реле фізично і морально застаріли. При виявленні прихованих дефектів виробництва, що є основною причиною збоїв у роботі й відмов реле, роздільний контроль параметрів не завжди ефективний. Більш достовірний діагноз забезпечується в результаті спільного аналізу тягової й механічної характеристик реле, а також деяких параметрів. Необхідність розкриття реле, а також застосування для контролю регулювальних параметрів механічного інструмента (щупи й грамометри), також можна віднести до недоліків існуючої технології. Навіть однократне застосування таких інструментів може привести до забруднення й мікродеформацій контактних поверхонь, порушення регулювальних параметрів. При цьому практично не виявляються такі дефекти, як затирання в магнітній системі, затирання якоря об кожух реле, відсутність або недостатня величина спільного ходу контактів у збудженому стані реле. Зазначені дефекти приводять відповідно до нестабільності параметрів, збільшеного перехідного опору й навіть до незамикання контактів реле [2].

Після закриття реле в деяких випадках спостерігається відхилення регулювальних параметрів і поява прихованих дефектів. Виявити такі приховані дефекти існуючими методами не завжди можливо.

У зв'язку із цим виникає задача розробки більш ефективної методики технічного контролю й діагностування, що дозволила б із мінімальними витратами й без зняття кожуха визначати технічний стан реле.

Метою даної роботи є дослідження можливості діагностування реле залізничної автоматики шляхом аналізу кривої споживання струму за допомогою нейронної мережі, вибір структури і параметрів ШНМ, необхідних для ефективного розпізнавання сигналів, а також наукове обґрунтування методу діагностування електромагнітних нормальнодіючих реле постійного струму за допомогою нейронних мереж.

Методика діагностування

Застосування апарата нейронних мереж (ШНМ) для діагностування релейної апаратури дозволяє вирішувати такі завдання, як класифікація несправностей монтажу контактів без застосування детермінованих алгоритмів діагностування, розпізнавання небезпечних відхилень від заданих часових параметрів, прогнозування стану реле за рахунок аналізу зміни в часі його параметрів, розпізнавання стану реле за кривою перехідного струму при включенні й виключенні реле, акустичний контроль роботи рухомих механічних частин реле й ін. Разом із класичними методами вимірювання параметрів реле, нейромережеві технології дозволяють одержати максимальну кі-

© Дуб В. Ю., 2009

лькість інформації про стан реле без зняття захисного кожуха. Ця задача стає особливо актуальною при діагностуванні реле, що входять до складу релейних блоків електричної централізації, оскільки в цьому випадку доступ до частини контактів реле є, як правило, обмеженим [3].

Аналіз перехідних процесів у електричному колі живлення реле за допомогою ШНМ дозволяє виявляти (непрямим методом) відхилення регулювальних параметрів реле від норми і наявність прихованих дефектів. У процесі діагностування реєструється цифровий образ перехідного струму, що потім використовується як вхідний вектор першого шару ШНМ. У процесі навчання нейронна мережа встановлює залежність форми перехідного струму від стану реле.

При подачі напруги в коло живлення реле *P* (рис. 1) з резистора *R*, підключеного послідовно з його обмоткою, знімається сигнал, пропорційний струму в обмотці реле. Для перетворення перехідного струму з аналогової форми в цифрову використовують спеціалізовані аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), що підключаються через стандартні інтерфейси до персонального комп'ютера (ПК).

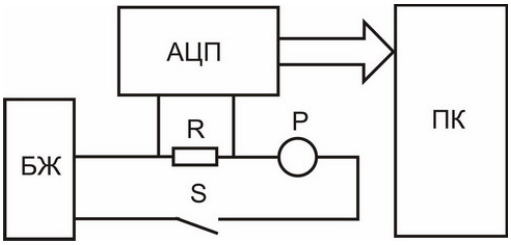


Рис. 1. Схема зняття кривої струму при включенні реле

Результати

З метою спрощення задачі, на першому етапі досліджень для діагностування було вибрано лише чотири стани реле НМШ2-900:

1) справний стан;
2) знято тягу (від'єднано контактну групу);
3) додаткове навантаження якоря;
4) деформація контактів.

За допомогою пристрою, схема якого показана на рис. 1, було отримано криві струму для декількох реле, що знаходились в одному з чотирьох вищевказаних станів (рис. 2 – 5).

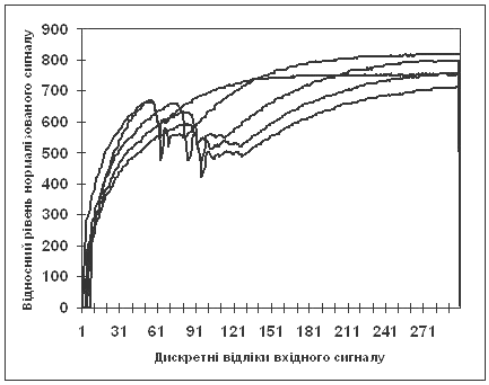


Рис. 2. Криві струму для стану 1

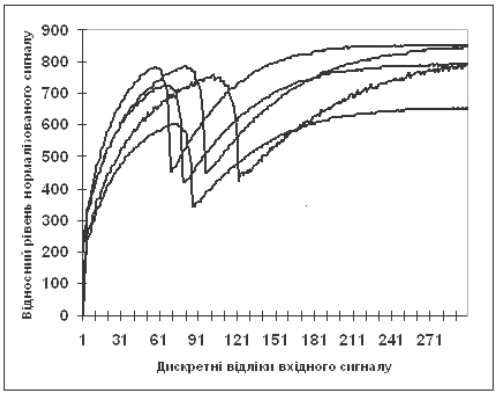


Рис. 3. Криві струму для стану 2

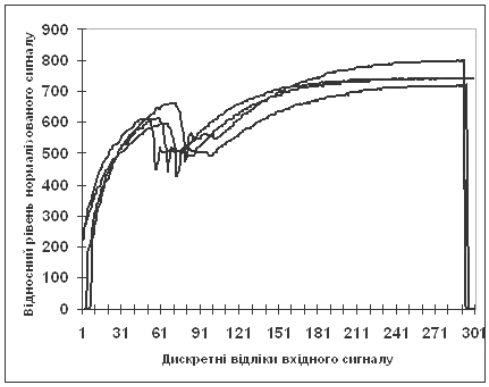


Рис. 4. Криві струму для стану 3

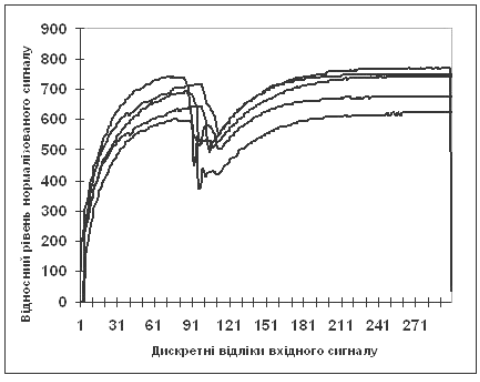


Рис. 5. Криві струму для стану 4

Для зменшення кількості обчислювальних операцій і скорочення часу навчання ШНМ, частоту дискретизації вхідного сигналу було зменшено таким чином, щоб отримати одновимірний масив даних, який містить лише 300 дискретних значень. При такому стисненні сигнал все ще зберігає відмітні ознаки і є придатним для аналізу.

Для моделювання ШНМ було обрано пакет прикладних програм ***Neural Network Toolbox***, що функціонує під управлінням ядра системи ***Matlab*** [7]. Конфігурацію і параметри ШНМ було вибрано близькими до мінімальних необхідних.

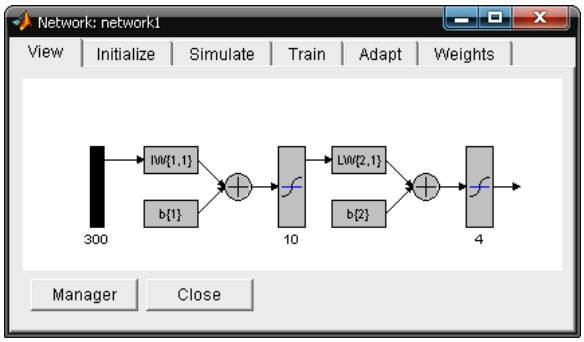


Рис. 6. Структура нейронної мережі

На рис. 6 показано, структуру моделі ШНМ, створеної в системі ***Matlab***. Вона являє собою двошаровий перцептрон з кількістю нейронів 10 і 4, відповідно, у першому і другому шарі. Кожен із десяти нейронів першого шару має по 300 вхідних синапсів, що співпадає з числом входів ШНМ і з розмірністю вхідного сигналу. Другий шар містить чотири нейрони, що відповідає кількості виходів ШНМ. Число виходів дорівнює кількості станів реле, що контролюються, а реакцією ШНМ на поданий вхідний сигнал є поява сигналу високого рівня на тому з її виходів, який відповідає технічному стану реле.

Елементом ШНМ є формальний нейрон (ФН, рис. 7) [6]. Мережі, побудовані з таких нейронів, можуть сформувати довільну багатомірну функцію на виході.



Рис. 7. Формальний нейрон

Нейрон складається зі зваженого суматора й нелінійного елемента. Функціонування нейрона визначається формулами:

$$NET = \sum_i w_i x_i \; ; \qquad (1)$$

$$OUT = F\left(NET\right), \qquad (2)$$

де x_i – вхідні сигнали, сукупність всіх вхідних сигналів нейрона утворює вектор x; w_i – вагові коефіцієнти, сукупність вагових коефіцієнтів утворює вектор синаптичних ваг w; NET – зважена сума вхідних сигналів; F – нелінійна функція, що називається функцією активації. Нейрони першого шару мають по 300 входів x, а другого – по 10. Кожний нейрон, незалежно від шару, має один вихід (аксон) із сигналом OUT. Параметрами нейрона, що визначають його роботу, є вектор ваг w і вид функції активації F.

У якості функції активації застосовано гіперболічний тангенс (рис. 8.):

$$OUT = \text{th}(NET) = \frac{e^{NET} - e^{-NET}}{e^{NET} + e^{-NET}} \qquad (3)$$

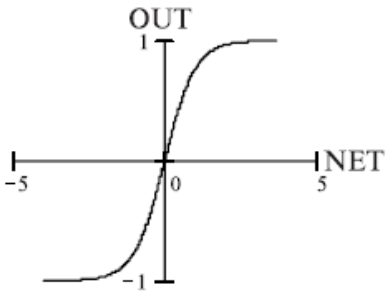


Рис. 8. Гіперболічний тангенс

Безперервність першої похідної функції дозволяє навчати мережу градієнтними методами, наприклад, метод зворотного поширення помилки (*back propagation*). Функція симетрична щодо точки (0, 0), це – перевага порівняно із сигмоїдою.

Робота багатошарового перцептрона (БШП) описується формулами [6]:

$$NET_{jl} = \sum_i w_{ijl} x_{ijl} \; ; \qquad (4)$$

$$OUT_{jl} = F\left(NET_{jl}\right); \qquad (5)$$

$$x_{ij(l+1)} = OUT_{jl} \, , \qquad (6)$$

де індекс i– номер входу, j – номер нейрона в шарі, l – номер шару; x_{ijl} – i-й вхідний сигнал j-го нейрона в шарі l; w_{ijl} – ваговий коефіцієнт i-го входу j-го нейрона у шарі l; NET_{jl} – сигнал NET j-го нейрона в шарі l; OUT_{jl} – вихідний сигнал нейрона j у шарі l.

Пакет ***NNTool*** має графічний інтерфейс, що дає змогу просто і наглядно відображати параметри і структуру ШНМ, а також налаштувати ШНМ за допомогою вікна менеджера даних, не звертаючись до командного вікна системи ***Matlab*** (рис. 9). Двовимірний масив *input_data* містить усі вхідні сигнали, що використовуються для навчання, двовимірний масив *target_data* містить еталонні вихідні сигнали (0 або 1), що відповідають вхідним сигналам з масиву *input_data*.

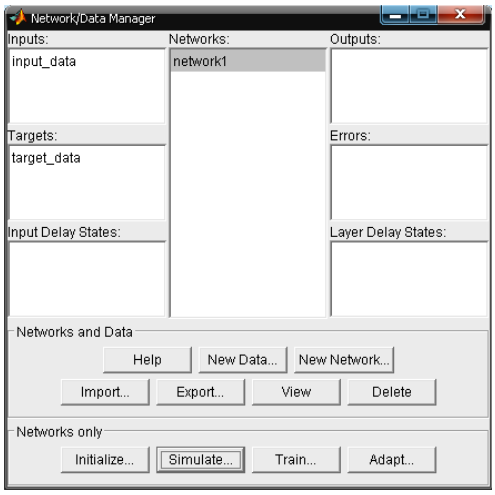


Рис. 9. Вікно менеджера даних нейронної мережі

Після введення всіх необхідних параметрів ШНМ, вибору алгоритму навчання *Feed-forward backprop* (пряме поширення сигналу і зворотне поширення помилки) та числа епох навчання (у даному випадку 100 епох) за допомогою кнопки *Train* запускають процес навчання ШНМ. На персональному комп'ютері з тактовою частотою процесора 1,86 ГГц навчання ШНМ відбулось за 50 хвилин. Протягом 100 епох навчання середня відносна помилка на виходах нейронної мережі досягла свого мінімального значення: трохи більше ніж 10^{-4}, що цілком достатньо для надійного розпізнавання сигналів (рис. 10).

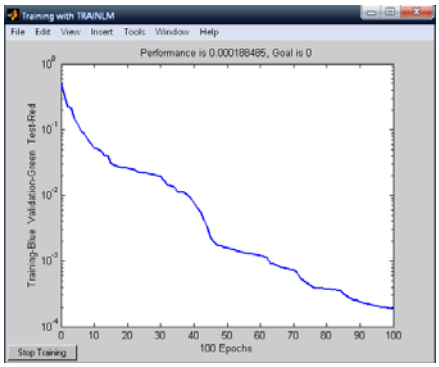


Рис. 10. Графік навчання ШНМ

Навчений двошаровий перцептрон реалізує таку функцію [5]:

$$y(n) = f\left[\sum_{h_1=0}^{H_1} a_{h_1} f\left[\sum_{i=0}^{N} a_i x_i(n)\right]\right], \qquad (7)$$

де a_i - ваговий коефіцієнт i-го входу нейрона n шару 1; a_{h_1} - ваговий коефіцієнт i-го входу нейрона n шару 2; x_i – вхідні значення нейронної мережі; f - функція активації; $y(n)$ - значення виходу нейрона n; N, H_1 – розмірність вхідних сигналів, відповідно, шару 1 і шару 2.

Використання результатів навчання ШНМ можливе безпосередньо у середовищі ***Matlab***, однак для задач діагностування реле більш зручним було б використання спеціалізованого програмного забезпечення. У зв'язку з цим було розроблено програму, яка призначена для визначення стану реле за кривою струму. Сигнал, що у цифровому вигляді (одновимірний масив з трьохсот елементів) відтворює криву перехідного струму в обмотці реле при включенні живлення, подається на входи моделі ШНМ, вагові синаптичні коефіцієнти нейронів якої зберігаються у двох (за кількістю шарів) одновимірних масивах. Ще в двох одновимірних масивах зберігаються значення зсуву (*bias*), що використовуються для більш ефективного навчання ШНМ. Вхідний сигнал у вигляді файлу з розширенням *.dat* завантажується в пам'ять програми (масив даних). У програмі передбачена можливість імпортування даних результатів навчання (синаптичних вагових коефіцієнтів і зсувів) із системи ***Matlab***. Після вводу необхідних даних програма, реалізуючи нескладний алгоритм, моделює роботу ШНМ, тобто обчислює для кожного нейрона значення суми *NET* і функції активації *OUT*. Нейрони другого (вихідного шару) отримують інформацію з аксонів першого шару. Для більш наглядного представлення результатів діагностування і можливості трактувати значення виходів як імовірності станів реле у програмі для активації нейронів вихідного шару застосовано SOFTMAX функцію [6]:

$$OUT = \frac{e^{NET}}{\sum_i e^{NET_i}}. \qquad (8)$$

Такий вибір функції забезпечує суму значень виходів шару, рівну одиниці за будь-яких значень сигналів NET_i даного шару. Таким чином, сукупність подій (усі стани реле) утворить повну групу подій.

Графічний інтерфейс програми розроблено у візуальному середовищі ***Delphi*** [4]. На рис. 10 – 13 показано вікна програми при розпізнаванні справного і несправного станів реле.

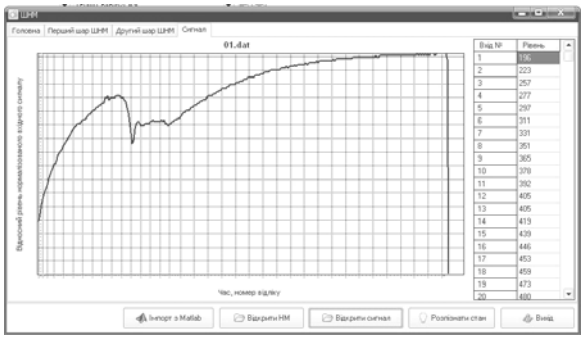


Рис. 10. Завантаження вхідного сигналу, що відповідає справному реле

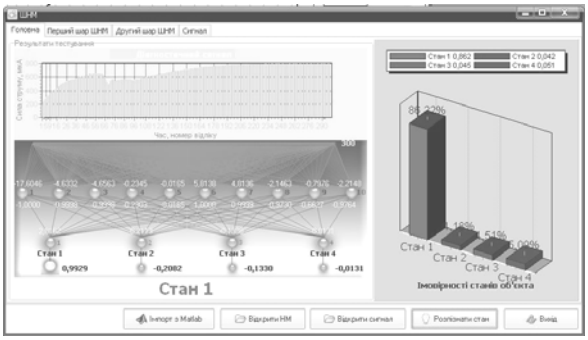


Рис. 11. Визначення справного стану реле

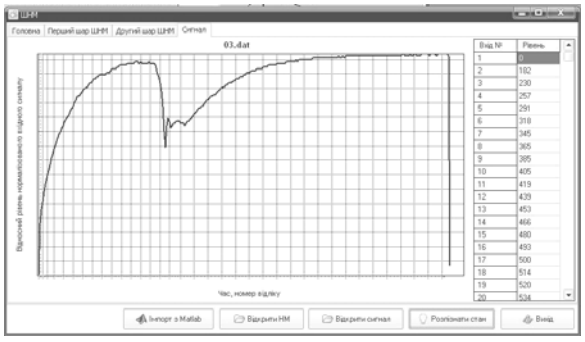


Рис. 12. Завантаження сигналу, що відповідає несправності (стан 4)

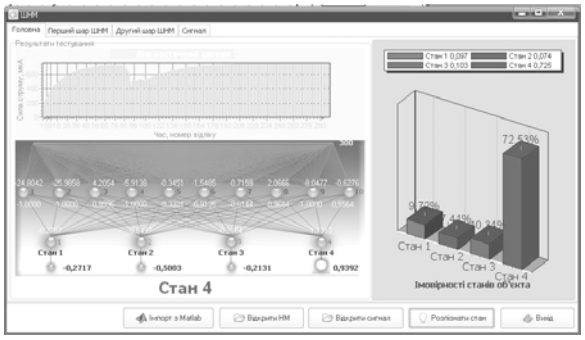


Рис. 13. Визначення несправного стану (стан 4)

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки. За допомогою аналізу форми кривої струму при включенні реле можна розпізнавати стани реле з досить великою точністю. Враховуючи те, що при цьому з'являється можливість розпізнавати приховані діагностичні ознаки несправностей та дефектів реле, використання нейронних мереж є ефективним. Для розширення діапазону несправностей, що контролюються, необхідно розробити методику діагностування з використанням кривої струму при включенні та виключенні реле та сигналів на контактах.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аркатов, В. С. Ремонтно-технологический участок СЦБ [Текст] / В. С. Аркатов, А. И. Баженов, И. Е. Дмитренко. – М.: Транспорт, 1987. – 224 с.
2. Корсунский, Г. М. Применение метода осциллографического анализа динамических характеристик электромагнитных реле для его технической диагностики [Текст] / Г. М. Корсунский, А. Ф. Мироненко, П. С. Федорец // Техника средств святи. – 1979. – Вып. 5 (38).
3. Гаврилюк, В. И. Диагностирование релейно-контактных устройств железнодорожной автоматики [Текст] / В. И. Гаврилюк, В. Ю. Дуб // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 12. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – 280 с.
4. Тейкстейра, С. Borland Delphi 6. Руководство разработчика [Текст] : [пер. с англ.] / С. Тейкстейра, К. Пачеко. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2002.
5. Галушкин, А. И. Теория нейронных сетей [Текст] / А. И. Галушкин. – Кн. 1. – М.: ИПРЖР, 2000.
6. Уоссерман, Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика [Текст] / Ф. Уоссерман. – М.: Мир, 1992. – 237 с.
7. Медведев, В. С. Нейроные сети. Matlab 6 [Текст] / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин; под общ. ред. В. Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002.

Надійшла до редколегії 03.09.2009.
Прийнята до друку 21.09.2009.

УДК 656.25

Р. В. РИБАЛКА, В. І. ГАВРИЛЮК, І. О. РОМАНЦЕВ (ДІІТ)

УЗАГАЛЬНЕННЯ МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛІНІЙНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ІМПУЛЬСНОГО СИГНАЛУ

Пропонується модифікація методу ідентифікації лінійних систем за імпульсною характеристикою, що розширює область його застосування. Наведено результати досліджень на прикладі лінійної динамічної стаціонарної дискретної системи.

Предлагается модификация метода идентификации линейных систем по импульсной характеристике расширяющая область его использования. Приведены результаты исследований на примере линейной динамической стационарной дискретной системы.

The modification of identification method for linear systems by pulse response that extends its use area is offered. The research results on example of a linear dynamic stationary discrete system are presented.

Вступ

Добре відомі методи ідентифікації, які основані на застосуванні сигналів спеціальної форми [1]. Часто у випадках, коли це можливо, доцільним є використання спеціальних тестових сигналів, що подаються на об'єкт ззовні [2]. Ці методи передбачають ідентифікацію поза процесом керування, звужуючи область застосування методів ідентифікації за спеціальними сигналами за рахунок неможливості ідентифікації об'єктів, які не можуть бути вимкнені з експлуатації. Додатковою проблемою є генерація тестових сигналів [2].

Метою роботи є розширення області застосування методів ідентифікації за спеціальними сигналами для лінійної динамічної стаціонарної дискретної системи шляхом приведення вхідного сигналу, який недостатньо точно апроксимує обраний спеціальний сигнал, до виду обраного спеціального сигналу. За основу взятий метод ідентифікації за імпульсною характеристикою (ІХ), спеціальний сигнал – дельта-функція Дірака за означенням.

Застосування методу корекції спектрів до алгоритму ідентифікації за імпульсною характеристикою

Математичний апарат методу корекції спектрів (МКС) наданий у [3]. Об'єктом вимірювання є цифровий фільтр, створений за аналоговим прототипом коливальної ланки з параметрами, вказаними в [3]. За чисельну оцінку похибки прийняте середньоквадратичне відхилення (див. [3]).

Дискретний аналог ступеневої дії [4]:

$$1[nT]=\begin{cases}1, & \text{при } n\ge 0;\\ 0, & \text{при } n<0,\end{cases} \qquad (1)$$

де n – ціле число; T – інтервал дискретизації.

Дискретним аналогом дельта-функції є одинична імпульсна решітчаста функція [4]:

$$\delta[nT]=\begin{cases}1, & \text{при } n=0;\\ 0, & \text{при } n\ne 0.\end{cases} \qquad (2)$$

Домовимося, що під терміном «ПХ, отримана прямим методом (ПМ)» будемо розуміти вихідний сигнал, при вхідній дії виду (1) (за означенням). ІХ, отримана ПМ – за означенням, вихідний сигнал, при вхідній дії виду (2). Амплітудно-частотна (АЧХ) та фазочастотна (ФЧХ) характеристики, отримані ПМ, – це вирази (3) та (4), відповідно, які отримані з (5) [5]. Характеристики, отримані ПМ, вважатимемо еталонними.

$$A(\omega)=\left|W(j\omega)\right|; \qquad (3)$$

$$\varphi(\omega)=\arg\left(W(j\omega)\right); \qquad (4)$$

$$W(j\omega)=F\{p(t)\};$$

$$p(t)=F^{-1}\{W(j\omega)\}, \qquad (5)$$

де $W(j\omega)$ – частотно передатна функція; $j=\sqrt{-1}$ – уявна одиниця; $\omega=2\pi f$ – циклічна частота; F^{-1} – оператор зворотного перетворення Фур'є; $p(t)$ – ІХ системи.

Під терміном «ІХ, отримана за псевдопрямим методом (ППМ)» розумітимемо вихідний

© Рибалка Р. В., Гаврилюк В. І., Романцев І. О., 2009

сигнал, при будь-якій вхідній дії, не обов'язково виду (2). Відповідно при вхідній дії виду (2) результати ППМ та ПМ є тотожно рівними. Під «ПХ, отриманою за ППМ» розумітимемо характеристику, знайдену за ІХ, отриманою ППМ, згідно виразу

$$h(t) = \int p(t)\,dt\,, \qquad (6)$$

замінивши неперервну операцію інтегрування її дискретним аналогом [4].

АЧХ та ФЧХ, отримані ППМ, обраховуються за дискретними аналогами виразів (5), (3) та (4) для ІХ ППМ.

Застосуємо МКС до даного ППМ ідентифікації за ІХ. Вхідним сигналом є сигнал виду (2). Взірцевим сигналом встановимо сигнал виду (2). Не очікується змін у вхідному та вихідному сигналах і відповідно у системних характеристиках.

Використаємо для вирішення даної задачі програмний продукт, ядро якого відображає алгоритм, наведений у [3].

Зведемо в таблицю оцінку похибки для характеристик, отриманих за ППМ та ПМ при однаковому вхідному сигналі виду (2) залежно від застосування МКС.

Таблиця 1

Похибка ідентифікації різними методами

Системна характеристика	ППМ (без МКС)-ПМ	ППМ (з МКС)-ПМ
ІХ	0	1,25E-16
ПХ	2,08E-16	4,78E-15
АЧХ	0	3,48E-15
ФЧХ	0	1,47E-11

В табл. 1 значення 0 для ІХ в колонці «ППМ (без МКС)-ПМ» очевидне (див. вище за текстом). Ненульове значення оцінки похибки в ПХ виявляє помилку, яка з'являється при обчисленні за допомогою ЕОМ. В колонці «ППМ (з МКС)-ПМ» з'являються ненульові значення помилки, які викривають помилку округлення (в основному через алгоритм дискретного перетворення Фур'є) при обчисленні за допомогою ЕОМ. Дані табл. 1 можна прийняти за зразкові, за найвищу точність ідентифікації системних характеристик за ППМ.

Для демонстрації ефекту застосування МКС додамо до вхідного сигналу адитивну перешкоду, що підкоряється нормальному закону розподілу випадкових величин. Задамо параметри нормального закону розподілу: математичне сподівання 0, середньоквадратичне відхилення 1. В якості датчика випадкових чисел з нормальним законом розподілу використаємо пакет **stats** субпакет **random** програми **Maple** [6] (використовується той самий зразок перешкоди, що й у [3]).

За допомогою МКС скорегуємо вхідний та вихідний сигнали з адитивною перешкодою. Взірцевим сигналом для шуканого фільтру оберемо вхідний сигнал до підмішування шуму, тобто сигнал виду (2). Очікується, що вихідний зашумлений сигнал набере форми вихідного сигналу без шуму, як відгук на вхідну імпульсну дію без шуму, тобто, отримаємо ІХ за ПМ. Застосовуючи програмний продукт, ядро якого відображає алгоритм, наведений у [3], отримуємо вхідні та вихідні сигнали:

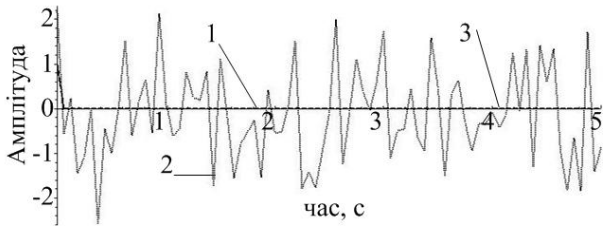


Рис. 1. Вхідні сигнали на інтервалі 0...5 с:
1 – без перешкоди без корекції; 2 – з перешкодою без корекції; 3 – з перешкодою з корекцією

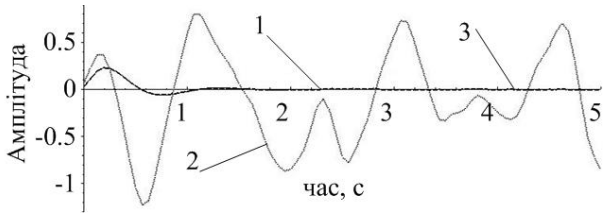


Рис. 2. Вихідні сигнали на інтервалі 0...5 с:
1 – без перешкоди без корекції; 2 – з перешкодою без корекції; 3 – з перешкодою з корекцією

Як видно з рис. 1, вхідний зашумлений сигнал (крива 2) після корекції (крива 3) дійсно прийняв форму до зашумлення (крива 1). Значного покращення зазнала форма вихідного сигналу (крива 3 на рис. 2), отримана після застосування МКС до кривої 2 на рис. 2, порівняно до вихідного сигналу (крива 1 рис. 2) як реакція на криву 1 рис. 1.

Наведемо системні характеристики, отримані за допомогою спеціально розробленої програми (рис. 3 – 5).

Відповідні імпульсні характеристики співпадають з рис. 2.

З табл. 2 видно, що при застосуванні МКС до ідентифікації за ІХ при зашумленому вхідному сигналі відбулося значне покращення якості ідентифікації, оцінюваного за середньоквадратичним відхиленням [3]: ІХ в 343,5 разу;

ПХ в 3168,7 разу; АЧХ в 432,7 разу; ФЧХ в 1,05 разу. Найменшого покращення якості ідентифікації зазнала ФЧХ через неврахування в чисельній оцінці похибки особливостей представлення графіка ФЧХ [7].

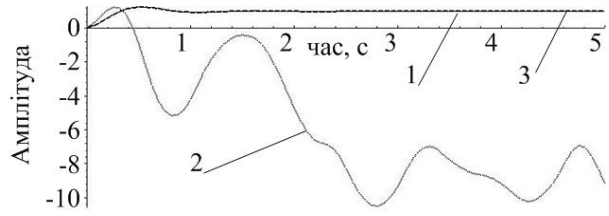


Рис. 3. ПХ на інтервалі 0…5 с:
1 – без перешкоди без корекції (ПМ); 2 – з перешкодою без корекції (ППМ); 3 – з перешкодою з корекцією (ППМ)

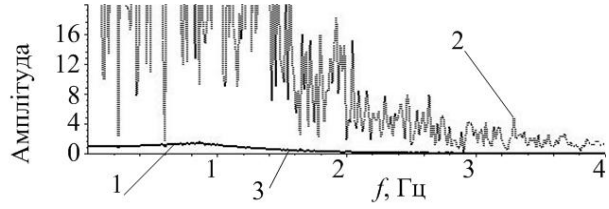


Рис. 4. АЧХ на інтервалі 0…4 Гц:
1 – без перешкоди без корекції (ПМ); 2 – з перешкодою без корекції (ППМ); 3 – з перешкодою з корекцією (ППМ)

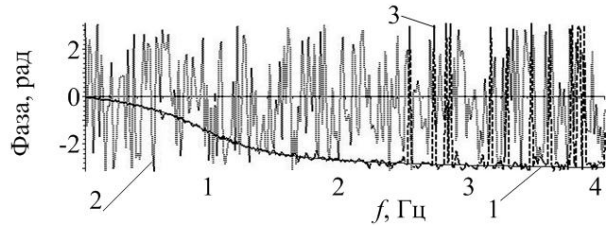


Рис. 5. ФЧХ на інтервалі 0…4 Гц:
1 – без перешкоди без корекції (ПМ); 2 – з перешкодою без корекції (ППМ); 3 – з перешкодою з корекцією (ППМ)

Таблиця 2

Похибка ідентифікації різними методами в залежності від застосування корекції

Системна характеристика	ППМ (без МКС)-ПМ	ППМ (з МКС)-ПМ
ІХ	0,4809	0,0014
ПХ	23,7654	0,0075
АЧХ	15,0131	0,0347
ФЧХ	2,8418	2,7143

З проведеного моделювання видно, що при застосуванні МКС до методу ідентифікації за ІХ відсутній недолік, притаманний застосуванню МКС до методу ідентифікації за ПХ, пов'язаний з особливістю представлення вхідного тестового сигналу виду ступеневої дії у дискретному перетворенні Фур'є, описаний у [3].

Висновки

Застосування МКС до методу ідентифікації за ІХ дозволило розширити область застосування методу ідентифікації за ІХ на вхідні сигнали, форма яких недостатньо точно апроксимує форму імпульсного сигналу на вході. Як і в [3], вводиться обмеження на відсутність нульових компонентів у амплітудному спектрі вхідного сигналу. Через застосування інакшого тестового сигналу, ніж в методі ідентифікації за ПХ, відсутня помилка ідентифікації, вказана в [3].

Як правило, робочий вхідний сигнал є детермінованим і займає вузьку смугу частот. Для виконання вимоги МКС пропонується під час вимірювання додати до робочого вхідного сигналу перешкоду, спектр якої не містить нульових компонент на необхідному діапазоні частот. Перешкода може бути малої енергії для того, щоб не пошкодити ідентифіковану систему та не ввести її в область нелінійності. Це розширює область застосування методу ідентифікації за ІХ і на об'єкти, які не можуть бути вимкнені з експлуатації.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гроп, Д. Методы идентификации систем [Текст] / Д. Гроп. –М.: Мир, 1979. – 302 с.
2. Эйкхофф, П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния [Текст] / П. Эйкхофф. – М.: Мир, 1975. – 680 с.
3. Рибалка, Р. В. Узагальнення методу ідентифікації лінійних динамічних систем за допомогою ступеневого сигналу [Текст] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 154-159.
4. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического регулирования [Текст] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1975. – 768 с.
5. Попов, Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления [Текст] : учеб. пособие для втузов / Е. П. Попов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 304 с.
6. Дьяконов, В. Maple 7: учебный курс [Текст] / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 672 с.
7. Smith, S. W. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing [Electron. resource] / Steven W. Smith – Режим доступу: http://www.dspguide.com

Надійшла до редколегії 02.09.2009.
Прийнята до друку 15.09.2009.

УДК 656.259.1

Т. Н. СЕРДЮК, А. В. ЗАВГОРОДНИЙ, В. И. ГАВРИЛЮК (ДИИТ)

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ В ОБРАТНОЙ ТЯГОВОЙ СЕТИ

Запропоновано оригінальний метод автоматизованого вимірювання електромагнітних завад у зворотній тяговій мережі, який реалізовано на базі вагону-лабораторії «Автоматика, телемеханіка та зв'язок». Для наукового обгрунтування методу розроблено математичну модель зворотної тягової мережі, яка дозволила отримати математичні вирази зміни гармонійних складових напруги та струму в рейковій мережі з урахуванням неоднорідності ліній для подальшого аналітичного визначення джерела завади.

Предложен оригинальный метод автоматизированного измерения помех в обратной тяговой сети, который реализован на базе вагона-лаборатории «Автоматика, телемеханика и связь». Для научного обоснования метода разработана математическая модель обратной тяговой сети, которая позволила получить математические выражения изменения гармонических составляющих напряжения и тока в рельсовой сети с учетом неоднородности линий для дальнейшего аналитического определения источника помехи.

The original automated method of measurement of electrical noise in the return electric-traction network is proposed. It is realized on the base of car-laboratory "Automatics, telemechanics and communication". The mathematic model of return electric-traction network is developed to scientific bases of automated measurement. It allows us obtaining the mathematic expressions for change of voltage and current harmonics in the rail net and taking into account the inhomogeneity of lines for the following analytic determination of a source of electric noise.

ВВЕДЕНИЕ

Рельсовые цепи (РЦ) и система автоматической локомотивной сигнализации (АЛС), которые относятся к устройствам автоматики, обеспечивающим безопасность движения поездов, подвергаются постоянному электромагнитному воздействию со стороны системы тягового электроснабжения, что вызывает их неустойчивую работу. Обеспечение надежной и бесперебойной работы устройств железнодорожной автоматики с каждым годом приобретает все большее значение ввиду внедрения нового типа подвижного состава (с импульсной системой управления, асинхронными тяговыми двигателями и др.), микропроцессорных систем автоблокировки, диспетчерской и электрической централизации, устройств связи. Все это вызывает необходимость выполнять глубокий анализ источников помех в рельсовых линиях и проводить теоретические и экспериментальные исследования их распространения.

Комплексный анализ электромагнитной совместимости устройств автоматики с системой тягового электроснабжения включает в себя: определение степени влияния излучения источника на существующую аппаратуру; оценку уровня помех, возникающих в приемнике; нахождение источника и причины возникновения помехи; получение информации об электромагнитной обстановке конкретного месторасположения аппаратуры и восприимчивости приемника. Таким образом, задача, связанная с обеспечением электромагнитной совместимости устройств автоматики с системой тягового электроснабжения на заданном участке, является актуальной и требующей немедленного планомерного решения.

Для решения поставленной задачи необходимо разработать математическую модель системы тягового электроснабжения участков с учетом влияния заземления различных устройств на рельсы, в которой рельсовые линии используются в качестве обратного провода.

Существует ряд математических моделей системы тягового электроснабжения, в которых локальная нагрузка заменена равномерно распределенной, что характерно для участков с большой интенсивностью движения поездов [1 – 4]. В настоящее время в связи с экономическим кризисом наметилась тенденция к уменьшению грузо- и пассажирооборота на железных дорогах Украины. Поэтому данная работа посвящена разработке математической модели системы тягового электроснабжения как грузонапряженных, так и малодеятельных участков, которая послужит научным обоснованием методики автоматизированного измерения помех во время контрольной поездки вагона-лаборатории «Автоматика, телемеханика и связь» по величине электродвижущей силы в приемных катушках, пропорциональной току в рельсовой линии.

© Сердюк Т. Н., Завгородний А. В., Гаврилюк В. И., 2009

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ

Для решения поставленной задачи – научного обоснования метода автоматизированного измерения с вагона-лаборатории – разработана математическая модель системы тягового электроснабжения, которая позволяет учесть влияние помех на устройства, подключенные к каналам АЛС. В отличие от существующих, в предложенной математической модели неоднородность участка определяется на основании данных, полученных во время проведения измерений вагоном-лабораторией с помощью специально разработанного аппаратно-программного комплекса.

Математическая модель системы тягового электроснабжения также дает возможность оценить распределение гармоник тягового тока на однородных и неоднородных малодеятельных участках при различных значениях сопротивления изоляции и проводов по длине фидерной зоны при заданном числе локомотивов на участке.

Предлагается выполнять измерение уровня и спектрального состава помех с вагона-лаборатории «Автоматика, телемеханика и связь» по значению электродвижущей силы в приемных катушках, которая наводиться под действием обратного тягового тока. Поскольку приемные катушки вагона-лаборатории или локомотива включены последовательно встречно, то выполнять контроль уровней и спектрального состав электромагнитных помех в рельсовых линиях необходимо в паузах кодовых циклов и с каждой катушки по отдельности. Это, в свою очередь, дает возможность оценить величину токов асимметрии.

Структурная схема передачи информации о состоянии (свободности-занятости) впереди лежащих блок-участков на локомотив для одной РЦ и измерении электромагнитных помех и параметров кодового тока показана на рис. 1. На питающем конце рельсовой цепи установлен передатчик кодовых сигналов, который включает в себя контакты трансмиттерного реле T и ограничивающее сопротивление. Релейный конец РЦ шунтирован колесной парой, на расстоянии l_0 от первой колесной пары подвижного состава находятся приемные катушки ПК1 и ПК2, которые соединены последовательно. Ток $I_{АЛС}$ в канале связи, образованном рельсами «Рельс 1» и «Рельс 2» и колесной парой, протекает под каждой из катушек в противоположном направлении. Суммарная наведенная ЭДС равна

$$\bar{E} = \bar{E}_1 + \bar{E}_2, \qquad (1)$$

где $\bar{E}_1, \bar{E}_2$ – ЭДС, наведенные в приемных катушках ПК1 и ПК2, соответственно.

Для математического описания процесса распространения гармонических составляющих тягового тока, тока утечки и кодового тока по длине рельсовой цепи и фидерной зоне была составлена математическая модель, рельсовая цепь в которой рассматривается как шестиполюсник, а обратным проводом является земля. Наиболее полное представление о протекании обратного тягового тока в рельсовой сети однопутного участка с двусторонним питанием можно получить благодаря схеме, представленной на рис. 2, где показаны контактная и рельсовая сеть, подключенные к тяговым подстанциям ТП1 и ТП2, а также рельсовые цепи.

Участок оборудован системой трехзначной кодовой автоблокировки. На границе каждой рельсовой цепи установлены светофоры, а питающий и релейный концы рельсовых цепей обозначены буквами «п» и «р», соответственно.

Возможные сигнальные показания светофоров – красный К, желтый Ж и зеленый З огни. К рассмотрению была принята именно эта схема питания тяговой нагрузки, поскольку она позволяет выделить три основных случая влияния тягового тока на аппаратуру кодовых рельсовых цепей, а также учитывает такой частный случай, как одностороннее электроснабжение потребителей, и является подсхемой для исследования многопутных участков.

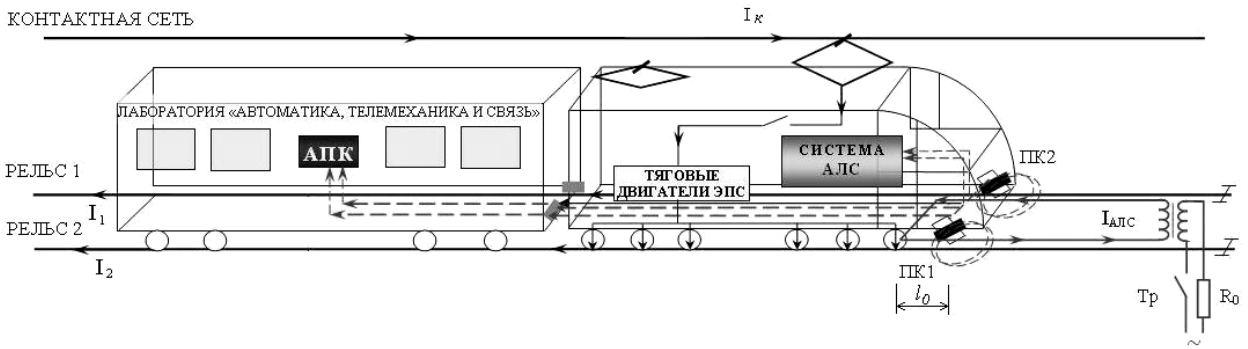


Рис. 1. Схема передачи информации к приемным устройствам подвижного состава по рельсовой цепи

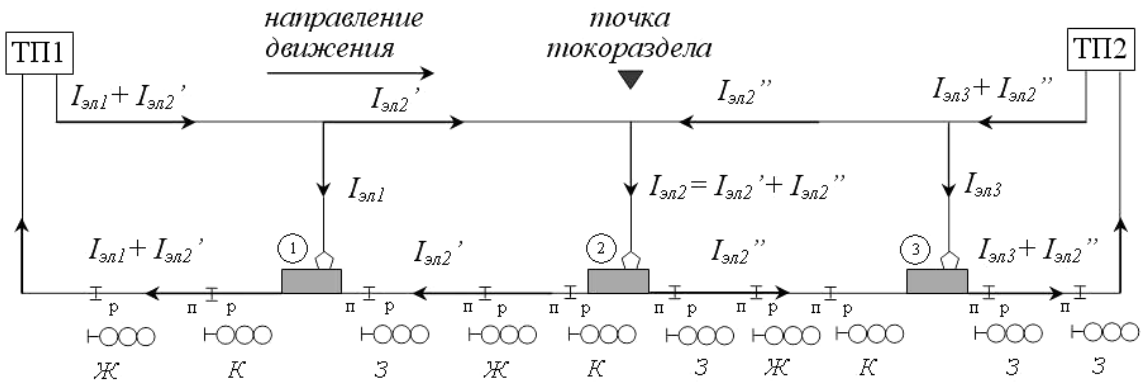


Рис. 2. Схема системы тягового электроснабжения однопутного участка с двусторонним питанием и тремя электровозами

По величине тягового тока, оказывающего влияние на аппаратуру питающего и релейного концов рельсовой цепи шунтированной электровозом (см. рис. 2), можно выделить такие виды воздействия: электровоз № 2 находится в точке токораздела и величины обратного тягового тока, протекающего через дроссель-трансформаторы (ДТ) питающего и релейного концов, соизмеримы; электровоз находится на участке «ТП1 – точка токораздела» и величина обратного тягового тока, протекающего через ДТ питающего конца, меньше, чем через ДТ релейного; электровоз находится на участке «ТП2 – точка токораздела» и величина обратного тягового тока, протекающего через ДТ релейного конца, меньше, чем через ДТ питающего. При одностороннем питании участка или в случае вынужденного режима работы системы двустороннего тягового электроснабжения при отключении ТП1 влиянию обратного тягового тока будет подвержен лишь питающий конец рельсовой цепи шунтированной колесной парой локомотива, при отключении ТП2 – релейный.

Для определения величины обратного тягового тока, протекающего под первой колесной парой локомотива, была составлена математическая модель рельсовой сети, рельсовая цепь в которой представлена шестиполюсником (рис. 3).

Такое представление электрической цепи позволяет учитывать влияние различных источников помех и действие внешних факторов, которые приводят к изменению параметров рельсовой линии и оказывают влияние на работу смежных устройств системы железнодорожной автоматики и линий связи.

Для заданной схемы замещения (рис. 2) справедлива следующая система дифференциальных уравнений.

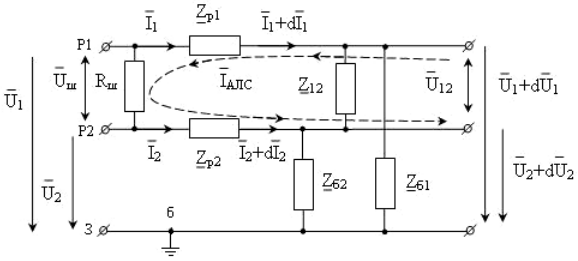


Рис. 3. Схема замещения рельсовой цепи, шунтированной колесной парой

Система уравнений составлена по методу контурных токов для внешних и внутренних контуров шестиполюсника, который имеет один поперечный элемент (землю З) и базисный узел (б), и метода узловых потенциалов.

$$\begin{cases} \dfrac{-d\bar{U}_1}{dx} = \bar{I}_1 \cdot \underline{Z}_{р1} - \bar{I}_2 \cdot \underline{Z}_м; \\ \dfrac{-d\bar{U}_2}{dx} = \bar{I}_2 \cdot \underline{Z}_{р2} - \bar{I}_1 \cdot \underline{Z}_м; \\ \dfrac{-d\bar{I}_1}{dx} = \dfrac{1}{\underline{Z}_{12}}\left(\bar{U}_1 - \bar{U}_2\right) + \dfrac{\bar{U}_1}{\underline{Z}_{б1}}; \\ \dfrac{-d\bar{I}_2}{dx} = \dfrac{1}{\underline{Z}_{12}}\left(\bar{U}_2 - \bar{U}_1\right) + \dfrac{\bar{U}_1}{\underline{Z}_{б2}}, \end{cases} \quad (1)$$

где $\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$ – комплексные падения напряжений в контурах «рельс Р1 – земля», «рельс Р2 – земля» на элементарном участке *dx* соответственно, В; $\bar{I}_1$, $\bar{I}_2$ – комплексные значения изменения тока на элементарном участке *dx* в рельсах, А (причем в общем случае ток в каждом из рельсов равен $\bar{I}_{1(2)} = \bar{I}_{эл\,1(2)} \pm \bar{I}_{АЛС\,1(2)}$); $\underline{Z}_{р1}$, $\underline{Z}_{р2}$ – комплекс удельных сопротивлений рельсов Р1, Р2, Ом/км; $\underline{Z}_{12}$ – сопротивление изоляции между рельсами Р1, Р2, Ом·км; $\underline{Z}_м$ – со-

противление взаимоиндукции между рельсами, Ом/км; $\underline{Z}_{б1}$, $\underline{Z}_{б2}$ – сопротивление изоляции между рельсами Р1 и Р2 и землей, Ом·км.

Дифференцируя $\frac{d\overline{U}_1}{dx}$, $\frac{d\overline{U}_2}{dx}$ и подставляя в них значения $\frac{d\overline{I}_1}{dx}$, $\frac{d\overline{I}_2}{dx}$, получим систему линейных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{cases} \dfrac{-d^2\overline{U}_1}{dx^2} = \dfrac{d\overline{I}_1}{dx}\cdot\underline{Z}_{р1} - \dfrac{d\overline{I}_2}{dx}\cdot\underline{Z}_{м}; \\ \dfrac{-d^2\overline{U}_2}{dx^2} = \dfrac{d\overline{I}_2}{dx}\cdot\underline{Z}_{р2} - \dfrac{d\overline{I}_1}{dx}\cdot\underline{Z}_{м}; \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \dfrac{-d^2\overline{U}_1}{dx^2} = -\overline{U}_1\cdot\dfrac{\left(\underline{Z}_{р1}+\underline{Z}_{м}\right)\cdot\underline{Z}_{б1}+\underline{Z}_{р1}\cdot\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Z}_{б1}} + \\ + \overline{U}_2\cdot\dfrac{\left(\underline{Z}_{р1}+\underline{Z}_{м}\right)\cdot\underline{Z}_{б2}+\underline{Z}_{м}\cdot\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Z}_{б2}}; \\ \dfrac{-d^2\overline{U}_2}{dx^2} = \overline{U}_1\cdot\dfrac{\left(\underline{Z}_{р2}+\underline{Z}_{м}\right)\cdot\underline{Z}_{б1}+\underline{Z}_{м}\cdot\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Z}_{б1}} - \\ - \overline{U}_2\cdot\dfrac{\left(\underline{Z}_{р2}+\underline{Z}_{м}\right)\cdot\underline{Z}_{б2}+\underline{Z}_{р2}\cdot\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Z}_{б2}}. \end{cases} \quad (3)$$

Пусть

$$a = \frac{\left(\underline{Z}_{р1}+\underline{Z}_{м}\right)\cdot\underline{Z}_{б1}+\underline{Z}_{р1}\cdot\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Z}_{б1}};$$

$$b = \frac{\left(\underline{Z}_{р1}+\underline{Z}_{м}\right)\cdot\underline{Z}_{б2}+\underline{Z}_{м}\cdot\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Z}_{б2}};$$

$$c = \frac{\left(\underline{Z}_{р2}+\underline{Z}_{м}\right)\cdot\underline{Z}_{б1}+\underline{Z}_{м}\cdot\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Z}_{б1}};$$

$$d = \frac{\left(\underline{Z}_{р2}+\underline{Z}_{м}\right)\cdot\underline{Z}_{б2}+\underline{Z}_{р2}\cdot\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Z}_{б2}},$$

тогда система уравнений примет вид:

$$\begin{cases} \dfrac{-d^2\overline{U}_1}{dx^2} = -\overline{U}_1\cdot a + \overline{U}_2\cdot b; \\ \dfrac{-d^2\overline{U}_2}{dx^2} = \overline{U}_1\cdot c - \overline{U}_2\cdot d. \end{cases} \quad (4)$$

Причем при исследовании однородной рельсовой сети без асимметрии $a = d$, $b = c$.

Приведя систему дифференциальных уравнений к нормальной форме Коши

$$\begin{cases} \dfrac{d\overline{U}_1}{dx} = \overline{U}_3; \\ \dfrac{d\overline{U}_2}{dx} = \overline{U}_4; \\ \dfrac{d\overline{U}_3}{dx} = \overline{U}_1\cdot a - \overline{U}_2\cdot b; \\ \dfrac{d\overline{U}_4}{dx} = -\overline{U}_1\cdot c + \overline{U}_2\cdot d \end{cases} \quad (5)$$

и записав характеристический определитель Коши

$$\left[A-\kappa\cdot E\right] = \begin{Vmatrix} -\lambda & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\lambda & 0 & 1 \\ a & -b & -\lambda & 0 \\ -c & d & 0 & -\lambda \end{Vmatrix}, \quad (6)$$

получим решение в виде:

$$\overline{U}_1 = \sum_{i=1}^{4} A_i\cdot e^{\lambda_i\cdot x}; \quad \overline{U}_2 = \sum_{i=1}^{4} C_i\cdot e^{\lambda_i\cdot x}, \quad (7)$$

где A_i, C_i – постоянные интегрирования, i = = 1…4 – индекс, λ_i – корни уравнения $\left[A-\kappa\cdot E\right]=0$:

$$\lambda_{1,2} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{2\left(d+a\right)+2\sqrt{d^2+a^2-2ad-4cd}};$$

$$\lambda_{3,4} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{2\left(d+a\right)-2\sqrt{d^2+a^2-2ad-4cd}}.$$

Определить изменение тока в рельсах Р1 и Р2 по длине участка можно по формулам:

$$\overline{I}_1 = -\frac{\underline{Z}_{б1}+\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{б1}\cdot\underline{Z}_{12}}\sum_{i=1}^{4}\frac{A_i}{\lambda_i}\cdot e^{\lambda_i\cdot x} + \frac{1}{\underline{Z}_{12}}\sum_{i=1}^{4}\frac{C_i}{\lambda_i}\cdot e^{\lambda_i\cdot x} = \sum_{i=1}^{4} B_i\cdot e^{\lambda_i\cdot x}; \quad (8)$$

$$\overline{I}_2 = -\frac{\underline{Z}_{б2}+\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{б2}\cdot\underline{Z}_{12}}\sum_{i=1}^{4}\frac{C_i}{\lambda_i}\cdot e^{\lambda_i\cdot x} + \frac{1}{\underline{Z}_{12}}\sum_{i=1}^{4}\frac{A_i}{\lambda_i}\cdot e^{\lambda_i\cdot x} = \sum_{i=1}^{4} D_i\cdot e^{\lambda_i\cdot x}, \quad (9)$$

где B_i, D_i – постоянные интегрирования.

Таким образом, на основе уточненной схемы замещения обратной тяговой сети были получены математические зависимости изменения напряжения и тока в рельсах. При этом обратная тяговая сеть может рассматривается как однородная, так и неоднородная длинная линия. Полученные уравнения (7 – 9) являются

универсальными, поскольку позволяют рассматривать изменение как постоянного тока и напряжения характерное для участков с электрической тягой, так и переменного – для участков с любым видом тяги.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Моделирование распространения гармоник по длине фидерной зоны выполнено для участка длиной 20 км с двусторонним питанием для мгновенного (в данный момент времени) расположения трех электровозов на расстоянии 5 км друг от друга (рис. 4). По результатам экспериментальных данных была зафиксирована гармоническая помеха амплитудой 10 А частотой 100 Гц, причиной возникновения которой является работа тяговых двигателей локомотивов [5]. Расчеты выполнены при сопротивлении рельсовой сети:

$\underline{Z}_{р1} = \underline{Z}_{р2} = 0{,}108 + 0{,}181j$ Ом/км;

$\underline{Z}_{м12} = 0{,}099 + 0{,}56j$ Ом/км;

$\underline{Z}_{12} = 0{,}127 - 0{,}255j$ Ом·км;

$\underline{Z}_{б1} = \underline{Z}_{б2} = 2$ Ом·км [1, 6].

Участок однопутный с рельсами Р65, уложенными на деревянных шпалах и щебеночном балласте. Тип контактной подвески М-95 + МФ-100.

При использовании упомянутых выше исходных данных было получено, что коэффициенты системы уравнений (4), составленной для участка с однородной рельсовой сетью, равны $a = d = -1{,}949 + 1{,}9j$, $c = b = -1{,}954 + 2{,}09j$, а корни характеристического уравнения – $\lambda_{1,2} = \pm 1{,}414 \pm 1{,}363j$, $\lambda_{3,4} = \pm 0{,}013 \pm 2{,}01j$.

Распределение тока гармоники частотой 100 Гц по длине однородной обратной тяговой сети показано на рис. 4. В результате получено, что ток изменяется по экспоненциальному закону в пределах расчетного участка (между электровозами или между электровозом и подстанцией). Знак «+» или «–» говорит о направлении тока, положительный ток в рельсовой сети протекает к ТП1, отрицательный – к ТП2. Относительная погрешность между рассчитанными данными и результатами измерений не превышает ±10 %.

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет оценить распределение гармоник в обратной тягой сети и их влияние на смежные устройства СЦБ (рельсовые цепи). По результатам расчетов можно сделать вывод, что опасному влиянию со стороны тягового тока в данный момент времени подвержены рельсовые цепи, находящиеся возле первого и третьего электровозов на участках ТП1 – электровоз № 1, ТП2 – электровоз № 3.

Проведенные экспериментальные исследования подчеркнули необходимость разработки теории, позволяющей оценить распределение гармоник тягового тока по длине фидерной зоны с целью выявления опасных помех, которые могут привести к ложному срабатыванию путевого приемника рельсовых цепей.

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Аппаратно-программный комплекс (АПК) реализован в виде приставки к персональному компьютеру типа IBM PC. Она осуществляет цифровую обработку сигнала и содержит следующие основные узлы: блок согласования, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), мультиплексоры, генератор тактовых импульсов, программируемый таймер, регистры данных и управления.

Данный измерительный комплекс позволяет записывать сигнал с выхода фильтра, как этого требует «Инструкция по техническому обслуживанию устройств сигнализации, централизации и блокировки», и с выходов катушек АЛС [7]. Сигнал, записанный с катушек АЛС, представляет собой сумму кодовых сигналов АЛС и тягового тока со всеми его гармоническими составляющими и импульсными помехами, возникающими во время работы локомотива. Поэтому данное устройство позволяет анализировать и оценивать степень влияния помех на работу систем автоматики и аналитически определить причины их появления.

Для оценки гармонического спектра тока в рельсах, т.е. определения частот гармонических составляющих сигнала, амплитуд и их начальных фаз была разработана методика, которая предполагает запись и анализ сигнала с катушек автоматической локомотивной сигнализации или приемных катушек ПК1, ПК2 во время контроля параметров кодов АЛС. Электродвижущая сила, наведенная в катушках АЛС, пропорциональна кодовому и тяговому току, протекающему в рельсах. Для оценки спектрального состава тока была использована теория Фурье о возможности разложения любого процесса в бесконечную, но счетную сумму отдельных гармонических составляющих [5, 8].

ВЫВОДЫ

Разработан и изготовлен опытный образец автоматизированного аппаратно-программного комплекса для измерения электромагнитных помех в рельсовой сети и возможные причины их возникновения, проведена его апробация на

базе вагона-лаборатории. АПК также позволяет определять электрические и временные параметры тока АЛС по всей длине рельсовой цепи, выполнять диагностику состояния рельсовой цепи.

Разработанная математическая модель распределения гармоник в обратной тяговой сети по длине фидерной зоны дает возможность учитывать сопротивление рельсовой линии, взаимоиндукции, а также сопротивление балласта и изоляции рельсов между собой. Рельсовая цепь заменена шестиполюсником. Такое представление обратной тяговой сети послужило математическим обоснованием для разработки метода автоматизированного измерения помех тяговой сети и разработки рекомендаций для определения их источников. Относительная погрешность между рассчитанными данными и результатами измерений не превышает ±10 %.

Моделирование выполнено на основании экспериментальных данных, полученных с помощью разработанного АПК и установленного в вагоне-лаборатории.

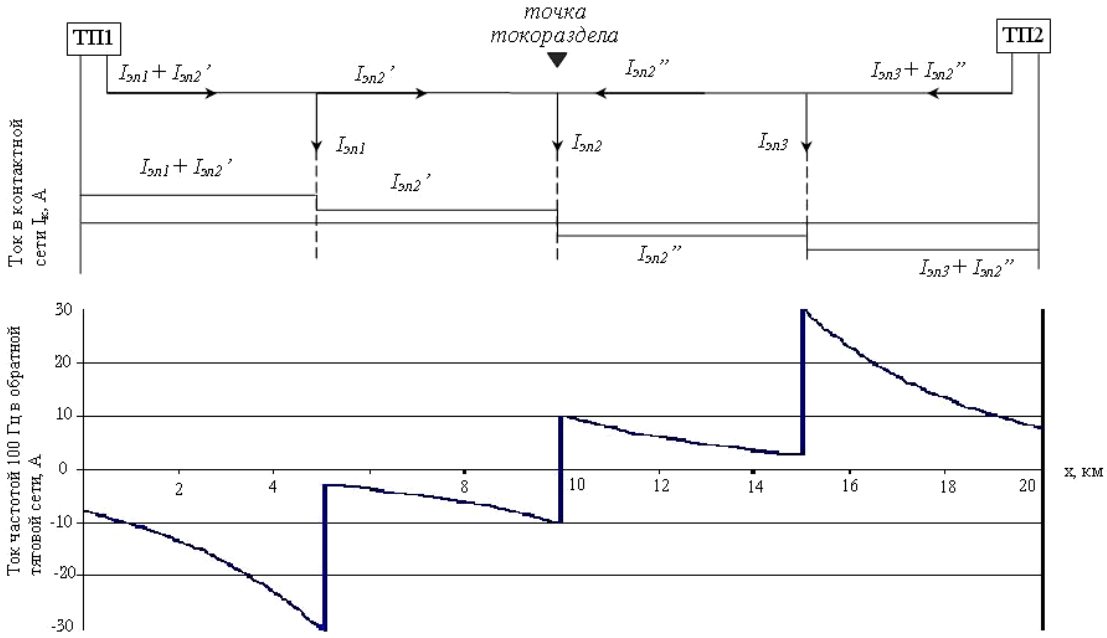


Рис. 4. Распределение тока гармоники частотой 100 Гц по длине однородной обратной тяговой сети однопутного участка с двусторонним питанием и тремя электровозами

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марквардт, К. Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог [Текст] / К. Г. Марквардт. – М.: Транспорт, 1982. – 528 с.
2. Бадер, М. П. Экспериментальное исследование гармонического состава тока в тяговой сети и рельсовых цепях [Текст] / М. П. Бадер // Межвуз. сб. науч. тр. – 1984. – № 756. – М.: МИИТ. – С. 17-20.
3. Котельников, А. В. Рельсовые цепи в условиях влияния заземляющих устройств [Текст] / А. В. Котельников, А. В. Наумов, Л. П. Слободянюк. – М.: Транспорт, 1990. – 215 с.
4. Ермоленко, Д. В. Улучшение электромагнитного воздействия тиристорного подвижного состава и системы тягового электроснабжения [Текст] / Д. В. Ермоленко, В. И. Павлов // Вестник ВНИИЖТ. – 1989. – № 8. – С. 25-30.
5. Serdyuk, T. Rail circuits in the condition of electromagnetic influence of traction net [Текст] / T. Serdyuk, V. Gavrilyuk // 18th Int'l Wroclaw Symp. and Exhibition on Electromagnetic Compatibility EMC'06. – Wroclaw (Poland). – 2006. – P. 482-485.
6. Путевая блокировка и авторегулировка [Текст] / Н. Ф. Котляренко и др. – М.: Транспорт, 1983. – 408 с.
7. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ): ЦШЕОТ/0012 [Текст] : Затв.: Гол. упр. зв'язку, енергетики та обчислювальної техніки Мінтрансу України 05.10.1998. – К., 1998. – 72 с.
8. Сердюк, Т. Н. Автоматизированная система для контроля параметров кодового тока в рельсах [Текст] / Т. Н. Сердюк, В. И. Гаврилюк // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2004. – Вип. 3. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2004. – С. 15-20.

Поступила в редколлегию 22.09.2009.
Принята к печати 24.09.2009.

УДК 681.325.57:519.718

А. И. ТИМОШКИН (Ростовская академия сервиса ЮРГУЭС, Российская Федерация)

КОНТРОЛЕПРИГОДНАЯ СХЕМА ДВОИЧНОГО УМНОЖИТЕЛЯ ДЛЯ БАНКА ДАННЫХ САПР СБИС

Розглядається проблема створення банку даних найбільш характерних для цифрових систем контролепридатних цифрових елементів, вузлів і блоків. Для цього банку пропонується оригінальна контролепридатна функціонально-логічна схема однотактного матричного двійкового помножувача, що вимагає для своєї реалізації невеликого об'єму апаратних засобів.

Рассматривается проблема создания банка данных наиболее характерных для цифровых систем контролепригодных цифровых элементов, узлов и блоков. Для этого банка предлагается оригинальная контролепригодная функционально-логическая схема однотактного матричного двоичного умножителя, требующая для своей реализации небольшого объема аппаратных средств.

Problem of elaborating a databank of testable digital elements, units and modules, which are most typical for digital systems, is considered. For this bank an original testable logical circuit of matrix binary multiplier, demanding small amount of hardware for its realization, is proposed.

Одним из эффективных подходов к проблеме проектирования контролепригодных цифровых систем на кристаллах (т.е. реализованных в виде отдельных БИС и СБИС) является подход, основанный на структурной композиции. Сущность этого подхода заключается в создании и использовании в САПР СБИС иерархической системы библиотек (или банка данных) наиболее характерных для цифровых систем контролепригодных цифровых элементов, узлов и блоков [1]. Такой подход приводит к существенному сокращению сроков проектирования и повышению качества проектов контролепригодных цифровых систем на БИС и СБИС.

К наиболее характерным для современных цифровых систем (особенно для сигнальных и медийных) на БИС и СБИС функциональным блокам относятся, в частности, умножители различных типов [2]. В работе [3] предложена контролепригодная функционально-логическая схема однотактного матричного двоичного умножителя, обладающая проверяющим тестом длины 5 относительно ее одиночных константных неисправностей.

В данной работе рассматривается контролепригодная схема однотактного матричного умножителя, обладающая проверяющим тестом такой же длины относительно одиночных константных неисправностей, но более быстродействующая и требующая для своей реализации меньшего объема аппаратных средств.

Основу предлагаемой схемы, как и схемы из работы [3], составляют слои одноразрядных сумматоров, объединенных в пределах каждого слоя в сумматор параллельного действия с последовательным переносом. При этом, в отличие от работ [3, 4], построение контролепригодной схемы одноразрядного сумматора каждого слоя базируется на представлении функции суммы S не в форме полиномиальной суммы по модулю 2 (полинома Жегалкина), а в форме, двойственного полиному Жегалкина, или в форме полиномиальной суммы по эквивалентности (или эквиваленции, равнозначности):

$$S = a \text{ ʊ } b \text{ ʊ } p, \qquad (1)$$

где a и b – значения сигналов исходных одноразрядных операндов, p – значение входного сигнала переноса, S – значение сигнала суммы, ʊ – символ эквивалентности. Функция же переноса P представляется в этом случае в форме, являющейся двойственной «смешанной» форме из работы [4]:

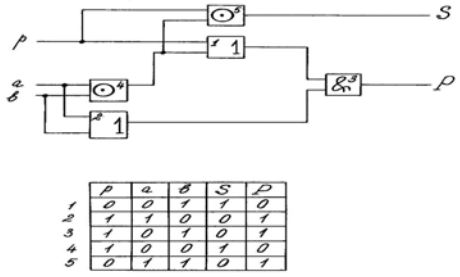
$$P = [(pva) \text{ ʊ } (pvb)] \,\&\, (avb) = [pv(a \text{ ʊ } b)]\&(avb), \qquad (2)$$

где p, P – значения входного и выходного сигналов переноса соответственно, v – символ дизъюнкции, & – символ конъюнкции. Такие представления функций суммы и переноса основаны на принципе двойственности [5] и справедливы, поскольку эти функции являются самодвойственными.

Контролепригодная логическая схема одноразрядного сумматора, реализованная по формулам (1) и (2), показана на рис. 1. Проверяющий тест для этой схемы относительно всех одиночных константных неисправностей содержит 5 векторов и описывается таблицей, представленной на рис. 1. Обнаружение отме-

© Тимошкин А. И., 2009

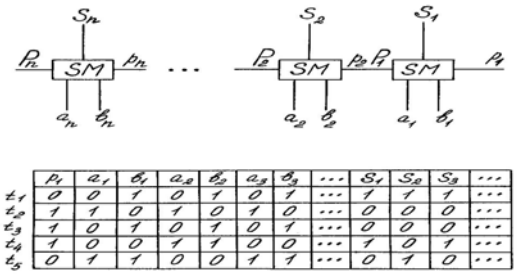
ченных неисправностей этой схемы происходит следующим образом. Тестовые векторы 1, 2, 4 и 5 из таблицы рис. 1 обнаруживает все одиночные константные неисправности данной схемы, кроме одиночной неисправности типа «константа 0» на том входе дизъюнктора 2, который связан с внешним входом b. Эту неисправность обнаруживает тестовый вектор 3.



	p	a	b	S	P
1	0	0	1	1	0
2	1	1	0	0	1
3	1	0	1	0	1
4	1	0	0	1	0
5	0	1	1	0	1

Рис. 1. Контролепригодная схема одноразрядного сумматора

Контролепригодная схема n-разрядного (где n – натуральное число) двоичного сумматора каждого слоя рассматриваемого матричного умножителя получается из n контролепригодных схем полного одноразрядного сумматора обычным путем, т.е. соединением выхода переноса i-й схемы со входом переноса $(i+1)$-й схемы, где $1 \le i \le n-1$. Эта схема приведена на рис. 2.



	p_1	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	...	S_1	S_2	S_3	...
t_1	0	0	1	0	1	0	1	...	1	1	1	...
t_2	1	1	0	1	0	1	0	...	0	0	0	...
t_3	1	0	1	0	1	0	1	...	0	0	0	...
t_4	1	0	0	1	1	0	0	...	1	0	1	...
t_5	0	1	1	0	0	1	1	...	0	1	0	...

Рис. 2. Контролепригодная схема n-разрядного сумматора

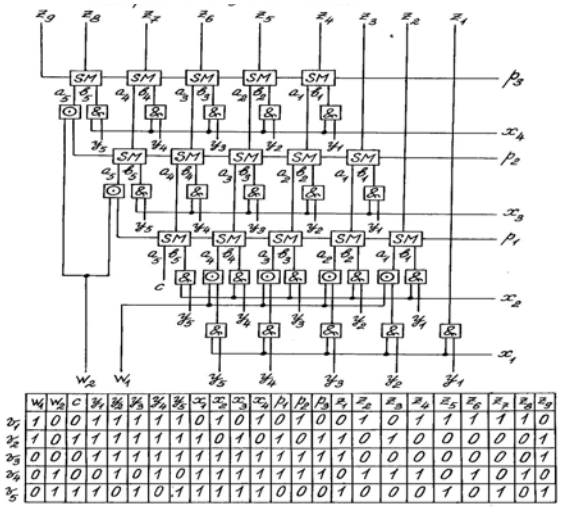
Проверяющий тест T для контролепригодной схемы n-разрядного двоичного сумматора относительно всех ее одиночных константных неисправностей состоит из двух частей $T = T_1 T_2$ и строится следующим образом:

– часть T_1 содержит три тестовых вектора t_1, t_2, t_3, которые образуются путем простой итерации соответственно первого, второго и третьего тестовых векторов из таблицы рис. 1 для всех разрядов;

– часть T_2 содержит два тестовых вектора t_4, t_5. Тестовый вектор t_4 образуется путем итерации четвертого тестового вектора из таблицы рис. 1 для нечетных разрядов и пятого тестового вектора из этой таблицы для четных разрядов. Тестовый вектор t_5, наоборот, образуется путем итерации пятого тестового вектора из таблицы рис. 1 для нечетных разрядов и четвертого тестового вектора из этой таблицы для четных разрядов.

Тест T описывается таблицей, представленной на рис. 2. Контролепригодная функционально-логическая схема однотактного $n \times m$-разрядного матричного умножителя (где n – число разрядов множимого, m – число разрядов множителя) для случая $n = 5$, $m = 4$ приведена на рис. 3. Эта схема, как и схема обычного 5×4-разрядного матричного умножителя, содержит три слоя сумматоров и четыре слоя конъюкторов. Однако, как уже отмечалось, схемы сумматоров реализованы по приведенным выше формулам.

Помимо этого, рассматриваемая схема содержит шесть дополнительных двухвходовых элементов «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ» (равнозначность) и два дополнительных входа W_1, W_2. При этом в рабочем режиме на входы c, p_1, p_2, p_3 попадаются сигналы логического «0» , а на входы W_1, W_2 – сигналы логической «1». Проверяющий тест для этой схемы относительно всех ее одиночных константных неисправностей содержит 5 векторов и описывается таблицей рис. 3.



	W_1	W_2	c	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	x_5	x_4	x_3	x_2	x_1	p_1	p_2	p_3	z_5	z_4	z_3	z_2	z_1	z_0
z_1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
y_2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
y_3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
y_4	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
y_5	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1

Рис. 3. Контролепригодная схема 5×4-матричного умножителя

При подаче на выходы схемы тестовых векторов из таблицы (см. рис. 3) в последовательности V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 на входы сумматора первого слоя поступят тестовые векторы из

таблицы рис. 2 в последовательности t_1, t_2, t_3, t_4, t_5; на входы сумматора второго слоя – тестовые векторы из таблицы рис. 2 в последовательности t_2, t_1, t_3, t_4, t_5; на входы сумматора третьего слоя – тестовые векторы из таблицы рис. 2 в последовательности t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, т.е. обеспечивается подача на входы n-разрядного сумматора каждого слоя проверяющего теста этого сумматора относительно одиночных константных неисправностей. При этом также обеспечивается подача на входы каждого слоя коньюкторов их проверяющих тестов и подача на входы дополнительных элементов «исключающее ИЛИ-НЕ» (равнозначность) проверяющих тестов этих элементов.

Легко видеть, что в общем случае, т.е. когда n и m – произвольные натуральные числа, контролепригодная функционально-логическая схема однотактного матричного умножителя содержит $(m - 1)$ сумматоров с последовательным переносом, m слоев конъюнкторов, а также $n + m - 3$ дополнительных элементов «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ». Число дополнительных входов при этом не изменится и останется равным двум.

Проверяющий лист тест для общего случая также содержит 5 векторов и строится следующим образом:

– на каждый вход y_j подается последовательность 1, 1, 1, 1, 0, если j – нечетное число, и последовательность 1, 1, 1, 1, 0, если j – четное число ($j \in \{1, 2, \ldots, n\}$);

– на каждый вход x_i подается последовательность 0, 1, 1, 1, 1, если i – нечетное число, и последовательность 1, 0, 1, 1, 1, если i – четное число ($i \in \{1, 2, \ldots, m\}$);

– на каждый вход p_k подается последовательность 0, 1, 1, 1, 0, если k – нечетное число, и последовательность 1, 0, 1, 1, 0, если k – четное число ($k \in \{1, 2, \ldots, m-1\}$);

– на вход W_1 подается последовательность 1, 1, 0, 0, 0, а вход W_2 – последовательность 0, 0, 0, 0, 1, 1;

– на вход c подается последовательность 0, 1, 0, 0, 1, если n – нечетное число, и последовательность 0, 1, 0, 1, 0, если n – четное число.

Схема одноразрядного сумматора, лежащая в основе рассматриваемой контролепригодной схемы матричного двоичного умножителя, легко преобразуется в схему, отличающуюся от схемы на рис. 1 только тем, что логические элементы 1, 2, 3 последней заменены логическими элементами «ИЛИ-НЕ». Проверяющий тест контролепригодной схемы матричного двоичного умножителя, которая получается в результате данного преобразования схемы одноразрядного сумматора, останется прежним. При этом полученная контролепригодная схема в случае реализации ее на основе МОП-технологии потребует значительно меньших аппаратных затрат, чем рассмотренная ранее в работе [3] контролепригодная схема. Это возможно благодаря тому, что известна очень простая реализация элемента «равнозначность» на основе МОП-технологии [6] (требуется всего 3 транзистора!). Кроме того, предлагаемая схема обладает более высоким быстродействием по сравнению с более ранней [3], поскольку с основе ее многоразрядных сумматоров лежит более быстродействующий однозарядный сумматор.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Интеллектуальные системы автоматизированного проектирования больших и сверхбольших интегральных микросхем [Текст] / под ред. В. А. Мищенко. – М.: Радио и связь, 1988.
2. Корнеев, В. В. Современные микропроцессоры [Текст] / В. В. Корнеев, А. В. Киселев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
3. Тимошкин, А. И. Контролепригодная схема матричного двоичного умножителя [Текст] / А. И. Тимошкин // Электроника: НТБ. – 2004. – № 4. – С. 56-57.
4. Тимошкин, А. И. Контролепригодные схемы двоичных сумматоров для банка САПР СБИС [Текст] / А. И. Тимошкин // Научная мысль Кавказа. Предложение. – 2004. – № 4. – С. 124-129.
5. Яблонский, С. В. Введение в дискретную математику [Текст] / С. В. Яблонский. – М.: Наука, 1986.
6. Мурога, С. Системное проектирование сверхбольших интегральных схем [Текст] / С. Мурога. – М.: Мир, 1985.

Поступила в редколлегию 02.09.2009.
Принята к печати 15.09.2009.

УДК 004.7(066)

Ю. М. ІВЧЕНКО (ДІІТ), В. Г. ІВЧЕНКО, О. М. ГОНДАР (ІОЦ Придніпровської залізниці, Дніпропетровськ)

ІНТЕГРАЦІЯ МЕРЕЖНОГО ОБЛАДНАННЯ АСК ВП УЗ ТА АСК ПП УЗ, ПІДКЛЮЧЕННЯ ЙОГО ДО ЄМПД

У статті запропоновано інтеграцію вузлів мережі передачі даних для автоматизованих систем керування вантажними та пасажирськими перевезеннями (АСК ВП та ПП), що дає можливість більш ефективно використовувати мережне обладнання та канали зв'язку.

В статье предложена интеграция узлов сети передачи данных для автоматизированных систем управления грузовыми и пассажирскими перевозками, что дает возможность более эффективно использовать сетевое оборудование и каналы связи.

In the paper the integration of nodes of data transfer network for automated control systems of freight and passenger traffic is proposed. It allows more efficient using the network equipment and communication channels.

З 2004 р. проводиться впровадження волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) на Придніпровській залізниці, модернізація вузлів мережі передачі даних (МПД) та підключення вузлів дорожнього та магістрального рівнів до мережі ВОЛЗ. Таким чином, здійснюється створення єдиної мережі передачі даних (ЄМПД) Укрзалізниці, яка повинна забезпечити зв'язок та передання інформації для всіх інформаційних систем УЗ.

ЄМПД призначена для забезпечення:

- цілодобового інформаційного обміну між підрозділами Укрзалізниці, незалежно від їх розміщення та організаційного підпорядкування;
- цілодобового обміну даними в автоматизованих системах АСК ВП УЗ та АСК ПП УЗ, системі керування підприємством, системі корпоративного електронного документообігу, доступ до централізованих інформаційних ресурсів мережі Інтернет;
- цілодобової роботи системи оперативного зв'язку адміністраторів ЄМПД та автоматизованих систем;
- інформаційного обміну між внутрішніми інформаційними системами і зовнішніми інформаційними системами сторонніх організацій, які не належать Укрзалізниці;
- передачі голосових потоків за допомогою ЄМПД у рамках корпоративної мережі;
- можливості організації додаткових сервісів у рамках корпоративної мережі (систем відеоспостереження, відеоконференцій, надання технологічного зв'язку для оперативного штату підрозділів залізничного транспорту).

У зв'язку з цим, виникає потреба в аналізі та зміні організації МПД інформаційних систем, що функціонують на Придніпровській залізниці.

На сьогоднішній день існують дві окремі системи, що забезпечують функціонування систем залізничного транспорту України:

1. Автоматизована система керування вантажними перевезеннями УЗ (АСК ВП УЗ);
2. Автоматизована система керування пасажирськими перевезеннями УЗ (АСК ПП УЗ).

Розглянемо докладніше особливості організації мереж передачі даних, що забезпечують функціонування кожної з цих систем.

МПД системи АСК ВП УЗ створена з використанням маршрутизаторів одного з найкращих виробників мережного обладнання – компанії Cisco Systems. Перевагами цього обладнання є:

1. Модульне виконання, що дозволяє забезпечити вузол МПД усіма необхідними інтерфейсами;
2. Наявність великої кількості різноманітних модулів інтерфейсів різної місткості та сервісних модулів, що дозволяє реалізувати підключення до будь-якого канало-утворю-ючого середовища;
3. Операційна система пристрою – IOS (Internetwork Operating System), яка дозволяє виконувати фактично всі заходи, необхідні для керування МПД;
4. Інтеграція сервісів – сукупність великої кількості модулів та функціональних можливостей операційної системи дозволяє використовувати один пристрій як засіб, що може надати фактично всі телекомунікаційні послуги (теле-

© Івченко Ю. М., Івченко В. Г., Гондар О. М., 2009

фонія, передавання відео, захист інформації, передавання даних);

5. Технічна підтримка, що забезпечує можливість швидко відновлювати працездатність вузлів у випадках збоїв;

6. Постійна доробка програмного забезпечення та створення нових типів модулів.

7. Висока надійність технічного обладнання.

На сьогоднішній день в якості каналів зв'язку, переважно, використовуються канали ВОЛЗ. Структура ВОЛЗ є ієрархічною і має 2 рівні:

1. Магістральний рівень (STM-16) з максимальною пропускною спроможністю до 2,5 Гбіт/с;

2. Дорожній рівень (STM-4) з максимальною пропускною спроможністю до 622 Мбіт/с.

Пропускна спроможність каналів, що виділені для використання у системі передавання даних АСК ВП УЗ, становить 10 Мбіт/с.

Крім того, у вузлах МПД, де немає ВОЛЗ, використовуються виділені та комутовані канали тональної частоти, канали мобільного (GPRS, EDGE) та супутникового зв'язку. Середня пропускна спроможність цих каналів складає від 19,2 до 56 Кбіт/с.

Також використовуються цифрові канали зв'язку, що створені на базі цифрових HDSL трактів.

МПД має деревовидну структуру [1], у якій головним вузлом є вузол МПД у головному інформаційно-обчислювальному центрі (ГІОЦ), м. Київ, до якого підключені вузли МПД залізниць. До вузлів МПД залізниць прямими каналами підключені вузли дирекцій та сусідні вузли магістрального та дорожнього рівнів (рис. 1).

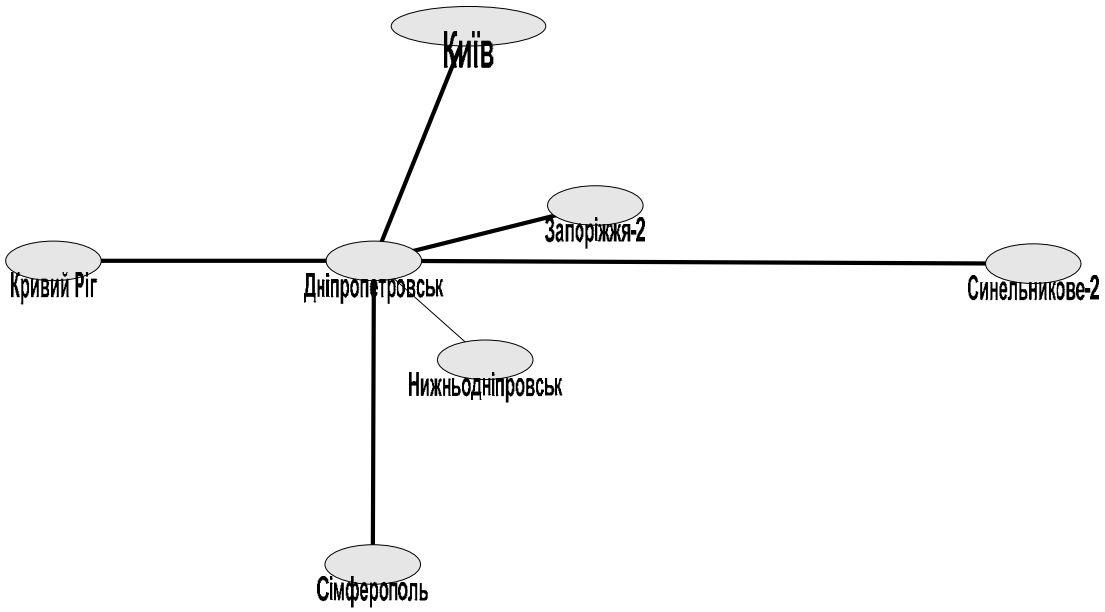


Рис. 1. Структура основних каналів зв'язку МПД АСК ВП УЗ на Придніпровській залізниці

Підключення інших станцій виконується за схемою «послідовна лінія». При цьому станція, або кінцевий абонент, підключається до найближчого вузла МПД. В разі необхідності, для резервування, використовуються додаткові канали для створення «кілець» (рис. 2).

Для підключення абонентів через фізичну пару використовуються G.SHDSL модеми.

МПД системи АСК ПП УЗ була створена з використанням маршрутизаторів виробництва фірми «Мальва» – Мальва AS/MX. Вони, як і маршрутизатори Cisco, працюють під керуванням Unix-подібної системи, але мають декілька істотних недоліків:

1. Невелика кількість інтерфейсних модулів;

2. Недостатня функціональність управління.

МПД системи АСК ПП УЗ використовувала виключно виділені канали тональної частоти зі швидкістю 9,6 Кбіт/с.

Головний вузол АСК ПП УЗ Придніпровської залізниці був створений на станції Сімферополь. Безпосередньо до нього підключалися регіональні вузли: Дніпропетровськ, Кривий Ріг, Апостолове, П'ятихатки, Запоріжжя-1, Запоріжжя-2, Джанкой та ін.

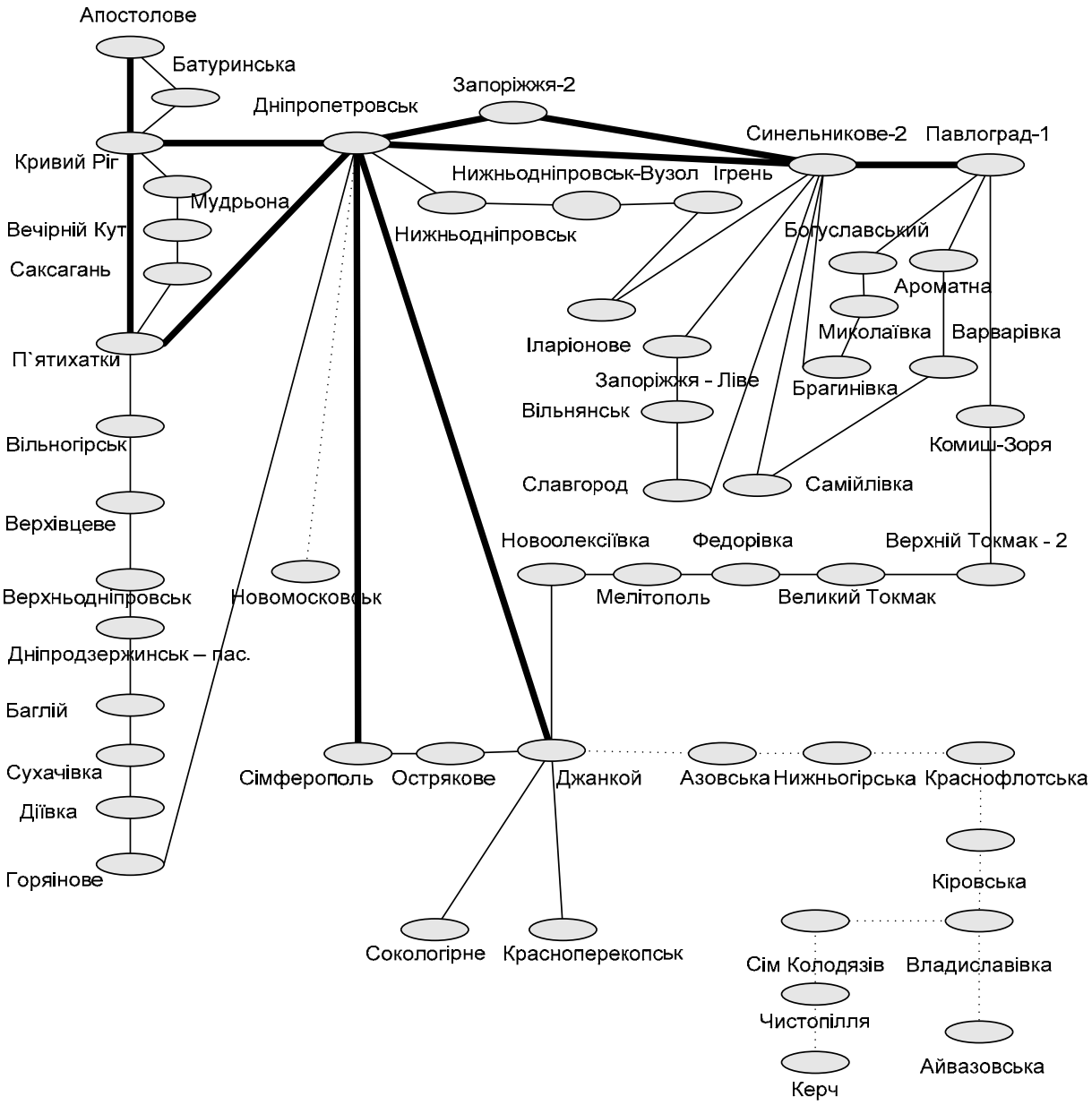


Рис. 2. Схема основних каналів зв‘язку МПД АСК ПП УЗ

Для зв‘язку з головним вузлом АСК ПП УЗ Укрзалізниці були створені 2 канали зв‘язку:

1. Основний канал Сімферополь – Київ (ЗАО «Датагруп») зі швидкістю 256 Кбіт/с.

2. Резервний канал Сімферополь – Дніпропетровськ – Київ.

Таким чином, для функціонування систем АСК ВП УЗ та АСК ПП УЗ використовувалися 2 окремі мережі передачі даних, кожна зі своїм набором обладнання, каналів зв‘язку та обслуговуючим персоналом.

У зв’язку з тим, що мережа ЄМПД переважно використовується для функціонування системи АСК ВП УЗ, але, за проектом розвитку ЄМПД Укрзалізниці, повинна забезпечити повноцінне сумісне функціонування АСК ВП УЗ з АСК ПП УЗ, проводиться об’єднання цих систем.

Оскільки користувачі системи АСК ВП УЗ використовують канали ВОЛЗ із початку їх впровадження, основне завдання полягає у підключенні вузлів АСК ПП УЗ до ЄМПД, відмові від надлишкових каналів зв’язку та зайвої апаратури, створенні, так би мовити, інтегрованих вузлів МПД. Підключення АСК ПП УЗ до ЄМПД здійснюється у два етапи:

1. Переведення каналів зв’язку міждорожнього рівня та регіональних центрів АСК ПП УЗ на роботу через канали зв’язку ЄМПД із залишенням мережного обладнання Мальва AS/MX;

2. Переведення усіх вузлів АСК ПП УЗ на роботу через канали зв'язку ЄМПД з вилученням мережного обладнання Мальва AS/MX та відключенням надлишкових каналів.

Перший етап об'єднання мереж двох систем був здійснений у 2007-2008 рр. На цьому етапі відбулися наступні зміни:

1. Робота головного вузла системи АСК ПП УЗ Придніпровської залізниці з вузлом ЄМПД у м. Київ переведена на канал Сімферополь – Дніпропетровськ – Київ;

2. Канал Сімферополь – Київ (ЗАО «Датагруп») використовується в якості резерву зв'язку Дніпропетровськ – Київ;

3. Регіональний вузол ДН-1 (станція Дніпропетровськ) переведений на роботу через канали ЄМПД;

4. Регіональні вузли ДН-2 та ДН-3 (станції П'ятихатки, Запоріжжя-1, Запоріжжя-2, Кривий Ріг, Апостолове) переведений на роботу через канали ЄМПД;

5. Вузли АСК ПП УЗ станцій Павлоград-1, Синельникове-1, Синельникове-2 підключені до ВОЛЗ в якості абонентів із виведенням з експлуатації маршрутизаторів Мальва AS/MX.

Інтегровані вузли єдиної мережі передачі даних були організовані у 2008 р. на 13 станціях, таких як: Дніпропетровськ, П'ятихатки, Кривий Ріг Головний, Апостолове, Синельникове-1, Синельникове-2, Запоріжжя-1, Запоріжжя-2, Павлоград, Сімферополь, Джанкой, Нижньодніпровськ, Мелітополь.

На всіх цих станціях проведено об'єднання МПД систем АСК ВП УЗ та АСК ПП УЗ.

У 2009 р. аналогічні вузли Єдиної МПД вже організовані на станціях Красноперекопськ, Дніпродзержинськ Пасажирський та будуть організовані на наступних станціях: Великий Токмак, Комиш Зоря, Федорівка, Острякове, Новоолексіївка, Верхівцеве, Верхньодніпровськ, Вільногорськ.

На ділянці Джанкой – Керч введено в експлуатацію цифрове обладнання зі швидкістю передачі до 128 Кбіт/с, виконуються роботи щодо підключення пунктів АСК ПП УЗ, що розташовані на станціях, через які проходить тракт каналу, вже підключено 8 із 10 пунктів на станціях: Азовська, Нижньогірська, Краснофлотська, Кіровська, Владиславівка, Сім Колодязів, Чистопілля, Керч.

На черзі підключення пунктів продажу квитків на ст. Айвазовська, Феодосія. У 2009 р. проводяться роботи щодо масштабного підключення системи АСК ПП УЗ до ЄМПД.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Івченко, Ю. М. Інтеграція мережевого обладнання АСК ВП УЗ та АСК ПП УЗ та підключення його до ЄМПД [Текст] / Ю. М. Івченко, В. Г. Івченко, О. М. Гондар // Тези доп. Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (14-15.05.2009 р., Дніпропетровськ). – Д., 2009. – С. 9-10.

Надійшла до редколегії 10.09.2009.
Прийнята до друку 15.09.2009.

УДК 004:512

В. М. ІЛЬМАН, В. В. СКАЛОЗУБ (ДІІТ)

ІНТЕРВАЛЬНІ ОБ'ЄКТИ ТА ЇХ ГРАМАТИЧНІ СТРУКТУРИ

У статті побудовано структури вільних інтервальних об'єктів і формальної інтервальної граматики. Граматична структура враховує умову сумісності інтервалів у ланцюжкових конструкціях породженої мови.

В статье построены структуры свободных интервальных объектов и формальной интервальной грамматики. Грамматическая структура учитывает условие совместимости интервалов в цепочечных конструкциях порождаемого языка.

In the article the structures of free interval objects and formal interval grammar are constructed. The grammar structure takes into account the condition of interval compatibility in the chain constructions of language generated.

Вступ

Серед множини моделей представлення предметних областей граматичний підхід виділяється своєю простотою і універсальністю. Носіями граматик є алфавіти, елементи яких – деякі формалізми предметних областей, представлені термінальними і нетермінальними символами [1]. Однак, елементами алфавітів можуть бути об'єкти більш складної структури. Так, у транспортних, економічних та інших системах об'єкти предметних областей можуть мати властивості інтервальної природи (далі – інтервальні об'єкти – ІОб). Із теорії інтервального аналізу [2] відомо, що інтервали є числовими об'єктами, визначеними у відповідній системі координат, які задаються двома параметрами: межами інтервалів, серединами інтервалів та відхиленням від них або інакше. Тому, носії граматик ІОб повинні визначатися певними конструктивними структурами у складі відповідних граматичних структур. Граматична структура задає модель предметної області, яка призначена для проектування і аналізу інформаційних потоків, технологічних ланцюжків, виробничих процесів тощо. Формально граматична структура (ФГС) визначається [3] носієм, сигнатурою і конструктивною аксіоматикою. Складові ФГС є неоднорідними за змістом, правилами виконання та іншими показниками.

У роботі запропоновано конструктивну ФГС на вільних ІОб. Вільні інтервали визначаються як упорядковані або неупорядковані набори елементів пар деякого алфавіту, які можуть характеризуватися довжиною та іншими характеристиками. Елементи пар символів, котрі визначають інтервали, не пов'язані з будь-якою системою координат. Носій ФГС складається із конструктивних термінальних і нетермінальних структур інтервалів, спеціальних символів та множин характеристик, причому нетермінальні інтервали мають нульову характеристику довжини. Сигнатура містить у собі операції конкатенації, підстановки, безпосереднього виводу, а також інші операції та оператори. Аксіоматика граматичної структури дозволяє будувати вільну мову на вільних інтервалах і, отже, коректно застосовувати правила підстановок. Правила підстановок можуть мати детерміновані або недетерміновані навантаження, обумовлені предметними областями. Деякі нетермінальні інтервали є контекстним супроводом термінальних і також можуть нести певне змістовне навантаження.

Розглянута інтервальна ФГС може бути застосована для проектування технологічних процесів на залізниці при формуванні поїздів, завантаження приймально-відправлюючих колій станцій тощо. Так, наприклад, ІОб можна застосувати для побудови моделі формування залізничних поїздів, якщо кожний тип вагона у граматичній структурі представити вільним відповідно навантаженим інтервалом, причому продукції цієї структури повинні враховувати сумісність вагонів тощо.

Завдання для моделювання ІОб і ФГС

Метою досліджень є розробка граматичної моделі, призначеної для побудови формальної мови абстрактної предметної області на інтервальних об'єктах як основи створення автоматизованої системи проектування технологій виробництв із інтервальними властивостями. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити декілька задач:

- розробити структуру породження вільних інтервалів;
- визначити операції над вільними інтервалами і задати правила їх виконання;

© Ільман В. М., Скалозуб В. В., 2009

– побудувати конструктивну граматичну структуру на структурах вільних інтервалів, яка б породжувала формальну мову. Ланцюжки мови або можуть при виконанні операцій конкатенацій задовольняти умові сумісності за деяким змістом для суміжних інтервалів, або вони не підпорядковані будь-яким умовам.

Отже, моделювання ІОб і процесів абстрактними ланцюжками потребує інтегрованого підходу, аналогічного граматикам структурного проектування [5].

Структура вільних інтервалів

Введемо поняття вільного інтервалу – ІОб, інтервального алфавіту та його структури.

Алфавіти носіїв формальних граматик складаються з вільних (нечислових) елементів у тому розумінні, що їх можливо вставляти (переставляти) у конструкцію ланцюжка в будь-яке місце, обумовлене правилами граматики. Тому будемо вважати, що:

– будь-який алфавіт A носія формальної граматики вільний;
– конструктивний алфавіт B, елементи котрого побудовані на алфавіті A, – вільний;
– вироджені об'єкти алфавіту B ототожнюються з елементами алфавіту A, отже, $A \subset B$.

Наведемо деякі неформальні приклади конструювання вільних алфавітів.

Нехай задано вільний термінальний алфавіт $A = \{a_i\}_{i=0}^{n}$ такий, що $a_0 = \varepsilon$ – порожній символ і підмножину дійсних чисел R^+, для якої $0 \in R^+$. Із набору елементів a_{i_j} алфавіту A побудуємо конструкцію s_i:

$$s_i = (a_{i_r}, a_{i_k}). \qquad (1)$$

Конструкція (1) є вільною, її елементи не упорядковані за місцем і можуть бути однаковими. Якщо елементи конструкції упорядковані, тоді конструкція (1) задається списком [6] $\overline{s_i} = [a_{i_r}, a_{i_k}]$.

Визначення 1. Пару $(a_{i_k}, a_{i_r}) = s_i$ назвемо *вільним простим ІОб*, побудованим на алфавіті A.

Під простим інтервалом у літературі [7] розуміють інтервал без «тіла».

Множина вільних простих інтервалів $\{s_i\}$ утворює вільний алфавіт B_s, у якому є вироджені ІОб, тобто $s_i = (a_{i_j}, a_{i_j}) = a_{i_j}$, тому маємо включення $A \subset B_s$.

На алфавіті B_s також можна побудувати k-вимірні, за числом об'єктів, конструкції ІОб.

Визначення 2. *k-вимірною вільною простою конструкцією ІОб* назвемо набір простих інтервалів $((a_{i_1}, a_{i_2}), \cdots, (a_{i_j}, a_{i_{k+1}})) = S_i$.

Вільні k-вимірні інтервальні конструкції є аналогом паралелотопів [2]. Різноманіття інтервальних конструкцій S_i утворює конструктивний алфавіт B_{sk} такий, що $B_s \subset B_{sk}$, якщо $S_i = ((a_{i_1}, a_{i_2}), (\varepsilon, \varepsilon) \cdots, (\varepsilon, \varepsilon)) = s_i$.

З конструкціями S_i зв'яжемо набір скінченних чисел $\{r_j\}_{j=1}^{k} \subset R^+$ таких, що кожній інтервальній парі $(a_{i_j}, a_{i_{j+1}}) \mapsto r_j$.

Визначення 3. Трійку $(a_{i_j}, a_{i_{j+1}}, r_j)$ назвемо *навантаженим (постійним) вільним ІОб*.

Визначення 4. Навантаженою k-вимірною вільною інтервальною конструкцією називається вираз із набору навантажених ІОб $((a_{i_1}, a_{i_2}, r_1), (a_{i_2}, a_{i_3}, r_2), \cdots, (a_{i_{k-1}}, a_{i_{k+1}}, r_k))$.

Вочевидь, сукупність навантажених інтервальних конструкцій також утворюють конструктивні алфавіти. Якщо конструкції у визначеннях 1 – 4 упорядковані, тоді вони задають спискові вільні інтервальні конструкції.

За допомогою елементарної структури C_i дамо формальне визначення вільних інтервалів:

$$C_i = \langle M_i, \Sigma_i, \Lambda_i \rangle, \qquad (2)$$

де $M_i = (A, U, V_1, V_2, \ldots, V_l, D)$; A – вільний алфавіт, визначений вище, U – обмежена підмножина множини R^+ така, що $0 \in U$; V_j – характеристичні скінченні множини, взагалі, різної природи, для яких $\varepsilon \in V_j$; $D = \{(,),,,-,s,s_i\}$ – множина необхідних спеціальних символів; $\Sigma_i = \{f_{1,2}^2, h_{1,2}^3, \xrightarrow[a]{r}^2\}$ – сигнатура відображень та приписування і Λ_i – конструктивна аксіоматика породження алфавітів вільних інтервалів, котра може складатися з окремих або комбінацій наступних аксіоматик:

➢ Λ_{i1} – аксіоматика вільних простих інтервалів і конструктивного алфавіту:

$$\begin{cases} \forall a_i, a_j \in A,\ f_1(a_i, a_j) = (a_i, a_j); \\ (a_i, a_j) = (a_j, a_i) = s; \end{cases}$$

s - вільний простий ІОб:

$$s=(a_j,a_j)=a_j,\ s=(\varepsilon,a_j)=a_j;$$

$$\begin{cases} B_s=\{s_k\}_{k=0}^{m},\ s_0=\varepsilon,\ m=n+\dfrac{n!}{2(n-2)!}+1,\\ A\subset B_s; \end{cases}$$

B_s *– конструктивний алфавіт вільних простих інтервалів*;

➢ Λ_{i2} – аксіоматика вільних орієнтованих інтервалів і конструктивного алфавіту:

$$\begin{cases} \forall a_i,a_j\in A,\ f_2(a_i,a_j)=\overline{(a_i,a_j)}=\overline{s};\\ \overline{(a_i,a_j)}\neq\overline{(a_j,a_i)}; \end{cases}$$

$\overline{s}$ *– вільний простий орієнтований інтервал*:

$$\overline{s}=\overline{(a_j,a_j)}=a_j,\ \overline{s}=\overline{(\varepsilon,a_j)}=a_j;$$

$$\begin{cases} \overline{B}_s=\{\overline{s}_k\}_{k=0}^{m_1},\ \overline{s}_0=\varepsilon,\ m_1=n+\dfrac{n!}{(n-2)!}+1,\\ A\subset\overline{B}_s; \end{cases}$$

$\overline{B}_s$ *– конструктивний алфавіт вільних простих орієнтованих інтервалів*;

➢ Λ_{i3} – аксіоматика вільних навантажених інтервалів і конструктивного алфавіту:

$$\begin{cases} r_p\in U\ \&\ v_{qg}\in V_q, w=[r_p,v_{1g_1},v_{2g_2},\dots,v_{\lg_l}];\\ w-\text{характеристичний список}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \forall a_i,a_j\in A\ \&\ r_p\in U\ \&\ v_{qg}\in V_q,\\ h_1(a_i,a_j,w)=(a_i,a_j,w);\\ (a_i,a_j,w)=(a_j,a_i,w)=s(w); \end{cases}$$

$s(w)$ *– вільний навантажений інтервал*;

$\{s_k(w)\}_{k=0}^{m}=B_s(w)$ *– конструктивний алфавіт вільних навантажених інтервалів*;

➢ Λ_{i4} – аксіоматика вільних навантажених орієнтованих інтервалів і конструктивного алфавіту:

$$\begin{cases} \forall a_i,a_j\in A\ \&\ r_p\in U\ \&\ v_{qg}\in V_q,\\ h_2(a_i,a_j,w)=(\overline{s},w)=\overline{s}(w); \end{cases}$$

$\overline{s}(w)$ *– вільний навантажений орієнтований інтервал*;

$\{\overline{s}_k(w)\}_{k=0}^{m_1}=\overline{B}_s(w)$ *– конструктивний алфавіт вільних навантажених інтервалів*.

Крім того, аксіоматики Λ_{i3} і Λ_{i4} повинні бути доповнені аксіомами:

$$\begin{cases} \forall a_i,a_j\in A\ \&\ r_p\in U\Rightarrow\\ s(w)\,|\,\overline{s}(w)\xrightarrow[a_i=a_j]{r_p=0}a_j(w);\\ w=(0,\varepsilon,\varepsilon,\dots,\varepsilon)\Rightarrow a_j(w)=a_j; \end{cases}$$

$$A\subset B_s,\ B_s\subset B_s(w)\ \&\ \overline{B}_s\subset\overline{B}_s(w);$$

$$\begin{cases} \exists v_{kj_i}\in w-\text{ймовірнісний елемент},\\ v_{kj_i}=p_{ij}\Rightarrow\ \sum\limits_{j=1}^{k_i}p_{ij}=1. \end{cases}.$$

Структура (2) узагальнює структури класичних алфавітів з елементарними символами і дозволяє розповсюдити її на алфавіти з іншою структурою. Зокрема, якщо алфавіт носія M числовий, тоді отримаємо звичайну структуру інтервалів у певній системі координат. Якщо ж алфавіт носія нетермінальний, визначаючий деякий контекст або зміст, тоді конструктивні елементи у структурі (2) можна визначити як вільні інтервали нульової довжини зі змістовними детермінованими характеристиками списку w.

Виходячи з різноманіття алфавітів носія структури (2), можливо створити різні структури інтервалів. Нехай на алфавітах B_k носіїв M_k визначені інтервальні структури типу (2) $C_i(B_k)=\langle M_k,\Sigma_k,\Lambda_k\rangle$, тоді на словнику $B=\bigcup\limits_{k=1}^{m}B_k$, $\bigcap\limits_{k=1}^{m}B_k=\varnothing$ маємо можливість побудувати конструктивну інтервальну структуру $C_i(B)=\langle M,\Sigma,\Lambda\rangle$, для якої $M=\bigcup\limits_{k=1}^{m}M_k$, $\Sigma=\bigcup\limits_{k=1}^{m}\Sigma_k$ та $\Lambda=\bigcup\limits_{k=1}^{m}\Lambda_k$.

Введена інтервальна структура $C_i(B)$ за допомогою доповнених операцій дає можливість будувати інтервальні конструкції типів, заданих визначеннями 3, 4 та ін. Позначимо конструктивний алфавіт, породжений структурою $C_i(B)$, як $\hat{B}$ і відповідно його елементи – $\hat{s}_j$. Навантажені елементи алфавіту $\hat{B}$ роблять його нескінченим. Позбутися нескінченості конструктивного алфавіту можна також за допомогою відповідної операції. Тому розглянемо деякі операції над вільними інтервалами.

Операції над вільними ІОб

Представимо аксіоматично формалізм правил виконання операцій над вільними інтервалами. Нехай $\otimes$ – лінійна операція конкатенації, тоді аксіоматику $\Lambda(\otimes)$ визначимо наступним чином:

$$\begin{cases}\forall \hat{s}_1,\hat{s}_2,\hat{s}_3 \in \hat{B}_k,\ \hat{s}_1 \otimes \hat{s}_2 = \hat{s}_1\hat{s}_2 = \hat{l},\\ \hat{s}_1 \otimes \hat{s}_2 \neq \hat{s}_2 \otimes \hat{s}_1,\ \hat{s}_1 \otimes \varepsilon = \varepsilon \otimes \hat{s}_1 = \hat{s}_1 = \hat{l};\end{cases}$$

$$\begin{cases}\hat{s}_1 \otimes \hat{s}_2 \otimes \hat{s}_3 = (\hat{s}_1 \otimes \hat{s}_2) \otimes \hat{s}_3 =\\ \hat{s}_1 \otimes (\hat{s}_2 \otimes \hat{s}_3) = \hat{s}_1\hat{s}_2\hat{s}_3 = \hat{l};\end{cases}$$

$$\begin{cases}\forall \hat{s}_1,\hat{s}_2 \in \hat{B}_k = B_{ks} \Rightarrow \hat{l} = l = s_1 s_2;\\ \hat{B}_k = \overline{B}_{ks} \Rightarrow \hat{l} = \overline{l} = \overline{s}_1\overline{s}_2;\end{cases}$$

$$\begin{cases}\hat{s}_1 = \hat{s}_1(w_1)\ \&\ \hat{s}_2 = \hat{s}_2(w_2) \Rightarrow\\ \hat{s}_1 \otimes \hat{s}_2 = \hat{l} = \hat{l}\,(w_1, w_2).\end{cases}$$

Операція лінійної конкатенації двох інтервалів $\hat{s}_1,\hat{s}_2$ може бути модифікована обертанням на деякий кут γ інтервалу $\hat{s}_2$ відносно інтервалу $\hat{s}_1$ [8]. Отримаємо інші модифікації конкатенації: лівої $\otimes_l$, правої $\otimes_p$ та обох меж інтервалів $\otimes_g$:

$$\begin{cases}\hat{s}_1 = (\hat{b}_{11},\hat{b}_{12})\ \&\ \hat{s}_2 = (\hat{b}_{21},\hat{b}_{22});\\ \hat{b}_{11},\hat{b}_{12},\hat{b}_{21},\hat{b}_{22} \in \hat{B} \Rightarrow\\ \hat{s}_1 \otimes_l \hat{s}_2 = \hat{l} = (\hat{b},\hat{b}_{12}) \vee (\hat{b},\hat{b}_{22}),\ \hat{b} = \hat{b}_{11} \mid \hat{b}_{21};\end{cases}$$

$$\hat{s}_1 \otimes_p \hat{s}_2 = \hat{l} = (\hat{b}_{11},\hat{b}) \wedge (\hat{b}_{21},\hat{b}),\ \hat{b} = \hat{b}_{12} \mid \hat{b}_{22};$$

$$\hat{s}_1 \otimes_g \hat{s}_2 = \hat{l} = ((\hat{b}_{11} = \hat{b}_{21}),(\hat{b}_{12} = \hat{b}_{22})),\ w_1 \neq w_2.$$

Якщо операція $\otimes$ виконується над навантаженими інтервалами, тоді її аксіоматику необхідно доповнити списковим відображенням η, тобто отримаємо складну операцію $\otimes_\eta$, для якої:

$$\begin{cases}\hat{s}_1 = \hat{s}_1(w_1)\ \&\ \hat{s}_2 = \hat{s}_2(w_2) \Rightarrow\\ \hat{s}_1 \otimes_1 \hat{s}_2 = \hat{l}\,(w),\ w = \eta(w_1, w_2).\end{cases}$$

Введення правила застосування операції η потребує деяких обмежень на характеристичний список w.

Нехай $|w|$ – довжина характеристичного списку деякого вільного інтервалу $\hat{s}(w)$, тоді припустимо, що:

1) $\forall \hat{s}_1,\hat{s}_2 \in \hat{B}_k, |w_1| = |w_2|$,

ця умова завжди досягається, якщо доповнити характеристичний список до потрібної довжини порожніми символами ε;

2) $$\begin{cases}\forall \hat{s}_1,\hat{s}_2 \in \hat{B}_k,\ w_1 = [r_{1p}, v_{1g_1}, v_{1g_2}, \ldots, v_{1g_l}],\\ w_2 = [r_{2p}, v_{2g_1}, v_{2g_2}, \ldots, v_{2g_l}],\\ \Rightarrow v_{1g_j}, v_{2g_j} \in V_j;\end{cases}$$

3) $U \times V_1 \times V_2 \times \ldots \times V_l$ – упорядковано;

4) $$\begin{cases}U_1, U_2 \subset U\ \&\ V_{i1}, V_{i2} \subset V_i \Rightarrow\\ \eta : (U_1 \times_{i=1}^{l} V_{i1}, U_2 \times_{i=1}^{l} V_{i2}) \rightarrow\\ \eta_0(U_1 \times U_2) \times_{i=1}^{l} \eta_i (V_{i1} \times V_{i2}),\end{cases}$$

де компоненти η_i відображення η є операції, оператори, алгоритми або структури залежно від природи множин V_i, причому для деяких компонент відображення на множинах V_i існує одиниця θ_i; зокрема, для компоненти $\eta_0 \equiv +$, $\theta_0 \equiv 0$.

Різновидом операції $\otimes_\eta$ є операція з поглинанням меж інтервалів. Аксіоматикою цієї операції є:

$$\begin{cases}\hat{s}_1 = (\hat{b}_{11},\hat{b}_{12}) = \hat{s}_1(w_1)\ \&\ \hat{s}_2 = (\hat{b}_{21},\hat{b}_{22}) = \hat{s}_2(w_2);\\ \hat{b}_{11},\hat{b}_{12},\hat{b}_{21},\hat{b}_{22} \in B \Rightarrow \hat{s}_1 \otimes_2 \hat{s}_2 = (\hat{b}_{11},\hat{b}_{22}) = \hat{s}_3(w),\\ w = \eta(w_1, w_2).\end{cases}$$

Операція конкатенації з поглинанням меж інтервалів допускає модифікацію поглинання однойменних меж інтервалів $\hat{s}_1(w_1)$ і $\hat{s}_2(w_2)$, тобто коли $\hat{b}_{12} = \hat{b}_{21}$. Множину різновидів конкатенації позначимо символом Ω.

Визначення 5. Два вільних інтервали $\hat{s}_1(w_1)$ і $\hat{s}_2(w_2)$ назвемо *однотиповими*, якщо їх характеристичні списки w_1 та w_2 можуть відрізнятися тільки першими елементами r_{1p} і r_{2p}.

Визначення 6. Характеристичний список $w_0 = [r, \varepsilon, \varepsilon, \ldots, \varepsilon]$ множини $W = U \times_{i=1}^{l} V_i$ називається *скалярним*.

Операція множення $(\circ)$ скалярного списку на вільній інтервал $\hat{s}(w)$, $w = [r_1, v_1, v_2, \ldots, v_l]$ визначається правилом:

$$\begin{cases}w_0 \circ \hat{s}(w) = \hat{s}(w) \circ w_0 = \hat{s}(w_1);\\ w_1 = [r * r_1, \varepsilon \otimes v_1, \varepsilon \otimes v_2, \ldots, \varepsilon \otimes v_l],\end{cases}$$

де символом * позначено операцію множення дійсних чисел.

За визначенням 5, до класу однотипових вільних інтервалів належить інтервал $\hat{s}_g([1, v_{1g_1}, v_{2g_2}, \dots, v_{\lg_l}])$, котрий є утворюючим цього класу по операції множення на скалярний характеристичний список.

Визначення 7. Алфавіт $\hat{A}$ з елементами $\hat{s}_g$ назвемо *нормальним* конструктивним алфавітом вільних навантажених інтервалів.

ФГС на вільних ІОб

За звичаєм формальні граматики будуються як безумовні, тобто породжені правильні ланцюжки виділяються з вільної мови за певними правилами без всяких умов. Але, виходячи з потреб багатьох предметних областей, відбір ланцюжків із вільної мови необхідно виконувати за умови сумісності характеристик суміжних ІОб.

Умови для відбору ланцюжків вільної мови зручно задавати в граматичній структурі. Деякі підходи до реалізації умов відбору ланцюжків за граматичними правилами наведені в роботі [9].

Нехай раніше визначений термінальний алфавіт A та $N = H \bigcup T$ – нетермінальний алфавіт, який складається з основного $H = \{\alpha_i\}_{i=1}^{p}$ і характеристичного $T = T_1 \times T_2 \times \cdots \times T_m$ алфавітів, причому $T_i = \{\tau_{ij}\}_{j=0}^{t_i}$, $\tau_{i0} = \varepsilon$. Припустимо, що на алфавітах A і N визначені конструктивні структури ІОб типу (2). Вважаємо, що нетермінальні ІОб навантажені, тоді їх представлення за структурою (2) задамо як: $(\alpha_i, \alpha_i) = \alpha_i(t)$, де вага $t \in T$ ІОб визначається характеристичним списком довжини m. Якщо характеристичний список $t = [\varepsilon, \varepsilon, \dots, \varepsilon]$, тоді $\alpha_i(t) = \alpha_i$.

За представлення інтервальної граматичної структури виберемо класичну ФГС [4]:

$$C_I = \langle M_I, \Sigma_I, \Lambda_I \rangle. \qquad (3)$$

Носій граматичної структури (3) визначимо на конструктивних структурах інтервалів і нетермінальному алфавіті, тобто маємо $M_I = \langle C_s(A), C_s(H), N \rangle$. Вважаємо, що навантажений конструктивний алфавіт, породжений структурою $C_s(A)$, – нормальний і навантажений нетермінальний конструктивний алфавіт – має нульову характеристику довжини (у списку t цей елемент вилучено). Сигнатуру та аксіоматику граматичної структури задамо як:

$$\Sigma_I = \Omega \bigcup \{\circ^2, \eta^k, *^2, \to^2, \overset{p_i}{\Rightarrow}{}^2, f^2, \chi^1\},$$
$$\Lambda_G = (\Lambda_F, \Lambda_K, \Lambda_Y, \Lambda_P, \Lambda_V, \Lambda_C, \Lambda_H, \Lambda_L).$$

Операції конкатенації множини Ω і $(\circ, \eta, *)$, визначені в попередньому пункті, зміст та правила застосування інших операцій сигнатури будуть наведені в аксіоматиці. Складові аксіоматики Λ_I задамо конструктивними аксіомами.

- Λ_F – *аксіоматика вільної мови*:

$$\begin{cases} \forall \hat{s}_1, \hat{s}_2, \hat{s}_3 \in \hat{B}_s \bigcup \hat{H}_s \;\&\; \forall \bullet \in \Omega \Rightarrow \\ \hat{s}_1 \bullet \hat{s}_2 = \hat{s}_1 \hat{s}_2 = \hat{l}; \\ \forall \alpha, \beta \in N \Rightarrow \alpha \otimes \beta = \alpha\beta = l; \end{cases}$$

списковe відображення η застосовується тільки на інтервальному алфавіті $\hat{B}_s$:

$$\begin{cases} \forall \hat{s}_i, \hat{s}_j \in \hat{B}_s \,|\, \hat{H}_s \,|\, \hat{B}_s \bigcup \hat{H}_s \;\&\; \hat{l} = \hat{s}_i \,|\, \hat{s}_j \Rightarrow \\ \hat{l} \bullet \hat{l} = \hat{l}; \\ \forall \alpha, \beta \in N \;\&\; l = \alpha \,|\, \beta \Rightarrow l \otimes l = l; \\ \{\hat{l}\} = F(\hat{B}_s) \,|\, F(\hat{H}_s) \,|\, F(\hat{B}_s \bigcup \hat{H}_s), \\ \{l\} = F(N); \\ F(\cdot) - \textit{вільна мова}. \end{cases}$$

- Λ_K – *аксіоматика контекстного супроводу*:

$$\begin{cases} \forall \hat{s}_i \in \hat{B}_s \;\&\; \forall \hat{s}_j(t) \in \hat{H}_s,\ t \neq [\varepsilon, \varepsilon, \dots, \varepsilon] \Rightarrow \\ \hat{s}_i \otimes \hat{s}_j = \hat{s}_i \hat{s}_j = \hat{s}_i \alpha_j(t) = \hat{l}^s, \\ \hat{l}^s - \textit{ланцюжок із контекстом}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \{\hat{l}^s\} = F^s \subset F(\hat{B}_s \bigcup \hat{H}_s),\ F^s - \textit{вільна мова} \\ \textit{з контекстним супроводом}. \end{cases}$$

- Λ_Y – *аксіоматика продукцій підстановок та відношення безпосереднього виводу*:

$$\begin{cases} \hat{p}_i : \hat{l}_j \to \hat{l}_k,\ \hat{l}_j, \hat{l}_k \in F(\hat{H}_s) \,|\, F(\hat{B}_s \bigcup \hat{H}_s), \\ 0 < \left|\hat{l}_j\right| < k_1,\ 0 \le \left|\hat{l}_k\right| < k_2; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \forall \hat{p}_i : \hat{l}_j \to \hat{l}_k \;\&\; \forall \hat{p}_r : \hat{l}_i \to \hat{l}_m \;\&\; i \neq r \Rightarrow \\ \hat{l}_j \neq \hat{l}_i \,|\, \hat{l}_j = \hat{l}_i; \end{cases}$$

$\{\hat{p}_i\}_{i=1}^{r} = \hat{P}$ – *продукційна схема*;

$$\begin{cases}\left(\hat{l}=\hat{l}_1\hat{l}_j\hat{l}_2\right)\in(\hat{A}_s\cup\hat{H}_s)\ \&\ \exists\left(\hat{p}_i:\hat{l}_j\to\hat{l}_k\right)\in\hat{P}\\ \Rightarrow\hat{l}_1\hat{l}_j\hat{l}_2\overset{p_i}{\Rightarrow}\hat{l}_1\hat{l}_k\hat{l}_2,\end{cases}$$

$\hat{p}_i$ *– допустима продукція до ланцюжка* $\hat{l}$.

➢ Λ_P *– аксіоматика програмних продукцій, відношення вибору і безпосереднього виводу*:

$\forall\hat{p}_i\in\hat{P},\ \exists q_i:\left(\hat{p}_i,K_i,W_i\right)$ *– програмна продукція*;

$q_i\neq q_j,\ i\neq j,\ \{q_i\}_{i=1}^{n}=Q$ *– множина позначок продукцій*;

$K_i\subseteq Q$ *– множина вдач* і $W_i\subseteq Q$ *– множина невдач продукцій* $\hat{p}_i$

$$\begin{cases}q_i\in Q,\ q_i:\left(\hat{p}_i,K_i,W_i\right)\ \&\\ \hat{p}_i\ \textit{допустима до}\ \hat{l},\ \hat{l}\overset{\hat{p}_i}{\Rightarrow}\hat{l}_j;\Rightarrow\\ \exists q_j\in K_i,\ \hat{p}_j\ \textit{допустима до}\ \hat{l},\ \hat{l}\overset{\hat{p}_i,\,\hat{p}_j}{\Rightarrow}\hat{l}_j;\end{cases}$$

q_i *– допустима продукція* до ланцюжка $\hat{l}$ на множині вдач K_i;

$$\begin{cases}q_i\in Q,\ q_i:\left(\hat{p}_i,K_i,W_i\right)\ \&\\ \hat{p}_i\ \textit{недопустима до}\ \hat{l};\\ \Rightarrow\ \exists q_j\in W_i,\ \hat{p}_j\ \textit{допустима до}\ \hat{l};\ \hat{l}\overset{\hat{p}_j}{\Rightarrow}\hat{l}_j;\end{cases}$$

q_i *– допустима продукція* до ланцюжка $\hat{l}$ на множині невдач W_j.

➢ Λ_V *– аксіома оператора вибору продукцій для безпосереднього виводу*:

$$\begin{cases}\forall q_i\in Q,\ q_i:\left(\hat{p}_i,K_i,W_i\right)\ \&\ \hat{l}\in F(\hat{B}_s\cup\hat{H}_s);\\ f(\hat{l},q_i)-\textit{оператор вибору продукцій};\end{cases}$$

$$\begin{cases}\hat{l}_r\overset{\hat{p}_i}{\Rightarrow}\hat{l}_i\ \&\ \hat{l}_r\in\hat{l}\Rightarrow\\ f(\hat{l},q_i)=q_j\in K_i\mid\hat{l}\overset{q_i,\,f(\hat{l},q_i)=q_j}{\Rightarrow}\hat{l}_n;\end{cases}$$

$$\begin{cases}\hat{l}_r\overset{\hat{p}_i}{\Rightarrow}\hat{l}_i\ \&\ \hat{l}_r\notin\hat{l}\Rightarrow\\ f(\hat{l},q_i)=q_j\in W_i\mid\hat{l}\overset{f(\hat{l},q_i)=q_j}{\Rightarrow}\hat{l}_n.\end{cases}$$

➢ Λ_C *– аксіоматика сумісності контекстних характеристик ланцюжків*:

$$\begin{cases}\forall\hat{l}_i^{\,s},\hat{l}_j^{\,s}\in F^s,\ \hat{l}_{i,j}^{\,s}=\hat{s}_{i,j}\alpha_{i,j}(t_{i,j}),\\ t_{i,j}=[\tau_{i_1,j_1},\tau_{i_2,j_2},\ldots,\tau_{i_r,j_r},\ldots,\tau_{i_k,j_k}]\ \&\\ \tau_{i_r}=\tau_{j_r}\Rightarrow\hat{l}_i^{\,s},\hat{l}_j^{\,s}-\textit{сумісні за індексом}\ r;\end{cases}$$

$$\begin{cases}\forall r,\ \hat{l}_i^{\,s},\hat{l}_j^{\,s}-\textit{сумісні за індексом}\ r\Rightarrow\\ \hat{l}_i^{\,s},\hat{l}_j^{\,s}-\textit{сумісні};\end{cases}$$

$$\begin{cases}\forall\hat{l}=\hat{l}_1\hat{l}_i^{\,s}\hat{l}_j^{\,s}\hat{l}_2,\ \hat{l}_1,\hat{l}_2\in F(\hat{A}_s\cup\hat{H}_s);\\ \textit{за аксіоматиками}\ \Lambda_K,\ \Lambda_Y\Rightarrow\\ \hat{l}_{i,j}^{\,s}\overset{\bar{p}_k}{\Rightarrow}\hat{s}_{\boldsymbol{i,j}}[\tau_{i_1,j_1},\tau_{i_2,j_2},\ldots,\alpha_{i,j}\tau_{i_r,j_r},\ldots,\tau_{i_k,j_k}];\end{cases}$$

для фіксованих значень індексів i_r та j_r перевіряється збіг характеристик τ_{i_r} та τ_{j_r} за цими індексами по схемі (аксіоматики Λ_P, Λ_V):

$$q_k:(\alpha_i\tau_{i_r}\to\tau_{i_r}\alpha_i,\{q_{k+1}\},\{\varnothing\});$$

$$q_{k+1}:(\alpha_j\tau_{j_r}\to\alpha_j\tau_{i_r},\{q_{k+2}\},\{\varnothing\});$$

$$q_{k+2}:(\alpha_i\to\varepsilon,\{q_{k+3}\},\{\varnothing\});$$

$$q_{k+3}:(\alpha_j\to\varepsilon,\{q_{k+4}\},\{\varnothing\});$$

$$q_{k+2}:\ldots.$$

➢ Λ_H *– аксіоматика інструктивних правил*:

$U\subseteq\hat{H}_s$ – множина початкових інтервальних конструкцій;

$\hat{l}_0\in U\ \&\ \exists q_i:\left(\hat{p}_i:\hat{l}_0\to\hat{l}_k,Y_i,W_i\right)\in Q\Rightarrow q_i$ – аксіома початку;

$$\begin{cases}\hat{l}_k\in F(\hat{B}_s)\mid F^s\ \&\ \exists q_i:\left(\hat{p}_i:\hat{l}_j\to\hat{l}_k,K_i,W_i\right)\in Q,\\ W_i=\varnothing\mid\left(K_i=\varnothing\ \&\ W_i=\varnothing\right)\Rightarrow q_i^*;\end{cases}$$

q_i^* *– заключна аксіома*;

➢ Λ_L *– аксіоматика виводу правильних ланцюжків і формальної мови*:

$$\begin{cases}\left(\exists\left((q_1,q_2,\cdots q_m)\subseteq Q;\ q_j=q_k\mid q_j\neq q_k\right)\ \&\right.\\ \left.\hat{l}_0\in U\ \&\ \hat{l}_m\in F(\hat{A}_s)\mid F^s;\right.\\ \left(\hat{l}_0\overset{q_{j1}}{\Rightarrow}\hat{l}_1\overset{q_{j2}}{\Rightarrow}\cdots\overset{q_{jm}^*}{\Rightarrow}\hat{l}_m\right)\ \Rightarrow\\ \hat{l}_m-\textit{правильний ланцюжок};\end{cases}$$

$Z(\widehat{l}_m) = (\widehat{l}_0 \overset{q_1}{\Rightarrow} \widehat{l}_1 \overset{q_2}{\Rightarrow} \cdots \overset{q_m^*}{\Rightarrow} \widehat{l}_m)$ – *вивід ланцюжка* $\widehat{l}_m$;

$\{\widehat{l}_m\} = L(C_G)$ – *формальна мова, породжена інтервальною граматичною структурою*.

Отже, побудована конструктивна ФГС на вільних ІОб, за якою породжується певна семантично узгоджена мова.

Висновки

У роботі розглянуто вільні інтервальні конструкції, введено поняття вільного інтервального об'єкту та розроблено формальну конструктивну структуру, яка породжує ці конструкції. Запропоновано операції на вільних інтервальних об'єктах і встановлено їх властивості. На вільних інтервалах розроблено формальну граматичну структуру, яка може враховувати умову сумісності інтервальних об'єктів у ланцюжковій конструкції.

Побудована інтервальна граматична структура узагальнює звичайні структури граматик [1, 3, 4] і при накладанні певних обмежень на правила підстановок, їх навантаження та ін. дозволяє отримати граматичні класи Хомського й інших типів.

Запропоновані розробки інтервальних структур дають можливість моделювати технологічні процеси на транспорті.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гладкий, А. В. Формальные грамматики и языки [Текст] / А. В. Гладкий. – М.: Наука, 1973. – 368 с.
2. Жолен, Л. Прикладной интервальный анализ [Текст] / Л. Жолен. – М.-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2007. – 468 с.
3. Ільман, В. М. Структурний підхід до проблеми відтворення граматик [Текст] / В. М. Ільман, В. І. Шинкаренко // Проблеми програмування. – 2007. – № 1. – С. 5-16.
4. Шинкаренко, В. И. Структурные модели алгоритмов в задачах прикладного программирования. I. Формальные алгоритмические структуры [Текст] / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман, В. В. Скалозуб // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 3. – С. 3-14.
5. Алгебро-алгоритмические модели и методы параллельного программирования [Текст] / Ф. И. Андон и др. – К.: Академпериодика, 2007. – 634 с.
6. Босов, А. А. Функции множества и их применение [Текст] / А. А. Босов. – Днепродзержинск: Изд. дом «Андрій», 2007. – 182 с.
7. Математическая энциклопедия [Текст]. – Т. 4. – М.: СЭ, 1984. – 1216 с.
8. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики [Текст] / Д. Роджерс, Дж. Адамс. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
9. Братчиков, И. Л. Синтаксис языков программирования [Текст] / И. Л. Братчиков. – М.: Наука, 1975. – 232 с.

Надійшла до редколегії 28.08.2009.
Прийнята до друку 09.09.2009.

УДК 514.74:531.3

В. В. КРАВЕЦ (УГХТУ, Днепропетровск), Т. В. КРАВЕЦ, А. В. ХАРЧЕНКО (ДИИТ)

МОНОМИАЛЬНЫЕ (1, 0, –1)-МАТРИЦЫ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА, ИЗОМОРФНЫЕ ГРУППЕ КВАТЕРНИОНОВ

Розглядається множина прямих і протилежних елементів, які співставляються чотиривимірному ортонормованому базису. На цій кінцевій множині формується сукупність парних підстановок четвертої степені у вигляді добутку двох транспозицій. Кінцева множина підстановок представляється мономіальними (1, 0, –1)-матрицями четвертого порядку. Встановлюється ізоморфність групи кватерніонів і двох некомутативних підгруп 8-го порядку. Досліджуються властивості чотирьох сукупностей базисних матриць, які відповідають кватерніонним матрицям.

Рассматривается множество прямых и противоположных элементов, сопоставляемых четырехмерному ортонормированному базису. На этом конечном множестве формируется совокупность четных подстановок 4-й степени в виде произведения двух транспозиций. Конечное множество подстановок представляется мономиальными (1, 0, –1)-матрицами четвертого порядка. Устанавливается изоморфность группы кватернионов и двух некоммутативных подгрупп 8-го порядка. Исследуются свойства четырех совокупностей базисных матриц, соответствующих кватернионным матрицам.

A set of direct and inverse elements are examined and compared with a four-dimensional orthonormal basis. The aggregate of even substitutions of fourth power as a product of two transpositions are formed on this finite set. The finite set of substitutions is represented by monomial (1, 0, –1)-matrices of fourth order. An isomorphism of quaternion group and two noncommutative subgroups of eighth order is determined. Properties of four aggregates of basic matrices, corresponding to quaternion matrices, are examined.

Введение

В вычислительном эксперименте [1, 9] к форме представления алгоритмов предъявляются специфические требования, удовлетворить которые оказывается возможным удачным выбором переменных, новой организацией вычислительных процессов, обусловленной спецификой этих переменных, применением матричного исчисления, в частности исчисления кватернионных матриц [7, 10, 11]. Элементы исчисления кватернионных матриц получили признание и применение не только в аналитической механике при построении математических моделей, по существу заменяя векторное исчисление, но и оказались хорошо адаптированным к современной технологии проведения вычислительного эксперимента по исследованию нелинейной динамики сложных механических систем в пространственном движении. При этом математические модели и соответствующие им алгоритмы обретают симметрию, компактность, универсальность, что ускоряет программирование, отладку вычислительного процесса, обеспечивают удобства в работе, т.е. повышает производительность интеллектуального труда [2, 3, 8].

Постановка задачи

На множестве мономиальных (1, 0, –1)-матриц [12] четвертого порядка, представляющих тождественные и четные подстановки четвертой степени на множестве элементов четырехмерного ортонормированного базиса и противоположных элементов, найти некоммутативные подгруппы, изоморфные группе кватернионов и составляющие базис совокупности четырех кватернионных матриц. Исследовать свойства базисных матриц.

Решение задачи

Известно, что кватернион определяется как гиперкомплексное число:

$$e_0 a_0 + e_1 a_1 + e_2 a_2 + e_3 a_3$$

(используется также запись: $1a_0 + ia_1 + ja_2 + ka_3$), где $e_0 a_0 (1a_0)$ – скалярная, $e_1 a_1 + e_2 a_2 + e_3 a_3$ $(ia_1 + ja_2 + ka_3)$ – векторная часть кватерниона, a_0, a_1, a_2, a_3 – действительные числа, e_0, e_1, e_2, e_3 $(1, i, j, k)$ – элементы базиса. Здесь $e_0 (1)$ – вещественная единица, e_1, e_2, e_3 (i, j, k) могут трактоваться как специальные кватернионы (гиперкомплексные единицы), либо как базисные векторы трехмерного пространства

© Кравец В. В., Кравец Т. В., Харченко А. В., 2009

[5, 10]. Для элементов базиса пространства кватернионов приняты специальные правила умножения [6]:

$$\begin{aligned} &\mathrm{e}_1^2 = \mathrm{e}_2^2 = \mathrm{e}_3^2 = -\mathrm{e}_0; \quad \begin{pmatrix} i^2 = l^2 = k^2 = -1; \\ ij = -ij = k; \\ jk = -kj = i; \\ ki = -ik = j. \end{pmatrix} \\ &e_1 e_2 = -e_2 e_1 = e_3; \\ &e_2 e_3 = -e_3 e_2 = e_1; \\ &e_3 e_1 = -e_1 e_3 = e_2; \end{aligned}$$

Множество, состоящее из восьми элементов

$$e_0, e_1, e_2, e_3, \quad -e_0, -e_1, -e_2, -e_3 ,$$

$$(1,\ i,\ j,\ k), \quad (-1,\ -i, -j, -k)$$ (здесь знак минус служит различительным значком), составляет группу кватернионов с известной таблицей умножения [4].

Рассматривается множество мономиальных (1, 0, –1)-матриц, содержащих в каждой строке и столбце в точности одну единицу или минус единицу. Находятся семь подгрупп восьмого порядка, из которых пять подгрупп являются Абелевыми, а две некоммутативными (табл. 1).

Элементам базиса пространства кватернионов сопоставляются элементы найденных некоммутативных подгрупп восьмого порядка. Приводятся варианты сопоставления элементов базиса пространства кватернионов и элементов полученных некоммутативных подгрупп (табл. 2).

Таблица 1

Таблицы умножения некоммутативных подгрупп порядка 8

*	A_0	T_1	R_2	S_3	$\bar{A}_0$	$\bar{T}_1$	$\bar{R}_2$	$\bar{S}_3$
A_0	A_0	T_1	R_2	S_3	$\bar{A}_0$	$\bar{T}_1$	$\bar{R}_2$	$\bar{S}_3$
T_1	T_1	$\bar{A}_0$	$\bar{S}_3$	R_2	$\bar{T}_1$	A_0	S_3	$\bar{R}_2$
R_2	R_2	S_3	$\bar{A}_0$	$\bar{T}_1$	$\bar{R}_2$	$\bar{S}_3$	A_0	T_1
S_3	S_3	$\bar{R}_2$	T_1	$\bar{A}_0$	$\bar{S}_3$	R_2	$\bar{T}_1$	A_0
$\bar{A}_0$	$\bar{A}_0$	$\bar{T}_1$	$\bar{R}_2$	$\bar{S}_3$	A_0	T_1	R_2	S_3
$\bar{T}_1$	$\bar{T}_1$	A_0	S_3	$\bar{R}_2$	T_1	$\bar{A}_0$	$\bar{S}_3$	R_2
$\bar{R}_2$	$\bar{R}_2$	$\bar{S}_3$	A_0	T_1	R_2	S_3	$\bar{A}_0$	$\bar{T}_1$
$\bar{S}_3$	$\bar{S}_3$	R_2	$\bar{T}_1$	A_0	S_3	$\bar{R}_2$	T_1	$\bar{A}_0$

	A_0	S_1	T_2	R_3	$\bar{A}_0$	$\bar{S}_1$	$\bar{T}_2$	$\bar{R}_3$
A_0	A_0	S_1	T_2	R_3	$\bar{A}_0$	$\bar{S}_1$	$\bar{T}_2$	$\bar{R}_3$
S_1	S_1	$\bar{A}_0$	R_3	$\bar{T}_2$	$\bar{S}_1$	A_0	$\bar{R}_3$	T_2
T_2	T_2	$\bar{R}_3$	$\bar{A}_0$	S_1	T_2	$\bar{R}_3$	$\bar{A}_0$	S_1
R_3	R_3	T_2	$\bar{S}_1$	$\bar{A}_0$	$\bar{R}_3$	$\bar{T}_2$	S_1	A_0
$\bar{A}_0$	$\bar{A}_0$	$\bar{S}_1$	$\bar{T}_2$	$\bar{R}_3$	A_0	S_1	T_2	R_3
$\bar{S}_1$	$\bar{S}_1$	A_0	$\bar{R}_3$	T_2	S_1	$\bar{A}_0$	R_3	$\bar{T}_2$
$\bar{T}_2$	$\bar{T}_2$	R_3	A_0	$\bar{S}_1$	$\bar{T}_2$	R_3	A_0	$\bar{S}_1$
$\bar{R}_3$	$\bar{R}_3$	$\bar{T}_2$	S_1	A_0	R_3	T_2	$\bar{S}_1$	$\bar{A}_0$

Таблица 2

Варианты сопоставления элементов базиса пространства кватернионов с элементами некоммутативных подгрупп порядка 8

Элементы базиса	Элементы подгрупп																							
1	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0
i	S_1	T_2	R_3	S_1	T_2	$\bar{R}_3$	S_1	$\bar{T}_2$	R_3	$\bar{S}_1$	T_2	R_3	S_1	$\bar{T}_2$	$\bar{R}_3$	$\bar{S}_1$	T_2	$\bar{R}_3$	$\bar{S}_1$	$\bar{T}_2$	R_3	$\bar{S}_1$	$\bar{T}_2$	$\bar{R}_3$
j	T_2	R_3	S_1	$\bar{R}_3$	S_1	T_2	R_3	S_1	$\bar{T}_2$	R_3	$\bar{S}_1$	T_2	$\bar{T}_2$	$\bar{R}_3$	S_1	T_2	$\bar{R}_3$	$\bar{S}_1$	$\bar{T}_2$	R_3	$\bar{S}_1$	$\bar{R}_3$	$\bar{S}_1$	$\bar{T}_2$
k	R_3	S_1	T_2	T_2	$\bar{R}_3$	S_1	$\bar{T}_2$	R_3	S_1	T_2	R_3	$\bar{S}_1$	$\bar{R}_3$	S_1	$\bar{T}_2$	$\bar{R}_3$	$\bar{S}_1$	T_2	R_3	$\bar{S}_1$	$\bar{T}_2$	$\bar{T}_2$	$\bar{R}_3$	$\bar{S}_1$
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16*	17	18	19	20	21	22	23	24
1	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0	A_0
i	T_1	S_3	R_2	T_1	R_2	$\bar{S}_3$	T_1	$\bar{R}_2$	S_3	$\bar{T}_1$	R_2	S_3	T_1	$\bar{S}_3$	$\bar{R}_2$	$\bar{T}_1$	$\bar{S}_3$	R_2	$\bar{T}_1$	S_3	$\bar{R}_2$	$\bar{T}_1$	$\bar{R}_2$	$\bar{S}_3$
j	S_3	R_2	T_1	R_2	$\bar{S}_3$	T_1	$\bar{R}_2$	S_3	T_1	R_2	S_3	$\bar{T}_1$	$\bar{S}_3$	$\bar{R}_2$	T_1	$\bar{S}_3$	R_2	$\bar{T}_1$	S_3	$\bar{R}_2$	$\bar{T}_1$	$\bar{R}_2$	$\bar{S}_3$	$\bar{T}_1$
k	R_2	T_1	S_3	$\bar{S}_3$	T_1	R_2	S_3	T_1	$\bar{R}_2$	S_3	$\bar{T}_1$	R_2	$\bar{R}_2$	T_1	$\bar{S}_3$	R_2	$\bar{T}_1$	S_3	$\bar{R}_2$	$\bar{T}_1$	S_3	$\bar{S}_3$	$\bar{T}_1$	$\bar{R}_2$
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10*	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Для каждой из двух некоммутативных подгрупп выбирается вариант сопоставления, удовлетворяющий критерию симметрии.

Вводятся целесообразные обозначения на основе операции транспонирования (табл. 3).

Таблица 3

Мономиальные матрицы, эквивалентные элементам пространства кватернионов

Элементы кватерниона	Базисные матрицы	Обозначения
1	$A_0 = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Vmatrix}$	$A_0 = E_0$
i	$\overline{T_1} = \begin{Vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{Vmatrix}$ $\overline{S_1} = \begin{Vmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{Vmatrix}$	$\overline{T_1} = E_1,\ \overline{S_1} = {}^tE_1$
j	$R_2 = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{Vmatrix}$ $T_2 = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{Vmatrix}$	$R_2 = E_2,\ T_2 = {}^tE_2$
k	$S_3 = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix}$ $\overline{R_3} = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix}$	$S_3 = E_3,\ \overline{R_3} = {}^tE_3$
-1	$\overline{A_0} = \begin{Vmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{Vmatrix}$	$\overline{A_0} = I$
$-i$	$T_1 = \begin{Vmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{Vmatrix}$ $S_1 = \begin{Vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{Vmatrix}$	$T_1 = {}^tE_1^t,\ S_1 = E_1^t$
$-j$	$\overline{R_2} = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{Vmatrix}$ $\overline{T_2} = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{Vmatrix}$	$\overline{R_2} = {}^tE_2^t,\ \overline{T_2} = E_2^t$
$-k$	$\overline{S_3} = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix}$ $R_3 = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix}$	$\overline{S_3} = {}^tE_3^t,\ R_3 = E_3^t$

Эти обозначения отражают возможность преобразования базисных матриц применением вводимых операций транспонирования: полного (перестановка всех строк и столбцов), внешнего (перестановка первой строки и столбца) и внутреннего (перестановка элементов, исключая первую строку и столбец). Из сравнения таблицы умножения группы кватернионов и таблиц умножения некоммутативных подгрупп восьмого порядка устанавливается их изоморфность (табл. 4).

Кватерниону и сопряженному кватерниону сопоставляются четыре матрицы упорядоченной структуры:

$$\begin{Vmatrix} A \\ {}^tA^t \\ {}^tA \\ A^t \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} E_0 & E_1 & E_2 & E_3 \\ E_0 & {}^tE_1^t & {}^tE_2^t & {}^tE_3^t \\ E_0 & {}^tE_1 & {}^tE_2 & {}^tE_3 \\ E_0 & E_1^t & E_2^t & E_3^t \end{Vmatrix} \begin{Vmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{Vmatrix}$$

Составленные четыре вида упорядоченных матриц, эквивалентных кватернионам, преобразуются одна в другую применением предложенных операций полного, внешнего и внутреннего транспонирования. С помощью составленных таблиц умножения исследуются свойства четырех совокупностей базисных матриц: находятся аддитивно обратные, мультипликативно обратные, ортогональные, кососимметричные матрицы, устанавливаются коммутативные произведения, правила полного, внешнего и внутреннего транспонирования произведений.

Выводы

Найдены две некоммутативные подгруппы на множестве мономиальных (1, 0, –1)-матриц четвертого порядка, изоморфные группе ква-

тернионов и составляющие базис введенной совокупности четырех кватернионных матриц. Введенные кватернионные матрицы удовлетворяют критерию упорядоченности, симметрии, что позволяет применить к ним операции внешнего, внутреннего и полного транспонирования. На основе составленных таблиц умножения базисных матриц определены аддитивно-обратные, мультипликативно-обратные, ортогональные, кососимметричные матрицы, а также установлены коммутативные произведения и правила внешнего, внутреннего и полного транспонирования рассмотренных произведений.

Таблица 4

Таблица умножения базисных матриц, соответствующих кватерниону и сопряженному кватерниону

*	E_0	E_1	E_2	E_3	I	${}^tE_1^t$	${}^tE_2^t$	${}^tE_3^t$
E_0	E_0	E_1	E_2	E_3	I	${}^tE_1^t$	${}^tE_2^t$	${}^tE_3^t$
E_1	E_1	I	E_3	${}^tE_2^t$	${}^tE_1^t$	E_0	${}^tE_3^t$	E_2
E_2	E_2	${}^tE_3^t$	I	E_1	${}^tE_2^t$	E_3	E_0	${}^tE_1^t$
E_3	E_3	E_2	${}^tE_1^t$	I	${}^tE_3^t$	${}^tE_2^t$	E_1	E_0
I	I	${}^tE_1^t$	${}^tE_2^t$	${}^tE_3^t$	E_0	E_1	E_2	E_3
${}^tE_1^t$	${}^tE_1^t$	E_0	${}^tE_3^t$	E_2	E_1	I	E_3	${}^tE_2^t$
${}^tE_2^t$	${}^tE_2^t$	E_3	E_0	${}^tE_1^t$	E_2	${}^tE_3^t$	I	E_1
${}^tE_3^t$	${}^tE_3^t$	${}^tE_2^t$	E_1	E_0	E_3	E_2	${}^tE_1^t$	I

*	E_0	E_1^t	E_2^t	E_3^t	I	${}^tE_1$	${}^tE_2$	${}^tE_3$
E_0	E_0	E_1^t	E_2^t	E_3^t	I	${}^tE_1$	${}^tE_2$	${}^tE_3$
E_1	E_1^t	I	${}^tE_3$	E_2^t	${}^tE_1$	E_0	E_3^t	${}^tE_2$
E_2	E_2^t	E_3^t	I	${}^tE_1$	${}^tE_2$	${}^tE_3$	E_0	E_1^t
E_3	E_3^t	${}^tE_2$	E_1^t	I	${}^tE_3$	E_2^t	${}^tE_1$	E_0
I	I	${}^tE_1$	${}^tE_2$	${}^tE_3$	E_0	E_1^t	E_2^t	E_3^t
${}^tE_1$	${}^tE_1$	E_0	E_3^t	${}^tE_2$	E_1^t	I	${}^tE_3$	E_2^t
${}^tE_2$	${}^tE_2$	${}^tE_3$	E_0	E_1^t	E_2^t	E_3^t	I	${}^tE_1$
${}^tE_3$	${}^tE_3$	E_2^t	${}^tE_1$	E_0	E_3^t	${}^tE_2$	E_1^t	I

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арутюнов, С. К. Пакет прикладных программ МДССО [Текст] / С. К. Арутюнов, Е. А. Дерюгин // Пакеты прикладных программ. Программное обеспечение вычислительного эксперимента. – М.: Наука, 1987. – С. 51-59.
2. Блехман, И. И. Механика и прикладная математика: Логика и особенности приложений математики [Текст] / И. И. Блехман, А. Д. Мышкис, Я. Г. Пановко. – М.: Наука. Главная ред. физ.-мат. лит., 1983. – 328 с.
3. Глушков, В. М. Фундаментальные исследования и технология программирования [Текст] / В. М. Глушков // Программирование. – 1980. – № 2. – С. 3-13.
4. Гроссман, И. Группы и их графы [Текст] : [пер. с англ.] / И. Гроссман, В. Магнус. – М.: Мир, 1971. – 248 с.
5. Ишлинский, А. Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация [Текст] / А. Ю. Ишлинский. – М.: Наука, 1976. – 670 с.
6. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1984. – 832 с.
7. Кравець, Т. В. Представлення кватерніонними матрицями послідовності скінчених поворотів твердого тіла у просторі [Текст] / Т. В. Кравець // Міжн. конф. з автоматичного управління «Автоматика-2000» : праці у 7-ми т. – Т. 2. – Львів: Держ. НДІ Інформаційної інфраструктури, 2000. – С. 140-145.

8. Кравец, В. В. Об оценке центробежных, кориолисовых и гироскопических сил при скоростном движении железнодорожного экипажа [Текст] / В. В. Кравец, Т. В. Кравец // Прикладная механика. – 2008. – Том 44. – № 1. – С. 123-132.
9. Моисеев, Н. Н. Математика ставит експеримент [Текст] / Н. Н. Моисеев. – М.: 1979. – 224 с.
10. Онищенко, С. М. Применение гиперкомплексных чисел в теории инерциальной навигации. Автономные системы [Текст] / С. М. Онищенко. – К.: Наук. думка, 1983. – 208 с.
11. Плотников, П. К. Применение кватернионных матриц в теории конечного поворота твердого тела [Текст] / П. К. Плотников, Ю. Н. Челноков // Сб. науч.-метод. статей по теор. мех. – 1981. – Вып. 11. – С. 122-129.
12. Тараканов, В. Е. Комбинаторные задачи и (0, 1)-матрицы [Текст] / В. Е. Тараканов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. – 192 с.

Поступила в редколлегию 08.07.2009.
Принята к печати 23.07.2009.

УДК 624.004

А. В. КРАСНЮК, А. Ф. ТАТАРИНОВ, Т. В. УЛЬЧЕНКО (ДИИТ)

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ И СТРОИТЕЛЬНОМ КОНСТРУИРОВАНИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

У статті розглядаються можливості системи AutoCAD у побудові тривимірних твердотільних моделей і аналізуються оптимальні способи проектування для будівельних і машинобудівних креслень. Наведено приклади і обґрунтування вибору способу побудови твердотільної моделі.

В статье рассматриваются возможности системы AutoCAD в построении трехмерных твердотельных моделей и анализируются оптимальные способы проектирования для строительных и машиностроительных чертежей. Приведены примеры и обоснования выбора способа построения твердотельной модели.

AutoCAD possibilities of 3D solid modeling are described in the article. The optimum methods of designing for construction and machine drawing applying are analyzed. The choice of methods for 3D solids drawing is proved by samples.

Введение

С развитием информационных технологий появились новые возможности их использования в образовательном процессе. Одним из основных направлений внедрения САПР в учебный процесс является система AutoCAD.

Применение системы AutoCAD в процессе обучения позволяет достичь повышения производительности и качества труда преподавателей с точки зрения педагогики и обеспечения у студентов индивидуального характера обучения. При этом возможности системы реализованы таким образом, что:

1) студент работает с графической и текстовой информацией;

2) возможно многократное редактирование работы без существенных потерь времени и усилий обучаемого студента;

3) система AutoCAD дает возможность студенту пользоваться возможностями системы в различных режимах: обучающем, контролирующем, консультирующем и подсказывающем;

4) качественно реализованная визуализация результатов работы развивает у студентов пространственное воображение и мышление.

Возможности системы позволяют создавать двумерные объекты, пространственные трехмерные модели, а также плоские чертежи методами проецирования. В процессе проектирования различных объектов большая часть графических работ приходится на формирование каркасных, поверхностных или твердотельных моделей. Отображение объектов на экране дисплея происходит в реальном времени, что, в свою очередь, облегчает представление о конечном результате работы. Как правило, по завершении работы над моделью, а иногда и в процессе проектирования, требуется максимально правдоподобное изображение сконструированного объекта. Данный подход в последнее время получил широкое распространение благодаря простоте формирования в системе AutoCAD сложных трехмерных объектов [1 – 5].

Постановка проблемы

Анализируя графические работы студентов, нужно отметить, что система AutoCAD является наилучшим средством индивидуализации и интенсификации обучения. Безусловно, кроме AutoCAD, существует еще ряд таких систем. Ознакомление с этими разработками показало, что все они имеют ряд недостатков, которые влияют на процесс обучения, а именно: эти системы затрудняют цельное видение всего объема работы над проектом, усложняют процесс обучения, загромождают лишней графической информацией поле работы. Проблема использования AutoCAD при усвоении альтернативных способов построения моделей и плоских чертежей заключается в том, что при моделировании детали студент выбирает самый простой способ – сочетание твердотельных примитивов, игнорируя выдавливание и вращение.

Следовательно, для ускорения и упрощения использования систем САПР необходимо исследовать методики, позволяющие облегчить

© Краснюк А. В., Татаринов А. Ф., Ульченко Т. В., 2009

обучение и использование систем проектирования и уменьшающие трудозатраты в работе над проектом, т.к. в дальнейшем студент будет сталкиваться с объемными машиностроительными и строительными проектами, создание и редактирование которых затруднительно без оптимальных навыков использования возможностей САПР.

Поэтому важно рассмотреть способы использования возможностей системы AutoCAD для твердотельного трехмерного моделирования и дать характеристику каждому из них, учитывая:

- гибкость и адаптивность к различным способам построения;
- возможность реализации многоуровневой системы подготовки студентов;
- планирование и стимулирование самостоятельной познавательной деятельности студентов;
- требования различных направлений по специальностям в обучении студентов.

Результаты исследований

Создание трехмерных моделей – более трудоемкий процесс, чем построение их проекций на плоскости, но при этом трехмерное моделирование обладает рядом преимуществ, среди которых:

– возможность рассмотрения модели из любой точки;
– автоматическая генерация основных и дополнительных видов на плоскости;
– построение сечений на плоскости;
– подавление скрытых линий и реалистичное тонирование;
– проверка взаимодействий;
– экспорт модели в анимационные приложения;
– инженерный анализ;
– извлечение характеристик, необходимых для производства.

AutoCAD поддерживает три типа трехмерных моделей: каркасные, поверхностные и твердотельные. Каждый из них обладает определенными достоинствами и недостатками. Для моделей каждого типа существует своя технология создания и редактирования.

Поскольку перечисленным типам моделирования присущи собственные методы создания пространственных моделей и способы редактирования, не рекомендуется смешивать несколько типов в одном рисунке. AutoCAD предоставляет ограниченные возможности преобразования тел в поверхности и поверхностей в каркасные модели, однако обратные преобразования недопустимы. Основное внимание при рассмотрении поставленной проблемы следует уделить созданию твердотельных трехмерных моделей и работе с ними. Как было указанно выше, создание трехмерной модели может заключаться в наборе формы модели из твердотельных примитивов, таких как ящиков, конусов, цилиндров, шаров, клиньев, пирамид и торов и дальнейшем использовании команд редактирования (объединение, вычитание и пересечение). Альтернативным способом является создание трехмерных твердотельных моделей с помощью команд «вращение» и «выдавливание» (рис. 1, 2).

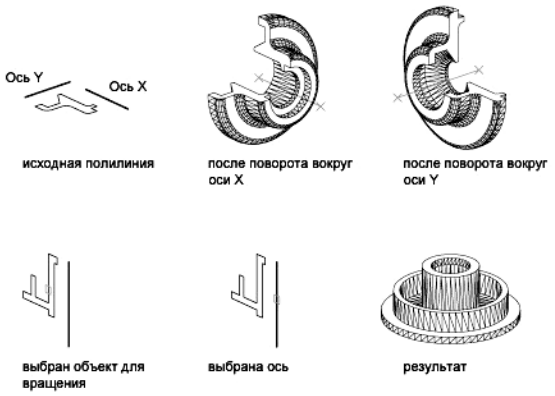


Рис. 1

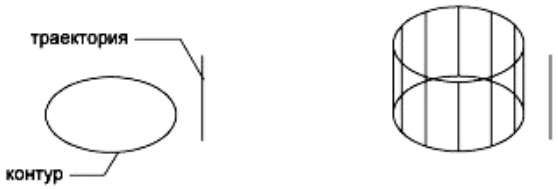


Рис. 2

Применение подобных команд намного ускоряет создание твердотельной модели, но сопряжено с некоторыми умолчаниями, которые становятся препятствием на пути их использования в работе. Прежде всего, следует заметить, что для правильной работы команды необходимо, чтобы объект операции (контур) был замкнутой полилинией. Если это условие не соблюдать, то в результате операции пользователь получит не твердотельную модель, а поверхность – это приводит к полной переделке процедуры. Также следует соблюдать условие отсутствия взаимных пересечений для линии контура начального объекта – при наличии таких пересечений команда выдаст сбой процедуры.

Покажем использование команды «выдавливание» для построения твердотельной модели такого распространенного объекта строительного черчения, как ребристое пролетное строение.

1. По размерам поперечного сечения создаем замкнутый контур (рис. 3). В целях лучшей визуализации построения используем стандартную изометрию (рис. 4).

2. Далее зададим прямолинейную траекторию выдавливания произвольной длины (рис. 5).

3. Применим команду «выдавливание» и выполним скрытие невидимых линий в целях лучшего представления формы модели (рис. 6).

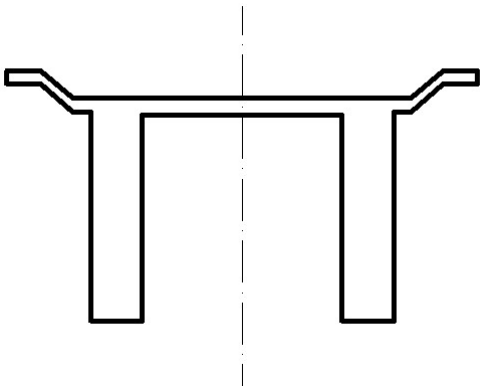


Рис. 3

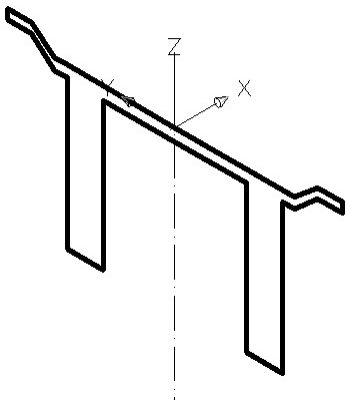


Рис. 4

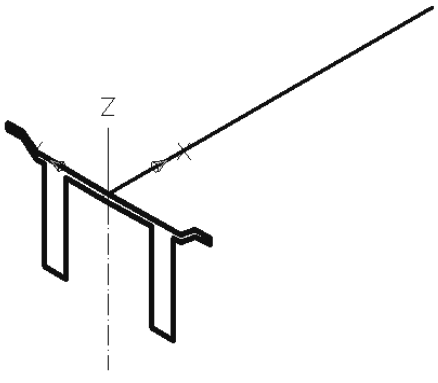


Рис. 5

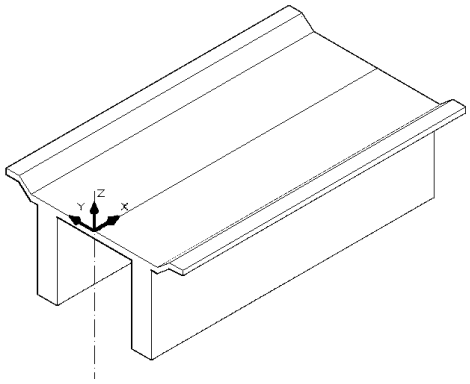


Рис. 6

Используя команду «выдавливание», создать твердотельную модель любой формы не вызывает затруднений. Построение подобной модели с помощью примитивов привело бы к значительным затратам времени в процессе создания каждой части объекта по отдельности, а в дальнейшем объединения всех частей в единое целое. В случае же поперечного сечения сложной криволинейной формы построение объекта посредством создания отдельных примитивов не представляется возможным.

В следующем примере воспользуемся возможностями команды «вращение» для создания твердотельной модели машиностроительной детали.

Команда «вращение» позволяет выполнить построение любой твердотельной модели, которая основана на окружностях и задать угол поворота плоского контура сечения произвольным числом, меньшим 360°. Но для использования этой команды необходимо учитывать некоторые требования, которые в самой команде не оговорены. Прежде всего, контур для построения должен быть замкнутым, без разрывов, и построен с помощью команды «полилиния», или контур необходимо объединить с помощью команды «область».

Покажем использование команды вращение на примере наконечника, достаточно распространенной машиностроительной детали. Построения выполним по следующему алгоритму:

1. В плоском моделировании выполним контур сечения наконечника, а также построим ось вращения, строго выдержав расстояние от контура до оси (рис. 7). Для наиболее наглядного изображения заменим вид на плоскость на стандартную изометрию (рис. 8).

2. Используем команду вращение, задав угол вращения в 270°. Таким образом, мы получим модели с вырезом четвертой части, которую широко используют в обучении для контроля построений (рис. 9).

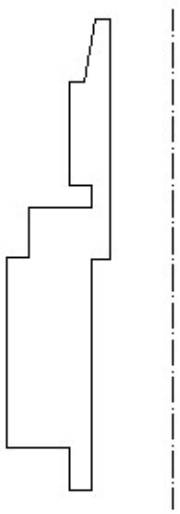


Рис. 7

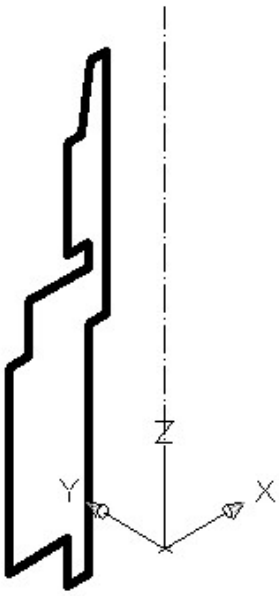


Рис. 8

3. Для получения полной модели необходимо при выполнении команды вращение задать угол вращения 360° (рис. 10).

Выводы

При отборе и исследовании способов построения твердотельных моделей в системе AutoCAD преследовались, прежде всего, такие цели, как:

- упрощение процесса построения твердотельной модели;

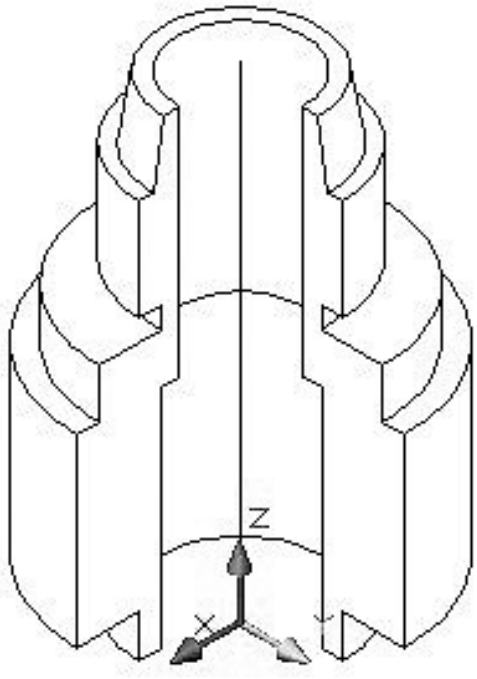


Рис. 9

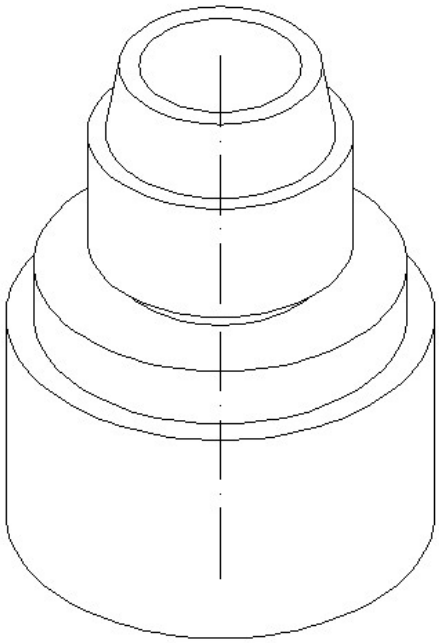


Рис. 10

- ускорение создания модели в целях экономии времени и людских ресурсов;
- оптимального применения возможностей системы AutoCAD в зависимости от поставленной задачи и особенностей черчения.

Возможность использования способа выдавливания и способа вращения облегчает создание как моделей строительных элементов, так и объектов машиностроительного черчения.

В процессе конструирования модели студент способен контролировать объемную графическую информацию, отображающую процесс создания объекта, вносить необходимые поправки в создаваемую модель и оперативно реагировать на изменение первоначальных условий и требований к разрабатываемому заданию. Широкий спектр решаемых задач, современные способы работы, значительное сокращение затрат времени при решении поставленной задачи делают систему AutoCAD наиболее оптимальным выбором в применении к процессу обучения студентов, позволяют использовать её для преподавания графических дисциплин на более высоком уровне и дают возможность обеспечения индивидуального темпа изучения учебного материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полещук, И. AutoCAD в инженерной графике [Текст] / И. Полещук, Н. Карпушкина. – СПб.: Питер, 2005. – 496 с.
2. Уваров, А. С. AutoCAD для конструкторов [Текст] / А. С. Уваров. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 399 с.
3. Каламейа, А. Дж. Курс инженерной графики в AutoCAD 2004 [Текст] / А. Дж. Каламейа. – М.: AutoDesk Press, 2005. – 1264 с.
4. Хейфец, А. Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда [Текст] / А. Л. Хейфец. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 432 с.
5. Нартова, Л. Г. Начертательная геометрия [Текст] / Л. Г. Нартова, В. И. Якунин. – М.: Академия, 2005. – 288 с.

Поступила в редколлегию 08.07.2009.
Принята к печати 16.07.2009.

УДК 004:377

Р. В. КРИВАКОВСЬКА (Дніпропетровський державний аграрний університет)

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОРОТКОСТРОКОВИМИ КУРСАМИ ТА ЇХ МІСЦЕ В АСК КАФЕДРИ ВНЗ

У статті проаналізовано передумови для створення інформаційних систем управління короткостроковими курсами підвищення кваліфікації, розглянуті основні задачі системи, дана структура інформаційної системи і розглянуті деякі питання її реалізації.

В статье проанализированы предпосылки для создания автоматизированных систем управления краткосрочными курсами повышения квалификации, рассмотрены основные задачи системы, дана её структура и рассмотрены некоторые вопросы по ее реализации.

Main prerequisites for creation of automated control systems for short-term courses of qualification upgrading are analyzed in this article. Also main tasks for the system are considered, the system structure are given. Some issues on its realization are considered as well.

Автоматизація керування навчальним процесом є одним із важливих напрямків удосконалення освіти. Це пов'язане із усе більшим укрупненням навчальних центрів, збільшенням інформаційних потоків, і, отже, з ускладненням керування ними. Як зазначено в статті [1], сьогодні неможливо займатися наукою й освітою поза інформаційним процесом.

Проблемам побудови інформаційних систем керування навчальним процесом присвячено безліч статей. Більшість із них розглядають керування в школах і стаціонарах вузів. Робіт, присвячених керуванню короткостроковими курсами перепідготовки й підвищення кваліфікації, мені знайти не вдалося.

У випадку, коли інформація з курсів розрізнена й зберігається в різних місцях, виникає проблема синхронізації, коли кожну зміну необхідно дублювати в декількох різних місцях, що підвищує ймовірність помилки. Крім того, таке дублювання і пов'язана з ним надмірність можуть приводити до того, що важлива інформація може залишитися непоміченою на етапі планування й складання розкладу (що приведе до проблеми на етапі його виконання). Тому представляється розумною розробка інформаційної системи керування курсами в межах кафедри ВНЗ.

При створенні й заповненні банку інформації має велике значення повнота інформації. Це означає, що вся доступна інформація повинна бути внесена в банк, щоб уникнути помилок при його використанні. Крім того, важливо забезпечити резервне копіювання й зберігання інформації. Розглянемо основні завдання, що виникають у процесі керування навчальним процесом. У книзі [2] наведена схема взаємозв'язку завдань планування навчального навантаження з іншими видами навантажень. Вона наведена на рис. 1.

Як можна побачити, завдання керування короткостроковими курсами, які можуть проводитися на кафедрі, стосуються задач планування навчального навантаження кафедри. Розглянемо їх більш докладно. Керування короткостроковими курсами відрізняється від керування звичайними видами навчальних навантажень (стаціонар, заочники) і має такі особливості.

1. Змінюваність навантаження в часі. Одиницею часу, на яку планується навантаження по курсах, є тиждень. Навантаження для кожного тижня різні. Тому на виході ми маємо розклад, який міняється щотижня (відмінність від стаціонару).

2. При роботі із середньостроковими курсами (один-три місяці) необхідно виконувати навчальні плани по тижнях і нормативні вимоги до кількості занять (відмінність від заочників).

Завдання керування короткостроковими курсами можна розділити на завдання оперативного регулювання і задачі середньострокового планування-прогнозування.

Основним завданням першого типу, від виконання якої залежить виконання всіх інших, є моніторинг. Це особливо важливо у випадку великої кількості різних курсів, проведених на кафедрі, тому що в умовах дефіциту ресурсів зростає кількість помилок і вони стають більш критичними. Також важливість завдання моніторингу зростає у зв'язку з тим, що курси звичайно щотижня мають різні навчальні плани

© Криваковська Р. В., 2009

(на відміну, наприклад, від стаціонару, навчальний план якого не змінюється протягом семестру або чверті). При роботі з короткостроковими курсами необхідно проводити облік виконання навчального плану, планів викладачів і використання аудиторного фонду (звичайно це аудиторний фонд кафедри).

Необхідно проводити постійний моніторинг виконання навчальних планів по викладачах і предметах у цілому. Це дозволить зменшити кількість механічних та інших помилок.

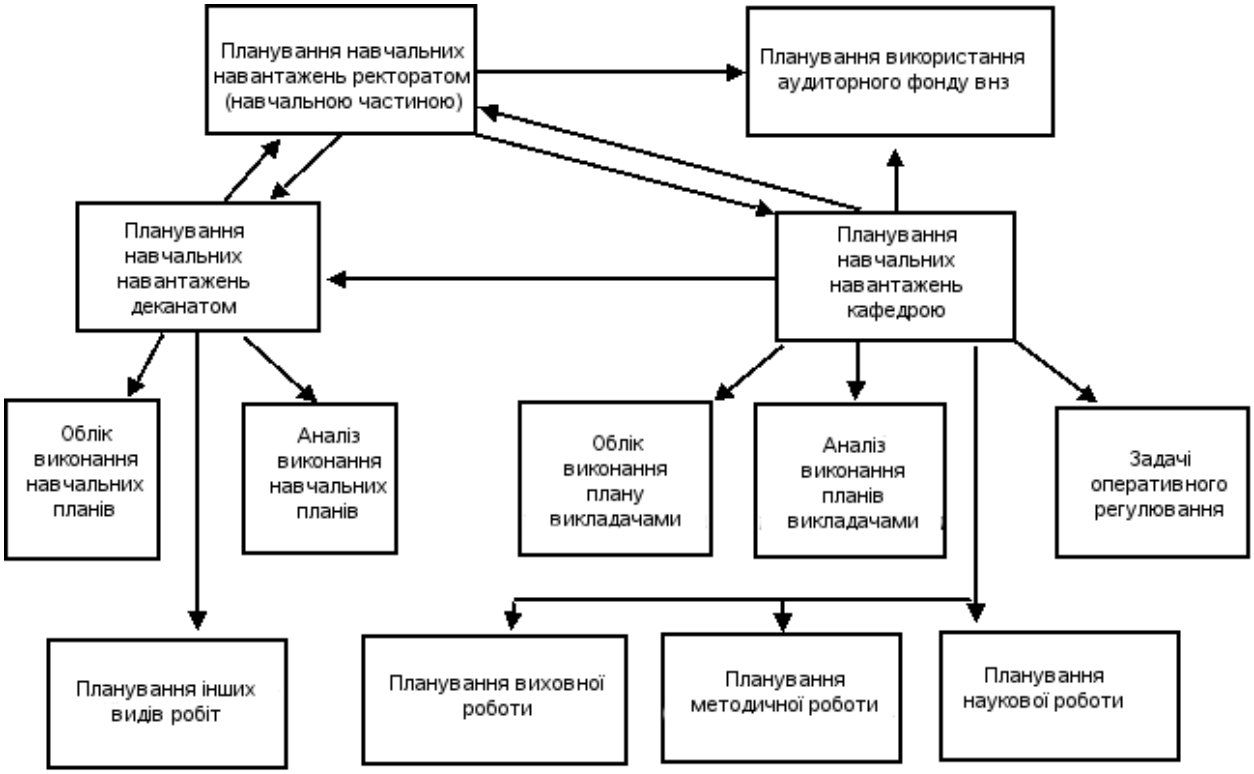


Рис. 1. Схема взаємозв'язку завдань планування навчального навантаження з іншими завданнями керування

Наступним важливим завданням інформатизації є завдання оптимізації навчальних планів і прогнозування. При роботі з курсами, складання навчального плану слід проводити відразу ж після початку занять новою групою. Тому слід оцінити передбачуване завантаження викладачів з обліком їх пікових навантажень (заочні сесії, здача модульних контрольних робіт і т.д. [3]) і за необхідності відкоригувати навчальний план. При цьому необхідно взаємодіяти з іншими керуючими системами (заочний деканат, інститут післядипломної освіти і т.д.). Для відображення інформації із планів можна використовувати різні графіки, тому що інформація в такому виді легше сприймається. Для планування також доцільно використовувати інформаційну систему.

При роботі в умовах невизначеності (а роботу в умовах мінливого навантаження можна дорівняти до часткової невизначеності) також важливі питання стійкості розкладів і планів. Їх необхідно складати таким чином, щоб зміни в кількості курсів мінімально впливали на виконання навчальних планів.

Для зручності роботи із системою повинні бути передбачені засоби візуалізації, такі як різні види розкладів (розклад викладачів, аудиторій, занять), таблиці й графіки виконання навчальних планів.

Використання інформаційних систем дозволить також проводити аналіз виконання навчальних планів, що дозволить знайти «вузькі місця» у системі, виявити помилки, що найбільше часто зустрічаються.

Дуже важливим питанням є питання взаємодії системи із зовнішнім середовищем. У цьому випадку під зовнішнім середовищем маються на увазі системи керування вузом і кафедрою. Тут виникає питання сумісності на рівні форматів даних. На жаль, мені не зустрічалися статті, де розглядалося б порівняння різних стандартних і нестандартних форматів розкладів. Мені здається, що використання стандартних форматів даних, таких як дані, розділені комами, дозволить будувати системи, сумісні між собою.

Оскільки завдання керування короткостроковими курсами вирішується усередині кафедри, доцільно розглядати АСУ курсів як частину

АСУ кафедри. Основна взаємодія здійснюється на рівні розкладу занять викладачів і розкладу зайнятості аудиторій (для завдань складання розкладу й моніторингу), і на рівні навчальних планів і навантажень (для завдань роботи з навчальними планами). Тобто при побудові АСУ кафедри необхідно передбачити можливість її розширення для роботи з курсами.

На рис. 2 представлена базова структура інформаційної системи.

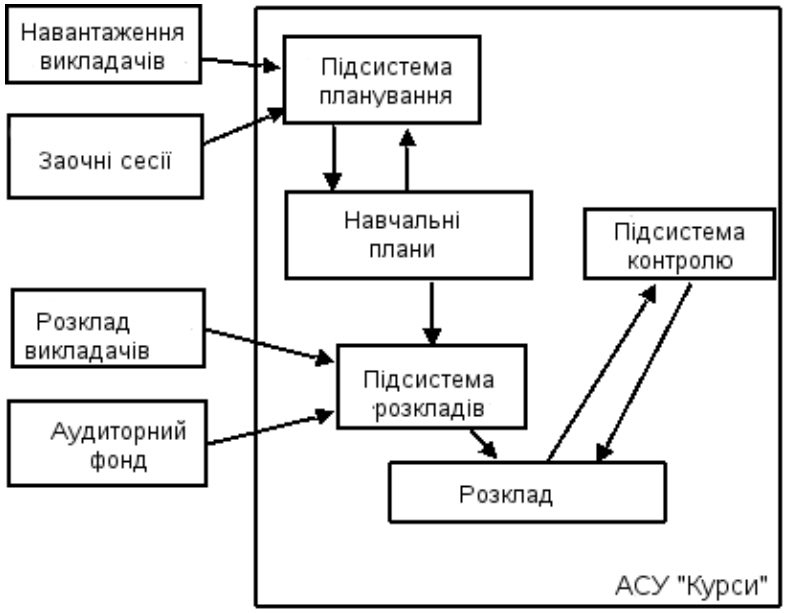


Рис. 2. Базова структура інформаційної підсистеми курсів та її зв'язок з іншими системами

Для організації банку даних доцільно використовувати реляційні бази даних. Вони забезпечують розв'язок усіх завдань, що виникають при роботі з інформаційною системою. Структура бази даних показана на рис. 3.

Оскільки організація інформаційної системи вимагає багато коду, то слід розділити програму на модулі. Зразок структури модулів показаний на рис. 4.

Архітектура інформаційної системи в даному випадку залежить від того, де використовуватиметься дана система. Якщо управління курсами здійснюватиме одна людина, що працює за одним і тим же комп'ютером і не планується прямий доступ викладачів і тих, що вчаться, до системи, то для роботи досить програми, що запускається на одному комп'ютері. А якщо передбачається, що управління здійснюватимуть декілька людей або планується, що розклад буде доступний із різних комп'ютерів, то програму необхідно зробити мережевою. В цьому випадку розумно використовувати клієнт-серверну архітектуру, наприклад, Web-орієнтовану. В цьому випадку користувачам не потрібно встановлювати додаткове програмне забезпечення, а вся обробка ведеться на сервері. Недоліком такої структури є необхідність використовувати додаткові засоби для забезпечення безпеки роботи. Якщо редагування даних у системі проводять одночасно декілька чоловік, необхідно передбачити механізм блокувань і вирішень конфліктів при записі. Для побудови інформаційної системи можуть використовуватися різні мови програмування і СУБД. Але використання комерційних індустріальних серверів баз даних (типа Oracle) вимагає великих капітальних вкладень. Тому доцільно використовувати безкоштовні СУБД, які можуть працювати в клієнт-серверній архітектурі, такі як MySQL. Виходячи з тих же міркувань, як основна мова програмування була вибрана мова PHP.

Більшість існуючих систем управління кафедрою є пропрієтарними програмними розробками комерційних фірм, що продаються. Також існує безліч власних розробок вузів. Недоліками цих систем є їх закритість, що утруднює їх перенесення в інші умови. У разі пропрієтарних програм ціна рішень часто виявляється занадто високою. Тому я вважаю, що розробки подібних систем можуть проходити під вільними ліцензіями (GPL, BSD License і т.д.). Це дозволить розширити потенційний круг споживачів таких програм, забезпечити обговорення і вирішення складних проблем силами співтовариства.

Моя розробка подібної структури системи зроблена частково. Ця програма випущена як Open Source (під ліцензією GPL) і може бути завантажена за адресою *http://sourceforge.net/projects/short-termcourc*.

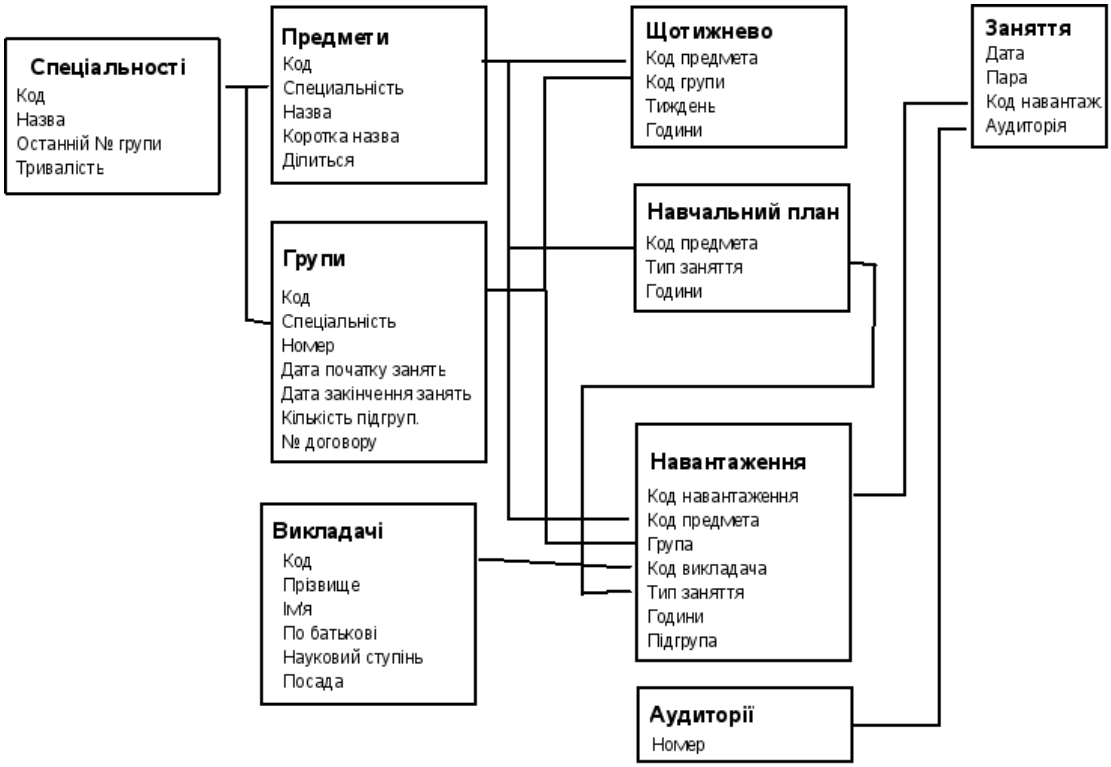


Рис. 3. Структура бази даних

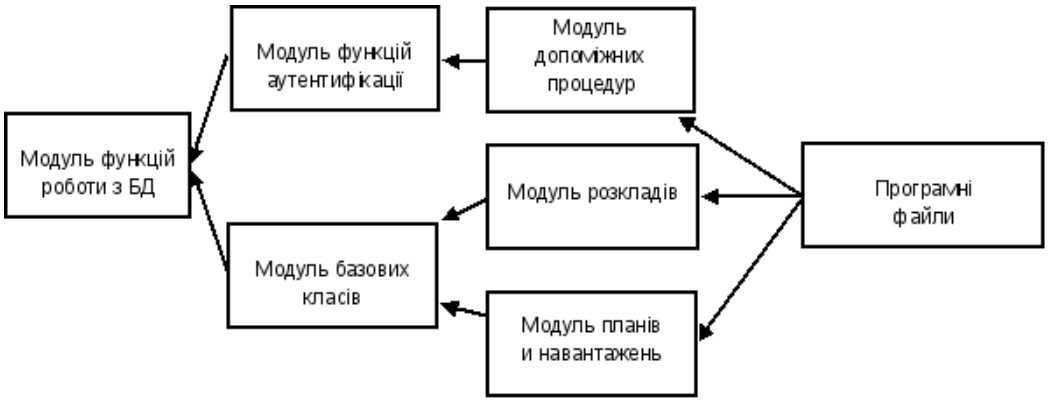


Рис. 4. Структура модулів програми

Висновок

Побудова інформаційної системи курсів є необхідною дією для установ із великою завантаженістю різними видами курсів. Це можуть бути як вузи, так і різного роду навчальні центри. Це дозволить спростити роботу диспетчера і позбавитися від різних видів помилок. При створенні інформаційної системи всередині кафедри вузу, вона повинна бути частиною інформаційної системи кафедри.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Подмазін, С. Інформаційно-аналітичне забезпечення управління освітніми системами [Текст] / С. Подмазін // Освіта і управління. – 1997. – т. 1, № 1. – С. 137-139.
2. Оліфіров, О. В. Інформаційна система кафедри ВНЗ (методологічні основи створення: пошук, рішення) [Текст] / О. В. Оліфіров, Н. М. Войтюшенко. – Донецьк, 2002. – 71 с.
3. Криваковская, Р. В. Планирование занятий в условиях высокой загрузки [Текст] / Р. В. Криваковская // Материалы 8-й межд. междисциплинарной конф. «Современные проблемы гуманизации и гармонизации управления» (Харьков, 2008). – С. 188-189.

Надійшла до редколегії 27.08.2009.
Прийнята до друку 08.09.2009.

УДК 622.245 12

Н. Г. МАЛИЧ, А. В. ВЕЛИКИЙ (НМетАУ, Днепропетровск)

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ИДЕОЛОГИЯ НАУЧНО-УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТА СТУДЕНТОВ

Стаття присвячується новій системі розвитку творчих здібностей студентів інженерного напрямку.

Статья посвящается новой системе развития творческих способностей студентов инженерного профиля.

The article is devoted to a new system of development of creative abilities of students of engineering profile.

Потребность общества в интеллектуальном потенциале в наш информационный век вызвано, главным образом, изменяющимися функциями науки и энергетически-сырьевого и технического балансов, возрастанием роли образовательных процессов в развитии страны, накоплением знаний и роли интеллектуально развитой квалифицированной прослойки общества.

В настоящее время назрело изменение в образовании, вызванное интегрированностью науки и ее связи с образованием, обеспечивающее их сближение и объединение. При этом производительная функция, занимающаяся научным обучением, приобретает первостепенное значение. Познавательная часть науки, охватывающая её эмпирическую область, по мере накопления знаний получает практическую реализацию в новых теориях, концепциях, технических и технологических разработках и др. В этом случае формализованная научная теория трансформируется в диалектическую и, как следствие, формирует новый стиль мышления, определяющей необходимость возникновения нового научно-учебно-методического направления, формирования его концепций и структуры, а далее положений и формы подготовки кадров на современном уровне развития общества.

Одна из сложнейших задач современной педагогики высшей школы – как заставить, заинтересовать и научить студента самостоятельно работать на протяжении всего периода обучения в вузе (отсылка на среднюю школу за недостаточную подготовку ее выпускников не состоятельна – есть государственные экзамены, тестирование). Профессорско-преподавательскому коллективу необходимо вовремя заинтересовать студента потребностью знаний, помочь поверить ему в свои силы и способности, помочь ему проверить их и реализовать. С этой целью предлагается несколько изменить общий подход к системе подготовки специалиста в вузе. На обсуждение выносится концепция научно-учебно-методического направления развития интеллекта при подготовке специалистов инженерного профиля. Научное направление базируется на научных основах создания технологических машин, в которых систематизированы расчетные зависимости основных конструктивных и технологических параметров машин и представлены в виде алгоритмов расчета технологических машин. Вывод расчетных зависимостей основан на приемах формального описания изучаемого процесса или конструкции, развития технологий, конструкций и изменения параметров машин во времени с использованием методов экстраполяции статистических данных, в которых математическим аппаратом являются методы максимального правдоподобия (наименьших квадратов, корреляции и регрессионный анализ и др.) и методы моделирования, базирующиеся на составлении и решении уравнений с использованием базовых положений современной теории упругости, прочности и контактных напряжений. При прогнозировании тенденции развития конструкций машин может быть использован метод обработки материалов патентной информации по развитию конструкций. Для выбора и определения оптимальных параметров машин при их проектировании на основе методов математического моделирования, безусловно, незаменимы ЭВМ. При этом в качестве целевой функции при оптимизации параметров машин обычно используются основные показатели технико-экономической эффективности и качества машин.

Реализация предложенного научного направления развития интеллекта при подготовке специалистов профессионального образования «Инженерная механика» (равно и специалистов любого другого профессионального образования), как показано на схеме (рис. 1).

© Малич Н. Г., Великий А. В., 2009

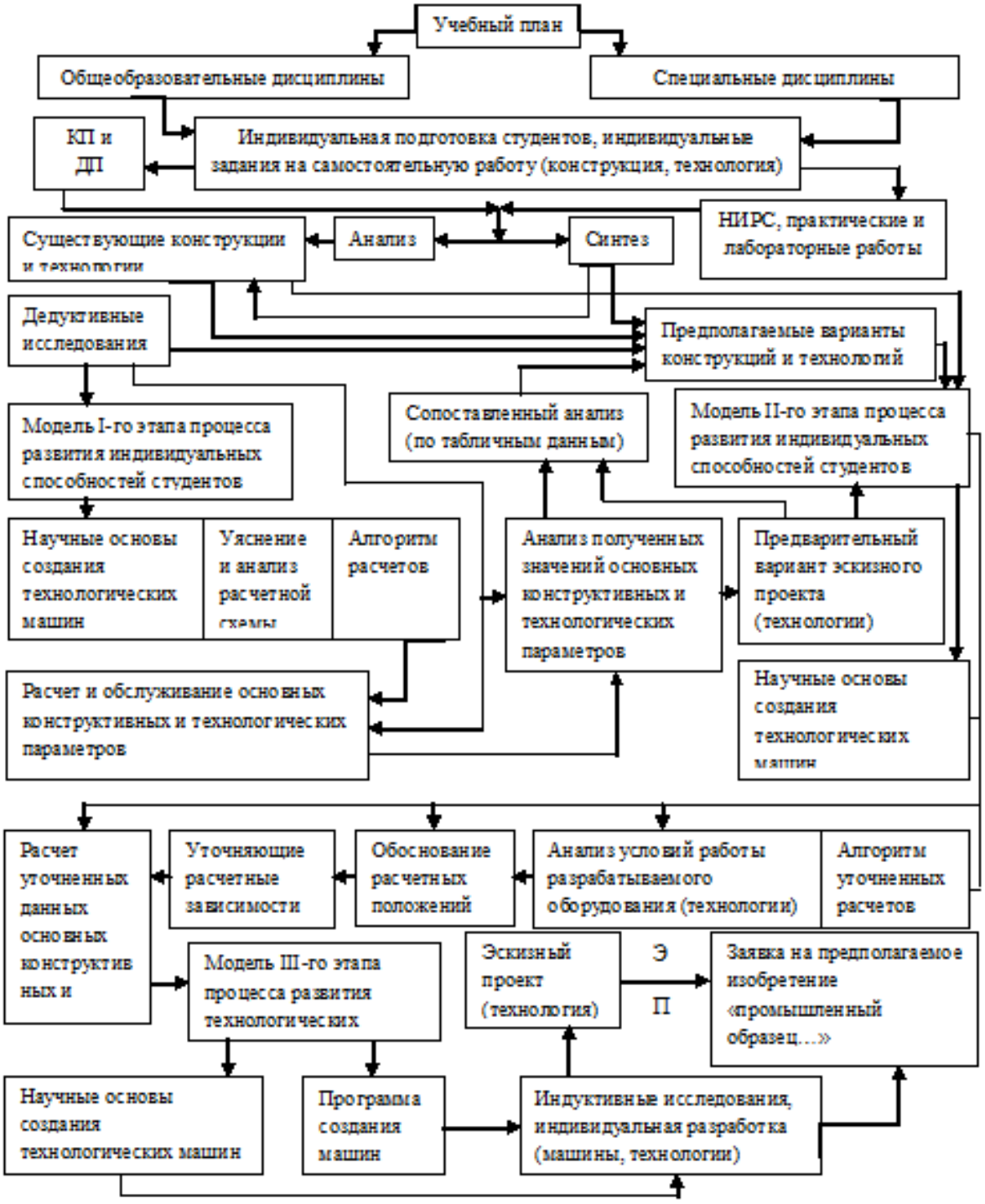


Рис. 1. Концепция научно-учебно-методического направления развития интеллекта при подготовке специалистов инженерного профиля

Пункты 1 – 6 выполняются в соответствии с учебным планом специальности (в данном случае – «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, мелиоративные машины и оборудование»). В задании (4) на самостоятельную работу формулируются общие условия производственных работ, подлежащих выполнению (в рассматриваемом случае применительно к дисциплине (основной дисциплине специальности) «Машины для земляных и мелиоративных работ», например – подготовить пляжную зону на Черноморском побережье Крыма протяженностью в 5 км) с возможным использованием всех видов техники для земляных работ. Каждый студент применительно к заданным условиям выбирает для разработки любую машину.

Для расчета и проектирования выбранной машины преподаватель задает значения 1…2-х

из её параметров (остальные студент рассчитывает и обосновывает самостоятельно) с учетом заданных условий работ и с использованием научных основ создания технологических машин (НОСТМ), разработанных и изложенных в учебных пособиях [2 – 7]. Далее студент начинает работать самостоятельно, он проводит анализ известных решений, выполнив патентный поиск (используя для этого учебное пособие) и выбирает прототип разрабатываемой машины. При этом он может синтезировать оригинальное решение на этапах 8, 9, 11 и перейти сразу к этапам 10, 16, 17 или даже 20.

Начиная с этой стадии (9) и до конца работ, по существу происходит процесс самообразования студента. Осуществляется явная проверка его подготовленности, а главное потенциальных интеллектуальных возможностей, и создаются условия для процесса развития индивидуальных способностей, условия для самоутверждения личности – становления квалифицированного специалиста. При этом происходит плодотворный процесс изучения и усвоения машин для земляных работ с использованием специальной технической литературы [1 – 12], натурных образцов, стендов, моделей, макетов и плакатов, позволяющий выполнять проектно-конструкторские работы и последующую грамотную эксплуатацию и ремонт машин.

Фундаментом научного направления развития интеллекта при подготовке специалистов инженерного профиля являются научные основы создания технологических машин [1, 5], содержащие модели трех этапов процессов развития индивидуальных способностей студентов.

После выбора прототипа используется модель I-го этапа процесса развития индивидуальных способностей студентов (12), базирующаяся на НОСТМ (13), изложенных в семи учебных пособиях, подготовленных на кафедре. В них приведены алгоритмы расчетов основных параметров машин для земляных работ (бульдозера, рыхлителя, погрузчика, скрепера, одноковшового экскаватора, драглайна, роторного и многоковшового цепного экскаваторов, станков шарошечного, вращательного и ударно-вращательного бурения, гидромонитора, землесосного снаряда, драги, дробилок щековых и конусных [12] и их базовых машин на гусеничном и пневмоколесном ходу.

Ознакомившись с НОСТМ, студент уясняет и анализирует расчетную схему машины (14) применительно к схеме выбранного прототипа и задается алгоритмом расчета (15) основных конструктивных и технологических параметров машины (16), проводит расчеты и анализирует полученные значения этих параметров (17), сопоставляя их с известными значениями существующих подобных машин (18). Последнее выполняется для осуществления самоконтроля проведенных расчетов с целью избежать грубых ошибок.

После этого разрабатывается вариант конструкции машины (10) или предварительный вариант эскизного проекта (19). Далее выполняется их доработка с использованием модели II-го этапа процесса развития индивидуальных способностей студентов (20), включающей НОСТМ и алгоритмы уточненных расчетов (21 – 22). Студент анализирует условия работы разрабатываемой машины (23) с учетом созданного эскизного проекта (17), задается основными ее рабочими положениями (24) и выбирает алгоритм уточненного расчета (22). Проводит расчеты и анализ уточненных значений основных конструктивных и технологических параметров своей машины (25 – 26). Имея все эти данные, студент подходит к использованию модели III-го этапа процесса развития индивидуальных способностей студентов, являющегося основной частью НОСТМ и содержащего программу создания машин (29).

Последующая работа студента – плод его научно обоснованной фантазии по созданию машин для земляных работ применительно к заданным условиям ее эксплуатации. Для нее разрабатывается эскизный проект (31), проводятся, если это требуется, патентные исследования и экспериментальные исследования. В последующем для созданной машины проводятся проверочные расчеты и анализ работоспособности ее узлов и деталей, разрабатывается конструкторская документация (но это уже не входит в учебную задачу студента).

Заканчивается самостоятельная работа студента составлением заявки на предполагаемое изобретение (патент) «Промышленный образец...» (разработанной машины). Последнее в обязательном порядке должен выполнять каждый студент, чтобы приучить и научить будущего специалиста (к рыночным отношениям) создать свою интеллектуальную собственность.

Интеллектуальная собственность – это права, которые касаются литературных, художественных и научных произведений; исполнительской деятельности артистов, звукозаписи, радио- и телевизионных передач; изобретений во

всех сферах человеческой деятельности; научных открытий; промышленных образцов; товарных знаков, знаков обслуживания; фирменных наименований и коммерческих обозначений, защиты против недобросовестной конкуренции.

Интеллект, интеллектуальная собственность – индивидуальное достояние каждого, его собственность. Поэтому нужно знать, как ее обогатить, а потом и защитить, т.е. нужно знать основные пути накопления интеллектуальной собственности и основные положения по ее защите.

Научные основы создания технологических машин состоят из более чем тысячи расчетных зависимостей, которые используются для определения основных конструктивных и технологических параметров машин. Они базируются на приемах формального описания исследуемых процессов земляных работ, развития конструкций и смены параметров машин во времени, что очень актуально в последнее десятилетие. Для выбора и определения оптимальных параметров этих современных машин на основе методов математического моделирования используют стандарты CALS технологий, что позволяет непрерывно отслеживать эволюцию информации, связанной не только с созданием, но и с жизненным циклом изделия. В этом случае, как целевую функцию для оптимизации параметров используют основные показатели технико-экономической эффективности и качества машин. Одним из заданий конструирования является создание различных типоразмеров машин, что обеспечивает эффективность комплексной механизации всех технологических процессов земляных работ. В связи с этим, есть возможность анализа структуры парка машин.

Более подробно научные основы создания технологических машин изложены в [1, 12, 13].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блохін, В. С. Основні параметри технологічних машин. Машини для земляних робіт [Текст] : навч. посібник у 2 ч. / В. С. Блохін, М. Г. Маліч. – К.: Вища шк., 2006. – Ч. І. – 407 с.
2. Блохін, В. С. Обґрунтування основних параметрів гусеничних транспортних засобів і навісного устаткування [Текст] : метод. вказівки / В. С. Блохін, М. Г. Маліч. – Д.: ІБФО ПДАБА, 2003. – 72 с.
3. Фронтальный одноковшовый погрузчик на пневмошасси (Алгоритм расчета) [Текст] : метод. указания / В. С. Блохин и др. – Д.: ІБФО ПДАБА, 2003. – 34 с.
4. Блохін, В. С. Обґрунтування основних параметрів колісних транспортних засобів і навісного устаткування [Текст] : метод. вказівки / В. С. Блохін, М. Г. Маліч. – Д.: ІБФО ПДАБА, 2003. – 92 с.
5. Блохін, В. С. Обґрунтування основних параметрів багатоківшевих екскаваторів [Текст] : метод. вказівки / В. С. Блохін, М. Г. Маліч. – Д.: ІБФО ПДАБА, 2003. – 92 с.
6. Блохін, В. С. Основи експериментальних досліджень [Текст] : метод. вказівки / В. С. Блохін, М. Г. Маліч, В. В. Мелашич. – Д.: ІБФО ПДАБА, 2003. – 92 с.
7. Блохін, В. С. Патент і патентні дослідження [Текст] : метод. вказівки / В. С. Блохін, М. Г. Маліч, В. В. Мелашич. . – Д.: ІБФО ПДАБА, 2003. – 66 с.
8. Блохин, В. С. Напряжения, действующие при разрушении крепких материалов, в дробилках со сложным движением щеки [Текст] / В. С. Блохин, Н. Г. Малич, В. В. Гончаров // Горный информ.-аналитический бюл. – 2004. – № 4. – С. 253-256.
9. Блохин, В. С. Модель научно-учебно-методического направления развития интеллекта студента [Текст] / В. С. Блохин, Н. Г. Малич // Горный информ.-аналитический бюл. – 2004. – № 9. – С. 323-326.
10. Блохин, В. С. Модель научно-учебно-методического направления развития интеллекта [Текст] / В. С. Блохин, Н. Г. Малич // Горный информ.-аналитический бюл. – 2005. – № 3. – С. 313-315.
11. Малич, Н. Г. Научно-учебно-методическое направление интеллектуальной обучающей системы высшей школы [Текст] / Н. Г. Малич, В. С. Блохин.
12. Блохин, В. С. Основные параметры технологических машин. Машины для дезинтезации твердых материалов [Текст] : учеб. пособие / В. С. Блохин, В. И. Большаков. Н. Г. Малич. – Ч. 1. – Д.: ИМА-пресс, 2006. – 406 с.
13. Блохін, В. С. Основні параметри технологічних машин. Машини для земляних робіт [Текст] : навч. посібник у 2 ч. / В. С. Блохін, М. Г. Маліч. – К.: Вища шк., 2009. – Ч. ІІ. – 459 с.

Поступила в редколлегию 11.09.2009.
Принята к печати 16.09.2009.

УДК 519.71:583.3

В. О. ПАЩЕНКО, Н. О. МАТВЄЄВА (ДНУ ім. О. Гончара, Дніпропетровськ)

НЕЙРОМЕРЕЖНЕ ОЦІНЮВАННЯ ОБСЯГУ ДЕФЕКТУ ЗА ПРИРОЩЕННЯМИ ПЛОЩІ ЗОНДУВАЛЬНОГО ІМПУЛЬСУ

Запропоновано використовувати нейромережі з асоціативною пам'яттю для оцінювання обсягу поверхневого дефекту суцільності струмопровідного матеріалу (виробу) за приростами площі (середньою амплітудою) імпульсу електромагнітного зондування.

Предложено использовать нейросети с ассоциативной памятью для оценивания величины поверхностного дефекта сплошности токопроводящего материала (изделия), исходя из приращений площади (средней амплитудой) импульса электромагнитного зондирования.

The neural networks with associative memory have been proposed to estimate the size of surface solidness defect of current-conducting material (article) with the help of the increases of electromagnetic probing impulse area (average amplitude).

Постановка проблеми

Оперативність і безнаслідковість проведення та точність оцінювання параметрів, властиві електромагнітному зондуванню, забезпечують його обґрунтоване застосування при неруйнівному контролі цілісності виробів[1 – 3], зокрема, з широко використовуваних волокнистих композитів: металевих, евтектичних, вуглецевих [4 – 6], котрі володіють помітною струмопровідністю. Внаслідок скін-ефекту виявляються лише поверхневі дефекти суцільності, котрі створюють найбільшу загрозу конструкційній цілісності – саме з їхнього зростання починається руйнування [7].

Шорсткість контрольованої поверхні спричиняє перекоси та відводи датчика, що породжує адитивний шум змінної інтенсивності. В таких умовах ефективність цифрових систем електромагнітного зондування визначається як здатністю здійснювати складну логіко-обчислювальну обробку даних у найкоротший термін, так і високою завадостійкістю.

Адекватною мірою обсягу тріщини є площа її проекції на направляючу площину, оскільки величина цієї площі пропорційна впливу дефекту на зондувальне електромагнітне поле. З іншого боку, ступінь впливу дефекту відображається обсягом зондувального імпульсу, зокрема, тривалість взаємодії датчика з дефектом визначає протяжність бази формованого імпульсу, а його площа варіюється від мінімального значення $Q_{\min} >> 0$ (для точкових дефектів) до максимального $Q_{\max}$ (для дефектів, які перебільшують зону контролю) залежно від геометричних розмірів тріщини, орієнтації її направляючої площини – по відношенню до траєкторії сканування – тощо.

Внаслідок відсутності всебічної математичної теорії виявляється невідомим і, мабуть, неоднозначним вплив указаних чинників на зміни площі імпульсу зондування, а тому, з метою оцінювання обсягу поверхневого дефекту, доцільне залучення штучних нейронних мереж [8 – 12], причому таких, які швидко навчаються, використовуючи непредставницькі вибірки даних експерименту.

Метою статті є залучення штучних нейромереж із асоціативною пам'яттю, зокрема, мережі Гопфілда для оцінювання геометричних розмірів поверхневого дефекту суцільності струмопровідного матеріалу чи виробу за приростами площі (середньою амплітудою) імпульсу електромагнітного зондування.

Основна частина

У процесі неруйнівного контролю електромагнітний датчик, зокрема, накладний вихорострумовий перетворювач (ВСП) покроково сканує поверхню виробу, формуючи дискрети S_i ($i = -N, \ldots, N$) імпульсу у разі взаємодії з дефектом. Унаслідок адитивного шуму змінної інтенсивності відліки викривляються: $S_i + e_i$, де $\{e_i\}$ – компоненти вектора похибки ($i = -N, \ldots, N$). Отримані в такий спосіб вхідні змінні x_i ($i = -N,\ldots, N$) подаються на входи пропонованої нейромережі, котра узагальнює відомі мережі з асоціативною пам'яттю, зокрема, мережу Гопфілда.

Узагальнення досягається шляхом підключення додаткового шару вхідних нейронів Маккаллоха-Піттса.

З метою виявлення присутності зондувального імпульсу в складі ковзної вибірки, оцінку

© Пащенко В. О., Матвєєва Н. О., 2009

$\Delta\hat{Q} = \hat{Q} - Q_{\min}$ $(0 \le \Delta Q \le Q_{\max} - Q_{\min})$ глобального прирощення площі

$$\Delta\hat{Q} = \sum_{i=-N}^{N} (S_i + e_i) - Q_{\min} =$$

$$= (\sum_{i=-N}^{N} S_i - Q_{\min}) + \sum_{i=-N}^{N} e_i \qquad (1)$$

обчислює управляючий нейрон із біполярною пороговою функцією

$$F(Q) = \begin{cases} 1 \ при \ \ Q \ge Q_{\min}; \\ -1 \ при \ \ Q < Q_{\min} \end{cases}$$

і опорним сигналом $Q_{\min}$, причому на входи з одиночними вагами подаються змінні x_i ($i = -N, \ldots, N$).

Відповідно до виразу (1), відбувається безпосереднє згладжування дискрет імпульсу в межах ковзної вибірки шляхом підсумування ($2N + 1$) відліків.

Другий і третій управляючі нейрони вхідного шару підсумовують дискрети, відповідно, лівої і правої половин ковзної вибірки та в її межах фіксують центральне положення імпульсу в разі рівності часткових сум. Остання обумовлює необхідність подальшої обробки.

Решта нейронів вхідного шару фіксує перебільшення оціненим значенням прирощення площі імпульсу експериментально встановлених величин порогів для різних за розмірами дефектів. В результаті вхідний шар нейронів формує один із M можливих векторів, які містять N бінарних символів «±1».

Приклад. Розглянемо особливості класифікації за глибиною довгих поперечних поверхневих тріщин у композиті типу вуглець-вуглець за допомогою нейромережі Гопфілда, навчання котрої проведено із залученням результатів наступного експерименту.

Для поперечних тріщин прямокутного перетину із розкриттям 300 мкм та фіксованої глибини Δ: 1, 2, 3, 4, 5 мм – у процесі сканування із кроком 1 мм за координатою s поперек їхніх направляючих площин – експериментально встановлені модуляційні характеристики відносних (внесених контрольованою ділянкою композита) активного $R/\varpi L_0 = \Psi(s)$ й індуктивного $L/L_0 = \Phi(s)$ опорів, де $\omega = 2\pi f$ – циклічна частота монохроматичного збудження (при f = = 10 МГц), L_0 – власна індуктивність круглого параметричного ВСП. Останній містить феритове осердя марки М400НН діаметром – D = = 7 мм; висота намотування котушки – H = = 4.5 мм; кількість витків – n = 9; діаметр мідного дроту – d = 0.6 мм; величина зазору між торцем ВСП і поверхнею композиту приймала значення: 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 мм.

При перетинанні траєкторією сканування ВСП направляючої площини тріщини, формований імпульс досягає мінімуму. При цьому імпульс модуляційної характеристики $L/L_0 = \Phi(s)$ є інвертованим унімодальним за формою, причому амплітуда мінімуму зменшується зі збільшенням глибини тріщини (зменшення відносної внесеної індуктивності тим помітніше, чим більше порожнини опиняється в зоні контролю).

Модуляційна характеристика $R/\varpi L_0 = \Psi(s)$ містить бімодальні імпульси, які формуються так. При входженні тріщини в зону контролю – внаслідок зменшення в ній частки струмопровідного матеріалу – збільшується внесений відносний опір. Останній, згодом, помітно зменшується, коли тріщина займає центральне положення в зоні контролю, зменшуючи перепону розповсюдженню вихорових струмів за концентричними траєкторіями. Тому центральний мінімум, що вказує тріщину, необов'язково є глобальним (менші значення амплітуди можуть реєструватись із боків обох максимумів – що відповідає моментам часу до чи після входження тріщини в зону контролю).

З метою стабілізації умов вимірювань в області локалізації тріщини шляхом усунення вторинних факторів, зокрема, віддаленості від кромки композитного виробу, запропоновано площу імпульсів оцінювати за допомогою їхніх усереднених амплітуд $\overline{R_B/\varpi L_0}$ й $\overline{L_B/L_0}$. Відмітимо, що в процесі усереднення здійснюється згладжування адитивного шуму з нульовим математичним очікуванням.

Тоді відносний комплексний опір, що характеризує тріщину:

$$\frac{Z}{Z_0} = \frac{R + j\varpi L}{R_0 + j\varpi L_0},$$

де активний власний опір R_0 ВСП, на декілька порядків менший від його індуктивного опору ϖL_0, задається формулою:

$$\overline{Z/Z_0} \approx \overline{L/L_0} - j\overline{R/\varpi L_0}.$$

У разі геометричного подання відносних внесених комплексних опорів їхні модуль і аргумент обчислюється так:

$$\left|Z/Z_0\right| = \sqrt{(\overline{L/L_0})^2 + (\overline{R/\varpi L_0})^2}\ ;$$

$$\varphi = -\text{arctg}\frac{\overline{R/\varpi L_0}}{\overline{L/L_0}},$$

виходячи з усереднених амплітуд експериментальних імпульсів.

При аналізі даних експерименту встановлено, що складові відносного комплексного опору змінюється таким чином:

- дійсна частина й модуль – у десяті частини разу;
- уявна частина – в соті долі разу;
- аргумент – у межах 10°.

Тому в якості двовимірного простору інформаційних ознак для розрізнення довгих поперечних тріщин за їхньою глибиною доцільно використовувати комплексну площину у разі геометричного подання усередненого відносного опору за допомогою модуля й аргументу.

Приклад (продовження). На рис. 1 для трьох значень зазору *h*: 0.2, 0.5, 1.0 мм наведені залежності – обведені штрих-пунктирними овалами – аргументу відносного (внесеного до ВСП) комплексного опору від значень його модуля для тріщин глибини Δ: 1, 2, 3, 4, 5 мм. Аналіз залежностей вказує на те, що збільшення зазору погіршує розрізнювальну спроможність глибоких тріщин.

Додатковий шар нейронів формує $M = 6$ комбінацій із $N = 5$ бінарних символів, які вказують довжину тріщини (мм):

$$(+\,+\,+\,+\,+) \geq 5,$$
$$(-\,+\,+\,+\,+) \geq 4,$$
$$(-\,-\,+\,+\,+) \geq 3,$$
$$(-\,-\,-\,+\,+) \geq 2,$$
$$(-\,-\,-\,-\,+) \geq 1,$$
$$(-\,-\,-\,-\,-) < 1.$$

Встановлено, що значення використовуваного зазору ВСП й частоти монохроматичного збудження доцільно розрізняти за допомогою такої інформаційної ознаки, як аргумент комплексного опору, тоді як величина його модуля є однозначним класифікатором глибини тріщин.

З метою нейромережного оцінювання модуля й аргументу відносних внесених комплексних опорів в умовах шуму змінної інтенсивності застосовано рекурсивний автоасоціативний варіант BSB мережі Гопфілда, реалізований засобами MATLAB [9].

У початковому стані BSB перебуває в середині одиничного гіперкуба, обмеженого вхідними біполярними сигналами, сформованими додатковим шаром вхідних нейронів. При функціонуванні мережа здійснює рекурсивну зміну своїх станів у напрямку граней гіперкуба й із залученням близько 20 ітерацій симуляції опиняється в одному із стійких станів, котрий і визначає глибину певної тріщини.

Сфера застосування, а також простота структури і функціонування використовуваних штучних нейтронних мереж роблять доцільною їхню програмну реалізацію за допомогою мікропроцесорів і процесорів ЦОС.

Висновки

Таким чином, штучні нейроні мережі з асоціативною пам’яттю, зокрема, мережа Гопфілда, залучені для оцінювання геометричних розмірів поверхневого дефекту суцільності струмопровідних матеріалів чи виробів за приростами площі імпульсу електромагнітного зондування (чи за його середньою амплітудою).

З метою усунення впливу адитивного шуму на результати електромагнітної дефектоскопії за допомогою параметричного накладного вихрострумового перетворювача (ВСП) запропоновано:

- у межах вибірки здійснювати згладжування дискрет модуляційного імпульсу шляхом обчислення приросту площі імпульсу (чи його середньої амплітуди, яка не залежить від кількості дискрет), котре пропорційне розміру тріщини;
- модифікувати годографи параметричних ВСП, використовуючи значення комплексного опору, котрий відповідає не максимальній, а середній амплітуді модуляційного імпульсу дефекту;
- серед можливих видів годографів перевагу слід віддавати залежності аргументу відносного комплексного опору від його модуля, коли інформаційними ознаками для розпізнавання служать: а) значення аргументу щодо величини зазору й частоти монохроматичного збудження, б) варіації модуля − для класифікації довгих поперечних тріщин за їх глибиною.

З метою нейромережного оцінювання модуля й аргументу відносних внесених комплексних опорів застосовано рекурсивний автоасоціативний варіант BSB мережі Гопфілда.

Сфера застосування, а також простота структури і функціонування використовуваних штучних нейтронних мереж роблять доцільною їхню програмну реалізацію за допомогою мікропроцесорів і процесорів ЦОС.

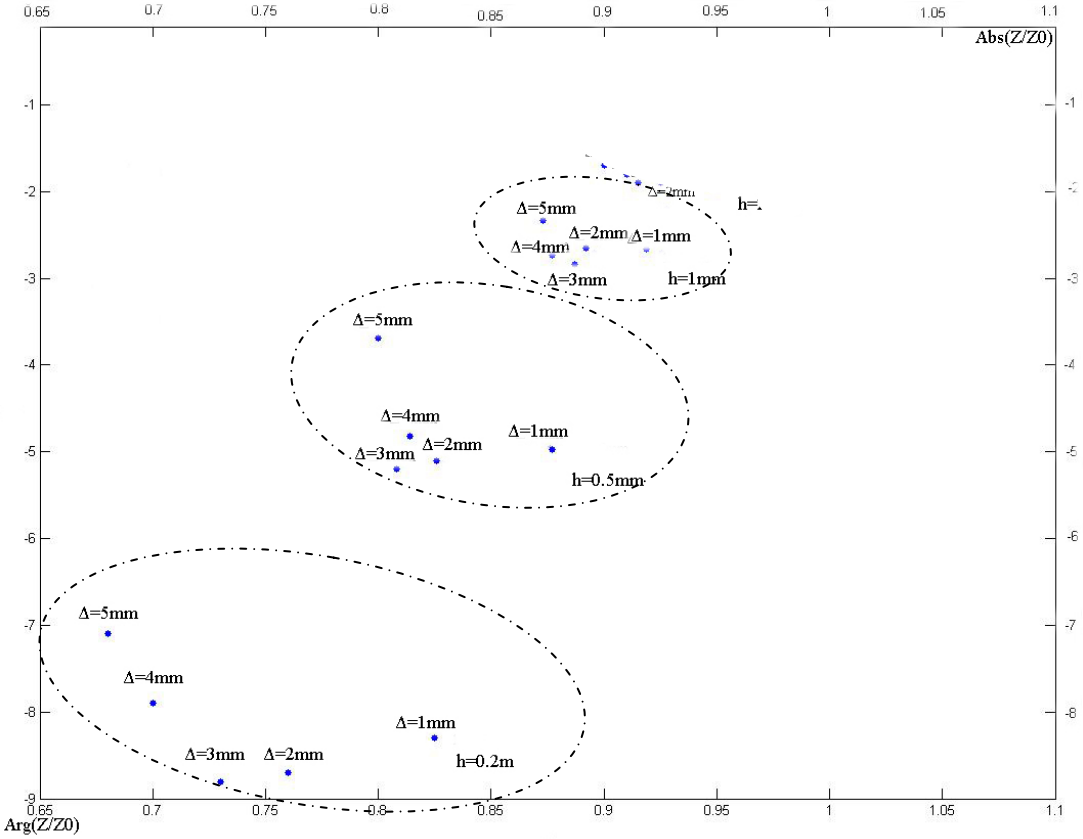


Рис. 1. Залежності величини аргументу відносного (внесеного до ВСП) комплексного опору від значень його модуля для тріщин глибини Δ = 1, 2, 3, 4, 5 мм та зазорів h = 0.2, 0.5, 1 мм

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дорофеев, А. Л. Электромагнитная дефектоскопия [Текст] / А. Л. Дорофеев, Ю. Г. Казаманов. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с.
2. Соболев, В. С. Накладные и экранные датчики (для контроля методом вихревых токов) [Текст] / В. С. Соболев, Ю. М. Шкарлет. − Новосибирск: Наука, 1967. − 144 с.
3. Хандецкий, В. С. Спектральная идентификация сигналов в дефектоскопии композитов с использованием теории статистических испытаний [Текст] / В. С. Хандецкий, В. В. Герасимов // Вісник ДНУ: Фізика. Радіоелектроніка. − 2003. – № 10. − Д., 2003. − С. 128-132.
4. Композиционные материалы [Текст] : справочник / под ред. Д. М. Карпиноса. – К.: Наук. думка, 1985. − 591 с.
5. Композиционные материалы [Текст] : справочник / под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. − 512 с.
6. Джур, Є. О. Полімерні композиційні матеріали в ракетно-космічній техніці [Текст] : підручник / Є. О. Джур, Л. Д. Кучма, Т. А. Манько. – К.: Вища освіта, 2003. – 399 с.
7. Фудзии, Т. Механика разрушения композиционных материалов [Текст] / Т. Фудзии, М. Дзако; [пер. с япон. С. Л. Масленикова]. – М.: Мир, 1982. − 232 с.
8. Горбаченко, В. И. Нейрокомпьютеры в решении краевых задач теории поля [Текст] / В. И. Горбаченко. –М.: Радиотехника, 2003. − 336 с.
9. Медведев, В. С. Нейронные сети. MATLAB 6 [Текст] / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. − 496 с.
10. Аксенов, С. В. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) [Текст] / С. В. Аксенов, В. Б. Новосельцев. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 128 с.
11. Барский, А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений [Текст] / А. Б. Барский. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с.
12. Муха, Ю. П. Нейросетевые измерительные системы. Диагностика состояния сложных объектов [Текст] / Ю. П. Муха, М. Г. Скворцов. – М.: Радиотехника, 2007. – 336 с.

Надійшла до редколегії 30.03.2009.
Прийнята до друку 07.04.2009.

УДК 658.512.2:681.3.06

С. Ю. РАЗУМОВ (ДІІТ)

СПЕЦІАЛІЗОВАНА МОДЕЛЬ ЗАДАЧІ ПРО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Розглянуто метод моделювання складання розкладу занять ВНЗ як задача про призначення з обмеженнями з неоднорідними параметрами, основні напрямки розробки.

Рассмотрен метод моделирования составления расписания занятий ВУЗа как задача о назначении с неоднородными параметрами, основные направления разработки.

The method for modeling the creation of high school's schedule as an assignment task with inhomogeneous parameters, and the basic directions of development are considered.

Актуальність задачі

Для вищих навчальних закладів (ВНЗ) процедура складання розкладу занять є невід'ємною задачею планування навчального процесу. Існує ряд автоматизованих систем, які є добрими інструментами для створення розкладу в ручному режимі. Однак задача автоматизованого складання розкладу ВНЗ не вирішена відповідним чином.

Автоматизація та подальша оптимізація складання розкладу занять є складною комбінаторною задачею високої розмірності, для розв'язку якої можна застосовувати методи багаторівневої оптимізації, теорії нечітких множин, генетичні алгоритми, методи експертних систем, а також передові технології розробки програмних систем.

У статті розроблені методи та засоби для удосконалення систем планування розкладу занять ВНЗ.

Задача про призначення з обмеженнями

В сучасних умовах кожен навчальний заклад намагається за рахунок засобів моделювання та автоматизації спланувати свою роботу якомога ефективніше, побудувати найбільш оптимальний розклад, який задовольняв би і студентів, і викладачів. Однією з типових задач планування є задача про призначення, яка представляється в наступній формуліровці: маємо n робіт та n кандидатів-виконавців для виконання цих робіт. Призначення кандидата i на роботу j пов'язано із витратами c_{ij} ($i, j = 1, 2, \ldots, n$). Потрібно знайти призначення кандидатів на всі роботи, що дають мінімальні сумарні витрати. Це типова комбінаторна задача [1].

У якості розширених форм моделі розглядаються наступні випадки планування. Окрім формулювання задачі вибору призначення всіх виконавців на роботи, можливі випадки, коли склад виконавців більший, ніж кількість робіт, на які вони повинні бути призначені. Іншим варіантом постановки є випадок планування, коли кількість робіт більша, ніж кількість виконавців; ще одна форма задачі виникає у тих випадках, коли виконання якої-небудь роботи забороняється для деяких виконавців. В кожній з відмічених постановок задача про призначення відноситься до класу комбінаторних, розв'язок яких шляхом прямого перебору є неможливим при достатньо великій кількості виконавців (робіт) n, оскільки число варіантів призначень складає $n!$.

Модель задачі пропонується використовувати при плануванні розкладу занять ВНЗ, але не у «чистому» вигляді, а з введенням додаткової системи обмежень. Система обмежень має свою специфіку та, по суті, не є однорідною.

Для автоматичного складання розкладу пропонується модель на основі обмежень зв'язків елементів розкладу. Загальну систему обмежень можна представити у наступному вигляді:

- умовні призначення: обмеження визначаються у вигляді набору правил;
- зв'язність виконавців (якщо виконавець призначається на яку-небудь роботу, то він призначається і на її похідні роботи);
- вибір призначення з використанням методу аналізу ієрархій;
- агентна модель збору даних про процес формування розкладу.

Для модифікованої задачі про призначення використана наступна система обмежень з неоднорідними параметрами: виконавець для заданої множини місць, зв'язність призначень – призначення **залежні,** залежність робіт.

© Разумов С. Ю., 2009

Таким чином, задачу складання розкладу можна сформулювати так: маємо *n* заявок на проведення занять та *m* виконавців. Необхідно призначити виконавців кожної заявки так, щоб усі заявки були виконані та дотримувалися вимоги навчальних програм та аудиторного фонду.

У якості заявки виступає «трійка»:

<Викладач, Дисципліна, Вид заняття>.

А виконавцем виступає така «трійка»:

<Аудиторія, День, Пара>.

Заявки формуються на основі навчальних планів та планів організації навчального процесу. У якості обмежень задачі можуть виступати такі вимоги, як: мінімальна кількість «вікон» для груп та викладачів, врахування побажань викладачів (дні, номери пар, яким віддається перевага), обмеження на кількість лекційних занять, що йдуть підряд, та інше.

Кожне порушення вимог супроводжується нарахуванням «штрафних» балів. Мета – призначити заявки виконавцям так, щоб мінімізувати величину штрафів при максимально можливому задоволенні побажань виконавців. При цьому планування розкладу полягає в знаходженні відповідної перестановки, яка буде розв'язком поставленої задачі.

Далі на прикладі заочного факультету ДІПТу показано процес підготовки даних для подальшої обробки.

На рис. 1 представлено фрагмент плану організації навчального процесу для групи 6-ЕК.

П Л А Н

організації навчального процесу студентів-заочників **6** курсу, спеціальності **ЕК**

на 2008/2009 навчальний рік

№ п.п	Дисципліни навчального плану	Всього за навчальним планом					Осіння лаб. наст.сесія / Зимова лаб. наст. сесія			Зимова лаб. сесія / Літня лаб. сесія		Зимова екзамен. сесія / Літня екзамен. сесія		Всього годин	Примітка
		кр./реферат	КП або КР	Лаб.роб. (год)	Залік	Екзамен	Лекції	Практ. заняття	Лаб. роб.	Практ. заняття	Лаб. роб.	Конс.	Кількість днів		
1 семестр															
1	Системний аналіз	1				1	4	4				2		81	КТ
2	Охорона праці в галузі	1				1	6					2		27	БЖД
3	Експертні системи в економіці		КР	4	1		6	4			4	2		108	КТ
4	Теорія складних автоматизованих систем	1			1		6	4				2		81	КТ
5	Основи стандартизації програмних систем				1							2		108	КТ
6	Проблеми керування в економіці	1		4	1		6				4	2		81	КТ
7	Комп'ютерна графіка			6	1		4	2			6	2		108	КТ
8	Актуарні розрахунки	1			1		6	4				2		108	КТ
9	Корпоративні інформаційні системи	1				1	6	4				2		108	КТ
10	Ефективність інформаційних систем	1				1	6	4				2		108	КТ
11	Математичні моделі в менеджменті та маркетингу	1		4		1	6				4	2		81	КТ
12	Електронна комерція	1			1		4	4				2		81	КТ
		9	**0**	**18**	**7**	**5**	**60**	**30**	**0**	**0**	**18**	**24**	**0**	**1080**	

Рис. 1. Фрагмент «Плану організації навчального процесу»

План організації будується на підставі відповідного навчального плану. На підставі такого плану та навантаження викладачів, яке надається кафедрами, легко сформувати набір заявок. Фрагмент такого списку представлений на рис. 2. Зі списку заявок можна дізнатися не тільки про викладача, назву дисципліни та вид занять, але й номер обслуговування заявки (стовпчик «№ п/п»), за яким визначається кількість годин проведення даного виду занять. Для розкладу занять заочного факультету цей параметр вказує, що необхідно провести дане заняття без великих перерв (наприклад, в один день). Інформація про кафедру теж являється цінною, оскільки на підставі даних про неї можна визначити множину допустимих аудиторій (аудиторії закріплені за конкретними кафедрами).

	Преподаватель	Курс	Предмет	Вид занятий	№ п/п	Кафедра
1	Лоза	б	Охорона праці в галузі	л	1	БЖД
2	Лоза	б	Охорона праці в галузі	л	2	БЖД
3	Лоза	б	Охорона праці в галузі	л	3	БЖД
4	Скалозуб	б	Експертні системи в економіці	л	1	КИТ
5	Скалозуб	б	Експертні системи в економіці	л	2	КИТ
6	Скалозуб	б	Експертні системи в економіці	л	3	КИТ
7	Скалозуб	б	Експертні системи в економіці	л	4	КИТ
8	Скалозуб	б	Експертні системи в економіці	пр	1	КИТ
9	Скалозуб	б	Експертні системи в економіці	пр	1	КИТ
10	Шинкаренко	б	Теорія складних автоматизованих систем	л	1	КИТ
11	Шинкаренко	б	Теорія складних автоматизованих систем	л	2	КИТ
12	Шинкаренко	б	Теорія складних автоматизованих систем	л	3	КИТ
13	Шинкаренко	б	Теорія складних автоматизованих систем	л	4	КИТ
14	Шинкаренко	б	Теорія складних автоматизованих систем	пр	1	КИТ
15	Шинкаренко	б	Теорія складних автоматизованих систем	пр	2	КИТ

Рис. 2. Фрагмент сформованих заявок на виконання робіт

Для визначення списку виконавців необхідно мати детальну інформацію про такі параметри, як навчальні аудиторії (їх тип, місткість та приналежність кафедрі), а також строки навчального процесу (для заочного факультету – строки настановних та екзаменаційних сесій). На рис. 3 представлено формат вхідної інформації про аудиторії, а на рис. 4 – таблиця для призначення виконавців на виконання конкретних робіт.

ауд	каф	тип	вместимость	разное
4205	КИТ	л	70	
4209	КИТ	пр	10	
4210	КИТ	пр	20	
5302	ПМ	л ,пр	70	

Рис. 3. Інформація про аудиторії

Лента	Время	28.01.08		29.01.08		30.01.08		31.01.08		01.02.08	
		заявка	исполнитель	заявка	исполнитель	заявка	исполнитель	заявка	исполнитель	заявка	исполнитель
1	08:00-09:20										
2	09:30-10:50										
3	11:00-12:20										
4	13:00-14:20										
5	14:30-15:50										
6	16:00-17:20										
7	17:30-18:50										
8	19:00-20:20										

Рис. 4. Таблиця призначень

Порядок побудови варіанта розкладу

1. Отримання навчального плану.
2. Формування плану організації навчального процесу.
3. Отримання навантаження викладачів.
4. Побудова списку заявок.
5. Побудова списку виконавців.
6. Визначення потокових занять для кожного курсу.
7. Формування матриці «побажань» викладачів.
8. Призначення робіт.
9. Оцінка отриманого варіанта розкладу.

Для формування розкладу занять заочного факультету перед призначенням робіт необхідно виконати наступні операції:

1. Отримання розкладу занять денного відділення.
2. Формування інформації зайнятості аудиторій та викладачів.

Розробка автоматизованих систем

На даний час для навчального відділу університету розроблена система «Розклад занять». Система складається з трьох основних підсистем: «Розклад занять», «Розклад модульного контролю» та «Прийом, обробка та формування документації» [4, 5]. Для заочного факультету розроблена автоматизована система «Факультет БП», яка складається з підсистем «Методист» та «Диспетчер» [6]. Дані системи дозволяють полегшити підготовку необхідної інформації та підвищити якість вихідної документації.

Висновки

В статті запропоновані модель, методи та засоби створення автоматизованої системи з розробки розкладу занять університету. Складання розкладу розглядається як комбінаторна задача високої розмірності. Властивості розкладу описуються як чіткими, так і нечіткими величинами.

Побудова розкладу (планування робіт) розглядається як задача про призначення, але з введенням додаткової системи обмежень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кудрявцев, Е. М. Исследование операций в задачах, алгоритмах и программах [Текст] / Е. М. Кудрявцев. – М.: Радио и связь, 1984. – 184 с.
2. Шинкаренко, В. І. Особливості переходу до автоматизованого складання розкладу занять університету [Текст] / В. І. Шинкаренко, І. М. Сухомлин, С. Ю. Разумов // Тези доп. Міждержавної наук.-метод. конф. (Дніпродзержинськ, 2004). – С. 219-220.
3. Разумов, С. Ю. К вопросу об автоматизированном построении расписания занятий [Текст] / С. Ю. Разумов // Тези доп. LXVI-ї міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (ДІІТ, Дніпропетровськ, 2006).
4. Вишнякова, І. М. АРМ «Розклад занять» [Текст] / І. М. Вишнякова, С. Ю. Разумов // Тези доп. Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2007). – С. 90.
5. Вишнякова, И. Н. Формирование расписания занятий университета с использованием генетических алгоритмов [Текст] / И. Н. Вишнякова // Тези доп. Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2007). – С. 89.
6. Худенко, В. Ф. АСК «Деканат» для факультету безвідривної підготовки [Текст] / В. Ф. Худенко, С. Ю. Разумов // Тези доп. Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2007).
7. Скалозуб, В. В. Анализ и моделирование задачи о планировании выполнения работ с неоднородной системой ограничений. [Текст] / В. В. Скалозуб, В. Я. Нечай, С. Ю. Разумов // Тези доп. Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2008).
8. Нечай, В. Я. Планирование выполнения работ как задача о назначении с неоднородной системой ограничений [Текст] / В.Я. Нечай, В.Ф. Худенко, С. Ю. Разумов // Тези доп. Міжн. наук. конф. «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, 2009).
9. Разумов, С. Ю. Автоматизированное планирование расписания занятий высших учебных заведений. [Текст] / С. Ю. Разумов // Тези доп. Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2009).

Надійшла до редколегії 09.09.2009.
Прийнята до друку 18.09.2009.

УДК 625

Д. А. СЕРГЕЕВ, А. Д. СЕРГЕЕВ, П. Л. ГАВРИЛОВ (Рижский технический университет, Латвия)

КОЛЕБАНИЯ ВАГОНОВ НА ТОРМОЗНОЙ ПОЗИЦИИ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

Задачею роботи є дослідження коливань вагонів при їх гальмуванні уповільнювачем з метою виявлення ймовірних причин сходів. В роботі отримано відповідні диференційні рівняння. При розв'язанні диференційних рівнянь варіювалися наступні параметри: довжина відчепу, швидкість входу відчепа на уповільнювач, тривалість гальмування, а також типи та моделі вантажних вагонів та їх завантаженість. Результати досліджень дозволяють прослідити, які параметри вантажних вагонів та яким чином впливають на особливості їх коливань.

Задачей работы является изучение колебаний вагонов при их торможении замедлителем с целью выявления возможных причин сходов. В работе получены соответствующие дифференциальные уравнения. При решении дифференциальных уравнений варьировались следующие параметры: длина отцепа, скорость вхождения отцепа на замедлитель, время торможения, а также типы и модели грузовых вагонов и их загруженность. Результаты исследований позволяют проследить, какие параметры грузовых вагонов и каким образом влияют на особенности их колебаний.

The work contains a theoretical study of freight car vibrations while a group of the freight cars are under braking by retarder. The purpose is to discover possible causes of derailment. The corresponding analytical description is presented. The solution of the differential equations for the groups of carriages confirms an assumption, according to which a contact between the carriage wheel of and the rail can be lost due to the oscillations induced by braking. The results allow to present recommendation for choosing the safe regime of braking in order to avoid the derailment.

Как показывает статистика, на Латвийской железной дороге при производстве маневровых работ на станциях имело место 66 % от общего количества зарегистрированных за последние 10 лет сходов, при роспуске вагонов с горки – 24 %, при ремонтах пути – 6 %, на перегонах между станциями – 4 % [1].

Сходы вагонов на сортировочной станциях при роспуске вагонов с горки приводят к задержкам по своевременному формированию и отправлению поездов, а также к расходам, связанным с повреждениями грузов, с ремонтом подвижного состава и пути. Общепринятой точки зрения на причины возникновения подобного рода аварий на сегодняшний день в специальной литературе нет.

Опыт эксплуатации сортировочных горок дает достаточно веские основания предположить, что к возрастанию вероятности схода колесной пары с рельсов приводит обезгруживание рессорных комплектов грузовых вагонов, возникающее в результате их колебаний, индуцированных, например, торможением группы вагонов в процессе формирования состава. Действительно, у находящихся в состоянии равновесия вагонов все их амортизаторы оказываются поджатыми в результате действия сил тяжести. Предположив, что поджатие амортизаторов обоих тележек одинаково, рассмотрим, как зависит нагруженность рессорных комплектов от угла поворота вокруг орта **n** первого из изображенных на рис. 2 вагонов

$$F_{B_1}^{el} = F_{B_1}^{el.,st.initial} - c_v(l_{A_0O_1} + l_{E_1B_1})\sin\varphi_1;$$
$$F_{D_1}^{el} = F_{D_1}^{el.,st.initial} - c_v(l_{A_0O_1} - l_{E_1B_1})\sin\varphi_1;$$
$$F_{B_2}^{el} = F_{B_2}^{el.,st.initial} - c_v(l_{A_2O_2} - l_{E_2B_2})\sin\varphi_1;$$
$$F_{D_2}^{el} = F_{D_2}^{el.,st.initial} - c_v(l_{A_2O_2} + l_{E_2B_2})\sin\varphi_1.$$

Нетрудно заметить, что при некоторых сочетаниях параметров подвески вагонов с нарастанием угла φ_1 упругие силы, характеризующие состояние рессорных комплектов, могут поменять знак. Это значит, что рессоры из поджатого состояния, обусловленного их реакцией на действие сил тяжести, могут перейти в растянутое состояние. При этом достаточно очевидно, что неудерживающая связь между колесом и рельсом существенно ослабляется.

В работе исследуется колебательная динамика цепочки, состоящей из четырех подрессоренных инерционных твердых тел. Первое и последнее тела цепочки моделируют свойства головной и хвостовой части железнодорожного

© Сергеев Д. А., Сергеев А. Д., Гаврилов П. Л., 2009

состава. Расположенные между ними элементы входят в состав так называемого аварийного звена [2], динамические особенности поведения которого и представляют главную цель исследования.

Рассматриваемое движение всех инерционных элементов цепочки, моделирующей железнодорожный состав, предполагается происходящим в плоскости единичных векторов $\boldsymbol{\tau}$ и $\mathbf{k}$ (рис. 1 и рис. 2).

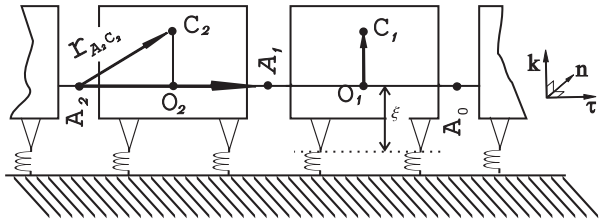


Рис. 1. Отсчетная конфигурация отцепа до начала торможения

Для упрощения считается, что первый и последний инерционные элементы цепочки лишены возможности любых вертикальных перемещений (рис. 2) [2]. Для этого достаточно считать, что они подрессорены бесконечно жесткими амортизаторами.

Предполагается, что поведение такой модели железнодорожного состава в состоянии указать на наиболее вероятные и достаточно устойчиво воспроизводящиеся в реальности причины схода колесной пары с рельсов одного из вагонов поезда.

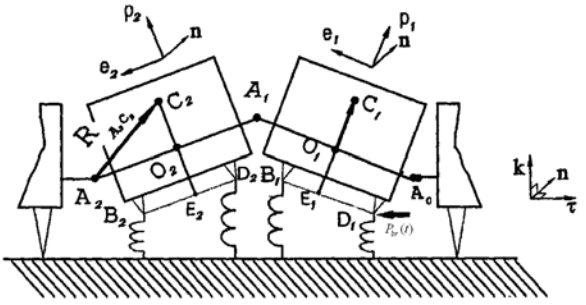


Рис. 2. Конфигурация тормозимого отцепа

Для вывода дифференциальных уравнений движения применим уравнения Лагранжа II-го рода.

Используемая «плоская» расчетная схема (рис. 2) отвечает механической системе с двумя степенями свободы. Этими степенями свободы являются $q_1 = u_0$ - «продольная» координата головного вагона, и координата $q_2 = \varphi_1$, характеризующая угол поворота первого из вагонов аварийного звена вокруг орта $\mathbf{n}$ (рис. 2). При построении уравнений движения в соответствии с данной расчетной схемой, рессоры будем считать безынерционными элементами.

Выражение кинетической энергии системы четырех твердых тел как квадратичной формы ее трансляционных и угловых скоростей имеет вид:

$$K_\Sigma = \frac{m_f}{2}\mathbf{v}_f^2 + \frac{m_1}{2}\mathbf{v}_{C_1}^2 + \frac{1}{2}\boldsymbol{\omega}_1 \cdot \mathbf{J}_1^{C_1} \cdot \boldsymbol{\omega}_1 + \\ + \frac{m_2}{2}\mathbf{v}_{C_2}^2 + \frac{1}{2}\boldsymbol{\omega}_2 \cdot \mathbf{J}_2^{C_2} \cdot \boldsymbol{\omega}_2 + \frac{m_r}{2}\mathbf{v}_r^2.$$

Здесь: m_f – масса головной части отцепа;

$\mathbf{v}_f$ – скорость движения вдоль пути головной части отцепа;

m_r – масса хвостовой части отцепа;

$\mathbf{v}_r$ – скорость хвостовой части отцепа;

Головная и хвостовая часть движутся поступательно.

m_1 – масса первого вагона аварийного звена;

$\boldsymbol{\omega}_1$ – угловая скорость первого вагона аварийного звена;

$\mathbf{v}_{C_1}$ – скорость центра масс первого вагона аварийного звена;

m_2 – масса второго вагона аварийного звена;

$\mathbf{v}_{C_2}$ – скорость центра масс второго вагона аварийного звена;

$\boldsymbol{\omega}_2$ – угловая скорость второго вагона аварийного звена;

$\mathbf{J}_1^{C_1}$, $\mathbf{J}_2^{C_2}$ – главные центральные тензоры инерции вагонов аварийного звена.

В модели, представленной на рис. 2, выполняется равенство

$$\sin\varphi_1 = -\frac{l_{A_1A_2}}{l_{A_0A_1}}\sin\varphi_2 \,;\, l_{A_1A_2} / l_{A_0A_1} = 1 .$$

Здесь: $l_{A_1A_2}$ – длина по осям сцепления автосцепок второго вагона аварийного звена; $l_{A_0A_1}$ – длина по осям сцепления автосцепок первого вагона аварийного звена.

$$\sin\varphi_1 = -\sin\varphi_2 = \sin\varphi; \;\; \varphi_2 = -\varphi_1 = -\varphi .$$

Суммарная кинетическая энергия цепочечной системы, состоящей из четырех твердых тел $K_\Sigma = K_f + K_1 + K_2 + K_r$, должна быть записана в виде квадратичной формы ее обобщен-

ных скоростей $\dot{q}_1 = \dot{u}_0$ и $\dot{q}_2 = \dot{\varphi}_1$. Отдельно приведем соответствующие выражения для слагаемых, входящих в данную сумму. Так, кинетическая энергия головной части цепочки из представленных на рис. 2 инерционных элементов, имеет следующий вид:

$$K_f = \frac{m_f}{2}\dot{u}_0^{\,2}.$$

Выражение для кинетической энергии первого вагона аварийного звена принимает вид:

$$K_1 = \frac{m_1}{2}[\dot{u}_0^2 + 2\dot{u}_0\dot{\varphi}_0(l_{A_0O_1}\sin\varphi + z_{O_1C_1}\cos\varphi) +$$

$$+ \dot{\varphi}^2(l_{A_0O_1}^2 + z_{O_1C_1}^2)] + \frac{J_{1n}^{C_1}\dot{\varphi}^2}{2}.$$

Кинетическая энергия второго инерционного элемента аварийного звена такова

$$K_2 = \frac{m_2}{2}\{\dot{u}_0^2 + 2\dot{u}_0\dot{\varphi}l_{A_0A_1}\sin\varphi + \dot{\varphi}^2 l_{A_0A_1}^2 -$$

$$- 2\dot{\varphi}\dot{u}_0(-l_{A_1O_2}\sin\varphi + z_{O_2C_2}\cos\varphi) -$$

$$-2\dot{\varphi}^2 l_{A_0A_1}(l_{A_1O_2}\cos 2\varphi + z_{O_2C_2}\sin 2\varphi)\} + \frac{J_{2n}^{C_2}\dot{\varphi}^2}{2}.$$

Для хвостового элементов системы имеем:

$$K_r = \frac{m_r}{2}\{[\dot{u}_0^2 + \dot{\varphi}^2(l_{A_0A_1}^2 + l_{A_1A_2}^2)] +$$

$$+ 2\dot{u}_0\dot{\varphi}(l_{A_0A_1} + l_{A_1A_2})\sin\varphi - 2\dot{\varphi}^2 l_{A_0A_1}l_{A_1A_2}\cos 2\varphi\}.$$

Полученные выражения для кинетической энергии должны быть подставлены в уравнения Лагранжа II-го рода:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial K_\Sigma}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial K_\Sigma}{\partial q_k} = Q_k, \quad k = 1, 2.$$

Входящие сюда обобщенные силы $Q_1 = Q_{u_0}$ и $Q_2 = Q_\varphi$ отвечают выбранным обобщенным координатам $\dot{q}_1 = \dot{u}_0$ и $\dot{q}_2 = \dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}$. Эти величины выражаются через внешние силы. В состав внешних сил рассматриваемой системы входят силы тяжести G_1, G_2, силы $P_{D_1}^{br}$, $P_{B_1}^{br}$, $P_{D_2}^{br}$, $P_{B_2}^{br}$, тормозящие соответствующие тележки вагонов, и упругие силы $F_{D_1}^{el}$, $F_{B_1}^{el}$, $F_{D_2}^{el}$ и $F_{B_2}^{el}$, возникающие в рессорных комплектах. Для обобщенных сил данной системы имеем представления обобщенных сил через обобщенные координаты:

$$Q_{u_0} = -P_{D_1}^{br} - P_{B_1}^{br} - P_{D_2}^{br} - P_{B_2}^{br};$$

$$Q_\varphi = -G_1(l_{A_0O_1}\cos\varphi - z_{O_1C_1}\sin\varphi) -$$

$$- G_2 l_{A_0A_1}\cos\varphi + G_2[l_{A_1O_2}\cos\varphi + z_{O_2C_2}\sin\varphi] -$$

$$- P_{D_1}^{br}((l_{A_0O_1} - l_{E_1D_1})\sin\varphi - l_{O_1E_1}\cos\varphi) -$$

$$- P_{B_1}^{br}((l_{A_0O_1} + l_{E_1B_1})\sin\varphi - l_{O_1E_1}\cos\varphi) -$$

$$- P_{D_2}^{br}((l_{A_0A_1} + l_{A_1O_2} - l_{E_2D_2})\sin\varphi + l_{O_2E_2}\cos\varphi) -$$

$$- P_{B_2}^{br}((l_{A_0A_1} + l_{A_1O_2} + l_{E_2B_2})\sin\varphi + l_{O_2E_2}\cos\varphi) +$$

$$+ F_{D_1}^{el}[((l_{A_0O_1} - l_{E_1D_1})\cos\varphi + l_{O_1E_1}\sin\varphi)] +$$

$$+ F_{B_1}^{el}[((l_{A_0O_1} + l_{E_1B_1})\cos\varphi + l_{O_1E_1}\sin\varphi)] +$$

$$+ F_{D_2}^{el}[l_{A_0A_1}\cos\varphi - (l_{A_1O_2} - l_{E_2D_2})\cos\varphi - l_{O_2E_2}\sin\varphi] +$$

$$+ F_{B_2}^{el}[l_{A_0A_1}\cos\varphi - (l_{A_1O_2} - l_{E_2B_2})\cos\varphi - l_{O_2E_2}\sin\varphi].$$

В результате формальных преобразований получим описание динамики аварийного звена отцепа, которое приводиться к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, записанной в канонической форме:

$$\dot{u}_0 = u_1; \quad \dot{\varphi} = \psi_1;$$

$$\dot{\psi}_1 = -(a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})^{-1}(-a_{21}P_\Sigma^{br} - a_{11}g\varphi);$$

$$\dot{u}_1 = (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})^{-1}(-a_{22}P_\Sigma^{br} - a_{12}g\varphi).$$

Здесь использованы обозначения:

$$a_{11} = (m_f + m_1 + m_2 + m_r);$$

$$a_{12} = [m_1 z_{O_1C_1} - m_2 z_{O_2C_2}];$$

$$a_{21} = m_1(l_{A_0O_1}\varphi + z_{O_1C_1}) +$$

$$+ m_2((l_{A_0A_1} + l_{A_1O_2})\varphi - z_{O_2C_2}) + m_r(l_{A_0A_1} + l_{A_1A_2})\varphi;$$

$$a_{22} = m_1(l_{A_0O_1}^2 + z_{O_1C_1}^2) + J_{1n}^{C_1} + J_{2n}^{C_2} + m_2 l_{A_0A_1}^2 -$$

$$- 2m_2 l_{A_0A_1}l_{A_1O_2} + m_r(l_{A_0A_1}^2 + l_{A_1A_2}^2);$$

$$P_\Sigma^{br} = -P_{D_1}^{br} - P_{B_1}^{br} - P_{D_2}^{br} - P_{B_2}^{br};$$

$$g = G_1 z_{O_1C_1} + G_2 z_{O_2C_2} + G_1 l_{O_1E_1} - G_2 l_{O_2E_2} -$$

$$- c_v(l_{A_0O_1} - l_{E_1B_1})^2 - c_v(l_{A_0O_1} + l_{E_1B_1})^2 -$$

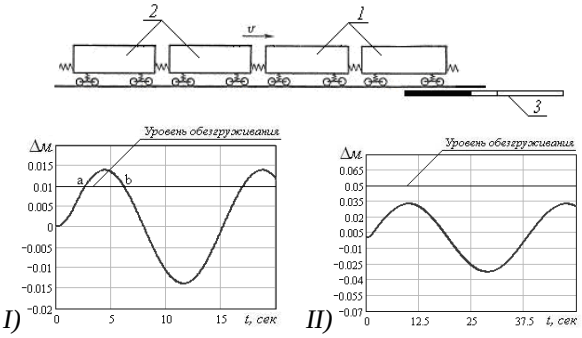
$$- c_v(l_{A_2O_2} + l_{E_2B_2})[l_{A_0A_1} - l_{A_1O_2} + l_{E_2D_2}] -$$

$$- c_v(l_{A_2O_2} - l_{E_2B_2})[l_{A_0A_1} - l_{A_1O_2} - l_{E_2B_2}].$$

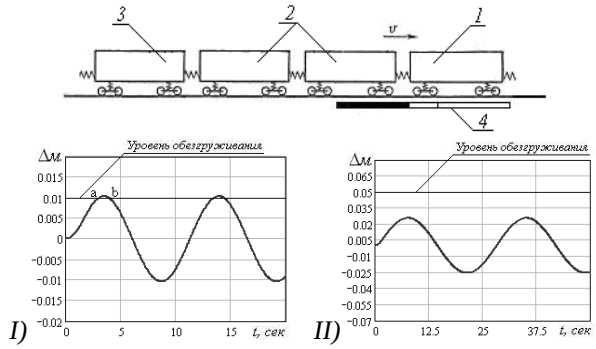
Для формулировки начальных условий примем значение обобщенной координаты u_0 равным нулю в начале тормозной позиции. Тогда начальные условия, отвечающие торможению недеформированного отцепа, подходящего к тормозной позиции со скоростью v_0, имеют вид:

$$u_0(0)=0;\ \varphi(0)=0;\ \psi_1(0)=0;\ u_1(0)=v_0.$$

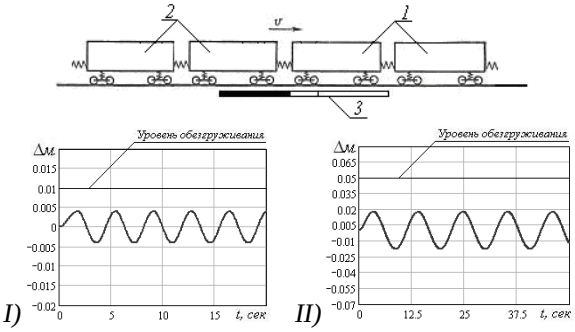
Решение задачи Коши для полученной выше системы двух дифференциальных уравнений нетрудно выполнить средствами пакета MathCAD. При этом достаточно удобно сравнивать между собой особенности поведения систем, у которых варьируются такие параметры, как: длина отцепа, скорость вхождения отцепа на замедлитель, типы и модели грузовых вагонов и их загруженность. Определялись максимальные амплитуды колебаний вагонов аварийного звена для отцепов, состоящих из четырех, шести и десяти вагонов. Рассматривались ситуации, когда скорость вхождения отцепа на замедлитель составляла 15, 20 и 25 км/ч.



Расположение отцепа из 4-х вагонов на тормозной позиции замедлителя:
1 – аварийное звено; *2* – хвостовая часть;
3 – тормозная позиция;
I – амплитуды колебаний порожнего отцепа;
II – амплитуды колебаний груженого отцепа



Расположение отцепа из 4-х вагонов на тормозной позиции замедлителя:
1 – головная часть; *2* – аварийное звено;
3 – хвостовая часть; *4* – тормозная позиция;
I – амплитуды колебаний порожнего отцепа;
II – амплитуды колебаний груженого отцепа



Расположение отцепа из 4-х вагонов на тормозной позиции замедлителя:
1 – головная часть; *2* – аварийное звено;
3 – тормозная позиция;
I – амплитуды колебаний порожнего отцепа;
II – амплитуды колебаний груженого отцепа

Выводы

1) Результаты теоретического анализа динамики вагонов в составе отцепа, тормозимого на сортировочной горке, подтверждают возможность возникновения кратковременного обезгруживания рессорных комплектов отдельных вагонов.

2) Варьирование параметров грузовых вагонов в широком диапазоне позволяет исследовать, какие параметры грузовых вагонов наиболее существенно влияют на опасные с точки зрения сходов колесных пар с рельсов колебания.

3) На основании теоретического экспресс-моделирования можно предложить и проверить рекомендации для выбора режимов торможения конкретным образом сформированных отцепов, минимизирующих вероятность схода с рельсов подвижного состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергеев, Д. А. Анализ сходов вагонов на Латвийской железной дороге [Текст] / Д. А. Сергеев, П. Л. Гаврилов // Материалы IV Межд. науч.-практ. конф. (БелГУТ, Гомель, 2007). – С. 7-8.
2. Сергеев, А. Д. Нестационарная динамика группы вагонов, обусловленная торможением поезда перед препятствием [Текст] / А. Д. Сергеев, Д. А. Сергеев // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2003. – № 4. – С. 98-104.

Поступила в редколлегию 02.09.2009.
Принята к печати 18.09.2009.

УДК 519.711.2

О. М. ШВЕЦЬ (ДІІТ)

ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ СТРІЛКОВИХ ПЕРЕВОДІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННО-МЕРЕЖНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДАНИХ СПЕКТРАЛЬНОГО РОЗКЛАДАННЯ СТРУМІВ

Запропоновано метод автоматизованої діагностики електродвигунів, що використовує нейронну мережу, яка виявляє несправності електродвигуна на основі аналізу частотного спектру струму, що протікає через двигун.

Предложен метод автоматизированной диагностики электродвигателей, использующий нейронную сеть, выявляющую неисправности электродвигателя на основе анализа частотного спектра протекающего через двигатель тока.

The method of automated diagnostics of electric motors is offered. It uses a neural network revealing the electric motor faults on the basis of analysis of frequency spectrum of current flowing through the motor.

Переваги методу автоматизованої діагностики електродвигунів

Існуючі методи діагностики електродвигунів (методи омметра, мегомметра, трансформатора, імпульсний) проводять аналіз вимкненого двигуна, тому не визначають багатьох несправностей, що виявляються тільки при режимі робочого навантаження двигуна. Робочий струм двигуна також може досліджуватися методом осцилографа-самописця, проте цей метод має низьку роздільну здатність і вимагає висококваліфікованого інженера для розшифрування. Багаторічна практика показує, що існуючі методи не виявляють багатьох несправностей електродвигунів.

У роботі запропоновано метод автоматизованої діагностики електродвигунів. Основою методу служить розкладання робочого струму електродвигуна на гармоніки перетворення Фур'є. Для кожної гармоніки обчислюється її інтенсивність. Множина інтенсивностей гармонік використовується, щоб навчити штучну нейронну мережу виявляти несправності в електродвигуні.

Під несправністю електродвигуна розумітимемо порушення нормальної роботи однієї з його деталей. Прикладами несправностей електродвигуна є: обрив секції якоря, коротке замикання обмотки, коротке замикання пластин колектора, круговий вогонь по колектору і т.д. Ротор двигуна може продовжувати обертатися за наявності в ньому несправності. Чим довше електродвигун працює з несправністю, тим більше нових несправностей у ньому виникає. Чим більша кількість несправностей у двигуні, тим дорожче обійдеться його ремонт. Робота двигуна з несправностями може привести до припинення обертання ротора, тобто до відмови.

Електродвигун, що відмовив, потребує заміни або капітального ремонту. Вартість капітального ремонту порівнянна з вартістю нового двигуна. Вартість поточного або середнього ремонту в 4…6 разів дешевша за вартість нового електродвигуна. Метою запропонованого методу діагностики є раннє виявлення несправностей електродвигуна, що дозволяє відновлювати двигун із меншими витратами, а також підвищити надійність приводів, що використовують електродвигуни.

Працездатність запропонованого методу діагностики була підтверджена при виявленні несправностей в електродвигунах постійного струму залізничних стрілочних приводів моделей ДП 0.18, ДП 0.25, МСП 0.15 і МСП 0.25. Розроблена система автоматизованої діагностики дозволяє щорічно виявляти несправності у 12 % двигунів стрілочних приводів, що експлуатуються. За експертними оцінками, виявлення несправностей відбувається в середньому за 6 місяців до відмови електродвигуна.

Запропонований метод діагностики визначає несправності двигуна в режимі його робочого навантаження. Діагностика електродвигуна може проводитися на стенді під час планового огляду. При аналізі робочого струму живлячих кабелів можливий моніторинг технічного стану електродвигуна без його витягання з привода.

© Швець О. М., 2009

Отримання частотного спектру струму електродвигуна

Основою автоматизованої діагностики є аналіз частотного спектру струму електродвигуна. Виникнення кожної несправності призводить до появи в спектрі струму двигуна нових гармонік певної частоти й інтенсивності. Приклади спектрів струмів електродвигунів постійного струму залізничних стрілочних переводів моделі МСП 0.25 із різними несправностями представлені на рис. 1.

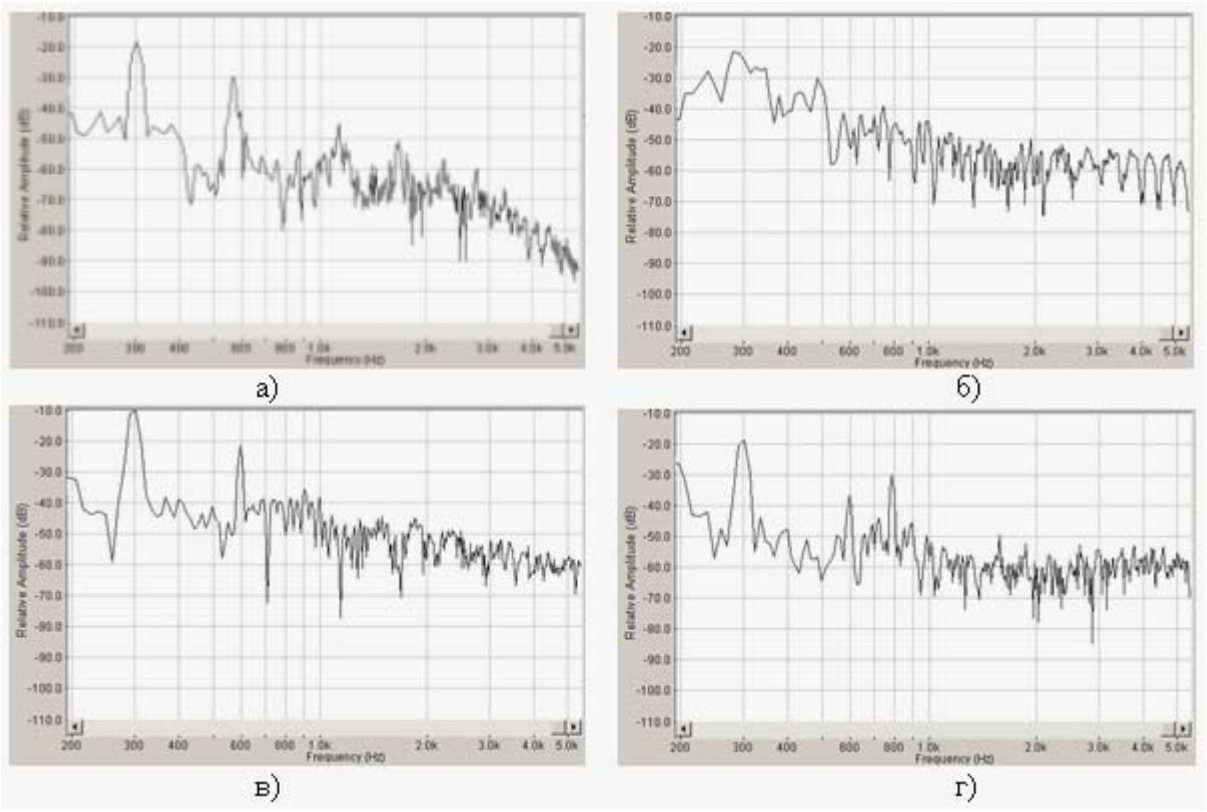


Рис. 1. Спектри струмів двигуна моделі МСП 0.25 для наступних типів несправностей:
а) коротке замикання пластин колектора, б) коротке замикання секції якоря,
в) круговий вогонь по колектору, г) обрив секції якоря

Для отримання спектру робочий струм двигуна був дискретизований. Розрядність вибірки складала 16 біт. Була вибрана частота дискретизації $f_d = 11025$ Гц. Для подальшої обробки отримана послідовність дискретних значень записувалася в ***wav*** файли, що відповідають стандарту файлів uncompressed Microsoft PCM audio. За теоремою Найквіста-Котельникова, максимальна частота спектру $f_{\max}$ після дискретизації аналогового сигналу склала

$$f_{\max} = 0,5 \cdot f_d = 5512,5 \text{ Гц}, \qquad (1)$$

що достатньо для відображення фізичних процесів у двигуні.

Частотний спектр струму двигуна був отриманий за допомогою швидкого перетворення Фур'є (FFT) [1]. Розмір блоку FFT F_s був вибраний рівним $F_s = 512$. Отже, струм двигуна був представлений

$$N_h = 0,5 \cdot F_s = 256 \qquad (2)$$

гармоніками перетворення Фур'є. Зміна частот гармонік спектру Δf при цьому склала

$$\Delta f = \frac{f_{\max}}{N_h} \approx 21,5 \text{ Гц}. \qquad (3)$$

В результаті обробки отримували множину гармонік $\{f_i\}$ перетворення Фур'є струму двигуна. Кожна гармоніка в цій множині має частоту

$$f_i = \Delta f \cdot i \text{ Гц}, \quad i = \overline{1, N_h} \qquad (4)$$

і представлена парою коефіцієнтів $(\mathrm{Re}_i, \mathrm{Im}_i)$ $i = \overline{1, N_h}$.

Для кожної гармоніки перетворення Фур'є обчислювалася інтенсивність частоти I_i

$$I_i = \sqrt{\mathrm{Re}_i^2 + \mathrm{Im}_i^2}, \quad i = \overline{1, N_h}. \qquad (5)$$

Задача діагностики несправностей електродвигунів засобами нейронних мереж

Аналіз частот і інтенсивностей гармонік у спектрі струму електродвигуна дозволяє виявляти в ньому несправності. Знаючи технічні характеристики двигуна і режим його роботи, можливе створення математичної моделі фізичних процесів у двигуні. При цьому можливо аналітично набути значень частот й інтенсивностей гармонік, властивих несправностям двигуна. Створення аналітичних моделей несправностей має ряд недоліків. Кожна нова несправність у двигуні вимагає створення нової моделі. Значення частоти та інтенсивності гармонік, властивих для несправності, досить зашумлені, їх значення змінюються в часі при «старінні» несправності. Складання подібних моделей можливе не для всіх типів несправностей електродвигунів.

Запропонований підхід до виявлення несправностей в електродвигунах заснований на використанні апарату штучних нейронних мереж (ШНМ) [2] і має наступні переваги. Для діагностики нової несправності немає необхідності у створенні нової математичної моделі фізичних процесів в двигуні. Нейронні мережі здатні «навчатися» на прикладах. Для виявлення будь-якої нової несправності мережею досить мати в своєму розпорядженні еталонний двигун, в якому є дана несправність. Частотний спектр еталонного двигуна використовується, щоб автоматизовано зробити настройку мережі на визначення нової несправності. Штучні нейронні мережі добре працюють при вирішенні завдань великої розмірності, до яких відноситься задача аналізу множини гармонік спектру струму електродвигуна. ШНМ нелінійні за своєю природою і при виявленні несправностей здатні моделювати безперервну функцію будь-якого ступеня складності. Нейронні мережі стійкі до шумів, присутніх у навчальних даних про частоту й інтенсивність гармонік несправностей.

Виявлення несправностей в електродвигунах у теорії штучних нейронних мереж можна віднести до задач класифікації. В задачах класифікації необхідно визначити, до якого з декількох заданих класів належить вхідний набір даних.

Задача класифікації може бути вирішена нейронними мережами наступних архітектур: багатошаровий персептрон (MLP), радіальна базисна функція (RBF), мережа Кохонена (SOFM). При виявленні несправностей в електродвигунах засобами нейронних мереж використовувався один і той же формат вхідних і вихідних даних для мереж різної архітектури.

Для навчання нейронних мереж була створена база даних спектральних характеристик еталонних двигунів. Для еталонних двигунів експерт визначав перелік присутніх в них несправностей. Спектральні характеристики еталонних електродвигунів визначалися за допомогою швидкого перетворення Фур'є струму двигуна згідно (5). На вхід нейронної мережі подавався вектор, що містить величини інтенсивностей гармонік. Число нейронів у вхідному шарі мережі дорівнювало кількості елементів вектора інтенсивностей N_h (2).

На виході нейронної мережі отримували оцінку технічного стану електродвигуна. У роботі представлені результати діагностики електродвигунів постійного струму залізничних стрілочних приводів моделі МСП 0.25. При виявленні несправностей у двигуні визначалася його приналежність до наступних класів технічного стану: справний, коротке замикання обмотки, коротке замикання пластин колектора, круговий вогонь по колектору, обрив секції якоря. Для представлення технічного стану двигуна на виході нейронної мережі використовувалося кодування 1-із-*N*. При кодуванні 1-із-*N* кожен клас технічного стану двигуна був представлений вектором числових значень. Число елементів вектора дорівнювало кількості класів несправностей. Кожен клас несправності кодувався таким чином: справний – [1, 0, 0, 0, 0], коротке замикання обмотки – [0, 1, 0, 0, 0], коротке замикання пластин колектора – [0, 0, 1, 0, 0], круговий вогонь по колектору – [0, 0, 0, 1, 0], обрив секції якоря – [0, 0, 0, 0, 1]. Кількість нейронів у вихідному шарі мережі дорівнювала числу елементів вектора класу несправності.

У нейронах вихідного шару мережі використовувалася логістична функція активації, що визначило діапазон можливих значень вихідних елементів, рівний (0; 1). Для визначення класу технічного стану двигуна за значеннями вихідних елементів мережі використовувалися пороги ухвалення і відкидання. Був застосований наступний алгоритм визначення класу: клас вибирався тільки в тому випадку, якщо значення елементу з максимальним рівнем вихідного сигналу більше або рівне порогу ухвалення, а решта всіх вихідних елементів – нижчі за поріг відкидання. Інакше клас вважався невизначеним. При використанні порогу ухвалення, рівного 0.0, і порогу відкидання, рівного 1.0, алгоритм визначення класу технічного стану електродвигуна зводився до вибору елементу, що має максимальний рівень вихідного сигналу.

Діагностика несправностей електродвигунів на основі нейронної мережі «Багатошаровий персептрон»

Вибір конфігурації багатошарового персептрону проводився засобами стандартного статистичного підходу перехресної перевірки (cross-validation) [3]. В рамках підходу дані випадковим чином розбивалися на навчальну (training set) і тестову множини (test set). Навчальна множина, у свою чергу, розбивалася на дві підмножини: оцінювання (estimation subset), використовувана для безпосереднього навчання мережі, і перевірки (validation subset), призначена для запобігання перенавчанню мережі. Навчання MLP проводилося за методом ранньої зупинки [4].

Для визначення технічного стану електродвигуна найкращі результати показали багатошарові персептрони, архітектура яких представлена в табл. 1. У стовпці «Мережа» представлена структура MLP, вказана кількість нейронів у вхідному, прихованому і вихідному шарах. Наступні три стовпці показують відсоток правильно класифікованих зразків на підмножинах оцінювання, перевірки і тестовій множині. Була використана функція помилки «сума квадратів» (SOS).

При навчанні персептронів був застосований алгоритм BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno). Цей алгоритм навчає мережу за меншу кількість ітерацій порівняно з алгоритмом зворотного розповсюдження, але BFGS вимагає більше обчислювальних ресурсів та оперативної пам'яті. У табл. 1 вказана кількість епох, витрачена на навчання кожної мережі, а також функції активації нейронів прихованого і вихідного шарів.

Таблиця 1

Архітектура і ефективність багатошарових персептронів

№	Мережа	Оцінювання, %	Тест, %	Перевірка, %	Алгоритм навчання, N епох	Функція помилки	Активація прихованого шару	Активація вихідного шару
1	MLP 256-64-5	92,23	93,10	96,55	BFGS 17	SOS	Logistic	Logistic
2	MLP 256-74-5	94,66	93,10	94,83	BFGS 7	SOS	Tanh	Logistic
3	MLP 256-69-5	94,66	93,10	96,55	BFGS 21	SOS	Exponential	Logistic

Таблиця 2

Матриця неточностей на навчальній множині мережі MLP 256-64-5

	Справний	Кз_обмотки	Кз_пл_кол	Круг_вогонь_кол	Обр_сек_якоря
Справний	54	0	8	0	0
Кз_обмотки	0	92	0	0	0
Кз_пл_кол	0	1	39	6	1
Круг_вогонь_кол	0	0	0	0	0
Обр_сек_якоря	0	0	0	2	61
Total	54	93	47	8	62
Correct	54	92	39	0	61
Incorrect	0	1	8	8	1
Correct (%)	100	99	83	0	98
Incorrect (%)	0	1	17	100	2

Якість діагностики електродвигунів мережами MLP визначалася за допомогою матриці неточностей. Для мережі MLP 256-64-5 (табл. 1) матриця неточностей на навчальній множині представлена в табл. 2, а матриця неточностей на тестовій множині – в табл. 3.

Одним із недоліків використання багатошарових персептронів при визначенні технічного стану електродвигунів є нездатність MLP з великою кількістю зв'язків якісно навчатися при малій кількості вхідних зразків [2]. Кількість еталонних електродвигунів, використовуваних для навчання нейронної мережі, мала і складає одиниці штук. За евристичним правилом, кількість зразків, необхідна для навчання MLP, повинна бути мінімум у 10 разів більшою за число зв'язків у мережі – складати сотні або тисячі зразків.

Діагностика несправностей засобами мережі «Радіальна базисна функція»

При рішенні задачі визначення технічного стану електродвигунів RBF-мережа навчається на порядок швидше, ніж MLP. Кількість елементів у прихованому шарі мережі RBF значно перевищує кількість елементів у прихованому шарі MLP-мережі, що приводить до повільні-

шої роботи мережі та вимагає більше оперативної пам'яті. Головний недолік мережі RBF – її нездатність виявляти несправності в електродвигунах для даного набору вхідних даних. Експерименти показали, що навіть за значної кількості елементів у прихованому шарі RBF-мережі, число правильно класифікованих зразків було украй мале і склало приблизно 30 % (табл. 4).

Діагностика несправностей засобами мережі Кохонена

Мережа Кохонена може бути використана для розпізнавання кластерів у спектральних характеристиках електродвигунів. Виявлення кластерів дозволяє призначити їм класи технічного стану електродвигунів і використовувати SOFM-мережу для класифікації несправностей. Аналіз взаємного розташування кластерів на топологічній карті дозволяє виявляти схожість або відмінності між різними класами несправностей. Використання мережі Кохонена робить можливим виявлення нових несправностей, при цьому вхідні зразки будуть розміщені на топологічній карті поза відомими кластерами.

Таблиця 3

Матриця неточностей на тестовій множині мережі MLP 256-64-5

	Справний	Кз_обмотки	Кз_пл_кол	Круг_вогонь_кол	Обр_сек_якоря
Справний	2	0	0	0	0
Кз_обмотки	0	11	0	0	0
Кз_пл_кол	0	0	4	1	0
Круг_вогонь_кол	0	0	0	0	0
Обр_сек_якоря	0	0	0	1	10
Total	2	11	4	2	10
Correct	2	11	4	0	10
Incorrect	0	0	0	2	0
Correct (%)	100	100	100	0	100
Incorrect (%)	0	0	0	100	0

Таблиця 4

Архітектура і ефективність мереж RBF

№	Мережа	Оцінювання, %	Тест, %	Перевірка, %	Алгоритм навчання, N епох	Функція помилки	Активація прихованого шару	Активація вихідного шару
1	RBF 256-206-5	34,47	31,03	41,38	RBFT	SOS	Gaussian	Identity
2	RBF 256-206-5	34,47	31,03	41,38	RBFT	Entropy	Gaussian	Softmax
3	RBF 256-204-5	34,47	31,03	41,38	RBFT	SOS	Gaussian	Identity

Вхідний шар мережі Кохонена складався з 256 елементів, на кожен з яких подавалася величина інтенсивності гармоніки перетворення Фур'є струму електродвигуна (5). Вихідний шар мережі був топологічною картою. В результаті багатьох експериментів найкращу здібність до кластеризації показала топологічна карта розмірністю 3 на 5 елементів. Мережа SOFM відображає простір входів розмірністю 256 у двовимірний простір топологічної карти. Радіус околиці для нейрона, що виграв, під час навчання мережі зменшувався лінійно від 3 до 0. Топологічна карта для кластеризації спектральних характеристик електродвигунів представлена на рис. 2.

На топологічній карті показані приблизні межі кластерів технічного стану двигуна. Знаками «+» помічено положення вхідних зразків на карті, їх близькість до центрів нейронів та один до одного. Кластери позначені таким чином: справний – 1, коротке замикання обмотки – 2, коротке замикання пластин колектора – 3, обрив секції якоря – 4, круговий вогонь по колектору – 5. Вхідні зразки, відповідні справному двигуну, добре локалізовані, повністю відповідають одному нейрону топологічної карти. Кластери інших типів несправностей мають невеликі перекриття. Докладні дані про кластеризацію спектральних характеристик електродвигуна на топологічній карті представлені в табл. 5. Рядки таблиці відповідають класам технічного стану електродвигуна. Стовпці таблиці відповідають індексу нейрона на топологічній карті. Індекс верхнього лівого нейрона рівний 1. Далі нейрони індексуються в порядку зростання зліва направо і зверху вниз на топологічній карті. Елементи таблиці містять число, яке показує, скільки зразків заданого класу технічного стану електродвигуна відповідає нейрону топологічної карти з певним індексом.

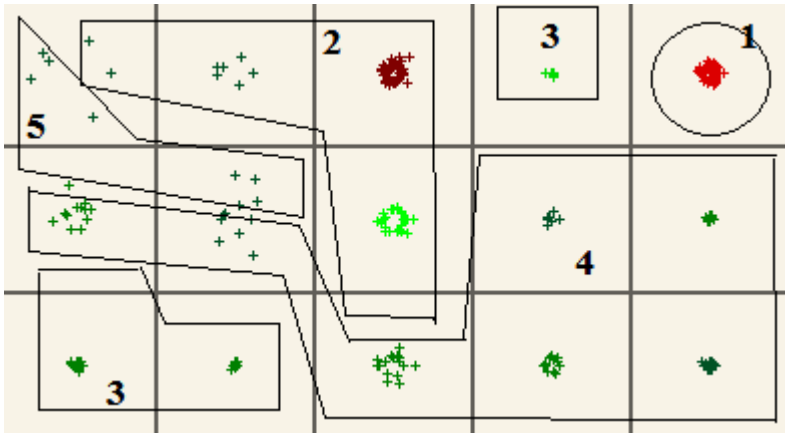


Рис. 2. Топологічна карта для кластеризації
спектральних характеристик електродвигунів

Таблиця 5

Результати кластеризації спектральних характеристик електродвигуна для мережі SOFM 256-15

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Справний					56										
Кз_обмот	2	6	67					25					4		
Кз_пл_кол				20		4					13	14			
Обр_сек_якор						8	6		7	14			12	14	11
Круг_огонь	4					1	5								

Висновки

Запропонований у роботі метод автоматизованої діагностики електродвигунів має багато переваг порівняно з вже існуючими методами. До переваг можуть бути віднесені виявлення більшої кількості несправностей, діагностика в режимі робочого навантаження, моніторинг технічного стану двигуна, автоматизоване настроювання системи на розпізнавання нових видів несправностей і нових типів двигунів. Численні експерименти із штучними нейронними мережами показали перспективність їх використання для вирішення задачі визначення технічного стану електродвигунів на основі аналізу даних спектрального розкладання. Використання мереж Кохонена є перспективним для аналізу експертом схожості різних видів відомих і виявлення нових несправностей. Найбільшу ефективність при виявленні несправностей показали багатошарові персептрони.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Нуссбаумер, Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток [Текст] : [пер. с англ.] / Г. Нуссбаумер. – М.: Радио и связь, 1985.
2. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст] : [пер. с англ.]. – 2-е изд. / С. Хайкин. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006.
3. Stone, M. Cross-validation choice and assessment of statistical predictions [Text] / M. Stone // J. Roy. Statistical Soc. – 1974. – Vol. B36. – P. 111-133.
4. Statistical theory of overtraining – Is cross-validation asymptotically effective? [Text] / S. Amari *et al.* // Advances in Neural Informational Processing Systems. – 1996a. – Vol. 8. – Cambridge, MA: MIT Press. – P. 176-182.

Надійшла до редколегії 15.07.2009.
Прийнята до друку 28.07.2009.

УДК 339.72

И. С. ШКУРА (Днепропетровский университет экономики и права)

МИРОВЫЕ РЫНКИ КАПИТАЛОВ: ВЫЗОВЫ И ИЗМЕНЕНИЯ

У статті викладено основні тенденції розвитку світових ринків капіталу.

В статье изложены основные тенденции развития мировых рынков капитала.

The article is devoted to the main tendencies in the world capital market development.

Финансовые инструменты свободно перемещаются между государствами, размывают территориальные границы, превращают национальные финансовые рынки в один общий мировой рынок капиталов. Несомненно, в периоды экономического роста это позитивно влияет на способность экономических субъектов черпать финансовые ресурсы и использовать их для дальнейшего развития, диверсифицировать инвестиционные портфели и минимизировать риски, однако сейчас – на фоне всеобщего спада, охватившего мировую экономику, следует отдавать отчет в том, что проявится и уже проявляется обратная сторона медали «Глобализация и интеграция».

Глобализация мирового хозяйства, мировых фондового и валютного рынков как его сегментов ставит успех развития национальной экономики в прямую зависимость от степени её интегрированности в систему международных валютно-кредитных и финансовых отношений.

Теоретическое осмысление сущности глобализации как экономической категории представлено в исследованиях О. Богомолова, С. Глазьева, М. Интрилигейтора, В. Колесова, Н. Симонии, Р. Хасбулатова, Ю. Шишкова, С. Чугрова и др. Собственное видение процесса глобализации излагают в своих работах российские и иностранные авторы Э. Азроянц, С. Афонцев, М. Делягин, В. Коллонтай, Г.-П. Мартин, Дж. Сорос, А. Уткин, С. Фишер, Х. Шуманн и др. Попытки комплексного исследования причин и закономерностей глобализации предпринимают зарубежные экономисты М. Кастельс, М. Мусса, Дж. Франкел и др.

Вопросы глобализации и перспектив развития финансовых систем Украины и других стран СНГ находят отражение в исследованиях и публикациях Г. Карпенко. В. Козакова, Т. Костина, З. Луцишина, И. Лютого. Аспектами развития национального фондового рынка в условиях глобализации занимаются И. Андрушенко, О. Барановский, С. Глущенко.

Аналитические материалы, отражающие развитие глобальных рынков капитала, содержатся в отчетах международных финансовых организаций и публикациях исследовательских групп известных аудиторских и консалтинговых компаний.

Цель данной статьи **–** исследовать тенденции, сложившиеся на мировом рынке капиталов, и выявить предпосылки его изменения в современных экономических условиях.

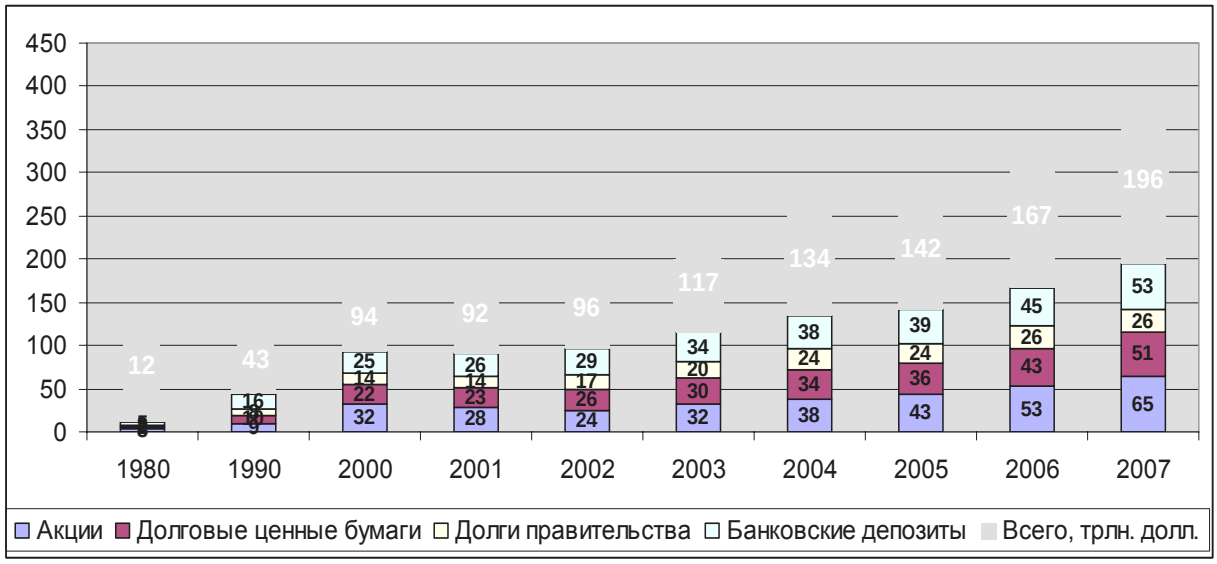
По оценкам McKinsey Global Institute (Mapping Global Capital Markets: Fifth annual Report, October 2008) объем финансовых ресурсов (включая банковские депозиты, государственные ценные бумаги и долговые бумаги корпораций), обращающихся в мире, по итогам 2007 г. составил 196 трлн долл., продемонстрировав рост в 1633,33 % по отношению в базовому 1980 г.

Проанализировав структуру финансовых активов в период с 1980 по 2007 гг., заметим, что наибольшие доли занимают банковские депозиты и акции (с ростом доли последних). Также деятельность корпораций по привлечению капитала посредством выпуска долговых инструментов и последующих операций с ними активизировалась в абсолютном и относительном выражении. На фоне роста доли перечисленных инструментов заметно некоторое снижение доли государственных долгов (при росте абсолютных значений) (рис. 1, 2).

Очень показательной является величина глубины финансовых рынков – отношение финансовых активов к ВВП, которая демонстрирует, что объемы финансовых активов растут быстрее реального производства. На конец 2007 г. глубина рынков составляла 359 %, по сравнению с 1980 г. – 179 %. Причем финансовые рынки углубляются все в большем количестве стран – если в 2000 г. только 11 рынков показывали глубину более 350 %, то в 2007 – это уже 25 рынков, включая Китай и Южную Африку. Стоимость финансовых активов фор-

© Шкура И. С., 2009

мируется не только по текущим показателям, а также выражает ожидания инвесторов. Однако сам по себе большой показатель глубины финансовых рынков не гарантирует сильную или устойчивую экономику. Необходимо осознавать структуру и качество этих финансовых активов, т.к. их «раздутая» величина из-за государственных долгов или переоцененных активов корпораций приводит к болезненной коррекции – и её результаты в настоящее время уже налицо.



Номинальный ВВП, трлн. долл.	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	10	22	32	32	33	37	42	45	49	55

Рис. 1. Динамика и состав мировых финансовых активов, трлн долл.*

* все цифры округлены

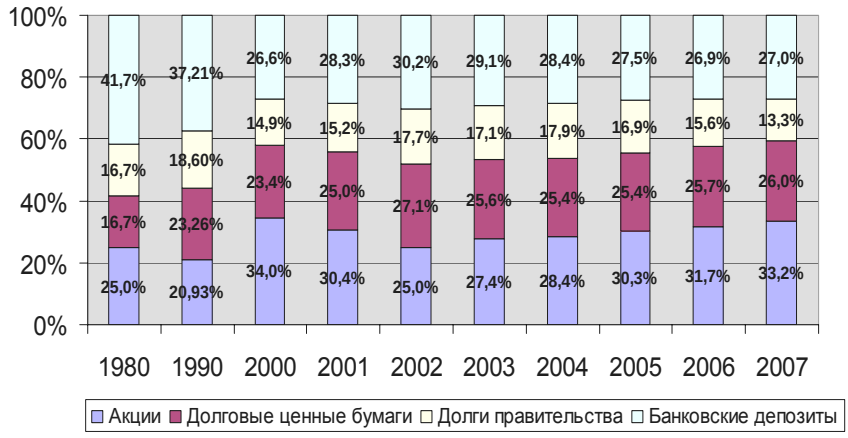


Рис. 2. Динамика структуры мировых финансовых активов

В предкризисные годы сложились следующие тенденции:

1) рост объемов финансирования бизнеса; внимание субъектов было направлено на привлекательные долговые обязательства (особенно корпораций), в том числе на международных рынках (признак глобализации);

2) увеличение роли небанковских финансовых институтов (снижение доли банковских депозитов), как следствие, рост ликвидности рынков капитала;

3) активизация процесса секьюритизации активов как ресурса для таких стран, как США, Германия. Америка (где такой метод был впервые использован в 1970 году) занимала лидирующие позиции (на 2005 г. 7 трлн долл. в секъюритизированных активах). Секьюритизация (активов) – перераспределение рисков пу-

тем трансформации активов банка (ссуд и других активов) в ценные бумаги для продажи инвесторам. Банк эмитирует ценные бумаги от собственного имени или через дочерние учреждения, однако такие бумаги «привязываются» к конкретным активам банка – уплата дохода и погашение ценных бумаг зависит от получения банком дохода и основной суммы кредитов.

Возникает вопрос: как теперь будут финансироваться субъекты хозяйствования, когда активность по кредитованию практически сведена к нулю, собственные средства во многих случаях оказались в дефиците, и рассчитывать на их накопление в ближайшей перспективе не приходится? Можно предположить, что возобновятся бартерные операции как средство расчетов, внимание будет вновь привлечено к выпуску векселей.

В течение 2007 г. – 1 кв.2008 г. проявились несколько трендов:

- стремительный рост развивающихся рынков, доля которых в общем объеме не превышает и 20 %, обеспечили 50 %-ный рост финансовых активов в 2007 г. Совокупно, финансовые активы развивающихся рынков выросли до 35 трлн долл. в 2007 г.;

- капитал перетекает к новым финансовым центрам – из Мадрида в Мумбаи и из Сан-Паулу в Шанхай. Кроме того, из 20 IPO 2007 г. только 4 произошли в «классических мировых финансовых центрах» – Нью-Йорке и Лондоне, 10 – совершились в Гонконге и/или Шанхае, Сан-Паулу, Мадриде, остальные в Дубаи, Боготе, Мумбаи и др. (табл. 1).

Таблица 1

20 крупнейших IPO 2007 года*

Эмитент	Объем IPO, млрд долл.	Фондовая биржа
VTB Group (Россия)	8	Лондон/Москва
Interdola Renovables (Испания)	6,6	Мадрид
China CITIC Bank (Китай)	5,9	Гонконг/Шанхай
Chaina Railway (Китай)	5,9	Гонконг/Шанхай
Criteria CaixaCorp (Испания)	5,1	Мадрид
Blackstone (США)	4,8	Нью-Йорк
Dubai Ports World (ОАЭ)	4,2	Дубаи
China Pasific Insurance (Китай)	4,1	Шанхай
Bovespa Holding (Бразилия)	3,7	Сан-Паулу
Bolsa de Mercadorias & Futuros (Бразилия)	3,4	Сан-Паулу
Eurasian Natural Resources (Казахстан)	3	Лондон
Sony Financial Holdings (Япония)	3	Токио
Mf Global (США)	2,9	Нью-Йорк
Ecopetrol (Колумбия)	2,8	Богота
Tognum (Германия)	2,7	Франкфурт
Nyrstar (Бельгия)	2,5	Брюссель
Redecard (Бразилия)	2,4	Сан-Паулу
DLF (Индия)	2,3	Мумбаи
Industrial Bank (Китай)	2	Шанхай
Bank of Beijing (Китай)	2	Шанхай

* Источник: Dealogic; McKinsey Global Institute analysis

В период с 2001 по 2007 гг. активность IPO вне Нью-Йорка и Лондона увеличилась более чем в 3 раза, в 2007 г. доля совершенных IPO на других рынках составила 63 % общего объема IPO (рис. 3).

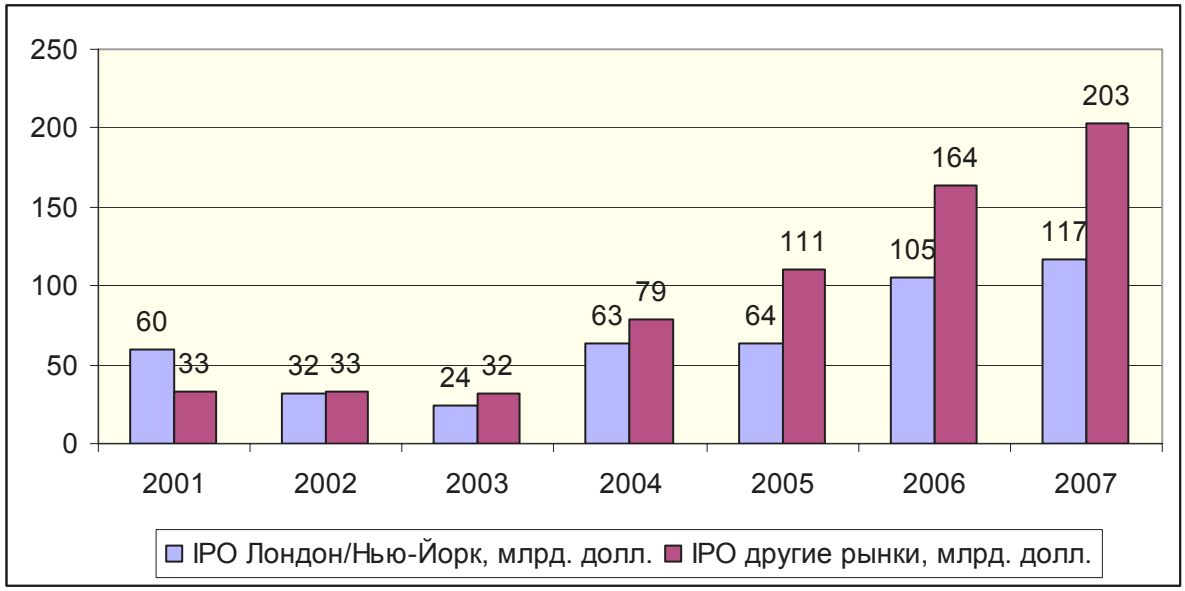


Рис. 3. Объемы привлеченных средств под IPO, млрд долл.

Отмеченное перераспределение финансовых потоков не означает снижение активности мировых финансовых центров, а демонстрирует глубокие структурные изменения финансовых рынков во всем мире.

Первоочередные позиции в структуре активов на развитых рынках занимают акции. В 2007 г. они составили 105 % ВВП, в то время как доля корпоративных долговых обязательств – 16 %. Значительную роль в этой тенденции сыграло:

1) IPO компаний, в том числе государственных. В качестве примеров 2007 г., отметим China CITIC Bank Corp Ltd (5,9 млрд долл.), фондовая биржа Бразилии Bovespa (3,7 млрд долл.); индийская девелоперская компания DLF (2,3 млрд долл.);

2) рост оценочной стоимости акций. За последние пять лет соотношение цена–капитал росло очень стремительно, достигая пиковых значений в 2007 г., однако уже сентябрь 2008 г. продемонстрировал падение показателя в 2…3 раза.

Развивающиеся рынки демонстрировали иные тенденции: капиталы обращались как в виде корпоративных долгов, так и в виде акций в равных объемах (125 % ВВП). Следует отметить возрастающую необходимость в реформах при дальнейшем росте доли долговых обязательств: защита прав кредиторов, усовершенствование процедуры банкротства, функционирование кредитных бюро, создание и поддержание ликвидных рынков для обращения государственных долговых обязательств. Осуществление указанных процедур, несомненно, требует ресурсов, однако это необходимо для того, чтобы рынок долговых обязательств выполнял функции альтернативного источника капитала, средства для снижения инвестиционных рисков, диверсификации портфелей инвесторов, в том числе институциональных.

Вопросы преодоления мирового кризиса находят отражение в исследованиях и рекомендациях МВФ, Мирового банка, крупных аудиторских и консалтинговых компаний (например, McKinsey Global Institute).

В конце января 2009 г. МВФ опубликовал Global Financial Stability Report Market Update, в котором представил результаты анализа работы финансового рынка на развитых и развивающихся рынках, а также сформулировал основные рекомендации для мирового сообщества. МВФ делает акцент на жесткое государственное регулирование, что отражено в его последнем отчете World Economic Outlook Update от 28 января 2009 г. Основная цель всего комплекса антикризисных мероприятий – обеспечить стабильность финансовой системы, ограничивая эффект взаимного влияния экономик стран и негативного синергетического эффекта воздействия финансового рынка на экономику. Основные направления для выхода из сложившейся ситуации:

- более оперативная и целевая рекапитализация, работа с проблемными активами – целевая поддержка жизнеспособных банков, их реструктуризация и рекапитализация, проведение политики «плохого банка» для приведения в норму балансов учреждений;

- соответствие тактических действий общей стратегии, направленной на возобновление функционирования устойчивой финансовой системы – достижение более высоких показателей банковского капитала должно произойти постепенно для недопущения любого дополнительного обратного эффекта и в то же время поощрения заимствований «здоровыми» заемщиками. Важно постепенно возобновить кредитоспособность финансовой системы, однако опыт предыдущих кризисов показал, что это невозможно без нормализации и очистки банковских балансов;

- ясность, четкость и согласованность процессов стабилизации финансовой системы – эти необходимые требования важны как для частного, так и для государственного сектора для возобновления доверия, прозрачности и чистоты в финансовой системе;

- скоординированные действия мирового сообщества по преодолению кризисных явлений.

Как можно было заметить, программа президента США, одобренная конгрессом США в феврале 2009 г., учитывает перечисленные рекомендации. Однако, несмотря на это не внушает доверия инвесторам, аналитикам и экспертам, что незамедлительно отражается на ситуации на мировых фондовых площадках снижением основных показателей.

Таким образом, очевидно, что мировой рынок капитала столкнулся лицом с глобальным экономическим кризисом, который сам же и спровоцировал. Мировой рынок капитала пожинает плоды своего чрезмерно стремительного роста, динамичного развития, ориентации на спекулятивные операции. Глубина и сила последствий кризиса на данный момент непредсказуема, очевидно лишь то, что мы сейчас являемся свидетелями одного из переломных моментов в мировой экономике.

Множество вопросов остаются открытыми и определяют направления дальнейших научных исследований: влияние рынка производных инструментов на финансовые рынки, изменение структуры капитала, стоимости его отдельных элементов, подходы к оценке стоимости бизнеса, формированию оптимальных инвестиционных портфелей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mapping global capital markets: fifth annual report McKinsey Global Institute [Electron. resource]. – October 2008. – Режим доступу: http://www.mckinsey.com/mgi/publications/fifth_annual_report_Executive_Summary.asp
2. Global Financial Stability Report Market Update [Electron. resource]. – International Monetary Fund: 28 January 2009. – Режим доступу: http://www.imf.org/external/pubs/ft/gfsr/2009/01/index.htm
3. World Economic Outlook, Global Economic Slump Challenges Policies [Electron. resource]. – International Monetary Fund: January 2009. – Режим доступу: http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2009/01/index.htm

Поступила в редколлегию 07.07.2009.
Принята к печати 16.07.2009.

УДК 669.71

О. А. МІТЯЄВ, О. Л. СКУЙБІДА (ЗНТУ, Запоріжжя)

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ МЕТОДАМИ РАФІНУВАННЯ ТА МОДИФІКУВАННЯ

Об'єктом досліджень виступав рафінований та модифікований вторинний алюмінієвий сплав АК9М2. Експериментальним шляхом було встановлено можливість підвищення якості вторинних сплавів на основі алюмінію до рівня первинних.

Объектом исследований являлся рафинированный и модифицированный вторичный алюминиевый сплав АК9М2. Экспериментально установлена возможность повышения качества вторичных сплавов на основе алюминия до уровня первичных.

An object under research was the refined and modified secondary aluminum alloy AK9M2. An opportunity to improve the quality of secondary aluminum-based alloys up to the level of primary aluminum alloys has been determined experimentally.

Постановка проблеми

Останні десятиліття характеризуються невпинним зростанням споживання алюмінієвих сплавів і заміни сталевих, чавунних та інших виробів на алюмінієві в різних галузях промисловості та побуті. Сьогодні виробництво алюмінієвих сплавів в Україні перевищує 200 тис. т/рік, при цьому частка вторинних сплавів сягає 45 % від загального обсягу виробництва. Переробка вторинної алюмінієвої сировини приводить до значного скорочення енергетичних витрат та зменшення обсягів використання непоновлюваних джерел енергії порівняно з виробництвом первинних сплавів, а також дозволяє зменшити техногенне навантаження на довкілля.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Головним недоліком вторинних сплавів на основі алюмінію є нижча за первинні якість. Вторинні алюмінієві сплави характеризуються широким інтервалом вмісту основних компонентів та металевих домішок (зокрема, заліза), підвищеною газонасиченістю, крупнозернистістю та високою неоднорідністю структури, що негативно позначається на характеристиках міцності та пластичності відливок. Аналіз літературних даних свідчить, що найбільш розповсюдженими методами покращення якості сплавів, виготовлених із вторинної алюмінієвої сировини, є рафінування та модифікування. Ці методи надійно закріпилися в технологічних процесах, проте підвищення рівня вимог до якості відливок та екологічної безпеки потребує їх удосконалення. До того ж, в літературних джерелах у недостатньому обсязі надана інформація щодо раціональності вибору тих чи інших компонентів рафінувальних сумішей та елементів-модифікаторів, їх впливу на структуру та властивості вторинних алюмінієвих сплавів. Необхідно звернути увагу, що при використанні вторинної сировини лише однократне оброблення (рафінування) не дозволяє досягти якості сплавів на рівні первинних [1]. Тому доцільно застосовувати двоступеневе оброблення – рафінування на стадії виробництва чушок і модифікування на стадії виробництва відливок.

Метою роботи є розроблення високоефективного і малотоксичного рафінувально-модифікувального комплексу для підвищення рівня механічних властивостей вторинних сплавів на основі алюмінію.

Викладення основного матеріалу

Рафінування вторинних алюмінієвих сплавів об'єднує процеси дегазації й очищення розплаву від твердих, переважно неметалевих, вкраплень. Для цього зазвичай використовуються універсальні флюси. Ефективність універсальних та покривних флюсів підвищується зі збільшенням площі контакту між флюсом і розплавом, а також зі збільшенням ступеня змочуваності вкраплень флюсом [2]. Присутність на поверхні розплаву покривного флюсу забезпечує перехід твердих частинок у шлак і запобігає їх поверненню в розплав турбулентними потоками рідкого металу. Традиційно до складу універсальних флюсів входять KCl, NaCl, Na_3AlF_6, NaF [3].

© Мітяєв О. А., Скуйбіда О. Л., 2009

Значне підвищення механічних та експлуатаційних властивостей досягається при введенні в розплав елементів-модифікаторів. Ефект модифікування обумовлюється характером взаємодії компонентів сплаву і елементів-модифікаторів, що визначається властивостями присадок та основи сплаву в рідкому стані. Модифікатори ливарних сплавів поділяються на дві принципово різні групи. Модифікатори І-го роду формують елементи та сполуки, що відіграють роль зародків кристалізації при охолодженні (Ti, Zr, B, Sb). До модифікаторів ІІ-го роду належать поверхнево-активні речовини, які адсорбуються межами зерен і кристалів та гальмують процес росту (Na, K, Ba, Sr, Cs) [4]. Нові напрямки в модифікуванні алюмінієвих сплавів пов'язані з використанням ультрадисперсних порошків (B_4C, TiN, Si_3N, SiC), що полегшує технологічний процес, є екологічно безпечним, приводить до більш рівномірного розподілу введених частинок за перетином відливки [5]. Для забезпечення високої якості відливок і підвищення тривалості модифікувального ефекту, до складу модифікувальної суміші для обробки вторинних алюмінієвих сплавів мають входити елементи-модифікатори як першого, так і другого роду.

У зв'язку з вищезазначеним, до складу рафінувально-модифікувального флюсу доцільним є включення таких сполук, як S, NaCl, Na_2CO_3, $SrCO_3$, KBF_4, AlF_3, Ti, SiC. З метою підвищення якості, механічних та експлуатаційних властивостей вторинних алюмінієвих сплавів, розроблено модифікатор, до складу якого увійшли Na_2CO_3, $SrCO_3$, SiC, C, Ti, S.

Сірка забезпечує сильний рафінувальний вплив на розплав внаслідок утворення значної кількості парів сірки, що інтенсивно барботують розплав та ефективно видаляють неметалеві вкраплення, розчинений водень за адсорбційним і флотаційним механізмами. Також сірка є поверхнево-активним елементом, який забезпечує зміну типу хімічного зв'язку залізовмісних фаз із ковалентного на металевий ненаправлений, що врешті-решт приводить до утворення залізовмісних фаз компактної форми.

Наявність Na_2CO_3 та $SrCO_3$ викликає зменшення швидкості окислення сірки та подрібнення пухирів пароподібної сірки. Карбонати натрію та стронцію дисоціюють з утворенням вуглекислого газу та оксидів, які в подальшому відновлюються розплавом. При проходженні пухирів вуглекислого газу через розплав відбувається барботаж розплаву та додаткове рафінування сплавів від неметалевих вкраплень та розчинених газів. Вплив карбонатів Na_2CO_3 та $SrCO_3$ є аналогічним до дії чистих металів. Натрій зменшує поверхневу енергію на межі фаз, ускладнює ріст кристалів кремнію, знижує термічну стійкість мікрогетерогенного стану розплаву. Ця обставина збільшує переохолодження на фронті кристалізації і, відповідно, підвищує дисперсність евтектики. Спільне модифікування алюмінієвих сплавів натрієм та стронцієм забезпечує усунення «інкубаційного періоду», властивого для модифікування стронцієм, а порівняно з модифікуванням натрієм, суттєво збільшує тривалість модифікувального ефекту.

Використання ультрадисперсного карбіду кремнію як додаткових центрів кристалізації підвищує показники міцності та пластичності, що пов'язано з рівномірним розподілом частинок SiC за перетином відливки внаслідок дії пухирів газоподібної сірки та вуглекислого газу. Основна маса частинок SiC виштовхується фронтом кристалізації в рідку фазу, накопичується перед фронтом кристалізації та забезпечує переохолодження, збільшення кількості і зменшення розмірів, а також зміну форми евтектичних складових алюмінієвого сплаву.

Присутність Ti викликає утворення дисперсних частинок Al_3Ti, що рівномірно розподіляються в об'ємі розплаву, відіграють роль додаткових центрів кристалізації, значно подрібнюють зерна алюмінієвого твердого розчину та виділень вторинних фаз, а також збільшення рівномірності розподілу останніх за об'ємом.

Сіль KBF_4 взаємодіє з алюмінієм за екзотермічною реакцією, яка проходить з відновленням бору та заміщенням його алюмінієм у шлаку. Продуктами реакції є борид та алюмінід титану. Активне пов'язування титану в борид збільшує його засвоюваність та підвищує ефективність процесу зародкоутворення. Частинки TiB_2 виступають підкладинками для зародження зерен α-Al при кристалізації. При введенні бору змінюється морфологія кристалів α-фази: дендритні гілки першого порядку мають закінчення округлої форми, гілки другого та третього порядків практично відсутні. Спільне введення титану та тетрафторборату калію забезпечує максимальне засвоєння бору.

Наявність сріблястого графіту в присутності титану забезпечує отримання додаткових центрів зародкоутворення у вигляді сполуки TiC, що підвищує ступінь подрібнення структурних

складових та сприяє збільшенню рівня механічних властивостей алюмінієвих сплавів.

Експериментальну перевірку дії флюсу та модифікатора проводили в процесі плавлення сплаву АК9М2 в печі опору. Необхідна кількість флюсу становить 1,0…2,0 % від маси сплаву. До розплаву флюс вводили за температури 730±10 °С. З метою більш технологічного введення модифікатора до розплаву, методом пресування були виготовлені таблетовані брикети певної ваги, що дозволило швидко підібрати необхідну кількість модифікатора з розрахунку 0,05 % від маси розплаву. Така технологічна схема застосування показала високу ефективність при подальшому використанні. В рідкому металі, який знаходився в шамотному тигелі, при температурі 730±10 °С за допомогою пристосування, відомого як «дзвоник», вводили присадки модифікатора та витримували метал у тигелі при температурі 730±10 °С протягом 0; 30; 60; 90; 120 хвилин. Після проведення модифікування, згідно вимог ДСТУ 2839-94 (ГОСТ 1583-93), відливали зразки для випробувань механічних властивостей та аналізу мікроструктури (табл. 1).

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень дії флюсу та модифікатора на механічні властивості сплаву АК9М2

Час після обробленя розплаву, хв.	Властивості вторинного сплаву АК9М2 (литий стан)			
	$\sigma_в$, МПа	δ, %	КС, кДж/м^2	*d*, мкм
0	167* 188	4,3* 1,6	67* 72	8…12* 6…10
30	165* 185	4,3* 1,6	65* 71	8…12* 6…10
60	162* 180	4,2* 1,4	62* 68	10…14* 8…12
90	159* 173	4,2* 1,4	61* 65	10…14* 8…12
120	155* 165	4,0* 1,2	59* 63	10…16* 8…14

Примітка: *d* – відстань між осями другого порядку дендритів α-твердого розчину кремнію в алюмінії; * – оброблення експериментальним флюсом без застосування модифікатора.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведені дослідження показали, що комплексне оброблення сплаву АК9М2 експериментальними флюсом та модифікатором приводить до зменшення відстані між осями другого порядку дендритів α-твердого розчину кремнію в алюмінії, формування дрібнодисперсних та рівномірно розподілених структурних складових, зміни форми інтерметалідів на основі заліза з пластинчастої на глобулярну або у вигляді китайських ієрогліфів, підвищення якості та рівня механічних властивостей. Двоступеневе оброблення вторинного сплаву АК9М2 порівняно з одним рафінуванням забезпечує тривaліший модифікувальний ефект та більш дрібнодисперсну структуру, а в зв'язку зі значною спадковістю алюмінієвих сплавів дозволяє отримувати та зберігати вищий рівень механічних властивостей сплаву при наступних технологічних переробленнях. Експеримент засвідчив значні потенційні можливості розробленого складу рафінувально-модифікувального комплексу для підвищення конструктивної міцності вторинних сплавів на основі алюмінію, що визначає напрямок і перспективи подальших досліджень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Немененок, Б. М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] : монография / Б. М. Немененок – Мн.: Технопринт, 1999. – 272 с.
2. Mityayev, A. Improvement of quality of secondary aluminium alloys in conditions of mass production [Text] / A. Mityayev, S. Belikov // Polish Acad. Sci.: Archives of metallurgy and materials. – 2007. – № 3. – P. 521-524.
3. Виробництво алюмінієвих сплавів з рудної та вторинної сировини [Текст] : навч. посібник / за ред. Т. М. Нестеренко. – К.: Вища шк., 2007. – 207 с.
4. Лубенский, М. З. Исследование влияния редких элементов на структуру и свойства вторичных сплавов алюминия [Текст] : автореф. дис. … канд. техн. наук. – Мн., 1987. – 21 с.
5. Калинина, Н. Е. Модифицирование литейных алюминиевых сплавов порошковыми композициями [Текст] / Н. Е. Калинина, В. П. Белоярцева, О. А. Кавац // Вестник двигателестроения. – 2006. – № 2. – С. 193-195.

Надійшла до редколегії 21.05.2009.
Прийнята до друку 26.05.2009.

УДК 669.017.3

Ф. К. ТКАЧЕНКО, С. О. КУЗЬМИН, В. Г. ЕФРЕМЕНКО, В. Г. КАЗАНКОВ (Приазовский государственный технический университет, Мариуполь)

КИНЕТИКА ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА В РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЯХ МАРОК М74 И 75ХГСМ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ОХЛАЖДЕНИИ

Описано особливості формування мікроструктури в рейкових сталях марок М74 і 75ХГСМ при безперервному охолодженні з аустенітного інтервалу, наведено температурні границі областей фазових перетворень у цих сталях.

Описаны особенности формирования микроструктуры в рельсовых сталях марок М74 и 75ХГСМ при непрерывном охлаждении из аустенитного интервала, приведены температурные границы областей фазовых превращений в этих сталях.

The particularities of the shaping of microstructure of rail steels of marks M74 and 75ХГСМ under continuous cooling with different velocities from austenite interval of temperature are described; the temperature borders of the areas of phase transformations are presented.

Железнодорожные магистральные рельсы являются ответственным видом металлоизделий и обязательно подвергаются упрочняющей термической обработке с охлаждением из аустенитного интервала температур. Повышение качества железнодорожных рельсов связывают с применением сталей нового поколения, отличающихся от известных сталей, внесенных в ГОСТ 24182 и ДСТУ 4344:2004, более высоким уровнем легирования [1 – 3]. Среди них отдельный класс составляют Cr-Mn-Si стали с содержанием углерода, близким к эвтектоидному, микролегированные ванадием, титаном, молибденом [4, 5]. Эти стали призваны обеспечить повышение комплекса механических свойства рельсов на основе традиционной для рельсов микроструктуры – троосто-сорбита закалки. Получение данного типа микроструктуры в рельсах из легированных сталей предполагает адекватный выбор скорости охлаждения из аустенитной области, для чего необходимо знать характер структурных превращений в стали при термической обработке. Несмотря на отдельные исследования [6], кинетика распада переохлажденного аустенита в подобных сталях остается недостаточно изученной.

Целью работы являлось изучение особенностей структурообразования в опытной рельсовой стали марки 75ХГСМ (0,77 % C, 0,98 % Mn, 0,46 % Si, 0,38 % Cr, 0,064 % Mo). Для сравнения исследовали известную сталь марки М74 (0,75 % C, 0,94 % Mn, 0,28 % Si) по ДСТУ 4344:2004. Превращения переохлажденного аустенита в сталях исследовали термическим методом с построением термокинетических диаграмм (ТКД). Температура аустенизации образцов составляла 970 °С. При построении ТКД стали марки М74 использовали скорости охлаждения (средние в интервале 800…600 °С) от 6,5 до 33,3 °С/с.

Как следует из рис. 1, сталь марки М74 относится к сталям с перлитным типом прокаливаемости; на её ТКД отмечается наличие лишь перлитной и мартенситной областей превращения. При скоростях охлаждения ($V_{охл}$) от 6,5 до 14,3 °С/с в интервале 475…620 °С формируется структура, состоящая из эвтектоида разной степени дисперсности (рис. 2, а). При $V_{охл}$ = = 16,1 °С/с превращение аустенита начинается при 525 °С образованием троостита, после чего оно приостанавливается и продолжается лишь после достижения мартенситной точки (260 °С); в результате формируется троосто-мартенситная структура, показанная на рис. 2, б.

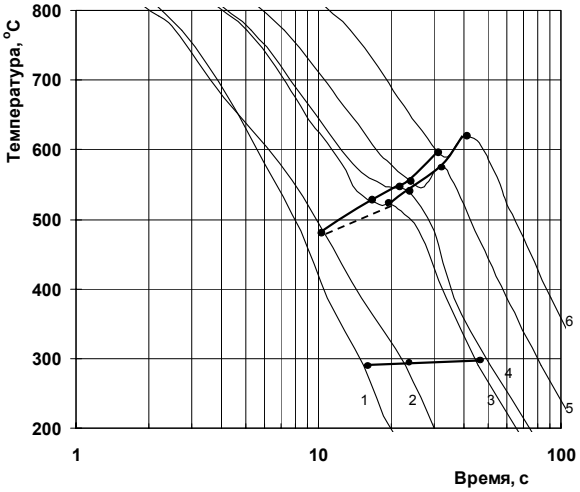
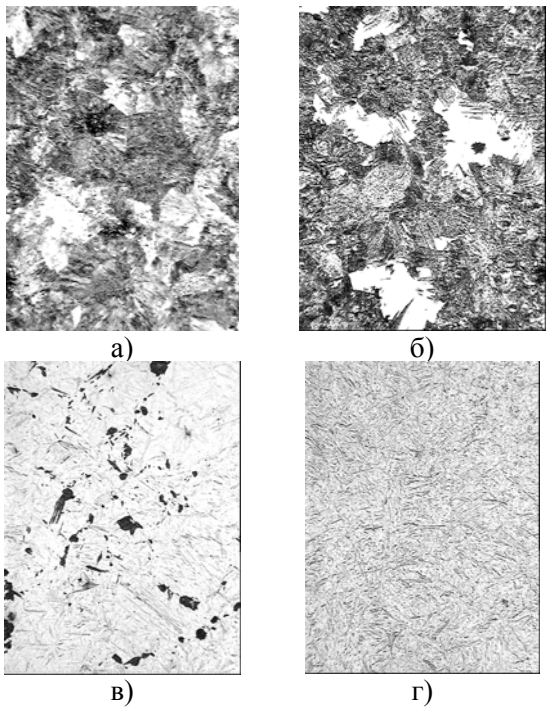


Рис. 1. ТКД распада аустенита в стали М74 ($V_{охл}$, °С/с: 1 – 33,3; 2 – 28,6; 3 – 16,1; 4 – 14,3; 5 – 11,4; 6 – 6,5)

© Ткаченко Ф. К., Кузьмин С. О., Ефременко В. Г., Казанков В. Г., 2009

При $V_{охл}$ = 28,6 °С/с область образования троостита смещается к 470…480 °С, при этом основная масса аустенита переохлаждается до мартенситного интервала (см. рис. 2, в). После охлаждения со скоростью 33,3 °С/с структура представляет собой мартенсит (см. рис. 2, г). Таким образом, скорость охлаждения, лежащая между 28,6 и 33,3 °С/с, является критической для стали марки М74 при закалке на мартенсит.



а) б) в) г)

Рис. 2. Микроструктура стали марки М74 после охлаждения со скоростью, х500:
а – 11,4 °С/с; б – 16,1 °С/с;
в – 28,6 °С/с; г – 33,3 °С/с

При построении ТКД для стали марки 75ХГСМ были использованы такие скорости охлаждения, в °С/с: 1 – 80,0; 2 – 13,2; 3 – 9,52; 4 – 4,55; 5 – 4,20; 6 – 3,89; 7 – 3,57; 8 – 0,85; 9 – 0,63; 10 – 0,20; 11 – 0,14; 12 – 0,03. По полученным кривым охлаждения была построена диаграмма, представленная на рис. 3. Из этой диаграммы следует, что при скорости охлаждения 80 °С/с превращение аустенита в стали марки 75ХГСМ протекает ниже 254 °С с формированием мартенсита (твердостью 825…836 HV) (рис. 4, а). При $V_{охл}$ = 13,2 °С/с превращение начинается при 370…375 °С появлением 2…3 % верхнего бейнита, а завершается при температурах ниже 255 °С образованием мартенсита (804…825 HV) (см. рис. 4, б). Дальнейшее снижение $V_{охл}$ до 3,57 °С/с сопровождается повышением температуры начала бейнитного превращения до 450…385 °С, $M_н$ при этом снижается до 230 °С. Параллельно возрастает количество бейнита; его микротвердость варьируется в пределах 404…596 HV (см. рис. 4, в).

При $V_{охл}$ = 0,85 °С/с распад аустенита начинается в перлитной области при 585 °С, а заканчивается в бейнитном интервале – при 385 °С.

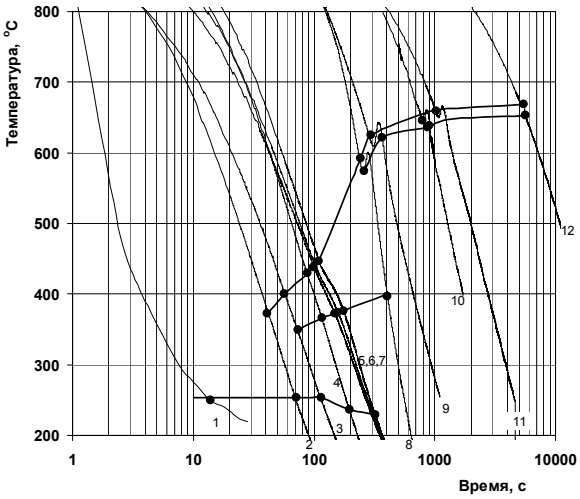
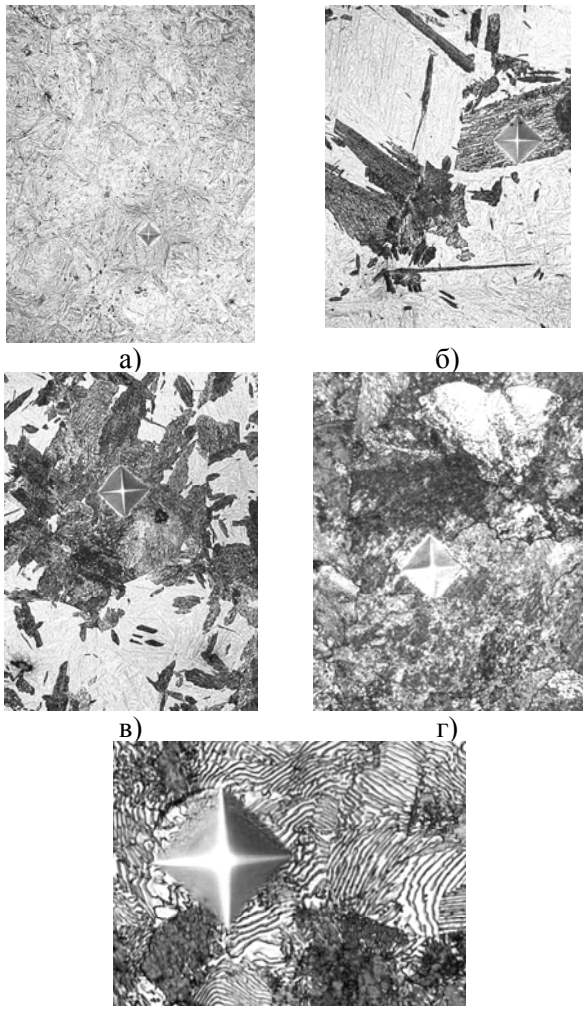


Рис. 3. Термокинетическая диаграмма распада аустенита в стали марки 75ХГСМ



а) б) в) г) д)

Рис. 4. Микроструктура стали марки 75ХГСМ после охлаждения со скоростью, х500:
а – 80,0 °С/с; б – 9,52 °С/с; в– 4,44 °С/с;
г – 0,20 °С/с; д – 0,03 °С/с

Снижение скорости охлаждения до 0,63 °С/с и менее повышает температуру перлитного превращения в стали марки 75ХГСМ до 620…670 °С. В этом случае формируется эвтектоидная структура различной дисперсности (см. рис. 4, г). Так, при $V_{охл}$ = 0,63 °С/с образуется дисперсная троосто-сорбитная структура с твердостью 370…391 HV, а при $V_{охл}$ = = 0,14…0,20 °С/с – более грубая сорбито-перлитная структура с твердостью 326…364 HV. Количество крупнопластинчатого перлита достигает максимума при охлаждении со скоростью 0,03 °С/с; твердость при этом снижается до 304…321 HV (см. рис. 4, д). Данные об изменении твердости микроструктурных составляющих, образующихся в стали марки 75ХГСМ в результате распада аустенита, сведены на рис. 5, из которого видно, что твердость мартенсита, бейнита и эвтектоида монотонно снижается по мере снижения скорости охлаждения.

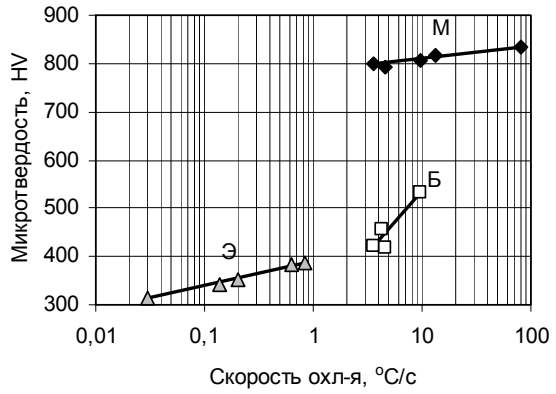


Рис. 5. Твердость микроструктурных составляющих в стали марки 75ХГСМ в зависимости от скорости охлаждения:
М, Б, Э – мартенсит, бейнит, эвтектоид, соответственно

Анализ ТКД и результатов микроструктурного анализа показывает, что сталь марки 75ХГСМ относится к сталям с бейнитным типом прокаливаемости. Скорость охлаждения, равную 13,2 °С/с, можно считать критической для данной стали при закалке на мартенситную структуру, поскольку при этой скорости количество немартенситной составляющей в структуре не превышает 5 %.

Сопоставление полученных данных показывает наличие существенных различий в кинетике и механизме структурообразования в исследованных рельсовых сталях. Легирование стали марки 75ХГСМ комплексом Cr-Mn-Si-Mo, с одной стороны, существенно увеличило прокаливаемость относительно стали марки М74, о чем свидетельствует более чем двукратное снижение критической скорости закалки на мартенсит. С другой стороны, оно обеспечило резкое повышение устойчивости аустенита в перлитном интервале превращения. В результате произошло обособление бейнитного интервала в пределах «С»-образной диаграммы распада переохлажденного аустенита. Таким образом, в данной стали возможно формирование бейнитной структуры при непрерывном охлаждении из аустенитной области. Необходимо отметить, что образующийся при этом бейнит и по морфологическим признакам, и по температурному интервалу превращения относится к верхнему бейниту. Он имеет характерное «перистое» строение с резкой дифференциацией фазовых составляющих (см. рис. 4, в). Присутствие в стали такой структурной составляющей является нежелательным ввиду ее охрупчивающего влияния.

Особенности кинетики распада аустенита в стали марки 75ХГСМ заставляют с особой ответственностью подходить к выбору технологии и режима термической обработки рельсов из этой стали. На рис. 6 представлена ТКД распада аустенита в стали марки 75ХГС, на которую нанесены кривые охлаждения слоев головки рельса Р65 на глубине 2…3 и 5…6 мм. Данные кривые (получены УкрНИИМет) соответствуют промышленному режиму закалки рельсов из стали марки М74 водо-воздушной смесью с нагревом головки ТВЧ. Как следует из рис. 6, формирование структуры в разных слоях головки по принятому режиму будет начинаться в бейнитной, а заканчиваться в мартенситной областях превращения. В то же время, в соответствии с ГОСТ 24182 и ДСТУ 4344:2004, структура закаленного слоя головки рельсов должна представлять собой троостит, троосто-сорбит или сорбит закалки; на концах рельсов на расстоянии не более 0,2 м от торцов возможно наличие отдельных участков бейнита. Присутствие в рельсах мартенсита не допускается ввиду его способности ускорять появление и развитие дефектов, возникающих на поверхности катания головки при эксплуатации рельсов. Таким образом, применение охлаждающей среды и режимов охлаждения, отработанных для стали марки М74, является недопустимым в отношении рельсов из более легированной стали в связи с опасностью брака по микроструктуре. Для получения требуемой троосто-сорбитной структуры охлаждение головки рельсов из стали марки 75ХГСМ при термообработке должно протекать со скоростью 0,5…1,0 °С/с. При более высоких скоростях в

структуре появляются участки бейнита, при менее интенсивном охлаждении – грубопластинчатый эвтектоид с соответствующим снижением твердости стали.

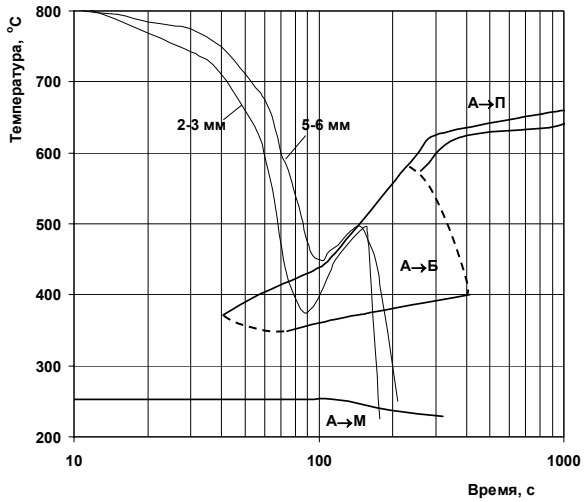


Рис. 6. ТКД распада аустенита в стали марки 75ХГСМ с кривыми охлаждения головки рельса на глубине 2…3 мм и 5…6 мм от поверхности катания

Повышенная прокаливаемость стали марки 75ХГСМ позволяет (при соответствующем прогреве головки и оптимальном охлаждении) увеличить глубину упрочнения и улучшить конфигурацию закаленного слоя по сечению головки, что дает возможность перейти к производству рельсов по высшей категории стандарта ДСТУ 4344:2004. Повышение глубины закалки обеспечит существенный рост эксплуатационной долговечности рельсов, поскольку в этом случае слой упрочненного металла будет перекрывать зону зарождения микротрещин, ответственных за формирование дефектов на поверхности катания головки.

Известно, что на всех предприятиях-производителях железнодорожных рельсов в СНГ отходы рельсового металла утилизируются при получении катаных мелющих шаров [7]. Проведенные исследования показывают перспективность использования стали марки 75ХГСМ в производстве шаров. Эксплуатационная долговечность мелющих шаров находится в прямой зависимости от их объемной твердости, которая, в свою очередь, зависит от глубины закалки изделий. Предварительный анализ показывает, что прокаливаемость стали марки 75ХГСМ является достаточной для обеспечения сквозной закалки в шарах всего выпускаемого ряда (диаметром от 40 до 120 мм). Исследование особенностей фазовых и структурных превращений в шарах из стали марки 75ХГСМ в процессе их термообработки является направлением дальнейших исследований в области изучения кинетики структурообразования в рельсовых сталях.

Выводы

1. С использованием термического и металлографического методов анализа показано, что рельсовая сталь марки М74 относится к сталям с перлитным типом прокаливаемости; её критическая скорость закалки на мартенсит лежит между 28,6 и 33,3 °С/с. Рельсовая сталь марки 75ХГСМ обладает более высокой (по сравнению со сталью марки М74) прокаливаемостью и характеризуется бейнитным типом прокаливаемости с критической скоростью закалки на мартенсит, равной 13,20 °С/с. Бейнитная структура формируется в этой стали при охлаждении со скоростью в интервале 0,85…13,20 °С/с.

2. Для получения регламентируемой стандартом ДСТУ 4344:2004 троосто-сорбитной структуры в закаленной зоне головки рельсов из стали марки 75ХГСМ скорость охлаждения из аустенитного интервала при термической обработке должна составлять 0,5…1,0 °С/с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рельсы высокой прочности с бейнитной структурой, полученной с прокатного нагрева [Текст] / Х. Де Боер и др. // Черные металлы. – 1995. – Июль. – С. 29-36.
2. Медовар, Л. Б. Бейнитные стали для рельсов [Текст] / Л. Б. Медовар, К. А. Цыкуленко, А. К. Цыкуленко // Проблемы СЭМ. – 1998. – № 3. – С. 10-20.
3. Разработка технологии производства рельсов из бейнитной стали [Текст] / В. И. Ворожищев и др. // Сталь. – 2005. – № 2. – С. 71-74.
4. Качество рельсов из легированной хромом и ванадием стали [Текст] / А. А. Дерябин и др. // Сталь. – 2004. – № 1. – С. 75-78.
5. Свойства и структура стали, микролегированной никелем и хромом [Текст] / А. Л. Никулина и др. // Изв. ВУЗов. Черн. металлургия. – 2001. – № 6. – С. 39-38.
6. Госсман, А. А. Кинетика распада аустенита опытной легированной рельсовой стали [Текст] / А. А. Госсман, Л. А. Бондарь, В. А. Кузнецов // Изв. ВУЗов. Черн. металлургия. – 1983. – № 8. – С. 57-58.
7. Управление качеством продукции шаропрокатного производства и расширение её сортамента на ОАО МК «Азовсталь» [Текст] / И. В. Ганошенко и др. // Металл и литьё Украины. – 2003. – №7-8. – С. 50-55.

Поступила в редколлегию 21.05.2009.
Принята к печати 29.05.2009.

УДК 669.14.018.298’781

Н. Ю. ФИЛОНЕНКО (УГХТУ, Днепропетровск), С. Б. ПИЛЯЕВА (ДНУ им. О. Гончара, Днепропетровск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЦЕСС РАСПАДА ПРИ ОТПУСКЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ И БОРСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ

В роботі досліджували вплив попередньої деформації на розпад мартенситу у вуглецевих та бормістячих сплавах. Показано, що при малому ступені деформації 7 % як у вуглецевому, так і бормістячему сплавах процес розпаду мартенситу відбувається менш інтенсивно. При розпаді мартенситу бормістячого сплаву утворюється борцементит та ферит. Збільшення ступеня попередньої деформації в бормістячему сплаві сприяє більш рівномірному розподілу борцементитних частинок, що утворилися в результаті розпаду мартенситу.

В работе исследовали влияние предварительной деформации на распад мартенсита в борсодержащем и углеродистом сплаве. Показано, что при малой степени деформации 7 % как в низкоуглеродистом, так и борсодержащем сплавах процесс распада мартенсита происходит менее интенсивно. Продуктами распада мартенсита в борсодержащем сплаве является бороцементит и феррит. Увеличение степени предварительной деформации в борсодержащем сплаве способствует более равномерному распределению бороцементитных частиц, образовавшихся в результате распада мартенсита.

In the paper the influence of preliminary deformation on disintegration of martensite in boron-containing and carbonic alloy is explored. It is shown that at the small degree of deformation (7 per cent) both in low-carbonic and boron-containing alloys the process of martensite disintegration takes place less intensively. The increase of degree of preliminary deformation in a boron-containing alloy is instrumental in more even distribution of boron-cementite particles appearing as a result of martensite disintegration.

Присутствие бора в углеродистых сплавах способствует повышению прокаливаемости и прочности в процессе термообработки. При термообработке предварительно деформированных углеродистых и борсодержащих сталей малоизученными являются процессы формирования структуры при отпуске мартенсита и выделение карбидных и борокарбидных фаз [1 – 3].

В работе исследовали влияние степени предварительной деформации на закалку, отпуск и на процесс выделения карбидных фаз в углеродистом сплаве и борокарбидных фаз в сплаве, микролегированном бором.

Исследования проводили на сплавах с содержанием: углерода 0,4 %; углерода 0,4 % и бора 0,0035 %.

Предварительную холодную пластическую деформацию проводили со степенью деформации 7…40 % при температуре 25 °С. После чего осуществили нагрев под закалку до температуры 900 °С и охлаждали в воде со скоростью охлаждения 40 °С/с. Последующий отпуск проводили при температурах 450 °С, 650 °С в течение 20 часов.

Микроструктуру сплавов исследовали на сканирующем электронном микроскопе с микроанализатором JSM-6490 series и на микроскопе «Неофот-20», микромеханические характеристики определяли на микротвердомере ПМТ-3. Фазовый состав сплавов осуществляли с помощью рентгеноструктурного анализа на установке ДРОН-3 в Fe $k\alpha$-излучении.

Микроструктура углеродистого и борсодержащего сплава, прошедшего предварительную холодную пластическую деформацию после закалки, приведена на рис. 1.

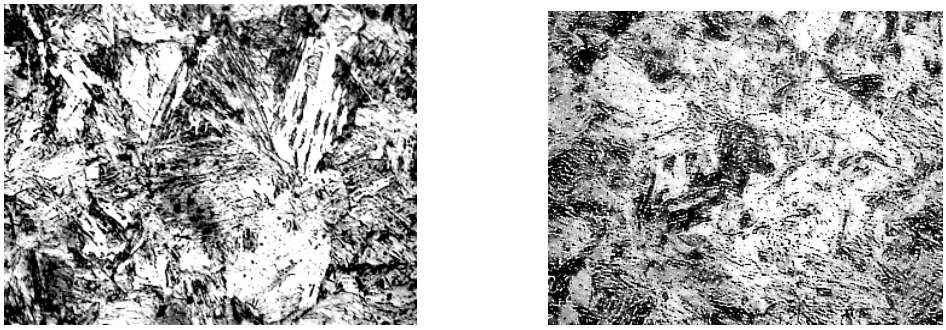
Результаты исследования зависимости микротвердости мартенсита образцов от степени деформации приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, микролегирование бором сплава способствует повышению микротвердости как деформированного, так и недеформированного сплава.

Мартенсит углеродистого сплава имеет игольчатое строение. Рост игл мартенсита начинается с границы зерна и пронизывает все зерно.

Известно, что в сплаве, содержащем бор, фазовое превращение из аустенита в мартенсит происходит более интенсивно [4 – 6]. В борсодержащем сплаве иглы мартенсита имеют меньшую длину, кроме того, количество остаточного аустенита меньше, чем в углеродистом сплаве. В микроструктуре мартенсита наблюдали мелкодисперсные выделения борокарбидной фазы – не растворившиеся в результате нагрева под закалку.

© .Филоненко Н. Ю., Пиляева С. Б., 2009



а б

Рис. 1. Микроструктура мартенсита поверхностной зоны сплавов после закалки предварительно деформированных при температуре 25 °С со степенью деформации 20 %:
а) углеродистого сплава с содержанием С = 0,4 % ,
б) – борсодержащего сплава с содержанием С = 0,4 %, В = 0,0035 % (×1000)

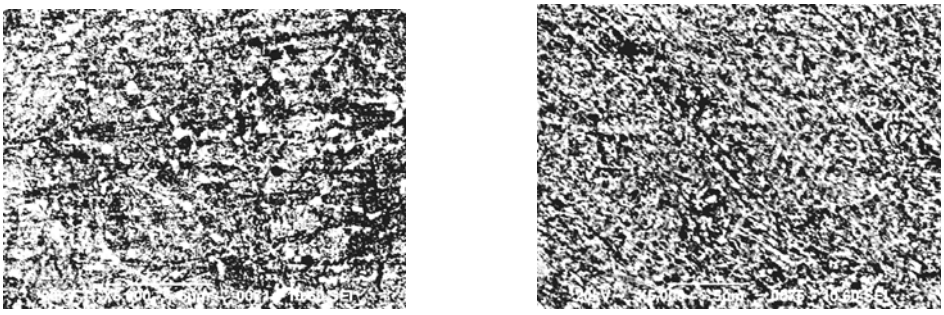
Таблица 1

Зависимость микротвердости мартенсита после предварительной холодной пластической деформации при температуре 25 °С от степени деформации

Состав		ξ %, степень деформации	*H*, МПа
С, %	В, %		
0,4	-	0	686,59
		7	698,65
		20	726,02
		40	759,05
0,4	0,0035	0	729,68
		7	732,8
		20	751,4
		40	780,36

В результате отпуска мартенсита после предварительной холодной деформации при температуре 450 °С наблюдается образование тростита в поверхностной зоне углеродистого сплава, в котором мелкодисперсные карбиды расположены в виде прерывистых цепочек (рис. 2, а). С увеличением степени предварительной деформации не только размер карбидов увеличивался (рис. 3, а), но и изменялась их морфология. Если при степени деформации 7 % карбидные частицы располагались в зерне и по границам ферритных областей и имели сферическую форму, то с увеличением степени предварительной деформации до 20 % они наблюдались преимущественно по границам ферритных областей. При степени предварительной деформации 40 % карбидные частицы наблюдались только по границам ферритных областей и имели цилиндрическую форму. Микролегирование сплава бором способствует образованию тростита с более дисперсной структурой (рис. 2, б). Рентгеноструктурный анализ зафиксировал присутствие борцементита и феррита.

В результате отпуска мартенсита после предварительной холодной пластической деформации 7 % в борсодержащем сплаве наблюдали образование мелкодисперсных борцементитных частиц в объеме ферритных областей. При увеличении степени предварительной деформации до 20 % предварительной деформации закалки и последующего отпуска борсодержащего сплава происходит образование борцементитных частиц, как в объеме ферритных областей, так и по границам зерен. При этом с увеличением степени предварительной холодной пластической деформации размер частиц увеличился. Дальнейшее увеличение степени предварительной пластической деформации наблюдали незначительное увеличение размеров борцементитных частиц.



а б

Рис. 2. Микроструктура поверхностной зоны сплавов, предварительно деформированных при температуре 25 °С со степенью 20 % после отпуска мартенсита при температуре 450 °С с содержанием:
а) С = 0,4 %; б) С = 0,4 %, В = 0,0035 (х5000)

На рис. 3 приведена зависимость среднего размера карбидов углеродистого сплава и борокарбидов борсодержащего сплава от степени предварительной деформации после отпуска мартенсита при температуре 450 °С.

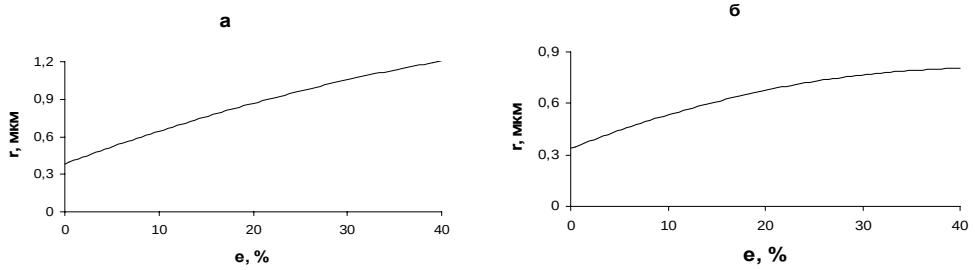


Рис. 3. Зависимость среднего размера включений от степени предварительной холодной пластической деформации:
а) карбидов в углеродистом сплаве, б) борокарбидов в борсодержащем сплаве

В табл. 2 приведена зависимость микротвердости зеренистого перлита от степени предварительной холодной деформации углеродистого и борсодержащего сплава после отпуска при температуре 650 °С.

Таблица 2

Зависимость микротвердости зернистого перлита после отпуска при температуре 650 °С углеродистого и борсодержащего сплава

Состав		ξ %, степень деформации	*H*μ, МПа
С, %	В, %		
0,4	-	0	260,3
		7	286,5
		20	231,6
		40	238,2
0,4	0,0035	0	271,3
		7	295,3
		20	231,2
		40	222,1

В результате отпуска мартенсита при температуре 650 °С углеродистого сплава, не прошедшего предварительную деформацию, наблюдали образование сорбитообразного перлита. Высокотемпературный отпуск углеродистого сплава, прошедшего предварительную холодную деформацию со степенью 7 %, приводит к образованию тростита. Увеличение

степени предварительной деформации до 20 % сопровождается увеличением скорости распада мартенсита и образованию зернистого перлита, а также образованием карбидных фаз по границам ферритных областей – цилиндрической и сферической формы. При этом происходит увеличение размеров зернистого перлита на 15…20 %. При степени предварительной деформации 40 % происходит полный распад мартенсита, образуется зернистый перлит преимущественно по границам зерен и карбидные частицы в нем имеют цилиндрическую форму.

Таким образом, в углеродистом сплаве наличие предварительной холодной деформации увеличивает скорость распада мартенсита.

В результате распада мартенсита борсодержащего сплава микроструктурно наблюдали образование частиц, которые на основании результатов данных рентгеноструктурного анализа идентифицировали как борцементит. Микролегирование сплава бором, при тех же условия предварительной обработки, что и углеродистого сплава приводит к увеличению скорости распада мартенсита. При этом возросла объемная доля частиц борцементита, но размер частиц уменьшается по сравнению с карбидами, которые образуются в результате распада мартенсита углеродистого сплава при тех же условиях предварительной деформации. В борсодержащем сплаве микроструктурно наблюдали наличие субзерен. Свободные частицы борцементита находились по границам субзерен. Вероятно, это связано с большей термодинамической устойчивостью частиц, расположенных в дефектных областях твердого раствора.

В борсодержащем сплаве, не прошедшем предварительную деформацию, в результате отпуска мартенсита образуются борокарбидные мелкодисперсные фазы в сорбите.

В сплаве, содержащем бор и прошедшем предварительную деформацию со степенью 7 %, происходит образование сорбитообразного перлита. Борокарбидная фаза – $Fe_3(CB)$ имеет сферическую форму и выделялась в виде скоплений. Увеличение степени предварительной деформации до 20 % позволяет получить, помимо областей с зернистым перлитом, образование борокарбидных фаз как по границам зерен, так и в объеме ферритных областей. При этом наряду с крупными борокарбидами образуются более мелкодисперсные. Дальнейшее увеличение степени предварительной деформации приводит к уменьшению размеров борокарбидов.

Увеличение степени предварительной деформации в борсодержащем сплаве способствует более равномерному распределению борцементитных частиц, образовавшихся в результате распада мартенсита.

Выводы

1. Микролегирование бором приводит к повышению твердости мартенсита как после предварительной холодной деформации, так и без нее.

2. Показано, что при малой степени деформации 7 % как в низкоуглеродистом, так и борсодержащем сплаве процесс распада мартенсита происходит менее интенсивно.

3. Продуктами распада мартенсита в борсодержащем сплаве является бороцементит и феррит.

4. Увеличение степени предварительной деформации в борсодержащем сплаве способствует более равномерному распределению борцементитных частиц, образовавшихся в результате распада мартенсита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курдюмов, Г. В. Превращения в железе и стали [Текст] / Г. В. Курдюмов, Л. М. Утевский, Р. И. Энтин. – М.: Наука, 1977. – 237 с.
2. Грузин, П. И. Проблемы металловедения и физики металлов [Текст] / П. И. Грузин, Н. В. Корев, Г. В. Курдюмов. – Сборник 111. – Металлургиздат, 1952. – 225 с.
3. Гольдштейн, Я. Е. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали [Текст] / Я. Е. Гольдштейн, В. Г. Мизин. – М: Металлургия, 1986. – 272 с.
4. Suzuki, S. Phosphorus and Boron Segregation at Prior Austenite Grain Boundaries in Low-alloyed Steel [Text] / S. Suzuki, M. Tanino, Y. Waseda // ISIJ International. – 2002. – Vol. 42, No. 6. – P. 676-678.
5. Wu, P. Non-equlibrium solute segregation to austenitic grain boundary in ferrum-nickel alloy [Text] / P. Wu, D. Y. Yu, X. L. He // Acta Metallurgica Sinica. – 2001/ – Vol. 14, № 6. – P. 525-531.
6. Берштейн, М. Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов [Текст] / М. Л. Берштейн. – т. 1. – М.: Металлургия, 1968. – 596 с.

Поступила в редколлегию 13.10.2009.
Принята к печати 07.12.2009.

УДК 656.7

Р. Т. БАРАН, **Л. М. БАРАН (**Львівська філія ДІТУ)

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Авторами у статті поставлено задачу визначення організаційно-правових основ застосування авіації в аграрному секторі економіки України на прикладі авіаційно-хімічних робіт, їх законодавчого забезпечення і екологічної безпеки проведення у практиці сільськогосподарського виробництва. Запропоновано базові моделі економіки авіаційних робіт та форми внесення змін і доповнень у чинне законодавство з огляду на економічну безпеку сільгоспвиробництва.

Авторы изложили в своей статье поставленную задачу определения организационно-правовых основ использования авиации в аграрном секторе экономики Украины на примере авиационно-химических работ, их законодательного обеспечения и экологической безопасности проведения в практике сельскохозяйственного производства. Предложены базовые модели авиационных работ, а также способы внесения изменений и дополнений в действующее законодательство с точки зрения экономической безопасности сельхозпроизводства.

The problem of determination of the principles of organizational and legislative basis of the use of aviation in Ukrainian agriculture is discussed in this article. An example of carrying out the aviation-and-chemical works in agriculture, their legislative providing and environmental safety of conduction is analyzed. The basic models of effective aviation works as well as forms of introducing the modifications and amendments into the laws in force from the viewpoint of economic safety of agricultural industry are offered.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими завданнями

Універсальність цивільного повітряного транспорту полягає у тому, що окрім транспортної роботи він забезпечує також авіаційні послуги для різноманітних галузей народного господарства та задовольняє попит на авіаційні роботи (АР) [1]. В останні десятиліття у світі значно розширився спектр АР, а тому було б недоцільно не розглядати авіації спеціального призначення і застосування її у сільськогосподарському виробництві (СГВ). Значне місце і роль у цій частині відводиться авіаційно-хімічним роботам (АХР) у СГВ.

Таким чином, проблеми соціально-економічного та організаційно-правового забезпечення АХР в умовах функціонування національної системи повітряного транспорту (ПТ) являє значний, перш за все, практичний інтерес, як і науково-теоретичне осмислення, а також опрацювання дослідниками у відповідності до сучасного стану правового поля держави [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Як показує проведений нами аналіз наукових джерел щодо результатів досліджень методів, форм і способів застосування повітряних суден (ПС) в аграрному секторі взагалі і організаційно-правових основ АХР недостатньо. Зокрема, такі роботи ведуться у більшості випадків поза межами України. Саме тому вони не базуються на чинному національному законодавстві [1]. З початку 90-х років XX ст. колись єдина найбільша у світі авіакомпанія «Аерофлот» розподілена поміж новоутвореними країнами. На базі тогочасного Українського управління цивільної авіації сформовано національну систему ПТ. Проте наукових досліджень з організації АР у СГВ майже немає. За наступні сімнадцять років таких наукових робіт у національному правовому полі обмаль, а опублікованих результатів нами знайдено недостатньо. Агропромисловий комплекс також реформований у напрямку ринкових відносин та диверсифікації співвідношень власності, а тому публікації відомих авторів: Мірошникова А. В., Подкамінера С. Н., Парахонського Б. М., Овруцького Е. А. не носять ознак модерної придатності [3, 4, 5]. Певним чином вирішення проблем соціально-економічної ефективності АР досліджували: Ященко Л. А., Керімов Б. А., Коба В. Г. Частково питання організації управління авіатранспортними процесами на основі методів логістики у цій частині розглядали у своїх працях: Полянська Н. Є., Григорак М. Ю., Косарєв О. Й. У жодній з цих робіт не комплексно і разом з тим конкретно не проведено організа-

© Баран Р. Т., Баран Л. М., 2009

ційно-правового аналізу існуючого стану організації АХР та використання ПС. Саме тому досі не існує розроблених систем застосування ПС в аграрному секторі, а також практичних методів їх проведення. Отже актуальність теми дослідження авторів беззаперечна, оскільки поодинокі випадки організації АХР, наприклад, як це було недавно на Тернопіллі, коли зі сторони фермерів АХР викликають зацікавленість, а зі сторони селян – страх та протидію [6]. Все це у купі збурює суспільну думку про цивільну авіацію (ЦА) взагалі та негативно впливає на її застосування в аграрному виробництві зокрема [3].

Виділення невирішених попередниками частин загальної науково-технічної і організаційно-правової частин проблеми

Створення системи операторів – експлуатантів ПС після 1991 р. відбулося шляхом виділення підсистеми колишньої ланки застосування авіації у народному господарстві (ЗАНГ) та створення Державного підприємства «Універсал Авіа» [3]. Проте, незважаючи на те, що поняття «АР», «АХР», «транспортна діяльність» сформульовані декількома авторами [5, 6, 7], проте дотепер не розроблено нових підходів у напрямку формування організаційних методів та правових основ застосування ПС в аграрному секторі економіки України. Ці проблеми залишаються у зародкових рівнях і зовсім не відповідають формам законодавчого забезпечення їх вирішення після прийняття «авіаційної конституції» [1]. В умовах реструктуризації АПК і створення основ ведення сільського господарства (СГ) на індивідуальній фермерській основі, після падіння планової економіки і розвалу колгоспної системи питанням АХР варто приділяти більше уваги, оскільки з огляду потреб часу у XXI ст. вони залишаються невирішеними. Досліджень у цій царині ні з огляду організаційного, ні з правового забезпечення АХР у сільгоспвиробництві також недостатньо.

У новосформованому повітряному просторі (ПП) України, як ринковому середовищі, відбулися зміни без визначення методів комплексної оцінки ринкових показників цієї частини діяльності ЦА. Відсутні економічні методи організації та функціонування єдиної системи управління повітряного руху (УПР) при ЗАНГ. Взаєморозрахунків з контрагентами підсистем ПТ, якою є АХР, що базувалися б на вимогах ст. 7 Закону України «Про транспорт» щодо «нормативних витрат на одиницю транспортної продукції» не відбувається через невирішення попередниками організаційно-правових основ застосування ПС в СГВ [2]. Загальні висновки багатьох авторів не торкалися рекомендованої практики ІКАО з цього приводу як основи демонополізації підгалузі ПТ, якою була ЗАНГ, оскільки ці проблеми так і залишаються взагалі недослідженими. З урахуванням запропонованої автором економічно-правової парадигми ПТ та розгляду означених тут проблем на комплексній основі й на підставі чинного національного господарського та авіатранспортного законодавства, рекомендованої практики європейських і, особливо, міжнародних авіатранспортних організацій, державної регуляторної політики нами проведені наукові дослідження названої тематичної проблеми [8].

Постановка задачі та формулювання мети наукової публікації

Дослідження причин проблемності гармонійного розвитку ЦА України для вироблення пропозицій щодо комплексних підходів організаційно-правового характеру до удосконалення управлінської парадигми організації ЗАНГ держави, АР та їх складової АХР, реструктуризації монополізованих структур на основі рекомендованої практики ІКАО, запровадження єдиних і паритетних принципів («правил гри») для формування економічних моделей оцінки цих сегментів, як складових ринків авіатранспортних послуг з метою внесення змін і доповнень до Повітряного кодексу України (ПКУ) на цій основі [1].

Метою нашої статті також є доведення до відома економістів, державних відомств та органів державного регулювання в галузі ЦА і СГВ можливих напрямків удосконалення методів застосування ПС для СГВ, оцінки ємності ринкових сегментів таких послуг у національному ПП. Це потрібно зробити також для запропонування напрямків розв’язання існуючих у цій царині проблем, форм і методів адміністрування, демонополізації та реформування Державного підприємства «Універсал Авіа» [9].

Актуальність таких наукових досліджень спричинена новим курсом президентських та урядових програм у рамках вступу до СОТ, яке по суті завершилося, а тому формування державної підтримки сільгоспвиробників, підвищення безпеки польотів ПС та АР, екологічності АХР обов’язково підкріплюватиметься умовами господарської діяльності [3]. Тим більше, що глобалізаційні процеси загальмовані черговою світовою економічною кризою.

Новизна наукових досліджень у викладеному матеріалі

Авторами синтезовано економічні моделі та теоретичні підходи до організаційно-правових принципів формування ринкових сегментів АХР у ПП нашої держави. Запропоновано також певні економічні способи реструктуризації державного підприємства, що у даний час складається з мережі регіональних структурних підрозділів [4]. На цій основі у подальших статтях нами будуть вироблені зміни і доповнення до чинного законодавства, сформовані економічні основи розбудови мережі ефективної інфраструктури АР у СГВ.

Викладення основного матеріалу дослідження

У системі ПТ, окрім організаційно-технологічних заходів, спрямованих на виконання ТД, широкого застосування ЦА досягає також і у різноманітних галузях економіки в якості окремого і конкурентноздатного гравця. Ним виступає саме система експлуатантів ПС, спеціалізованих ще й на АР [1]. Під поняттям «ТД» будемо розуміти правові, організаційно-економічні та техніко-технологічні засади функціонування авіатранспортної системи (АС) з метою задоволення попиту на ринкових сегментах з доставлянь, перш за все, пасажирів, багажу, вантажів та пошти [1]. ТД в АС складається із підсистем внутрішньої роботи або організації перевезень (ОП), а також комерційної діяльності (КД) як зовнішньої складової діяльності експлуатантів ПС, які мають статус авіаперевізників [5].

Головним економічно-технологічним показником для ефективного використання ПС в ТД є визначення їх продуктивності, яку можемо синтезувати у такий формульний запис математичного вигляду:

$$П_л = \gamma \cdot G_{ком} \cdot V_р,$$

де $П_л$ – продуктивність польоту ПС на авіатранспортній роботі, т-км/год;

γ – коефіцієнт використання корисного навантаження у польоті:

$$\gamma = \frac{G_ф}{G_{ком}};$$

$G_{ком}$ – максимальне комерційне навантаження ПС у випадку виконання ним комбінованого рейсу з доставляння пасажирів, багажу, пошти і вантажів, визначене як сума переведених у вагові показники категорій авіапасажирів ($g_i = n_j \cdot \sum m_j$), вантажів, несупроводжуваного платного багажу, пошти, т//кг;

$G_ф$ – фактичне комерційне навантаження ПС при виконанні ним кожного конкретного рейсу, т;

$V_р$ – рейсова швидкість польоту ПС, км/год.

$G_{ком}$ визначається для осінньо-зимових та весняно-літніх періодів навігації ІАТА. Мається на увазі, що зимою пасажир важить більше аніж влітку (g_i). Розрахункова вага авіапасажирів залежить також від їх категорії (дорослий ($m_д$), дитина мала ($m_{дм}$), дитина велика ($m_{дв}$), або m_j):

$$G_{ком} = \sum_{i=1} g_i = (n_j \cdot \sum_{j=1} m_j) + m_в + m_б + m_п,$$

де g_i – маса пасажирського навантаження ПС, що виконує рейс при ТД, т//кг;

i – нормативна завантаженість ПС у залежності від періоду експлуатації ІАТА (i = 1, 2);

j – види категорій авіапасажирів на рейсі (j = 1, 2, 3);

$m_д$, $m_{дм}$, $m_{дв}$ – позначення загальної маси категорій авіапасажирів на рейсі ПС, т//кг;

$m_в + m_б + m_п$ – позначення загальної маси відповідно багажу, вантажів, пошти на рейсі ПС, т//кг;

n_j – зайнятість пасажирських крісел ПС на ТД, душ при 100 % завантаженні.

У ТД основою економічного та організаційного забезпечення є показники з переміщення товарів у просторі та часі, а саму підсистему ЦА у цій частині віднесемо до сфери послуг (рис. 1).

Отже, окрім описаної ТД, ЦА здійснює також АР, як це визначено ст. 68 ПКУ [1]. Роботи суб'єктів ПТ у різних галузях народного господарства віднесені авіаційними економістами до нетранспортних робіт [6]. У загальному в попередньому десятилітті організацією цих робіт займалися структурні підрозділи ЗАНГ. Серед авіаційних послуг по ЗАНГ найбільшу питому вагу завжди займали АХР, які здійснювалися у СГ.

Широке застосування ЦА для виконання АХР продиктоване такими її особливостями: універсальність з огляду типів транспортних засобів, мала залежність від стану наземних шляхів сполучень, часовий фактор, а також продуктивність як основа економічної ефективності. Наприклад, найважливішим фактором ЗАНГ для захисту рослин від шкідників та хвороб завжди називали авіаційно-хімічний метод (АХМ), який полягає в оперативній дії в потрі-

бний час на випередження процесів розмноження шкідників.

Для ілюстрації економічного моделювання АХР потрібно надати загальні визначення норм вироблення продукції, яка є пропозицією на ринкових сегментах цих робіт у СГВ. При цьому продуктивністю ПС називатимемо кількість одиниць продукції, що виконується за одиницю часу. Виходячи з цього, визначення годинної продуктивності ПС при АХР можемо визначати за формулою, записаною таким чином:

$$\text{ПЛ}^{\text{а}} = \frac{60 \cdot G^{\text{а}}_{\text{ком}}}{\text{Н} \cdot \text{В}_{\text{р}}},$$

де $\text{ПЛ}^{\text{а}}$ – погодинна польотна (рейсова) продуктивність ПС, га;

$G^{\text{а}}_{\text{ком}}$ – разове завантаження ПС отрутохімічними речовинами, кг//л;

Н – витратні норми оприскувачів, встановлених на ПС, кг//л/га;

$\text{В}_{\text{р}}$ – тривалість виробничого польоту ПС при виконанні АХР, хв.

Згідно чинного національного законодавства тривалість робочого часу і часу відпочинку визначається на законодавчому рівні [8]. Саме тому продуктивність погодинних польотів ПС на АХР потрібно привести до робочих годин. З цією метою наведена формула трансформується у таку економічну модель:

$$\text{ПР}^{\text{а}} = \frac{60 \cdot G^{\text{а}}_{\text{ком}}}{\text{Н} \cdot \text{В}_{\text{ц}}},$$

де $\text{ПР}^{\text{а}}$ – продуктивність ПС за робочий час, га;

$\text{В}_{\text{ц}}$ – тривалість виробничого циклу ПС на АХР у СГВ, хв.

У загальному можемо констатувати, що до АХР відносяться: захист рослинності від шкідників та від хвороб, боротьба з бур'янами, внесення опилення виноградників, сеникація яровини, коренева підгодівля культур тощо [5].

Згідно галузевих досліджень, АХР по відношенню до наземних видів таких робіт є значно дорожчими за своєю номінальною кількісновартісною основою. Проте питома економічна ефективність може бути пояснена тим, що АХМ боротьби за врожаї характеризується наявністю організаційно-технологічних переваг [8]. Серед таких наведемо:

1. Високу продуктивність, яка сприяє проведенню АХР на величезних площах у стислі терміни, що з однієї сторони є вирішальним значенням для успішної боротьби зі шкідниками ще до їх масового розмноження. З іншої сторони, цей фактор сприяє розвитку в Україні фермерства та латифундистської спеціалізації СГВ.

2. Можливостей до знищення шкідників у недоступних для наземних автотранспортних засобів місцевостях (гірські масиви, лісові насадження, болота, заплави тощо).

3. Порівняно невелику трудомісткість виробничих процесів при АХР, яка дозволяє не залучати величезної кількості сезонних працівників СГВ, яких і без цього тут не вистачає. Це дуже важливо у сучасних українських реаліях.

4. Можливості застосування комплексної механізації процесів початково-кінцевої підготовки польотів на АХР.

5. Найбільша рівномірність розподілу робочої маси отрутохімічних чи інших речовин по всій площі засівів, насаджень тощо, що у свою чергу позитивно впливає на економічну ефективність самих АХР і сільськогосподарських робіт взагалі та у кінцевому результаті високій конкурентоздатності ЗАНГ.

6. Відсутність механічних пошкоджень рослин при авіаційному обробленні у періоди їх сходу, росту чи дозрівання.

Звичайно, що є тут також і зворотна, так би мовити, негативна сторона АХР, яку можемо описати такими негативами:

1. Вища залежність якості обробітку сільгоспугідь від погодних умов, особливо вітровоатмосферних навантажень.

2. Максимальні екологічні ризики в умовах недостатньої теоретичної підготовки персоналу і працівників, які залучаються для організації АХР [6].

3. Відсутність вітчизняних промислових виробництв техніки та проектно-дослідних організацій в галузі технології ЗАНГ.

4. Збільшені рівні собівартості та кількісних показників витрат на проведення АХР.

Варто також відзначити, що останнім часом збільшується участь ЦА у захисті лісів від пожеж, аеротаксаційному та аеровізуальному їх обстеженні, а також паркових та інших багаторічних насаджень. Щодо ЗАНГ, то з огляду на АХР ПТ стає продуктивною силою СГВ (рис. 2). Якщо застосовувати логістичні методи, організаційно-правову парадигму агропромислового сектору національної економіки, то поняття застосування авіації для СГ зможемо си-

нтезувати зовсім по-новому [10]. АХР, як основа ЗАНГ, в умовах ринкового становлення агропромислового виробництва в Україні – це комплекс техніко-технологічних, економіко-фінансових і комерційно-експлуатаційних заходів щодо проектування, розробки, реєстрації та сертифікації для допуску на внутрішні ринки безпечних типів, марок і видів ПС з метою їх використання сільськогосподарськими суб'єктами. Саме такий підхід має бути використаний розробниками нової редакції Повітряного кодексу України. Окремим напрямком удосконалення чинного законодавства також слід вважати екологічну безпеку АР взагалі та АХР зокрема.

Висновок

У сучасних умовах організаційно-правові аспекти формування системи ЗАНГ в Україні треба базувати не тільки і не стільки на закордонних зразках застарілої техніки ПТ і технології АХР у СГВ, а створити законодавче забезпечення способів і систем проектування, налагодження виробництва та експлуатації технічних засобів виконання початково-кінцевого та рухомого етапів цих робіт. Для цього необхідно також провести науковий пошук з оптимізації форм і методів не тільки СГВ, а й АХР. На комплексній основі маємо ще й виробити системні підходи до організації екологічної їх безпеки.

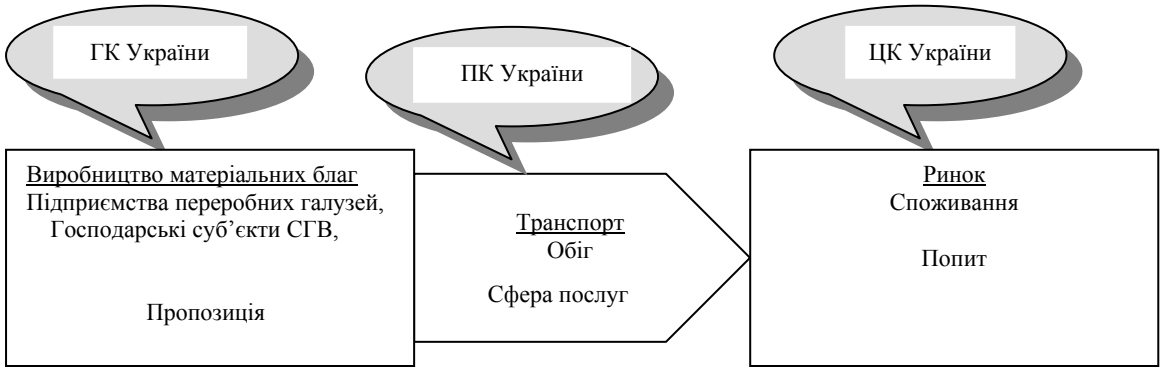


Рис. 1. Схематична модель парадигми системи «Виробництво-транспорт-споживання» (організаційно-правовий аспект) стосовно застосування авіації у народному господарстві

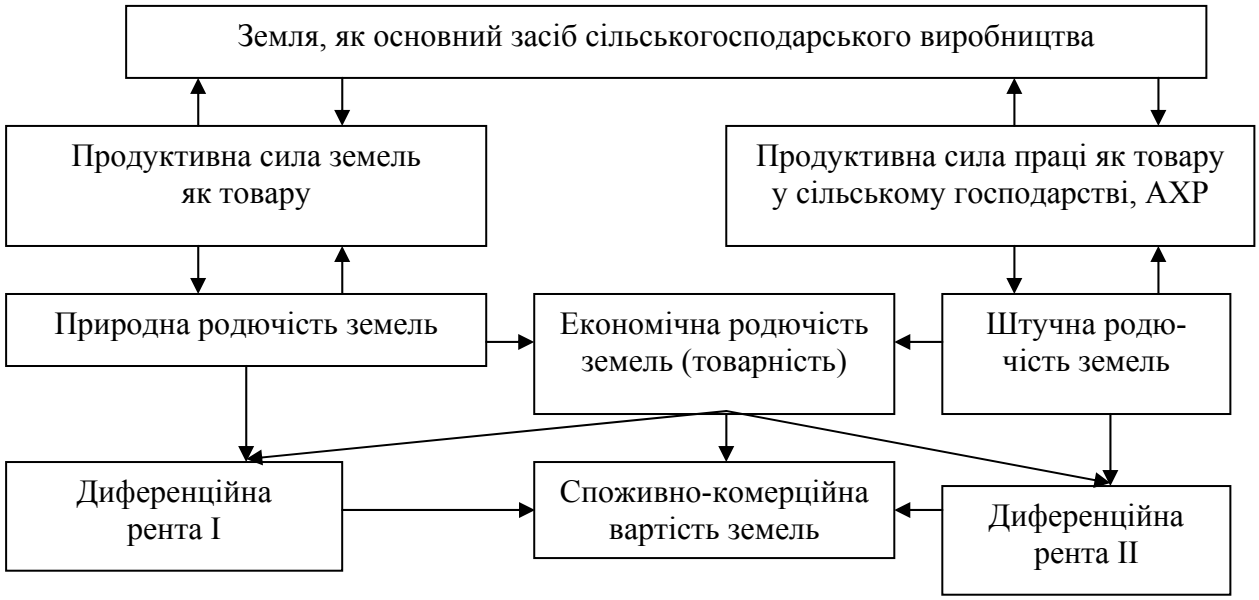


Рис. 2. Схема моделі економічної парадигми сільськогосподарського виробництва у ринкових умовах та визначення ролі АХР у формуванні споживчо-комерційної вартості земель

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Повітряний кодекс України: Закон України від 04.05.1993 № 3167-XII [Текст].
2. Про транспорт: Закон України від 10.11.1994 № 232/94-ВР [Текст].
3. Лукашевич, М. «Наліт авіації» на Панталиху / М. Лукашевич // Вільне життя. – 10 грудня 2008. – № 99.
4. Про схему управління підприємствами цивільної авіації України [Текст] : Наказ Мінтрансу від 31.08.1993 № 278.
5. Основные вопросы экономики гражданского воздушного флота [Текст] / под ред. Б. М. Парахонского и Л. А. Цехановича. – М.: РИО Аэрофлота, 1961. – С. 102.
6. Мирошников, А. В. Экономика воздушного транспорта [Текст] / А. В. Мирошников. – М.: Транспорт, 1975. – С. 39.
7. Вказівки з технології авіаційно-хімічних робіт у сільському і лісовому господарстві СРСР [Текст]. – М.: РВВ ГВФ, 1973. – С. 158.
8. Баран, Р. Т. Соціально-економічні аспекти проблемності становлення авіатранспортної логістики в Україні / Р. Т. Баран // Соціально-економічні дослідження в перехідний період. Економічні проблеми розвитку виробництва регіону. Щорічник наук. пр. – Вип. XXXI. – Л.: ІРД НАНУ. – С. 344.
9. Про базування Київського державного авіаційного підприємства «Універсал-Авіа» на військовому аеродромі Васильків та надання йому статусу аеродрому спільного базування [Текст]: Постанова Кабміну від 20.06.1996 № 662.
10. Порадник з авіаційно-хімічних робіт в цивільній авіації СРСР [Текст]. – М. : РВВ МЦА, 1973. – 100 с.
11. Бюлетень законодавства і юридичної практики України [Текст]. – 2004. – № 1: Кодекс законів про працю України з постатейними матеріалами. – Ч. 1. – С. 34.
12. Баран, Р. Т. Правові і економічні аспекти термінології авіатранспортної логістики в умовах реструктуризації повітряного транспорту України / Р. Т. Баран // Вісник Харківського нац. ун-ту ім. В. М. Каразіна. Економічна сер. – Х., 2001. – Вип. 512. – С. 103.

Надійшла до редколегії 27.04.2009.
Прийнята до друку 10.06.2009.

УДК 656.2.078

Ю. С. БАРАШ, І. П. КОРЖЕНЕВИЧ, Ю. П. МЕЛЬЯНЦОВА, І. В. ОЛІНІЧЕНКО (ДІІТ)

ВПЛИВ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ НА ДІЯЛЬНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

В даній статті проведено аналіз впливу фінансово-економічної кризи на економіку України та залізничну галузь.

В данной статье проведен анализ влияния финансово-экономического кризиса на экономику Украины и железнодорожную отрасль.

In the article an influence of the financial and economic crisis on the economy of Ukraine and the railway branch is analyzed.

Вступ

Світова фінансово-економічна криза суттєво вплинула на економіку України та зокрема на залізничний транспорт. Значно знизилися обсяги вантажних перевезень, в той же час пасажирські перевезення скоротилися всього на 7,2 %, погіршилися фінансові показники роботи залізниць України. Галузь потребує негайного впровадження антикризових заходів.

Постановка задачі

Для розробки системи антикризових заходів необхідно визначити вплив фінансово-економічної кризи на економіку України та залізничну галузь шляхом порівняння об'ємних та фінансових показників за 9 місяців кризового періоду з аналогічним попереднім періодом.

Результати

Індекс промислової продукції у липні 2009 р. порівняно з попереднім місяцем та липнем 2008 р. становив, відповідно, 104,9 % та 73,3 %, за підсумками 7 місяців п. р. – 69,6 %, що на 0,7 в.п. більше аналогічного показника за І півріччя 2009 р.

У січні–липні 2009 р. загальне виробництво продукції сільського господарства порівняно з відповідним періодом 2008 р. зросло на 3,8 %, у т.ч. в аграрних підприємствах – на 5,9 %, у господарствах населення – на 1,8 %. Обсяг продукції сільського господарства в усіх категоріях господарств у фактичних цінах становив 74,9 млрд грн.

У січні–липні 2009 р. підприємствами країни виконано будівельних робіт на суму 18,2 млрд грн, що у порівнянних цінах становить 45,7 % до обсягів будівництва відповідного періоду попереднього року.

За січень–липень 2009 р. підприємствами транспорту перевезено 375,3 млн т вантажів, що становило 69,2 % від обсягу перевезень вантажів за січень–липень 2008 р. Вантажообіг досяг 200,6 млрд т-км, що склало 66,7 % від обсягу січня–липня 2008 р. За січень–липень 2009 р. послугами пасажирського транспорту скористалися 4,3 млрд пасажирів, виконано пасажирську роботу в обсязі 77,3 млрд пас.-км, що становить, відповідно, 87,7 % та 89,6 % від обсягів січня–липня 2008 р.

Обсяг експорту товарів та послуг України за І півріччя 2009 р. становив 21624 млн дол. США, імпорту – 22095,7 млн дол. Порівняно з відповідним періодом попереднього року, експорт склав 56,4 %, а імпорт – 48,7 %. Від'ємне сальдо зовнішньоторговельного балансу становило 471,7 млн дол. (за І півріччя 2008 р. – 7068,7 млн дол.).

Обіг підприємств гуртової торгівлі за січень–липень 2009 р. становив 420,3 млрд грн. Фізичний обсяг гуртового товарообігу склав 76 % порівняно із січнем–липнем 2008 р.

Обіг роздрібної торгівлі (включаючи роздрібний товарообіг підприємств роздрібної торгівлі, розрахункові дані щодо обсягів продажу товарів на ринках і фізичними особами-підприємцями) за січень–липень 2009 р. становив 235,9 млрд грн. і склав 84,1 % від обсягу січня–липня 2008 р. У структурі обігу роздрібної торгівлі на організовані та неформальні ринки припадало 31,1 %.

Індекс споживчих цін у липні 2009 р. становив 99,9 %, з початку року – 108,5 %.

Індекс цін виробників промислової продукції у липні 2009 р. становив 100,7 %, з початку року – 104,9 %.

Середньомісячна номінальна заробітна плата штатного працівника за І півріччя 2009 р.

© Бараш Ю. С., Корженевич І. П., Мельянцова Ю. П., Олініченко І. В., 2009

становила 1812 грн і зросла порівняно з відповідним періодом попереднього року на 6,2 %. У червні порівняно з травнем п.р. розмір заробітної плати зріс на 7,0 %, а з червнем попереднього року – на 5,2 %.

Середній розмір номінальної заробітної плати штатних працівників у червні п.р. становив 1980 грн, що у 3,2 рази вище рівня мінімальної заробітної плати (625 грн).

Кількість зареєстрованих безробітних на 1 серпня 2009 р. порівняно з 1 липня зменшилась на 7,8 % і склала 606,9 тис. осіб, що на 17,0 % більше порівняно з відповідною датою 2008 р.

Рівень зареєстрованого безробіття в цілому по країні за липень п.р. знизився на 0,2 в.п. і на 1 серпня становив 2,2 % населення працездатного віку.

На 1 липня 2009 р. в Україні, за оцінкою, проживало 46029,3 тис. осіб. Упродовж січня–червня 2009 р. чисельність населення зменшилася на 114,4 тис. осіб, що в розрахунку на 1000 жителів склало 5,0 особи.

Таблиця 1

Основні показники соціально-економічного розвитку України

Найменування	Фактично за січень–липень 2009 р.	Темпи зростання, %			
		липень 2009 р. до		січень–липень 2009 р. до 2008 р.	довідково: січень–липень 2008 р. до 2007 р.
		червня 2009 р.	липня 2008 р.		
Обсяг реалізованої промислової продукції, млн грн	297341,5	х	х	х	х
Індекс промислового виробництва	х	104,9	73,3	69,6	107,3
Обсяг продукції сільського господарства, млн грн	74880	х	х	103,8	110,9
Виробництво продукції тваринництва: м'ясо (реалізація худоби та птиці на забій у живій вазі), тис. т	1472,9	102,1	111,9	98,5	101,6
Інвестиції в основний капітал [1], млн грн	54081,7	х	х	56,7	108,2
Введення в експлуатацію загальної площі житла, тис. кв. м	2268,0	х	х	56,1	102,5
Обсяг продукції будівництва, млн грн	18211,0	х	х	45,7	97,9
Вантажообіг, млрд т-км	200,6	107,2	74,3	66,7	107,0
Пасажирообіг, млрд пас.-км	77,3	106,6	89,2	89,6	105,2
Експорт товарів та послуг [1], млн дол. США	21624,0	х	х	56,4	141,9
Імпорт товарів та послуг [1], млн дол. США	22095,7	х	х	48,7	154,7
Сальдо (+, –) [1], млн дол. США	–471,7	х	х	х	х
Оборот роздрібної торгівлі, млн грн.	235876,9	х	х	84,1	126,6
Середньомісячна заробітна плата одного працівника:					
номінальна, грн	1812 [1]	107,0 [2]	105,2 [3]	106,2 [1]	139,4 [1]
реальна, %	х	105,8 [2]	91,4 [3]	89,9 [1]	109,5 [1]
Заборгованість із виплати заробітної плати – усього [4], млн грн	1639,2	108,8	227,1	х	85,9
Кількість зареєстрованих безробітних, тис. осіб	606,9	92,2	117,0	х	х
Індекс цін виробників промислової продукції	х	100,7	96,3	104,9 [5]	134,1 [5]
Індекс споживчих цін	х	99,9	115,5	108,55	114,9 [5]

[1] Дані за січень–червень. [2] Червень 2009 р. у %% до травня 2009 р. [3] Червень 2009 р. у %% до червня 2008 р.
[4] Станом на 1 липня. [5] Липень у %% до грудня попереднього року.

Обсяги перевезень вантажів залізницями України розглянуто окремо за видами сполучення.

За даними Головного управління, у кризовому періоді отримано вантажів за імпортом на 52,5 % менш ніж за аналогічний попередній період. Найбільше падіння імпорту зафіксовано у січні 2009 р. – на 71,7 %. У травні та червні ситуація почала поступово змінюватися, і падіння імпорту зменшилося до 33,3…24,6 %. Спрогнозувати подальші зміни обсягів вантажів, які будуть отримані за імпортом, дуже складно, оскільки падіння обсягів виробництва та торгівлі ще продовжується. Фахівці-економісти прогнозують подальше падіння показників економіки України до червня–липня 2010 р. Але країни Європейського Союзу почнуть виходити з кризового стану раніше, і обсяги вантажів із вантажних перевезень повільно почнуть зростати і досягнуть докризових обсягів через 2…3 роки.

Падіння експортних обсягів перевезень за 9 місяців кризового періоду зафіксовано на рівні 21,0…13,9 %. Різниця між обсягами докризового та кризового періоду стабільно залишається на рівні 14…21 %. Спрогнозувати зміни обсягів експорту дуже складно, оскільки металургійні та хімічні заводи випускають значно менше продукції ніж у докризовому періоді. Можна сподіватися, що для досягнення докризових обсягів перевезень необхідно 3…4 роки.

На відміну від імпорту та експорту, обсяги транзитних перевезень продовжують невпинно знижуватися протягом всього кризового періоду з 3,0 до 52,3 %.

Це падіння обумовлено не тільки кризовим становищем виробничих та аграрних підприємств Росії (основний транзит), країн СНД та Європейського Союзу, погіршенням стосунків на рівні урядів України та Росії, але й також затримкою на кордоні вантажів Митною службою України для проведення незапланованих перевірок. Для уникнення затримки країни-транзитери вибирають інші шляхи перевезення вантажів. Відновлення обсягів транзиту потребує близько 3…4-х років.

Обсяги перевезень вантажів у внутрішньому сполученні у кризовому періоді зменшилися на 30…37,7 %. Аналізуючи дані Главку ЦМ, можна констатувати, що падіння обсягів перевезень у внутрішньому сполученні протягом 9 місяців практично не змінюється і має стабільну тенденцію, яка повністю відповідає кризовому функціонуванню економіки України. Слід сказати, що вантажні перевезення у внутрішньому сполученні є найбільш вагомою складовою в загальному обсязі вантажних перевезень, і на їх відновлення в основному впливає вихід підприємств України із кризи. Якщо припустити, що з червня 2010 р. криза почне поступово спливати, то можна сподіватися, що на показники докризового періоду залізничний транспорт вийде через 3…4 роки.

Загальні обсяги перевезень вантажів. Фінансово-економічна криза суттєво вплинула на загальні обсяги вантажних перевезень, починаючи з жовтня 2008 р. (рис. 1). Їх падіння в кризовому періоді коливається – від 15,7 % у жовтні 2008 р. до 34,6 % у січні 2009 р.

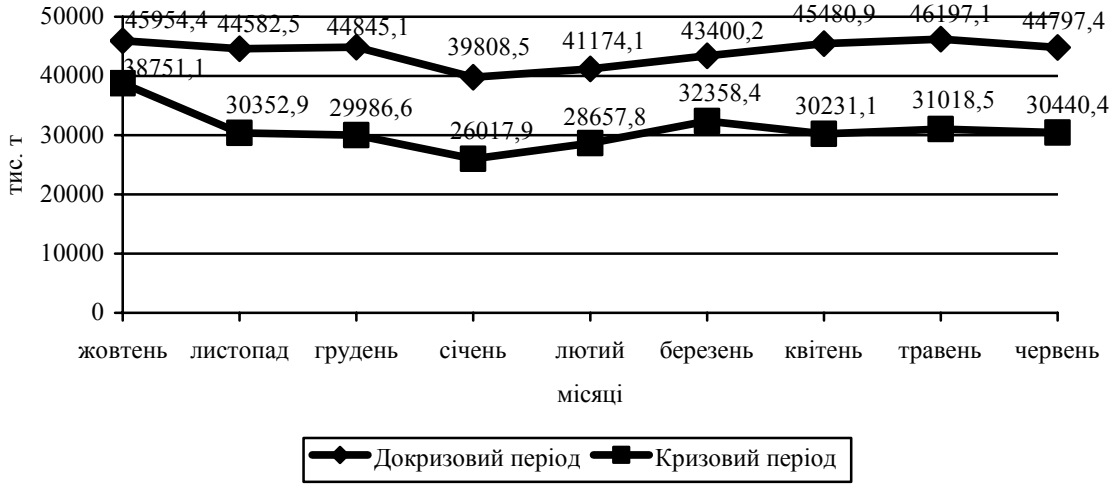


Рис. 1. Загальні обсяги перевезень вантажів залізницями України

На пасажирські перевезення (рис. 2) світова фінансово-економічна криза вплинула не так сильно, як на вантажні. Найбільше падіння обсягів пасажирообігу відбулося у міжнародному сполученні (17,9 %), оскільки громадяни всіх країн стали економити кошти для мандрівки. Проте кількість поїздок у відрядження за кордон практично не змінилася.

У внутрішньому сполученні також відбулося падіння обсягів пасажирообігу, але всього на 7,4 %. Причини такі ж. Але падіння кількості перевезених пасажирів у приміському сполученні склало 4,3 %, що пояснюється в основному втратою роботи. Загальні обсяги пасажирообігу скоротилися на 7,2 %.

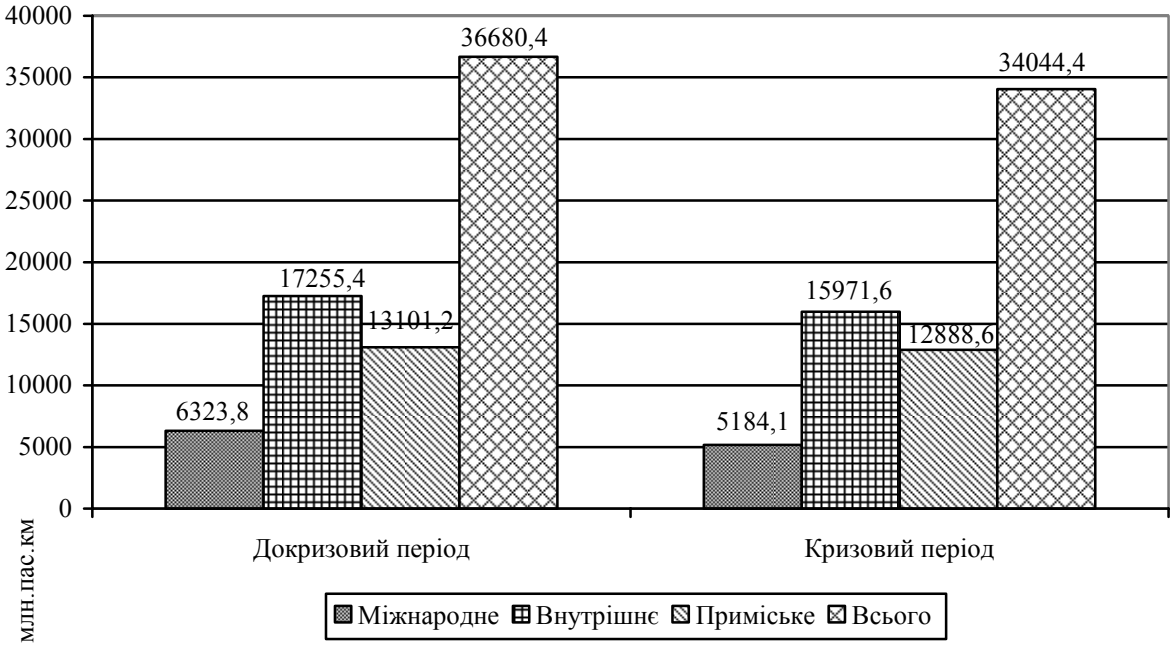


Рис. 2. Пасажирообіг залізниць України

Приріст доходів Укрзалізниці від пасажирських перевезень стався за рахунок росту тарифів на 26,7 %. На міжнародних перевезеннях відбулося суттєве подорожчання тарифів на 45,6 %, у внутрішньому сполученні – всього на 12,4 %, а в приміському – 22,7 %.

Приріст експлуатаційних витрат у кризовому періоді становить 9,0 %, що пояснюється в основному подорожчанням матеріалів та енергоносіїв. Але це подорожчання було б ще більшим, якби Укрзалізниця не знизила витрати на оплату праці. В приміському сполученні приріст витрат найбільший – 22,9 %, що пояснюється додатковими витратами на утримання електропоїздів, які раніше були приписані до локомотивного господарства.

Збитки від пасажирських перевезень у кризовому періоді стали меншими на 127 млн грн (рис. 3), що пояснюється незначним ростом експлуатаційних витрат за рахунок ефективних заходів Укрзалізниці. Але в приміському сполученні збитки стали більшими на 257 млн грн.

Загальне покриття витрат доходами від пасажирських перевезень у кризовому періоді збільшилося на 6,9 % (рис. 4) в основному за рахунок збільшення величини тарифів у міжнародному сполученні на 31,4 %.

Собівартість пасажирських перевезень за 10 пас.-км у кризовому періоді виросла на 17,5 % (рис. 5), що пояснюється зменшенням обсягів пасажирообігу та збільшенням експлуатаційних витрат. Найбільші зміни собівартості перевезень відбулися у міжнародному сполученні – 31,3 % та приміському – 24,9 %.

Кількість перевезених пасажирів у кризовому періоді знизилася на 4,3 %, в основному у дальньому сполученні на 9,2 %.

У кризовому періоді пасажирообіг знизився всього на 1,2 %, в тому числі безкоштовно на 0,9 %. Відправлення пасажирів на залізницях України знизилося на 2,5 %, населеність вагонів підвищилася на 4,7 % за рахунок скорочення кількості відправлених поїздів на 4,7 %.

Оскільки фінансова звітність Укрзалізниці видається по кварталах, порівняння фінансово-економічних показників діяльності підприємств залізничного транспорту в докризовому та кризовому періодах наведене нижче в графічному (рис. 6 – 11) та табличному вигляді (табл. 2 – 4).

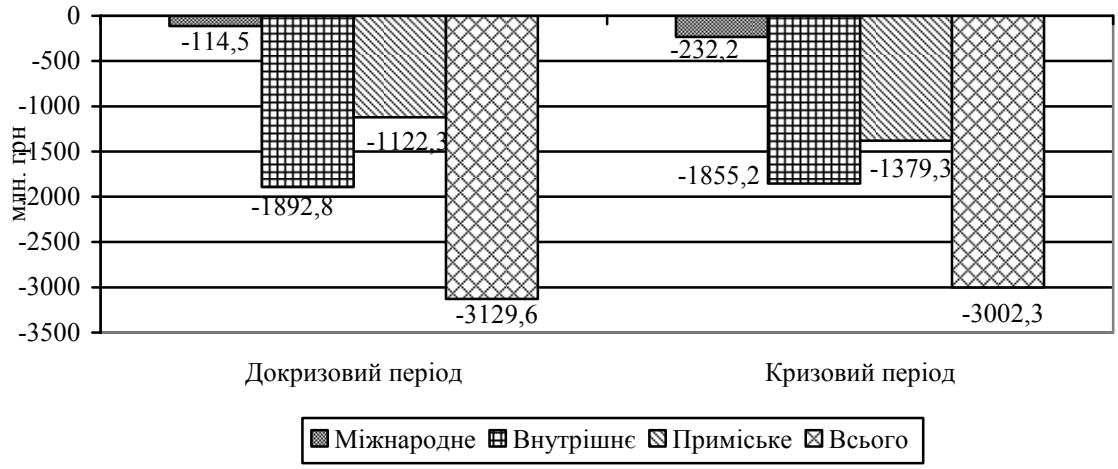


Рис. 3. Фінансовий результат (збитки) від пасажирських перевезень Укрзалізниці

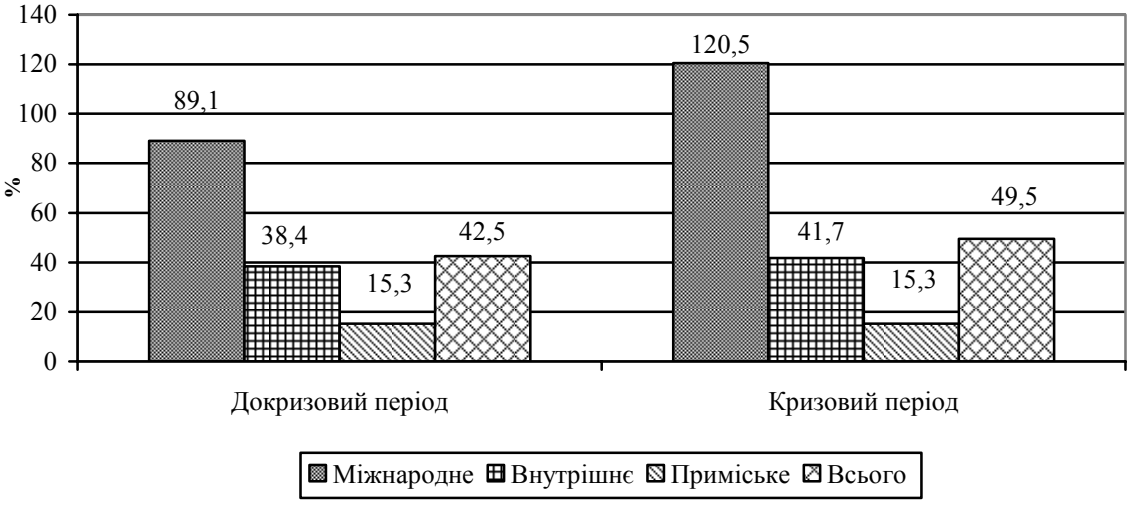


Рис. 4. Покриття витрат доходами від пасажирських перевезень

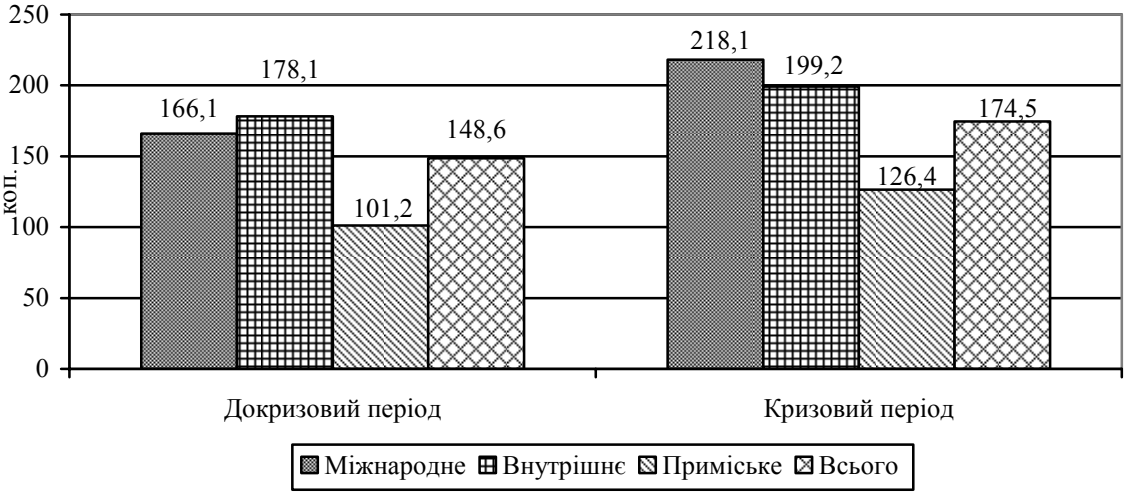


Рис. 5. Собівартість 10 пас.-км залізниць України

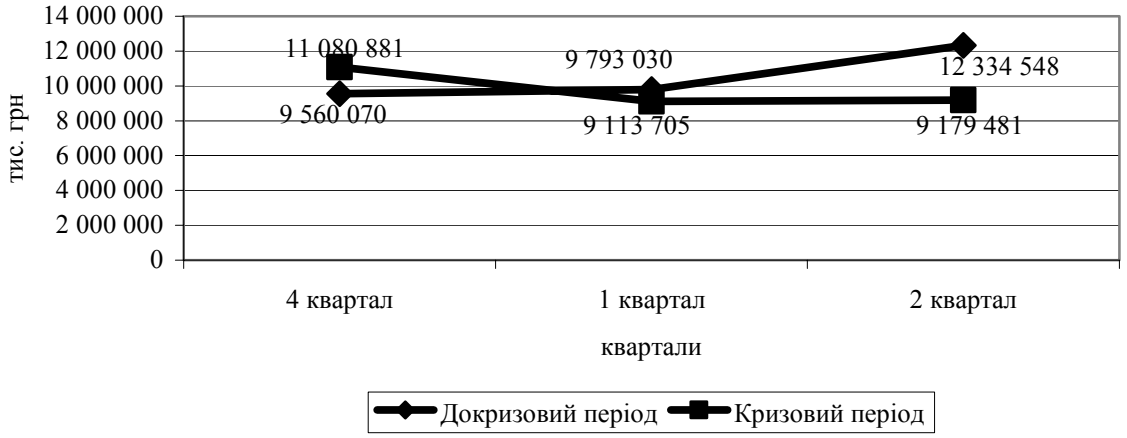


Рис. 6. Доходи від реалізації послуг підприємств залізничного транспорту

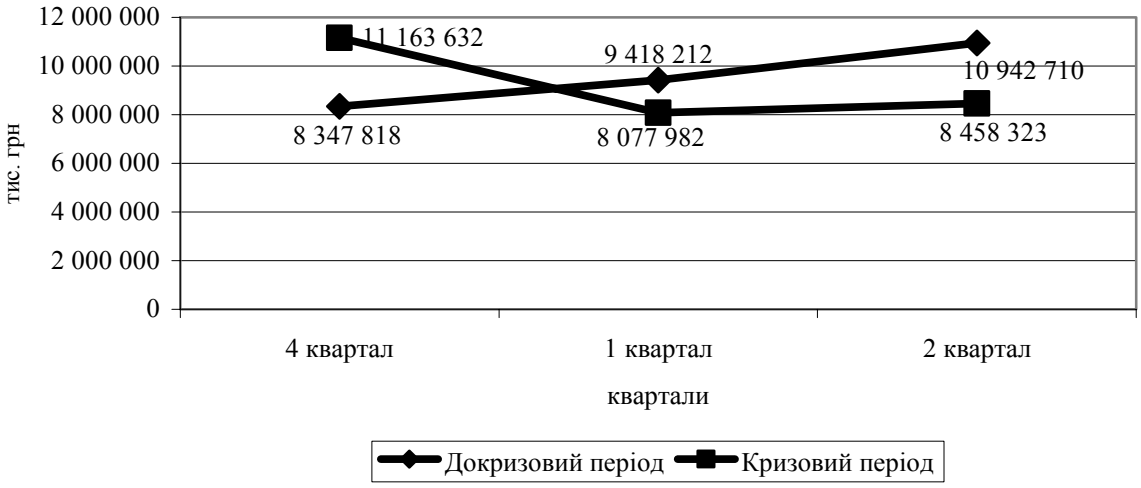


Рис. 7. Витрати від реалізації послуг підприємств залізничного транспорту

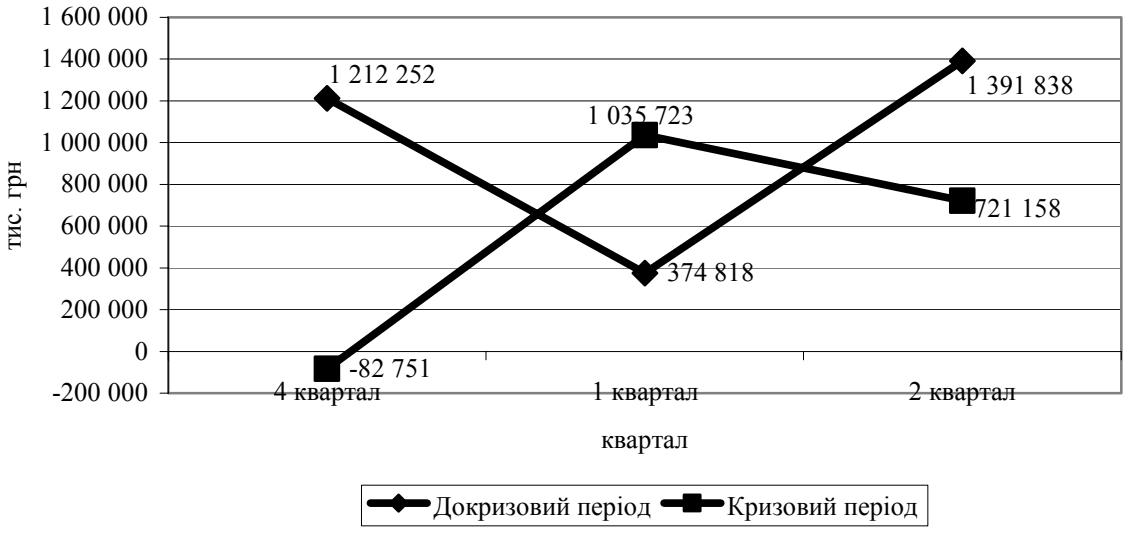


Рис. 8. Фінансовий результат від реалізації послуг підприємств залізничного транспорту

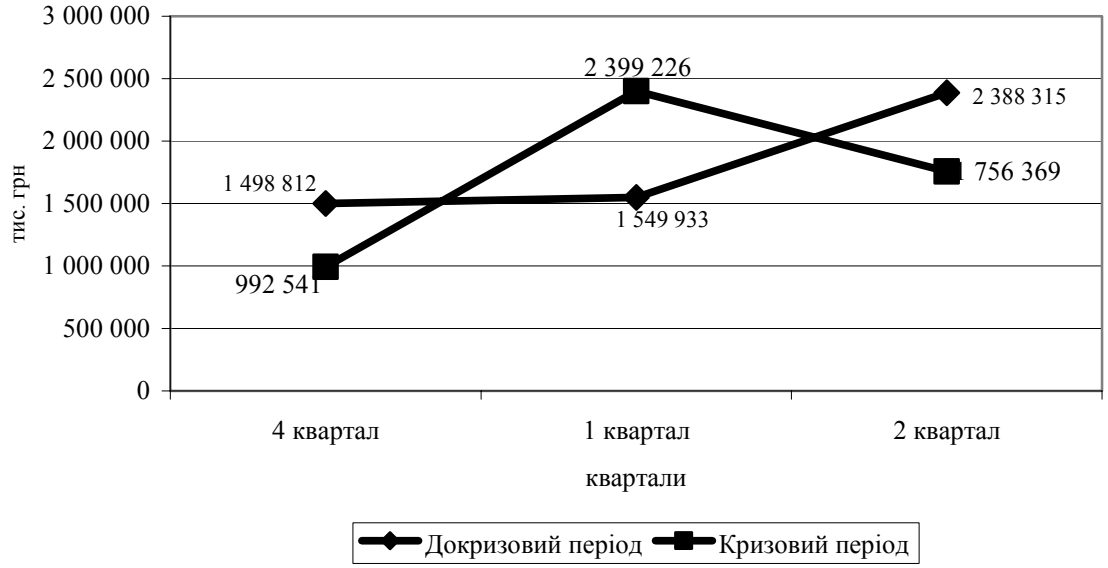


Рис. 9. Фінансовий результат від реалізації послуг з вантажних перевезень

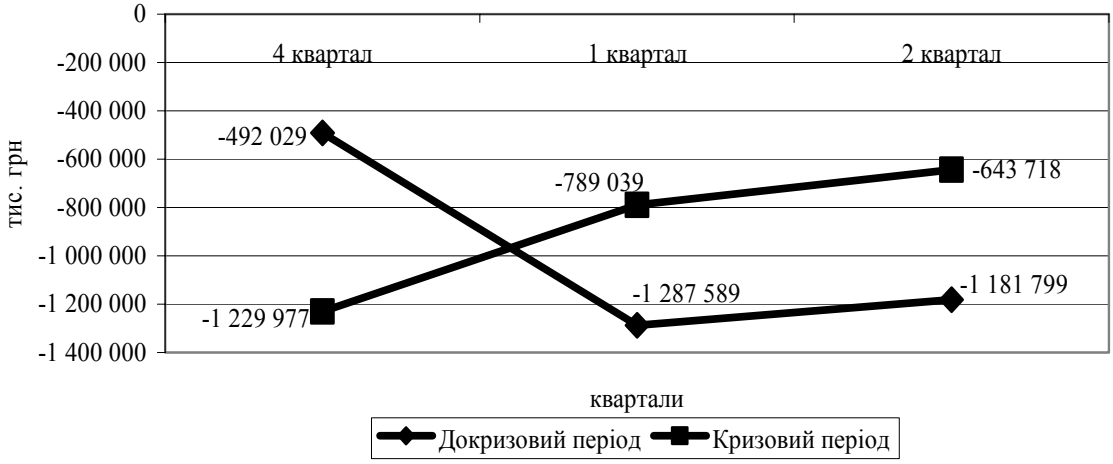


Рис. 10. Фінансовий результат від реалізації послуг з пасажирських перевезень

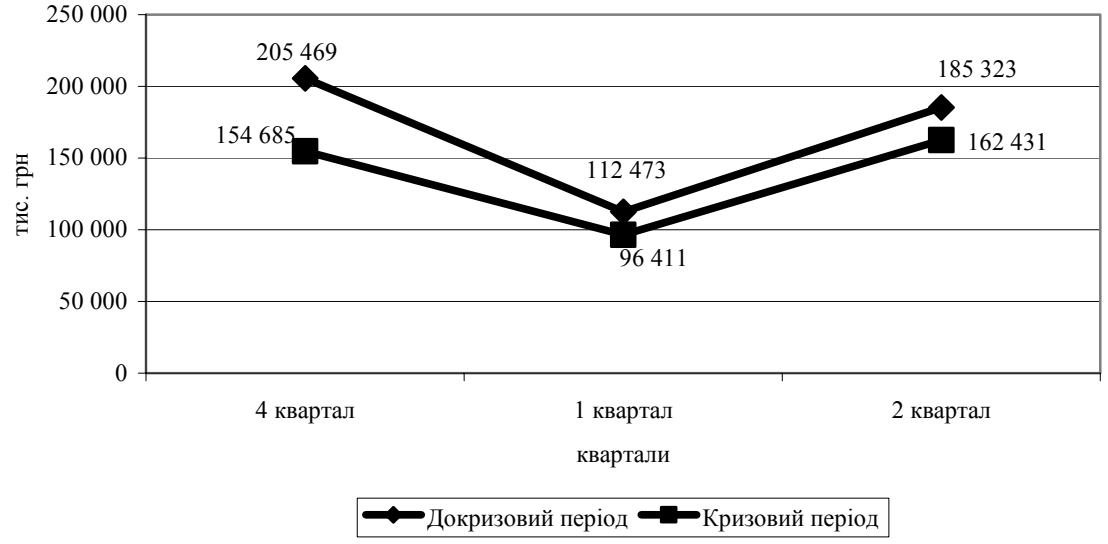


Рис. 11. Фінансовий результат від реалізації послуг з допоміжного виробництва

Таблиця 2

Фактичні витрати основної діяльності за елементами (4 кв. 2007 р. до 4 кв. 2008 р.)

Найменування показника	4 кв. 2007 р., тис. грн	4 кв. 2008 р., тис. грн	% зміни показника
Витрати на оплату праці	1 966 762	2 254 794	14,64
Відрахування на соціальні заходи	759 056	868 355	14,40
Матеріали	1615 720	1 522 660	–5,76
Паливо	771 981	741 912	–3,90
Електроенергія	561 491	712 307	26,86
Амортизація	27 205	2 011 146	7 292,56
Інші витрати	454 977	1 138 933	150,33
Всього витрат	6 157 192	9 250 107	50,23

Таблиця 3

Фактичні витрати основної діяльності за елементами (1 кв. 2008 р. до 1 кв. 2009 р.)

Найменування показника	1 кв. 2008 р. тис. грн	1 кв. 2009 р., тис. грн	% зміни показника
Витрати на оплату праці	2 352 484	2 311 389	–1,75
Відрахування на соціальні заходи	897 088	886 900	–1,14
Матеріали	1 032 927	780 336	–24,45
Паливо	797 834	616 367	–22,74
Електроенергія	631 956	722 129	14,27
Амортизація	1 271 911	1 664 484	30,86
Інші витрати	711 040	1 440 688	102,62
Всього витрат	7 695 240	8 422 293	9,45

Таблиця 4

Фактичні витрати основної діяльності за елементами (2 кв. 2008 р. до 2 кв. 2009 р.)

Найменування показника	2 квартал 2008 р. тис. грн	2 квартал 2009 р. тис. грн	% зміни показника
Витрати на оплату праці	2 329 154	2 504 624	7,53
Відрахування на соціальні заходи	890 089	955 949	7,40
Матеріали	1 504 432	1 377 293	–8,45
Паливо	899 901	508 766	–43,46
Електроенергія	579 261	598 401	3,30
Амортизація	1 275 653	1 613 714	26,50
Інші витрати	888 312	1 535 750	72,88
Всього витрат	8 366 802	9 094 497	8,70

Висновки

На основі досліджень, які були виконані на першому етапі науково-дослідної роботи, можна зробити такі висновки.

1. Світова фінансово-економічна криза суттєво вплинула на економіку України, що призвело до зниження у січні–липні 2009 р. порівняно із січнем–липнем 2008 р.:

- темпів зростання промислової продукції на 30,4 %;

- інвестицій в основний капітал та обсягу продукції будівництва, відповідно, на 43,3 % та 44,3 %;

- вантажообігу та пасажирообігу транспорту, відповідно, на 33,3% та 10,4 %;

- експорту та імпорту товарів і послуг, відповідно, на 43,6 % та 51,3 %;

- обігу роздрібної торгівлі на 15,9 %

- реальної заробітної плати на 10,1 %.

Підвищився лише обсяг продукції сільського господарства на 3,8 %, заборгованість із виплати заробітної плати та кількість безробітних – на 17 %.

2. Одночасно знизилися обсяги перевезень вантажів усіма видами транспорту на 33,3 %, в тому числі:

- залізничним на 33,3%;

- автомобільним на 11,1 %;

- водним на 58,0 %;

- трубопровідним на 35,2 %;

- авіаційним на 19,3 %.

3. Перевезення пасажирів та пасажирообіг транспорту знизилися, відповідно:

- залізничним транспортом на 3,8 та 8,7 %;

- автомобільним транспортом на 6,7 та 7,6 %;

- водним транспортом на 11,0 % та 15,2%;

- авіаційним транспортом на 14,6 % та 13,9 %;

- трамвайним транспортом на 20,5 % та 21,4 %;

- тролейбусним транспортом на 18,6 % та 18,7 %;

- метрополітеном на 22,4 % та 22,9 %.

4. Обсяги вантажних перевезень залізничним транспортом з 1 жовтня 2008 р. по 1 липня 2009 р. за видами сполучень знизилися, відповідно:

- імпорт в середньому на 52,5 %;

- експорт на 21…13,9 %;

- транзит знизився у червні 2009 р. на 52,3 % (в липні, серпні та вересні 2009 р. почалось поступове збільшення транзиту);

- внутрішнє сполучення на 30…37,7 %.

5. На пасажирські перевезення залізничним транспортом фінансово-економічна криза вплинула не так сильно, як на вантажні. Найбільше падіння обсягів пасажирообігу відбулося у міжнародному сполученні – 17,9 %. У внутрішньому та приміському сполученні також відбулося падіння обсягів пасажирообігу, але, відповідно, всього на 7,4 % та 4,3%.

6. Приріст доходів Укрзалізниці від пасажирських перевезень у кризовому періоді стався на 26,7 %, в основному за рахунок подорожчання тарифів у міжнародному сполученні. Приріст експлуатаційних витрат у кризовому періоді становить 9,0 %, що пояснюється в основному подорожчанням матеріалів та енергоносіїв. Збитки від пасажирських перевезень у кризовому періоді стали меншими на 127 млн грн, що пояснюється незначним ростом експлуатаційних витрат за рахунок ефективних заходів Укрзалізниці. Але в приміському сполученні збитки стали більшими на 257 млн грн, що пояснюється додатковими витратами на утримання електропоїздів, які раніше були приписані до локомотивного господарства.

7. Загальне покриття витрат доходами від пасажирських перевезень у кризовому періоді збільшилося на 6,9 %, а собівартість пасажирських перевезень за 10 пас.-км у кризовому періоді виросла на 17,5 %, що пояснюється зменшенням обсягів пасажирообігу та збільшенням експлуатаційних витрат. Найбільші зміни собівартості перевезень відбулися у міжнародному сполученні – 31,3 % та приміському – 24,9 %.

8. За даними ЦФ, у кризовому періоді доходи від вантажних перевезень збільшилися на 3,5 %, від пасажирських збільшилися на 20,0 %, а від допоміжного виробництва зменшилися на 42,7%, що вплинуло на загальне зниження доходів залізничного транспорту на 7,3 %.

9. Фінансовий результат від вантажних перевезень зменшився на 5,3 %, від пассажирських – на 10,1 % , від допоміжного виробництва – на 17,9 %, а загальний фінансовий результат діяльності підприємств залізничного транспорту знизився на 43 %.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аналіз роботи залізниць України по пасажирським перевезенням за результатами роботи в докризовому та кризовому періодах (вихідні дані ЦЛ) [Текст].
2. Аналіз роботи залізниць України по вантажним перевезенням за результатами роботи в докризовому та кризовому періодах (вихідні дані ЦМ) [Текст].
3. Об’ємні та фінансово-економічні показники по пасажирських перевезеннях в приміському сполученні по залізницях України (вихідні дані ЦРП) [Текст].
4. Звіт про доходи і витрати підприємств основної діяльності залізничного транспорту України [Текст] / Відомча статистична звітність. – Форми № 10, 14зал.

Надійшла до редколегії 04.09.2009.
Прийнята до друку 16.09.2009.

УДК 711.553.12

Н. Д. ВОЛКАНОВА (Донецький інститут залізничного транспорту)

СУТНІСТЬ І ПРИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ У КОНТЕКСТІ РОЗРОБЛЕННЯ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГОВО-ТРАНСПОРТНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ

Досліджено шляхи підвищення ефективності управління транспортним процесом у транспортному вузлі. Запропоновано методи впровадження логістичних технологій в процес управління транспортним вузлом.

Исследованы пути повышения эффективности управления транспортным процессом в транспортном узле. Предложены методы внедрения логистических технологий в процесс управления транспортным узлом.

The ways for improving the management efficiency for transport process at a transport junction are investigated. The methods of introducing the logistic technologies into a process of management by a transport junction are offered.

Постановка проблеми

Дослідження нової сутності та призначення транспортних вузлів обумовлено багатьма причинами, серед яких особливу увагу викликають наступні. По-перше, процеси глобалізації та соціально-економічних перетворень у країнах з перехідною економікою змінюють роль транспортних вузлів, у яких здійснюється переробка і перевалка експортно-імпортних вантажних потоків. По-друге, збільшення транснаціональних товаропотоків визначило формування системи транс'європейських комунікацій – міжнародних транспортних коридорів (МТК), які проходять через транспортні вузли і потребують розбудови відповідної інфраструктури транспортно-логістичного сервісу. По-третє, зростає залежність ефективності комерційної взаємодії суміжників у транспортному вузлі від технології управління технологічними ланцюжками доставки вантажу і ступеня зацікавленості в логістизації транспортного обслуговування не тільки задіяних суб'єктів – перевізника, вантажовласника, експедитора, а й потенціальних інвесторів, партнерів по бізнесу, фіскальних органів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В умовах глобалізації суспільного виробництва, розвитку мережі міжконтинентальних транспортних зв'язків і розвитку ринкових відносин на пострадянському просторі значно підсилився інтерес до взаємодії різних видів транспорту у складі глобальних і національних транспортних систем. Цим проблемам присвячені ряд нормативно-правових актів [1, 2], наукові праці Диканя В. Л. [3, 4], Куренкова П. В., Котляренко А. Ф. [5], інших фахівців, науковців та урядовців країн СНД, Балтії, Європи, США.

Виділення невирішеної проблеми

Незважаючи на велику кількість публікацій, які в основному присвячені аналізу сутності транспортної системи, принципів її єдності, форм взаємодії різних видів транспорту, не існує чіткого визначення сутності транспортного вузла в контексті еволюції транспортного процесу, а також аналізу змін, що відбуваються в системі управління транспортним процесом у транспортних вузлах України, в умовах переходу до ринкових відносин, інтеграції у світовий економічний простір і розвитку логістичних технологій.

Метою даної статті є визначення сутності та призначення транспортних вузлів у контексті розроблення міжнародної торгово-транспортної стратегії України, яка призвана прискорити реалізацію Програми створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні [1, 2].

Результати досліджень

У процесі дослідження було доведено, що сутність самого поняття «транспортний вузол» різними авторами трактується неоднозначно. Згідно [6, 7] під транспортним вузлом розуміється пункт стикування двох чи більшої кількості транспорту. У той же час у [8, 9] транспортний вузол розглядається як транспортна система промислового вузла, форма територіальної організації транспортних підприємств, елемент регіональної транспортної системи. Згідно По-

© Волканова Н. Д., 2009

ложення про транспортний вузол, «...транспортний вузол включає в себе морські, річкові порти і пароплавства, залізничні станції, відділення і управління залізниць, автотранспортні підприємства і управління автомобільного транспорту, інші підприємства і організації, які спільно забезпечують перевезення і переробку вантажів, обробку транспортних засобів» [10]. Розміщуються усі підприємства транспортного вузла на достатньо великій території, тобто транспортний вузол займає певний транспортний простір регіону обслуговування.

Враховуючи вищенаведені визначення, доцільно транспортний вузол, як категорію транспортної науки, розглядати у широкому та вузькому розумінні.

«Транспортний вузол у широкому розумінні», або промисловий транспортний вузол, представляє собою складну просторову систему підприємств різних видів транспорту та інших господарюючих суб'єктів в межах промислового вузла, що спільно забезпечують здійснення транспортного процесу з метою задоволення потреб клієнтів у перевезенні вантажів і пасажирів. У цьому розумінні транспортний вузол може розглядатися як регіональна транспортно-логістична система, у якій виокремлюються типові технологічні ланцюжки, що обслуговуються окремими підсистемами, наприклад, технологічні ланцюжки з ремонту та контролю технічного стану рухомого складу, технологічні ланцюжки по обслуговуванню транзитних вантажних потоків за схемою «суходіл – море – суходіл», або логістичні ланцюжки по доставці вантажів від складу виробника до логістичного розподільного центру тощо. Параметрами промислового транспортного вузла є: число взаємодіючих видів транспорту; число типових технологічних або логістичних ланцюжків, що обслуговуються окремими підсистемами транспортного вузла; число фаз, якщо окремі підсистеми вступають у роботу послідовно; кількість зв'язків між елементами у підсистемах.

«Транспортний вузол у вузькому розумінні» представляє собою пункт перетину двох або більшої кількості видів транспорту і може розглядатися як ланка окремо узятого транспортно-логістичного ланцюга доставки вантажу у змішаних перевезеннях.

Використовуючи троїстість взаємної обумовленості розвитку системи, можна встановити таку ієрархію: «транспортний вузол у широкому розумінні» – це надсистема «транспортного вузла у вузькому розумінні». Підсистеми «транспортного вузла у вузькому розумінні» складаються з окремих підприємств, організацій, що утворюють типові транспортно-технологічні і транспортно-логістичні ланцюжки. Нижню ступінь ієрархії утворюють типові процеси з визначеним технічним оснащенням та локальними системами управління.

У складі транспортного вузла у широкому розумінні, як правило, виділяють такі підсистеми:

– пасажирське обслуговування (прийом, відправлення та обслуговування міських, приміських, дальніх і транзитних пасажиропотоків);

– вантажне обслуговування (прийом, відправлення, транзит без переробки, транзит з переробкою, змішаний транзит за участю декількох видів транспорту);

– ремонт та контроль технічного стану рухомого складу;

– транспортне експедиторське обслуговування;

– розподіл матеріальних потоків (склади, складські термінали, транспортно-складські комплекси, торгівельні бази, центри логістичного розподілу);

– інформаційне супроводження пасажирських, вантажних, транспортних потоків (масиви транспортної і комерційної інформації для всіх учасників логістичних ланцюгів);

– інвестиційно-фінансове забезпечення транспортно-логістичного процесу.

У світовій практиці транспортні підприємства промислового транспортного вузла інтегруються з торговою й індустріальною зоною усього регіону, причому на транспортних комплексах розміщуються комплекси глибокої переробки вантажів. Складські термінали виконують функції логістичних підприємств, діяльність яких націлена на скорочення перевізного часу і раціональне зниження енергетичних і трудових витрат у межах регіонального і загальнодержавного розподілу вантажів. У середині великого промислового транспортного вузла можуть бути зосереджені десятки терміналів, на периферії – навіть кілька десятків.

В основу організації транспортного вузла (у широкому і вузькому розумінні) покладені наступні принципи: раціональне розміщення вузла щодо обслуговуючої клієнтури; оснащеність навантажувально-розвантажувальних фронтів; наявність місць тимчасового складування, оснащених високопродуктивними перевантажу-

вальними засобами. У ринкових умовах транспортування будь-якого вантажу при прямому чи змішаному варіанті розглядається як активність логістичної системи, що забезпечує найбільш швидке просування товару від місця формування вантажопотоку до місця його призначення, тому крім зазначених принципів варто дотримувати також принципу відповідності пропускної здатності технічного оснащення потужностям потоків вантажів з урахуванням перспектив розвитку перевезень у даному регіоні на основі стратегічного планування. При організації транспортного вузла передбачається комплексний розвиток матеріально-технічної бази транспорту з узгодженням параметрів рухомого складу, задіяного в транспортному коридорі, за габаритами, вантажопідйомністю і місткістю, забезпеченням ритмічності подачі транспортних засобів, управління рухом контейнерів за допомогою організації системи спостереження.

Учасники міжнародних перевезень першими відчувають необхідність впровадження єврологістичних технологій вантажної переробки, інтермодальних та термінальних систем доставки, телекомунікаційних систем супроводження вантажів. За оцінками міжнародних експертів ООН та ЄС і прогнозам НАНУ, до 2010 р. можна очікувати збільшення товарообміну в напрямку європейської вертикалі Північ – Південь на 25 – 30 %, євразійської – на 30 – 35 %. А це значить, що на початку нового століття значимість світових транспортних зв'язків і роль розподільних центрів, які, як правило, розміщуються у транспортних вузлах змішаного типу, зрівняється зі значимістю центрів видобутку сировини і промислового виробництва, якщо не перевищить її [9].

Процес глобалізації суттєво вплинув на зміну географії перевезень. Встановилися не тільки нові маршрути товарообігу, але й зв'язані з ними напрямки транспортних потоків. Очевидно, що нові технології перевезень не можуть бути упроваджені відразу на всій транспортній мережі. Це зажадало б занадто великих матеріальних і фінансових витрат. Тому світова практика пішла по шляху створення транспортних коридорів, технічні засоби і технології в яких дозволили б здійснювати комбіновані перевезення. У країнах ЄС та СНД простежується тенденція до розбудови системи терміналів для переробки контейнерів. У рамках міжнародної програми "Collomodul", у реалізації якої приймають участь Німеччина, Голландія та Франція, вирішується задача створення міжнаціональних логістичних центрів фізичного розподілу на основі використання контейнерів в інтермодальних перевезеннях та створення комунікаційних інформаційно-комп'ютерних систем. На залізницях Росії реалізована «Комплексна програма розвитку контейнерних перевезень вантажів», впроваджується «Автоматизована система управління контейнерними перевезеннями на базі номерної контейнерної моделі» [11].

Транспортні системи Угорщини, Польщі, Чехії, Словенії, Словаччини безпосередньо зв'язані з ТДК України, що безсумнівно прискорить інтеграцію транспортної системи України в європейську і світову транспортну систему. Так, у 2001 р. у Братиславі між керівниками транспортних міністерств Росії, України, Словаччини та Чехії був підписаний меморандум «Про співпрацю в області залучення інвестицій, організації перевезень вантажів по залізничній колії 1520 мм і створення логістичного центру й терміналу в Чеській Республіці», Верховною Радою прийнято «Комплексну програму затвердження України як транзитної держави у 2002-2010 рр.», закон України про ратифікацію «Угоди про принципи формування спільного транспортного простору і взаємодії держав – учасниць СНД у галузі транспортної політики». Згідно з [12] на території України передбачається створити 46 опорних транспортно-складських комплексів (ТСК) і спеціалізувати їх за трьома категоріями: 9 прикордонних, 16 сухопутних і 21 водний. Організація поставки вантажів за логістичними принципами «від дверей до дверей» та «точно в строк» на просторі країн СНД, що залишається неохопленим подібними послугами, є складовим елементом Інвестиційної Програми створення торгово-транспортної мережі «DOOR–TO–DOOR» у контексті нової Міжнародної торгово-транспортної стратегії України на недалеку перспективу [4].

Підвищення конкурентноздатності транспортних вузлів на підґрунті координації роботи усіх учасників транспортного процесу є однією з логістичних технологій, якій у країнах Західної Європи приділяється велика увага. Місця дислокації логістичних центрів, вибирають, при наявності вільних територій, поблизу автострад і залізничних ліній [13]. У визначених умовах транспортні вузли, що здійснюють переробку експортно-імпортних вантажних потоків, стають центрами складної міжнародної мережі розподілу матеріальних, інформаційних та фінансових потоків.

Багатоопераційний і разом з тим комплексний процес перевалки вантажів у транспортному вузлі об'єктивно вимагає координації і взаємодії роз'єднаних учасників транспортного процесу. Взаємодія, яка передбачає удосконалення оперативного планування і управління узгодженою роботою конкретних підрозділів різних видів транспорту, потребує залучення до цього процесу підприємств та організацій інших галузей народного господарства. До ринкових реформ вважалося, що така взаємодія здійснюється на середньому рівні транспортної ієрархії (управління залізницею і пароплавство) і у низових її ланках (станції, порти, автомобільні підприємства) [5]. Однак, при проходженні зовнішньоторговельних вантажів через морські транспортні вузли взаємодія відбувається не тільки між залізничною станцією і портом, а і між перевізниками і експедиторами, між експедиторами і вантажовласниками, між експедиторами і стивідорами, між стивідорами і агентами, між агентами і таможнею, між експедиторами і таможнею тощо. Крім того, у перевезеннях приймають участь не тільки державні організації, а і приватні компанії, тому взаємодією і координацією охоплено практично усі рівні управління транспортним процесом. Стратегічні цілі розвитку промислових транспортних вузлів, які здійснюють зовнішньоекономічні і міжнародні перевезення, передбачають: інтеграцію транспортних підприємств з торговою і індустріальною зоною; формування бізнес-альянсів світового рівня на основі інтегрованих логістичних систем; розбудову термінальних комплексів і інформаційно-логістичних центрів як суб'єктів управління транспортним процесом у інтегрованих логістичних системах; встановлення тісних зв'язків між логістичними центрами і муніципалітетами промислових транспортних вузлів та формування Координаційної Ради адміністрацій суб'єктів транспортно-логістичної системи і представників законодавчих органів транспортного вузла, що об'єднає людей, матеріальні ресурси, фінанси, енергію і інформацію так, щоб їх спільне використання забезпечило досягнення запрограмованих цілей.

Висновки

На підставі дослідження призначення, місця і ролі транспортних вузлів у контексті розроблення міжнародної торгово-транспортної стратегії України було вироблено ряд наукових висновків, зміст яких полягає у наступному.

1. На процеси, які відбуваються у транспортних вузлах України, мають вплив загальні закономірності розвитку світової економіки. По-перше, це глобалізація економічних зв'язків, яка привела до збільшення транскордонних потоків товарів, капіталу, технологій, інформації та до гомогенізації світу. По-друге, це соціально-економічні перетворення, або структурно-інноваційне моделювання розвитку країн перехідної економіки, яке викликало необхідність визначити стратегічні пріоритети розвитку транспортно-дорожнього комплексу України.

2. Залучення інфраструктури транспортних вузлів до розбудови МТК потребує розробки спеціальної концепції та програми розвитку транспортних вузлів з урахуванням еволюції транспортного процесу та нової ролі транспортних вузлів як логістичних центрів вантажно-інформаційного транспортного коридору.

3. Метою удосконалення управління транспортним процесом у підсистемах транспортного вузла у визначених умовах є зменшення стикових втрат (запасів, резервів вантажних фронтів, складів), скорочення простоїв рухомого складу, мінімізація витрат, узгодження ритмів роботи постачальників, споживачів і транспорту.

4. Використання принципів логістики дозволяє оптимізувати управління транспортним процесом у промисловому транспортному вузлі за рахунок створення стрункої і гнучкої інтегрованої логістичної системи (ІЛС), яка потребує признання усіма її учасниками необхідності партнерства та наявності організуючого начала у вигляді логістичного центру управління, незаангажованого ні одним із учасників транспортного процесу. Метою оптимізації транспортного процесу в ІЛС промислових транспортних вузлів є розвиток транспортно-логістичного сервісу і підвищення конкурентоздатності національної мережі транспортних вузлів, які здійснюють транзитні і зовнішньоторговельні перевезення.

5. Об'єднання процесу перевезення з наданням послуг транспортно-логістичного сервісу забезпечує реалізацію відомої закономірності – кількісне поєднання окремих елементів у єдине ціле дає нову якість функціонування транспортного вузла як моноцентричного транспортно-виробничого ареалу, пов'язаного з ядром доцентровими силами, та центру міжнародної торгово-транспортної мережі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Концепція створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні [Текст] : Постанова Кабінету Міністрів України від 4 серпня 1997 р. № 821.
2. Про затвердження Програми створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні [Текст] : Постанова Кабінету Міністрів України від 20 березня 1998 р. № 346 // Урядовий кур'єр. – 1998. – № 67-68. – С. 7-16.
3. Дикань, В. Л. Актуальность улучшения системы комбинированных перевозок в международной транспортной сети [Текст] / В. Л. Дикань // Вісник економіки транспорту і промисловості. Зб. наук. пр. – Х.: УкрДАЗТ, 2006. – № 13. – С. 13-19.
4. Дикань, В. Л. Становление и развитие транспортной системы путём создания торгово-транспортной сети «DOOR - TO - DOOR» [Текст] / В. Л. Дикань // Матеріали міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми міжнародних транспортних коридорів і Єдиної транспортної системи України» (Коктебель – 2007). – С. 67-72.
5. Куренков, П. В. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Управление [Текст] / П. В. Куренков, А. Ф. Котляренко. – Самара: СамГАПС, 2002. – 636 с.
6. Методика технико-экономических расчетов при развитии транспортных узлов [Текст] / под. ред. К. Ю. Скалова, Э. Е. Островского, Г. С. Молярчука. – М.: Транспорт, 1972. – С. 5.
7. Железнодорожные станции и узлы [Текст] / под ред. В. М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1992. – С. 391.
8. Дегтяренко, В. Н. Транспортные узлы промышленных районов [Текст] / В. Н. Дегтяренко. – М.: Стройиздат, 1974. – С. 120.
9. Правдин, Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта в узлах [Текст] / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – Мн.: Вышейшая шк., 1983. – С. 31.
10. Положение о транспортном узле [Текст]. – М.: МПС СССР, 1983. – 27 с.
11. Європейське залізничне законодавство. Підборка законодавчих актів Європейського Союзу, які відображають етапи розвитку та становлення Європейського залізничного права у 2-х т. [Текст] / Управління зовнішніх зв'язків Державної адміністрації залізничного транспорту України; за ред. І. Б. Матвєєва. – К.: Поліграфсервіс, 2006.
12. Полякова, О. М. Аспекти розміщення вантажних транспортно-логістичних комплексів в Україні [Текст] / О. М. Полякова // Вісник економіки транспорту і промисловості: Зб. наук. пр. / гол. ред. В. Л. Дикань. – Х.: УкрДАЗТ, 2004. – № 8. – С. 142-146.
13. Елисеев, С. К типологизации логистических центров [Текст] / С. Елисеев, А. Котляренко, П. Куренков // Логистика. – 2003. – № 3. – С. 15-16.

Надійшла до редколегії 24.04.2009.
Прийнята до друку 02.06.2009.

УДК 629.46:656.2.003.1

О. Н. ГНЕННЫЙ (ДИИТ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОРЯДКА КОМПЕНСАЦИИ В ДЕНЕЖНОЙ ФОРМЕ ЗА УТЕРЯННЫЕ (ПОВРЕЖДЕННЫЕ) ГРУЗОВЫЕ ВАГОНЫ ДРУГИХ ГОСУДАРСТВ

У роботі встановлено, що вартість загублених (пошкоджених) вагонів, яка визначається відповідно до діючого порядку компенсації збитків, значно відрізняється від ринкової вартості. Виявлено, що ця відмінність пов'язана з невідповідністю нормативних цін на нові вагони цінам заводів-виробників, а також невідповідністю методу визначення зносу вагона до зв'язку вартості та терміну експлуатації вагона, що склався на ринку. Пропонується при виборі грошової форми компенсації збитків на вибір залізничної адміністрації-власниці визначати вартість вагона за незалежною (експертною) оцінкою або за встановленими нормами. При цьому змінити метод визначення зносу вагона з прямолінійного на метод зменшуваного залишку. Крім того, доцільно забезпечити періодичне оновлення нормативних цін на нові вагони.

В работе установлено, что стоимость утерянных (поврежденных) вагонов, определяемая в соответствии с действующим порядком компенсации убытков, значительно отличается от рыночной стоимости. Выявлено, что это отличие связано с несоответствием нормативных цен на новые вагоны ценам заводов-изготовителей, а также несоответствием используемого метода учета износа вагона сложившейся на рынке связи стоимости и времени эксплуатации вагона. Предлагается при выборе денежной формы компенсации убытков на усмотрение железнодорожной администрации-собственницы определять стоимость вагона по независимой (экспертной) оценке или по установленным нормам. При этом изменить метод определения износа вагона с прямолинейного на метод уменьшающегося остатка. Кроме того, следует обеспечить периодическое обновление нормативных цен на новые вагоны.

It is found that the cost of lost (damaged) wagons determined in accordance with the operating order of indemnity of losses differs considerably from the market cost. This difference is related to a discrepancy of normative prices on new wagons to the prices of manufacturers as well as to a gap of used method of account of wagon deterioration to the relation between the cost and the time of wagon operation, which is at the market. At the choice of money form of indemnity of losses, it is suggested to determine the wagon cost by independent (expert) estimate or the set norms at the discretion of railway administration-owner. In so doing, to change the method of determination of wagon deterioration from a rectilinear one on a method of decreasing rest. In addition, the periodic update of normative prices on new wagons should be provided.

I. Введение

В случае утери вагона железнодорожной администрацией-пользователем или его повреждения до степени исключения из инвентарного парка, убытки железнодорожной администрации-собственницы вагона включают две составляющие:

- прямые убытки, измеряемые стоимостью утерянного (поврежденного) вагона;
- упущенная выгода, измеряемая недополученными железнодорожной администрацией-собственницей чистыми доходами вследствие утери или повреждения вагона.

Компенсация прямых убытков может производиться в денежной форме или в натуре, путем замены на равноценный вагон.

Компенсация упущенной выгоды производится путем оплаты железнодорожной администрацией-пользователем в пользу железнодорожной администрации-собственницы платы за использование утерянного (поврежденного) вагона с момента утери (повреждения) до момента компенсации прямых убытков.

Очевидно, что ключевым вопросом механизма компенсации за утерю вагонов или их повреждение до степени исключения, является стоимостная оценка утерянного (поврежденного) вагона.

Действующий порядок компенсации убытков, установленный Правилами эксплуатации, пономерного учета и расчетов за пользование грузовыми вагонами собственности других государств [1], предусматривает определение стоимости нового вагона, подобного утерянному (поврежденному) по типу, по установленным нормативам стоимости. Износ вагона учитывается прямолинейным методом исходя из его возраста в размере 4 % за год, но не более 80 %. Т.е., оценка проводится затратным под-

© Гненный О. Н., 2009

ходом на базе остаточной стоимости замещения.

Наилучшим вариантом, согласовывающим интересы обеих причастных железнодорожных администраций, является оценка утерянного (поврежденного) вагона по справедливой стоимости (в терминологии МСФО – Международных стандартов финансовой отчетности). Справедливой стоимостью применительно к железнодорожному подвижному составу как транспортным средствам является рыночная стоимость, если она может быть определена в соответствии с Международными стандартами оценки (МСО), или остаточная стоимость замещения. Рыночная стоимость может быть определена в отношении объектов, для которых существует достаточно активный рынок. Объекты, которые, как правило, самостоятельно не выступают предметом купли-продажи, относятся к категории специализированного имущества, для которого справедливой является остаточная стоимость замещения.

Большинство типов грузовых вагонов имеют на территории стран СНГ и Балтии рынок купли-продажи, что объясняется наличием значительного числа собственников указанного подвижного состава (железнодорожные администрации и предприятия, предприятия других отраслей экономики, операторские компании). В связи с этим, грузовые вагоны не являются специализированным имуществом (в терминологии МСО), и для них справедливой является рыночная стоимость.

Рыночная стоимость имущества может быть определена путем проведения его независимой (экспертной) оценки. Причем, поскольку речь идет о межгосударственных отношениях, такая оценка должна быть проведена в соответствии с Международными стандартами оценки.

Преимуществом включения в рассматриваемый механизм компенсации убытков процедуры независимой оценки является обеспечение индивидуального подхода к каждому утерянному (поврежденному) вагону. Независимая оценка позволит учесть все особенности вагона, в том числе срок и условия его эксплуатации, проведение капитальных и деповских ремонтов, техническое состояние вагона в целом и отдельных узлов, а также сложившиеся на момент утери (повреждения) вагона внешние условия, проявляющиеся в виде конъюнктуры рынка подвижного состава, как нового, так и бывшего в употреблении.

Однако включение в механизм компенсации убытков процедуры независимой оценки сопряжено и с рядом недостатков:

– замедление общей процедуры, поскольку проведение оценки требует определенного времени;
– возможность возникновения разногласий между причастными железнодорожными администрациями по поводу результатов оценки;
– проведение независимой оценки сопряжено с дополнительными расходами.

Поэтому при выборе железнодорожной администрацией-собственницей варианта компенсации убытков в стоимостной форме целесообразно определять стоимость утерянного (поврежденного) вагона по выбору указанной администрации или по результатам независимой оценки, или с помощью установленных нормативов. При этом процедура такой нормативной оценки требует изменений.

II. Постановка задачи

Задачей данной работы является разработка метода нормативной оценки грузовых вагонов с целью определения размера компенсации прямых убытков от утери (повреждения) вагона, который позволит приблизить результат такой оценки (остаточная стоимость замещения) к справедливой стоимости вагона.

III. Результаты исследования

Для проверки соответствия результатов оценки вагонов по действующему порядку их рыночной стоимости в данной работе определяются указанные виды стоимости для трех полувагонов. Вагон № 1 построен в августе 1993 г., модель 12-757. Вагон № 2 построен в декабре 1979 г., модель 12-532. Вагон № 3 построен в декабре 1978 г., модель 12-532. Оценка выполнена на 01.02.2009 г.

Рыночная стоимость определяется в соответствии с МСО [2]. Оценка выполнена сравнительным подходом, методом регрессионного анализа. Стоимость оцениваемых вагонов определяется в швейцарских франках. При анализе рынка бывших в употреблении грузовых вагонов выявлено 27 предложение к продаже полувагонов. Сведения о выявленных объектах сравнения[1] представлены в табл. 1.

[1] Источник информации – данные железнодорожной торговой площадки (http://www.railtransport.ru/)

Таблица 1

Объекты сравнения на рынке продаж

№ п/п	Дата предложения	Год выпуска	Модель	Масса тары, т	Грузоподъемность, т	Объем кузова, $м^3$	Цена с НДС	Ставка НДС, %	Валюта	Курс, франков за ед.	Цена без НДС, франков
1	05.02.09	1983,5	12-515	21	69	77	280000	18	руб.	0,03182	7550
2	02.02.09	1992	12-132	24	70	88	650000	18	руб.	0,03264	17978
3	29.01.09	1992	12-132	24	70	88	650000	18	руб.	0,03416	18816
4	28.01.09	1985	12-753	22,5	69	74	900000	18	руб.	0,03443	26260
5	28.01.09	1990	12-757	25	69	85	900000	18	руб.	0,03443	26260
6	28.01.09	1988	12-532	22	69	73	900000	18	руб.	0,03443	26260
7	28.01.09	1990	12-757	25	69	85	900000	18	руб.	0,03443	26260
8	27.01.09	1994	12-132	24	70	88	27000	20	долл.	1,15712	26035
9	26.01.09	1987	12-753	22,5	69	74	780000	18	руб.	0,03535	23370
10	26.01.09	2008	12-132	24	70	88	2050000	18	руб.	0,03535	61421
11	23.01.09	1990,5	12-141	23	71	77	770000	18	руб.	0,03528	23023
12	13.01.09	1987	12-753	22,5	69	74	830000	18	руб.	0,03617	25442
13	26.12.08	1987,5	12-132	24	70	88	1106061	18	руб.	0,03758	35224
14	22.12.08	1989	12-753	22,5	69	74	500000	18	руб.	0,03896	16508
15	15.12.08	2008	12-132	24	70	88	1650000	18	руб.	0,04255	59492
16	15.12.08	1987	12-753	22,5	69	74	820000	18	руб.	0,04255	29566
17	11.12.08	1977	12-753	22,5	69	74	450000	18	руб.	0,04315	16455
18	10.12.08	2008	12-132	24	70	88	1650000	18	руб.	0,04331	60560
19	09.12.08	1987	12-753	22,5	69	74	750000	18	руб.	0,04328	27510
20	09.12.08	2001	12-132	24	70	88	1310000	18	руб.	0,04328	48051
21	08.12.08	2008	12-132	24	70	88	1650000	18	руб.	0,04277	59807
22	05.12.08	1999	12-132	24	70	88	1200000	18	руб.	0,04338	44119
23	05.12.08	2001	12-132	24	70	88	1310000	18	руб.	0,04338	48163
24	05.12.08	2008	12-9745	24	70	73	1600000	18	руб.	0,04338	58825
25	05.12.08	2006	12-132	24	70	88	1520000	18	руб.	0,04338	55884
26	28.11.08	1989	12-132	24	70	88	850000	18	руб.	0,04372	31497
27	24.11.08	1977	12-532	22	69	73	420000	18	руб.	0,04454	15853

Приведенные в табл. 1 аналоги предлагаются к продаже на территории России и Украины. Перевод денежных единиц, в которых объекты предлагаются к продаже, в швейцарские франки осуществляются по официальным валютным курсам центральных банков соответствующих государств на даты предложения объектов к продаже.

В результате проведения корреляционного анализа выявлено наличие существенной зависимости цены вагона за единицу массы тары от возраста вагона. Исходные данные для построения уравнения регрессии сгруппированы в табл. 2. В рамках регрессионного анализа проанализированы различные формы зависимости результирующего признака от факторного [3]:

– линейная: $y = a + b \cdot x$;

– гиперболическая первого типа: $y = \frac{1}{a + b \cdot x}$;

– гиперболическая второго типа: $y = a + \frac{b}{x}$;

– гиперболическая третьего типа: $y = \frac{x}{a + b \cdot x}$;

– степенная: $y = a \cdot x^b$;

– логарифмическая: $y = a + b \cdot \ln x$;

– обратная логарифмическая: $y = \frac{1}{a + b \cdot \ln x}$;

– показательная: $y = a \cdot b^x$;

– экспоненциальная: $y = e^{a + \frac{b}{x}}$;

– модифицированная степенная: $y = a + b \cdot x^c$;

– модифицированная показательная: $y = a + b \cdot c^x$;

– кривая Гомпертца: $y = a \cdot b^{c^x}$;

– логистическая модель: $y = \frac{1}{a + b \cdot c^x}$.

Таблица 2

Исходные данные для построения уравнения регрессии

№ п/п	Результирующий признак	Факторный признак	№ п/п	Результирующий признак	Факторный признак
	цена без НДС за единицу массы тары, франков/кг	Возраст вагона, лет		цена без НДС за единицу массы тары, франков/кг	Возраст вагона, лет
	y	x		y	x
1	0,3595	25,5	15	2,4788	1
2	0,7491	17	16	1,3140	22
3	0,7840	17	17	0,7313	32
4	1,1671	24	18	2,5233	1
5	1,0504	19	19	1,2227	22
6	1,1936	21	20	2,0021	8
7	1,0504	19	21	2,4920	1
8	1,0848	15	22	1,8383	10
9	1,0387	22	23	2,0068	8
10	2,5592	1	24	2,4510	1
11	1,0010	18,5	25	2,3285	3
12	1,1308	22	26	1,3124	20
13	1,4677	21,5	27	0,7206	32
14	0,7337	20			

С помощью стандартных процедур регрессионного анализа построены соответствующие уравнения регрессии, качественные характеристики которых представлены в табл. 3. Критические значения критериев определены для уровня значимости 0,05.

Табл. 3 свидетельствует, что наилучшее приближение обеспечивает показательная зависимость, которая имеет вид:

$$y = 2,625 \cdot (0,95693)^x, \qquad (1)$$

где y – удельная стоимость полувагона без НДС, франков/кг;

x – возраст вагона, лет.

Полученное уравнение регрессии имеет коэффициент детерминации 0,8703. Расчетное значение F-критерия составляет 167,8 при критическом уровне 4,242 для уровня значимости 0,05. Расчетные значения t-критерия коэффициентов регрессии составляют 9,16 и 7,84 при критическом уровне 2,06. Следовательно, уравнение статистически значимо в целом и значимы все его коэффициенты, что позволяет использовать его для целей оценки.

Таким образом, модель для расчета рыночной стоимости полувагонов имеет вид:

$$C = Q \cdot 2625 \cdot (0{,}95693)^{t}, \qquad (2)$$

где C – рыночная стоимость полувагона без НДС, грн;

Q – масса тары вагона, т;

t – возраст вагона, лет.

Применение полученной модели (2) к оцениваемым вагонам дает следующие результаты:

- Вагон № 1 (дата выпуска 01.08.1993):

$C_1 = 25 \cdot 2625 \cdot (0{,}95693)^{15{,}5} = 33167$ шв. фр.;

- Вагон № 2 (дата выпуска 24.12.1979):

$C_2 = 22 \cdot 2625 \cdot (0{,}95693)^{29{,}1} = 16039$ шв. фр.;

- Вагон № 3 (дата выпуска 01.12.1978):

$C_3 = 22 \cdot 2625 \cdot (0{,}95693)^{30{,}2} = 15280$ шв. фр.

Приложение 16-б Правил [1] предусматривает, что цена за 1 кг тары нового четырехосного полувагона составляет 2,8 шв. фр. Обесценение вагонов учитывается в размере 4 % за год, но не более 80 % цены нового вагона. Таким образом, в соответствии с действующими правилами, цены указанных вагонов составят:

- полувагон № 1 – 25200 шв. фр.;
- полувагон № 2 – 12320 шв. фр.;
- полувагон № 3 – 12320 шв. фр.

Из проведенных расчетов видно, что рыночная стоимость полувагона № 1 превышает его нормативную стоимость на 7967 шв. фр., что составляет 31,6 % нормативной стоимости, полувагона № 2 – на 3719 шв. фр. (30,2 % нормативной стоимости), а полувагона № 3 – на 2960 шв. фр. (24,0 % нормативной стоимости). Средняя рыночная стоимость по трем вагонам (21495 шв. фр.) превышает их среднюю нормативную стоимость (16613 шв. фр.) на 29,4 %.

Таблица 3

Качественные характеристики уравнений регрессии

Наименование уравнения	Коэффициент детерминации	*F*-критерий		*t*-критерий		
		расчетное	критическое	расчетное *a*	расчетное *b*	критическое
Линейное	0,8263	118,91	4,242	22,69	10,90	2,060
Гиперболическое 1-го типа	0,8543	146,62	4,242	2,30	4,63	2,060
Гиперболическое 2-го типа	0,6880	55,14	4,242	12,04	7,43	2,060
Гиперболическое 3-го типа	0,6282	42,24	4,242	10,42	3,04	2,060
Степенное	0,7851	91,31	4,242	8,06	6,84	2,060
Логарифмическое	0,8328	124,56	4,242	22,08	11,16	2,060
Обратное логарифмическое	0,7125	61,97	4,242	1,78	3,87	2,060
Показательное	0,8703	167,80	4,242	9,16	7,84	2,060
Экспоненциальное	0,6874	54,99	4,242	0,21	5,08	2,060
Модифицированное степенное	0,8645	153,14	4,260	22,62	12,63	2,064
Модифицированное показательное	0,8726	164,44	4,260	3,96	13,09	2,064
Кривая Гомпертца	0,8721	163,67	4,260	7,36	7,96	2,064
Логистическая модель	0,8701	160,70	4,260	1,86	4,62	2,064

Таким образом, рыночная стоимость рассматриваемых вагонов существенно превосходит их нормативную стоимость. В общем случае, это может быть связано с недооценкой действующими нормативами стоимости новых вагонов (стоимости замещения), а также с неадекватным отражением в действующем порядке износа вагонов.

В работе проанализированы текущие уровни цен заводов-изготовителей по основным типам вагонов. Результаты расчета средних удельных цен на 1 кг массы тары вагонов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Удельные цены новых вагонов по основным родам, шв. фр.

№ п/п	Род вагонов	Средняя удельная цена без НДС заводов на 1 кг массы тары	Действующая нормативная цена за 1кг тары
1	Крытый 4-хосный вагон	3,42	3,00
2	Полувагон	2,81	2,80
3	Думпкар	3,20	3,00
4	Платформа универсальная	3,00	1,50
5	Крытый цельнометаллический для перевозки автомобилей	4,41	1,90
6	Платформа для перевозки большегрузных контейнеров	3,21	1,80
7	Вагон-хоппер	3,22	2,80
8	Цистерна без изоляции	3,80	3,30
9	Цистерна с изоляцией	3,84	3,80

Табл. 4 свидетельствует, что только для полувагонов и цистерн с изоляцией нормативная стоимость новых вагонов, приведенная в Приложении 16-б, адекватно отражает цены заводов-изготовителей. В остальных случаях цены заводов-изготовителей существенно выше нормативных. Таким образом, цены новых вагонов, приведенные в Приложении 16-б, требуют пересмотра.

Выборка удельных цен полувагонов за 1 кг массы тары распределена на интервале от 2,39 до 3,54 шв. фр./кг. Средний уровень цен составляет 2,81 шв. фр./кг. Среднеквадратическое отклонение выборочных данных составляет 0,339 шв. фр./кг. Коэффициент вариации выборки равен 0,12. Таким образом, средний уровень текущих цен за 1 кг тары полувагонов (2,81 шв. фр/кг) отличается от уровня, установленного Приложением 16-б Правил [1] (2,8 шв. фр./кг), всего на 0,4 %. Следовательно, удельные цены вагонов, установленные Приложением 16-б, адекватно отражают текущий уровень цен новых вагонов. Поэтому в отношении полувагонов отклонение рыночной стоимости от нормативной объясняется неадекватным отражением в действующих Правилах [1] износа грузовых вагонов.

Для приближения нормативной стоимости к рыночной необходимо изменить метод определения обесценения вагонов. Проведенные процедуры оценки рыночной стоимости и публикации в области оценки движимого имущества свидетельствуют, что для рыночной стоимости железнодорожного подвижного состава характерной является показательная зависимость от возраста объекта оценки. В связи с этим, на наш взгляд, целесообразно определять нормативную остаточную стоимость вагона по формуле:

$$C_{\text{ост}} = C_{\text{н}} \cdot \left(1 - И/100\right)^{t}, \qquad (3)$$

где $C_{\text{ост}}$ – нормативная остаточная стоимость вагона, шв. фр.;

$C_{\text{н}}$ – стоимость нового вагона, определенная по Приложению 16-б, шв. фр.;

$И$ – темп обесценения, % в год;

t – возраст вагона, определяется как разность года, в котором произошел инцидент, и годом выпуска вагона.

Формула (3) предполагает определение остаточной стоимости вагона возраста t путем умножения остаточной стоимости такого вагона возраста $(t-1)$ на коэффициент $\left(1 - И/100\right)$. Такая закономерность обесценения актива описывается методом начисления амортизации – методом уменьшения остаточной стоимости.

Предлагается установить ежегодный процент обесценения вагонов в размере 4,3 %, что следует из полученной модели рыночной стоимости (формула 2). Сравнение коэффициентов остаточной стоимости (годности) для действующего порядка и предлагаемых изменений представлено на рис. 1.

Также предлагается снизить нижний предел процента остаточной стоимости до 15 %, т.к. данный показатель становится меньше 20 % в

37-м году службы, что существенно превышает нормативный срок службы грузовых вагонов. Продолжение начисления обесценения после 37-го года службы по формуле (1) позволит приблизить нормативную остаточную стоимость вагонов к их рыночной стоимости. Уровня 15 % процент остаточной стоимости достигает к 44-му году. Грузовые вагоны такого возраста, как правило, не эксплуатируются в составе инвентарных парков железнодорожных администраций. При этом установление нижнего предела нормативной остаточной стоимости на уровне 15 % обеспечит превышение указанной стоимости над стоимостью ликвидации вагона (скраповой стоимостью), уровень которой для грузовых вагонов, как правило, не превышает 10 % от стоимости нового вагона.

На основе указанных выше предложений определены проценты остаточной стоимости грузовых вагонов (табл. 5).

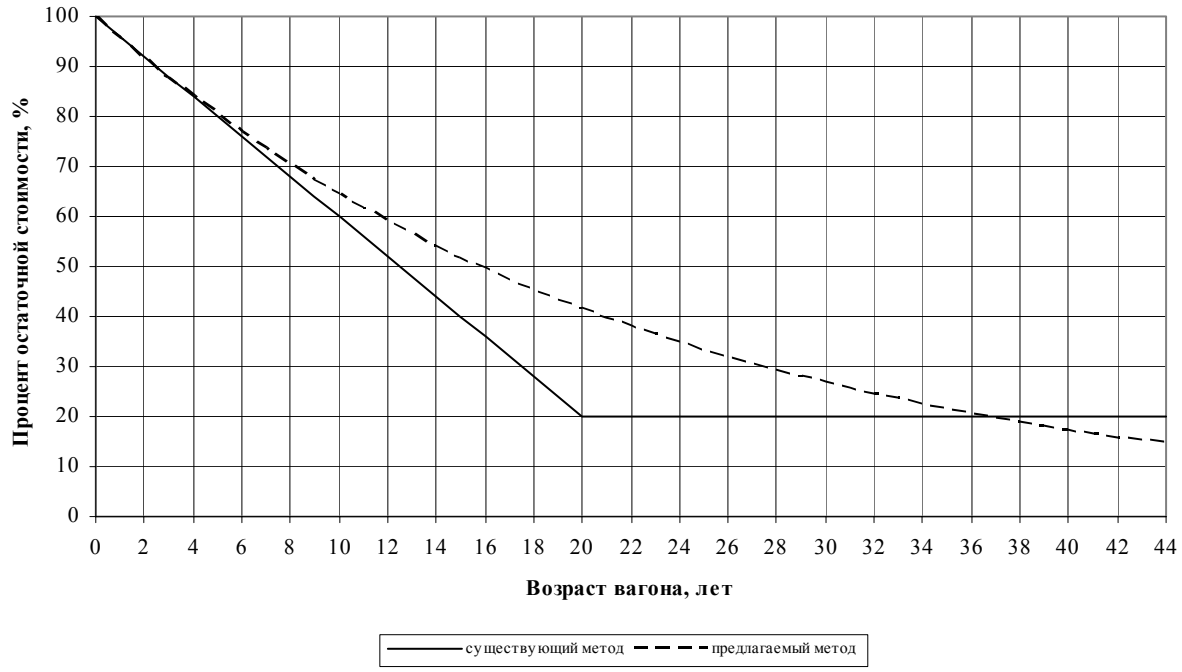


Рис. 1. Коэффициенты годности вагонов

Таблица 5

Проценты обесценения грузовых вагонов

Возраст, лет	Процент остаточной стоимости, %	Возраст, лет	Процент остаточной стоимости, %	Возраст, лет	Процент остаточной стоимости, %	Возраст, лет	Процент остаточной стоимости, %	Возраст, лет	Процент остаточной стоимости, %
0	100,0	9	67,3	18	45,3	27	30,5	36	20,6
1	95,7	10	64,4	19	43,4	28	29,2	37	19,7
2	91,6	11	61,7	20	41,5	29	28,0	38	18,8
3	87,6	12	59,0	21	39,7	30	26,8	39	18,0
4	83,9	13	56,5	22	38,0	31	25,6	40	17,2
5	80,3	14	54,0	23	36,4	32	24,5	41	16,5
6	76,8	15	51,7	24	34,8	33	23,4	42	15,8
7	73,5	16	49,5	25	33,3	34	22,4	43	15,1
8	70,4	17	47,4	26	31,9	35	21,5	44	15,0

IV. Выводы

Внедрения предложенного метода определения обесценения грузовых вагонов (при условии обеспечения соответствия нормативных цен новых вагонов текущему уровню цен на новый железнодорожный подвижно состав за счет периодического пересмотра указанных нормативных цен) позволит, с одной стороны, приблизить нормативную стоимость к рыночной. С другой стороны, повышение уровня денежного возмещения прямых убытков будет стимулировать железнодорожную администрацию-пользователя к возмещению убытков в натуральной форме, что ускоряет для железнодорожной администрации-собственницы процесс воспроизводства подвижного состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила эксплуатации, пономерного учета и расчетов за пользование грузовыми вагонами собственности других государств, утвержденные на совещании уполномоченных представителей железнодорожных администраций 24 мая 1996 г. в соответствии с решением пятнадцатого заседания Совета по железнодорожному транспорту от 5 апреля 1996 г. [Текст].
2. Артеменкова, И. Л. Международные стандарты оценки [Текст] : [пер. с англ.]. – 7-е изд. / И. Л. Артеменкова, Г. И. Микерина, Н. В. Павлова. – М.: ОО «Российское общество оценщиков», 2005. – 414 с.
3. Сивец, С. А. Статистические методы в оценке недвижимости и бизнеса [Текст] / С. А. Сивец. – Запорожье, 2001.– 320 с.

Поступила в редколлегию 19.06.2009.
Принята к печати 10.09.2009.

УДК 65.7

В. М. ЗАГОРУЛЬКО, О. В. КОВАЛЕНКО (Національний авіаційний університет, Київ)

РОЗРОБКА СТРАТЕГІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТУРИСТИЧНОЇ ФІРМИ

В даній статті запропоновано модель оцінки становища підприємства на локальному ринку туристичних послуг.

В данной статье предложена модель оценки положения предприятия на локальном рынке туристических услуг.

In the article the model of estimation of position of enterprise at the local market of tourist services is offered.

Слід зазначити, що формування стратегії для туристичного підприємства має особливе значення у зв'язку з тим, що дана галузь піддається впливу зовнішнього середовища на мега-, макро- і мікрорівнях. Крім того, установлено, що стратегія характеризується різною ефективністю і має різні ступені чутливості залежно від мега-, макро- і мікрорівнів. При цьому встановлено, що ефективність стратегії не є поняттям статичним, а піддана впливу різних факторів, що і сприяють формуванню ефективності стратегії, відбиваючи ступінь її адаптації до умов маркетингового макросередовища.

З огляду на методичний підхід до обліку впливу факторів мега-, макро- і мікрорівнів варто розглянути механізм розробки і вибору раціональної стратегії підприємства. Для цього необхідно проводити в рамках одного сценарію розвитку зовнішнього середовища порівняльний аналіз різних стратегій підприємства, виявляючи момент можливого настання песимістичного або оптимістичного стану зовнішнього середовища для подальшої розробки відповідних заходів для підприємства, що працює на ринку туристичних послуг.

Для розробки стратегії діяльності підприємства на туристичному ринку варто враховувати як реально існуючі економічні показники діяльності, так і вплив зовнішніх факторів.

Туризм як галузь економіки характеризується визначеними економічними показниками, що показують ефективність діяльності підприємства на ринку, а також відбивають кількісну і якісну характеристику реалізації туристичних послуг.

Економічну ефективність діяльності туристичної фірми можна визначити за такими напрямками:

– організація туризму в масштабах держави;

– туристичне обслуговування населення країни;

– процес обслуговування туристичної фірми.

Як і при визначенні загальної ефективності праці, складовою частиною якої є економічна ефективність туризму, її необхідно виразити певними критеріями і показниками.

Загальний критерій ефективності суспільного виробництва полягає в досягненні в інтересах суспільства найбільших результатів при найменших витратах коштів і робочої сили.

Ефективність туризму будемо розглядати з погляду системного підходу, що припускає встановлення різних критеріїв і показників для різних рівнів управління. Відповідно до даних рівнів можна визначити ієрархію цілей з підлеглими їм критеріями ефективності.

Як показує досвід багатьох країн, туризм безпосередньо бере участь у створенні національного доходу країни. Частка туризму в національному доході в Німеччині складає 4,6 %, а у Швейцарії – близько 10 %. Можна розрізняти як прямий, так і непрямий внесок туризму в економіку країни. Прямий внесок – це безпосередній дохід від продажу послуг і товарів туристам. Непрямий вплив – це процес включення грошей, витрачених туристами в місці перебування, на розвиток економіки, генерацію вторинного попиту на товари і послуги.

Ефект повторення витрат туристів на покупку послуг і товарів у певний час і у певному місці називається «ефект мультиплікації», або «мультиплікатор».

Ефект мультиплікації можна виразити таким співвідношенням:

$$M = \frac{\Delta C}{\Delta I}, \qquad (1)$$

де M – мультиплікатор;

ΔC – приріст чистого національного продукту від туризму, грн;

© Загорулько В. М., Коваленко О. В., 2009

ΔI – приріст інвестицій, спрямованих на розвиток туризму, грн.

За оцінкою швейцарських учених, мультиплікатор доходу від виробництва послуг туризму істотно диференціюється залежно від країни або регіону і складає від 1,2 до 4,0 [3, с. 36].

Прямий ефект від розвитку туризму характеризується системою показників [3, с. 57]:

– обсяг туристичного потоку;

– стан і розвиток матеріально-технічної бази;

– показники фінансово-економічної діяльності туристичної фірми;

– показники розвитку міжнародного туризму.

Туристичний потік – це постійне прибуття туристів у країну (регіон). Для його характеристики користуються такими показниками: загальна кількість туристів, у тому числі організованих і самодіяльних; кількість туроднів (кількість ночівель, ліжко-днів); середня тривалість (середній час) перебування туристів у країні, регіоні.

Кількість туроднів визначається у такий спосіб:

$$D = \left(\sum_{i=1}^{n} K_i + \sum_{j=1}^{m} K_j \right) t_{\text{ср}}, \qquad (2)$$

де D – кількість туроднів, чол.-днів;

K_i – кількість організованих туристів у i-й туристичній групі, чол.;

n – кількість туристичних груп за розглянутий період;

K_j – кількість самодіяльних туристів за j-й період, чол.;

m – кількість розбивок розглянутого періоду на умовні тимчасові періоди;

$t_{\text{ср}}$ – середня тривалість перебування одного туриста в даному регіоні, днів.

Кількість туроднів для підприємства є обсягом продажів, тобто показник характеризує, яку кількість днів було реалізовано за певний період. Розрахуємо обсяг продажів (кількість туроднів) для ТОВ «САМ» на основі таких даних (табл. 1).

Використовуючи формулу (2), розрахуємо кількість туроднів:

$D = ((8 \cdot 6) + 17) \cdot 14) + ((12 \cdot 9) + 24) \cdot 9) +$
$+ ((17 \cdot 14) + 36) \cdot 17) =$
$= 910 + 1188 + 4658 = 6756$ людино-днів.

Туристичний потік – явище нерівномірне. Для характеристики нерівномірності туристичного потоку можна використовувати коефіцієнт нерівномірності:

$$\text{К}_{\text{н}} = \frac{D_{\max}}{D_{\text{z}}} 100\%, \qquad (3)$$

де $\text{К}_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності туристичного потоку, %;

$D_{\max}$ – кількість туроднів у місяці максимального туристичного потоку, чол.-днів;

D_{z} – кількість туроднів, що визначається в місяці мінімального туристичного потоку ($D_{\text{z}} \Rightarrow D_{\min}$) або за річною кількістю туроднів ($D_{\text{z}} \Rightarrow D_{\text{god}}$), або за середньомісячною кількістю туроднів ($D_{\text{z}} \Rightarrow D_{\text{avm}}$), чол.-днів.

Таблиця 1

Показники роботи ТОВ «САМ»

Показник	1-й період	2-й період	3-й період
Кількість туристів в i-й групі, чол.	8	12	17
Кількість груп за розглянутий період, од.	6	9	14
Кількість самостійних туристів, чол.	17	24	36
Середня тривалість перебування одного туриста в регіоні, днів	14	9	17

Коефіцієнт нерівномірності визначає середню кількість туроднів за певний період, що враховує максимальну і мінімальну кількість туроднів, тобто визначається згладжений обсяг продажів за певний період. Використовуючи дані табл. 1, визначимо коефіцієнт нерівномірності туроднів у пік сезону, виходячи з того, що 1-й період буде мінімальним, а 3-й – максимальним

$$\text{К}_{\text{н}} = 4658 / 910 = 5{,}12.$$

Коефіцієнт нерівномірності туроднів необхідний для висновку про доцільність застосування синхромаркетингу для підвищення ефективності діяльності туристичної фірми. Це логічне продовження розрахунку сезонної хвилі виторгу від реалізації туристичного продукту.

При цьому можна визначити середню кількість туроднів на місяць (використовуючи річний показник обсягу продажів туроднів):

$$D_{\text{avm}} = \frac{D_{\text{god}}}{12}. \qquad (4)$$

Показники, що характеризують стан і розвиток матеріально-технічної бази туризму, визначають її потужність у даній країні (регіоні). До них відносяться: ліжковий фонд будинків відпочинку, пансіонатів, турбаз, готелів, санаторіїв тощо, а також число ліжок, наданих місцевим населенням; число місць на підприємствах харчування для туристів; число місць у театрах, відведених для туристів; число ванн у водолікарнях, відведених для туристів, тощо.

Потужність показника визначається за формулою:

$$M = K_g \cdot 365 + K_s \cdot t_s, \qquad (5)$$

де M – загальна кількість місць різного користування (по видах);

K_g – число місць цілорічного використання, од.;

K_s – число місць сезонного використання, од.;

t_s – число днів сезонного використання, днів.

Для оцінки фінансово-економічної діяльності туристичних підприємств використовуються такі типові показники:

1. Обсяг реалізації послуг туризму визначається кількістю туроднів (визначений за формулою (2)).

2. Фондовіддача, або коефіцієнт відношення продажів до загальних активів визначається за формулою:

$$\text{Фв} = \frac{\text{Обсяг реалізації товарів}}{\text{Середня вартість основних засобів у звітному періоді}}. \qquad (6)$$

Фондовіддача підприємства відбиває ефективність використання будинків, устаткування, співвідносячи їхню вартість з обсягом продажів за період. Показник свідчить про рівень віддачі основних засобів і характеризує ефективність використання всіх активів підприємства. Чим вище значення даного показника, тим більш ефективно використовуються активи.

3. Обіговість обігових коштів, або коефіцієнт обіговості визначається за формулою:

$$\text{К}_{\text{оок}} = \frac{\text{Обсяг продажів (виторг від реалізації)}}{\text{Обігові кошти}}. \qquad (7)$$

Коефіцієнт обіговості є загальним вимірником ефективності використання обігових коштів, тому що він показує, скільки грошових одиниць продукції реалізовано на одну грошову одиницю обігових коштів.

4. Собівартість послуг туризму:

$$\text{Спт} = \text{Т} + \text{П} + \text{Пт} + \text{Такса} + \text{Тр} + \text{Мо} + \text{Мс} + \text{Е} + \text{О}, \qquad (8)$$

де Т – транспортні витрати при туристичних поїздках;

П – витрати на проживання;

Пт – витрати на харчування;

Такса – комунальна такса;

Тр – транспортні витрати до станції призначення і назад;

Мо – витрати на медогляд;

Мс – витрати по медичному страхуванню;

Е – оплата екскурсій;

О – оплата роботи турагентів, туроператорів та іншого персоналу підприємства.

Розрахуємо вартість туру в Санкт-Петербург на 1 людину, виходячи з того, що:

– вартість транспорту (залізниця) в обидва кінці – 204 грн;

– витрати на проживання (7 днів) готель «Карелия» – 150 грн · 6 днів (нічліг) = 900 грн;

– витрати на харчування (триразове): 7 днів · 3 рази · 50 грн = 1050 грн;

– екскурсійна і культурна програма (екскурсії в Петергоф, Пушкін, Ермітаж, Російський музей, Церква Спаса-на-крові, «Мости і канали Петербурга», Кунсткамера, відвідування Олександрінського театру) = 235 грн;

Послуги туристичного підприємства (бронювання місць, страховка й ін.) у середньому дорівнюють 6% від величини витрат, що складе:

$$(204 + 900 + 1050 + 235) \cdot 6\ \% = 143 \text{ грн.}$$

Таким чином, собівартість туристичної послуги складе:

$$2389+143 = 2532 \text{ грн.}$$

Середня величина прибутку підприємства (по країнах СНД) – 11,3 % від собівартості, що складе: $2532 \cdot 11{,}3\ \% = 286{,}1$ грн.

Отже, продажна вартість туру складе:

$$2532 + 286{,}1 = 2818{,}1 \text{ грн.}$$

Розробка закордонного туру має свою специфіку і залежить від індивідуальних запитів клієнта.

5. Прибуток від реалізації послуг туризму:

$$\text{Пр} = \text{ВД} – \text{Спт}, \qquad (9)$$

де ВД – валовий дохід.

6. Рентабельність:

$$Р = \frac{Пр}{Обсяг\ продажів} \cdot 100.$$

7. Платоспроможність, або коефіцієнт платоспроможності визначається за такою формулою:

$$Пс = \frac{Власний\ капітал}{Позиковий\ капітал}.$$

Платоспроможність відбиває здатність підприємства виконати зовнішні зобов'язання. Цей показник характеризує фінансовий ризик, тобто імовірність банкрутства. Високе значення коефіцієнта свідчить про мінімальний ризик і про високий рівень можливості залучення додаткових грошових ресурсів з боку. При рівні показника більше 1 можна говорити про низьку ділову активність підприємства.

8. Ліквідність, або коефіцієнт загальної ліквідності визначається за формулою:

$$Л = \frac{Обігові\ кошти}{Позиковий\ капітал}.$$

Показник ліквідності характеризує здатність підприємства виконувати свої зобов'язання, використовуючи свої активи. Показник відбиває можливість підприємства закрити поточні зобов'язання за рахунок поточних активів, визначаючи тим самим, скільки грошових одиниць поточних активів приходиться на грошову одиницю поточних зобов'язань.

Запропонована нами структура цілей туристичного підприємства припускає оцінку ефективності розрахунку вищенаведених показників фінансово-економічної діяльності, що дозволяють оцінити становище і стійкість підприємства на ринку з метою подальшої розробки маркетингової стратегії.

Таким чином, зважаючи на те, що діяльність підприємств на туристичному ринку є прибутковою за рахунок зовнішнього (виїзного) туризму і за рахунок різкого збільшення продажів внутрішніх турів у пік сезону, а так само те, що Україна в цілому не має достатньої привабливості як об'єкт в'їзного туризму, варто використовувати стратегію розвитку ринку в галузі внутрішнього «зеленого» туризму.

Важливість розвитку екскурсійної діяльності у межах національних територій Всесвітньою туристичною організацією визначається таким чином: «Внутренний туризм дает человеку возможность узнать свою собственную страну, подготавливая его таким образом до открытия Вселенной. Государства должны лучше разъяснять функцию внутреннего туризма, больше заботиться о его социальной, воспитательной и познавательной рентабельности» [7, с. 21].

Основною стороною туристичної діяльності в умовах України в цілому є соціальна спрямованість профспілкового туризму, що сприяє наданню якісних і недорогих послуг дітям, молоді, пенсіонерам та іншим малозабезпеченим верствам населення.

«Зелений» туризм повинен охоплювати пішохідні екскурсії до історичних пам'ятників, автобусні екскурсії сільських школярів у музеї, парки, заповідники, галереї та театри і як продовження виявлятися в культурно-пізнавальних, рекреаційних, лікувально-оздоровчих та інших спеціалізованих турах.

Це досить складні для організації тури, але апробувавши їх для внутрішніх клієнтів і, відповідно, налагодивши інфраструктуру, можна буде залучати туристів із-за кордону.

Уже сьогодні для в'їзного туризму можна запропонувати «сільський» туризм, тобто проживання і відпочинок у сільській місцевості в районах Приазов'я, Слов'янська і Слов'яногірська.

Існуючий у м. Києві кінний клуб «Татерсаль» організує кінні екскурсії вихідного дня.

Привабливою для в'їзного туризму є рекреаційна зона Приазов'я (курорти Сєдово, Ялта, Урзуф, Юр'ївка, Бєлосарайська коса), а крім того, національні парки – «Меотида», «Хомутовская степь», «Аскания-Нова», «Каменные могилы» й ін.

Ці напрямки є актуальними зважаючи на те, що «во всем мире проявляется тенденция сокращения организованного туризма» [6, с. 21].

Крім «зеленого» туризму актуальним є розважальний туризм, отже, можна залучати зовнішніх туристів різними подійними заходами: День міста, Свято пива «Сармат», «Звезды шеста», «Зірки світового балету», фестиваль «Золотий скіф», «Молода хвиля» та ін.

Таким чином, зважаючи на те, що для розробки зовнішніх турів ряд підприємств не мають ні належних зв'язків, ні фінансових ресурсів, варто використовувати стратегію «новий товар – старий ринок», розробляючи власні внутрішні туристичні маршрути.

У цьому випадку власні розробки можуть при належному просуванні стати конкурентними перевагами, і до того ж, розширення асортименту за рахунок нових внутрішніх турів буде сприяти зміцненню іміджу підприємства.

Крім того, використання даної стратегії буде сприяти формуванню національної свідомості на тлі патріотизму, демократичного мислення і гармонізації міжнаціональних відносин. Екскурсійна сфера внутрішнього туризму здатна швидко адаптуватися до нового світосприймання і відновлення духовного змісту громадського життя з обліком новітніх соціальних трансформацій і підходів до системи виховання, індивідуальної волі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Академия рынка: маркетинг [Текст] / А. Дайан и др. – [пер. с фр.]. – М.: Экономика, 2003. – 572 с.
2. Ассэль, Г. Маркетинг: принципы и стратегия [Текст] : учебник для вузов / Г. Ассэль. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 804 с.
3. Бабрицька, В. К. Організація туризму [Текст] / В. К. Бабрицька, О. О. Любіцева. – К.: КНУ, 2008. – 82 с.
4. Багиев, Г. Л. Маркетинг [Текст] : учебник / Г. Л. Багиев, В. М. Тарасевич, Х. Анн; под общ. ред. Г. Л. Багиева. – М.: ОАО «Изд-во «Экономика», 2007. – 703 с.
5. Баклан, В. В. К вопросу ценообразования в туристическом бизнесе [Текст] / В. В. Баклан // Маркетинг: теорія і практика: Матеріали III Міжн. наук.-практ. конф. (19-22 травня 1999 р.). – К.-Ялта: КНЕУ, 1999. – С. 13.
6. Балабанов, И. Т. Экономика туризма [Текст] : учеб. пособие / И. Т. Балабанов, А. И. Балабанов. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 176 с.
7. Барчукова, Н. С. Международное сотрудничество государств в области туризма [Текст] / Н. С. Барчукова. – М.: Международные отношения, 2006. – 173 с.

Надійшла до редколегії 24.04.2009.
Прийнята до друку 29.04.2009.

УДК 331.5:332.024

В. А. ЗОВА (Донецький інститут залізничного транспорту)

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ СОЦІАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО РИНКУ ПРАЦІ

У статті розглядається сутність досвіду, який полягає у розробці та впровадженні інформаційних технологій у навчання; підвищенні якості навчання; сприянні розвиненню регіональної системи регулювання ринку праці та створенні додаткових мотиваційних заходів із підвищення індивідуального рівня освіченості випускників ВНЗ.

В статье рассматривается сущность опыта, который заключается в разработке и внедрении информационных технологий в обучении; повышении качества обучения; содействии развитию региональной системы регулирования рынка труда и создании дополнительных мотивационных мероприятий по повышению индивидуального уровня образованности выпускников ВУЗа.

In the article the essence of experience is examined, which consists in: the development and introduction of IT in teaching; improving the education quality; the assistance to development of the regional system of adjusting of labor market; and the creation of additional motivational measures on the increase of individual educational level of higher school graduates.

Актуальність статті

Найгірші перспективи зайнятості й безробіття в нашій країні нині серед випускників ВНЗ економічних спеціальностей. Враховуючи це, макроекономічна політика зайнятості повинна орієнтуватися, з одного боку, на розширення доступності й підвищення якості професійної освіти, а з іншого боку, на захист зон кваліфікованої праці в економіці держави.

Таким чином, назріла необхідність поширення та удосконалення методів соціального регулювання регіонального ринку праці для забезпечення принципів демократичності, незалежності та прозорості у вигляді єдиного кадрового резерву з випускників ВНЗ для підприємств, організацій та установ регіону, а також покращення роботи з освітньо-професійного навчання у ВНЗ;

Крім того, цей захід буде сприяти розвиненню регіональної системи регулювання ринку праці та створенню додаткових мотиваційних заходів із підвищення індивідуального рівня освіченості випускників ВНЗ.

Метою статті є висвітлення та удосконалення методів соціального регулювання ринку праці шляхом співставлення обсягів ринку підготовки фахівців та ринку праці.

Дослідження літератури

Сутність досвіду полягає у розробці та впровадженні інформаційних технологій у навчання; підвищенні якості навчання; удосконаленні Положення про систему Державної атестації бакалаврів та магістрів за напрямами 0501 «Економіка і підприємництво»; підвищенні інформаційної культуру всіх суб'єктів освітньої діяльності; сприянні розвиненню регіональної системи регулювання ринку праці та створенні додаткових мотиваційних заходів із підвищення індивідуального рівня освіченості випускників ВНЗ.

Видатні українські вчені Б. Гуршинський, Є. Машбиц, І. Підласий висвітлюють педагогічні підходи до комп'ютеризації навчального процесу; В. Кухаренко, Т. Олійник, В. Рибалка – використання Інтернету в сучасному суспільстві; О. Новікова, Н. Лук'янченко, Н. Шаульська, І. Швець, О. Мортякова, О. Фінагіна, О. Кратт досліджують проблеми соціального розвитку, соціальної політики, зайнятості та регулювання ринку праці. Однак недостатньо розкритими залишилися питання партнерства між освітою та працею, враховуючи інтеграцію освітніх та інформаційних технологій.

Виклад основного матеріалу

Сьогодення свідчить, що розроблено і набуває впровадження проект Закону України «Про вищу освіту», де встановлено нові вимоги, у тому числі кількісні та якісні показники з освітньої роботи ВНЗ різних типів щодо права на підготовку фахівців певних освітньо-кваліфікаційних рівнів, кількості студентів денної форми навчання, галузевої освіти та наукових спеціальностей.

Дослідження методів соціального регулювання та розкриття сутності колективного дого-

© Зова В. А., 2009

вору дали змогу вирішити наступне, що в першу чергу регулюються самою системою трудових відносин, а ось процеси зайнятості не охоплені соціальним регулюванням, таким чином, процес формування професійної підготовки триває протягом усього життя людини. На кожному етапі він наповнюється новим змістом, новими організаційно-педагогічними формами та методами, новими потребами й відповідними підходами до інтегрування індивідуальних, професійних, соціальних аспектів життя.

За умов переходу до ринкової економіки, коли значно інтенсивнішим стає процес вивільнення робочої сили та посилюються вимоги до рівня кваліфікації фахівців у різних галузях промисловості, сільського господарства і сфери обслуговування, стають об'єктивною потребою розробка й реалізація цілісної єдиної, прозорої, демократичної, незалежної системи державної атестації випускників. Особливого значення набуває думка про те, що програми професійної підготовки з більшості професій і галузей економічної діяльності повинні бути організовані за етапами, що дають можливість забезпечити подальшу підготовку та підвищення кваліфікації.

За сучасних умов і в майбутньому вкрай необхідним є пошук шляхів нового партнерства між освітою та працею, беручи до уваги потреби й загальнолюдські цінності та вимоги нових стандартів. Результати цього пошуку мають сприяти зміцненню зв'язків між освітою, промисловістю, сільським господарством та іншими галузями економіки. Помітно зростають потреби в розвитку партнерських відносин з організаціями, підприємствами, відомствами та ВНЗ на регіональному, загальнодержавному й міжнародному рівнях.

Спеціалісти Харківського інституту інформаційних технологій галузевої асоціації транспортних освітніх закладів України «УКРТРАНСВУЗ» одні з перших в Україні розробили та впровадили в навчальний процес систему тестування, яка дозволяє відстежувати динаміку рівня знань слухачів. Завдяки даній системі кожен викладач може коректувати свій навчальний курс, орієнтуючись на потенціал кожної конкретної групи, що суттєво підвищує ступінь засвоєння матеріалу. Використання системи тестування в останні роки привело до значного покращення якості наданих Донецьким інститутом залізничного транспорту освітніх послуг. Використовуючи порядок проведення державного тестування випускників ВНЗ (Укрзалізниці) системи Міністерства транспорту і зв'язку України пропонується впровадження єдиної регіональної системи державного професійного тестування випускників вищих навчальних закладів III – IV рівнів акредитації державної форми власності (за рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр») із метою створення єдиного реєстру випускників на регіональному рівні та створення кадрового резерву для підприємств, організацій, установ регіону. Реалізація цього проекту включає в себе п'ять основних етапів, подолання яких сприяє досягненню мети, а саме:

1 Інформаційно-підготовчий етап (квітень – вересень 2009 р.) забезпечує:

1.1 Проведення аналізу наукових досліджень та педагогічного досвіду з проблеми.

1.2 Координацію дій Управління освіти і науки Донецької облдержадміністрації, Управління кадрової та соціальної політики Донецької облдержадміністрації і Донецького обласного центру зайнятості.

1.3 Розглядання форм співпраці з Харківським інститутом інформаційних технологій із питань впровадження та покращення системи багатопрофільного тестування випускників ВНЗ державної форми власності III – IV рівня акредитації.

1.4 Підготовку нормативно-правової бази експерименту:

- Положення про проведення державного тестування за напрямками підготовки (у тому числі «Економіка і підприємництво») випускників вищих навчальних закладів III – IV рівня акредитації державної форми власності (за рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр»);
- Програми державного тестування за напрямками підготовки (у тому числі «Економіка і підприємництво») вищих навчальних закладів III – IV рівня акредитації державної форми власності (за рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр»);
- Програми підготовки координаторів державного тестування у ВНЗ за напрямками підготовки (у тому числі «Економіка і підприємництво») випускників ВНЗ III – IV рівня акредитації державної форми власності (за рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр») та порядок їх стажування;
- Положення про створення регіонального інформаційно-координаційного центру по забезпеченню технічної організації та стійкого функціонування телекомунікаційних мереж;
- Положення про створення єдиного регіонального реєстру випускників ВНЗ III – IV рівня акредитації державної форми власності тес-

тування за напрямками підготовки (у тому числі «Економіка і підприємництво») та рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр»;

- Положення про створення кадрового резерву для підприємств, організацій та установ регіону.

1.5 Розробку методичного супроводу експериментального проекту.

2 Діагностико-концептуальний етап (вересень 2009 р. – лютий 2010 р.) забезпечує:

2.1 Діагностику готовності ВНЗ ІІІ – ІV рівня акредитації державної форми власності (за рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр») до проведення державного тестування випускників за напрямками підготовки (у тому числі «Економіка і підприємництво») та рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр», щодо матеріально-технічного, інформаційно-телекомунікаційного забезпечення.

2.2 Визначення та формування робочих груп викладачів-експертів у ВНЗ ІІІ – ІV рівня акредитації державної форми власності (за рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр») за напрямками підготовки (у тому числі «Економіка і підприємництво») для створення тестових комплексів за ОП програмами підготовки бакалаврів та магістрів за заявленими напрямками підготовки випускників.

2.3 Підвищення кваліфікаційного рівня науково-педагогічних кадрів ВНЗ ІІІ – ІV рівня акредитації державної форми власності через систему стажування, тренінгових занять.

2.4 Створення єдиних тестових комплексів за напрямками підготовки (у тому числі «Економіка і підприємництво») за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр».

2.5 Розробку єдиних критеріїв оцінки випускників.

3 Інноваційно-практичний етап (лютий – серпень 2010 р.) забезпечує:

3.1 Впровадження технології тестування.

3.2 Забезпечення інформаційно-координаційним центром стійкості мережі та технічний контроль роботи багато профільного тестування.

3.3 Впровадження механізмів взаємодії суб'єктів: ВНЗ, Управління освіти і науки Донецької облдержадміністрації, Управління кадрової та соціальної політики Донецької облдержадміністрації і Донецького обласного центру зайнятості.

3.4 Представлення електронної бази даних державного тестування випускників ВНЗів до Управління освіти і науки Донецької облдержадміністрації, Управління кадрової та соціальної політики Донецької облдержадміністрації з метою створення єдиного реєстру випускників.

3.5 Представлення електронної бази даних державного тестування випускників ВНЗ до Донецького державного центру зайнятості з метою створення кадрового резерву для підприємств, організацій та установ регіону.

3.6 Забезпечення оформлення результатів тестування та видачу оформлених результатів особі, яка проходила тестування.

4 Контрольно-коригувальний етап (вересень – грудень 2010 р.) забезпечує:

4.1 Експертну оцінку й аналіз результатів тестування за напрямками підготовки.

4.2 Моніторинг якості підготовки фахівців.

4.3 На підставі аналізу результатів державного професійного тестування надання керівництву Управління освіти і науки Донецької облдержадміністрації та Управлінню кадрової та соціальної політики пропозицій щодо підвищення кваліфікації спеціалістів, індивідуальної самоосвіти та прийняття відповідних рішень.

4.4 Адаптування нормативно-правової бази з питань організації та проведення державного тестування.

4.5 Методичну допомогу щодо роботи з системою випускників ВНЗ ІІІ – ІV рівня акредитації державної форми власності (за рівнем підготовки «бакалавр» та «магістр») багатопрофільного тестування.

4.6 Внесення коректив до інноваційної моделі державного тестування.

4.7 Оцінку впровадження експериментального проекту з урахуванням мети та завдання.

5 Узагальнювальний етап (січень – травень 2011 р.) забезпечує:

5.1 Проведення системного аналізу експериментального проекту.

5.2 Висвітлення результатів експерименту.

5.3 Проведення відкритої конференції з питань подальшого впровадження проекту.

Технологія створення кадрового резерву потребує дотримання наступного порядку:

І Загальні положення.

1. Положення про створення кадрового резерву у Донецькому обласному центрі зайнятості (далі Положення) визначає порядок відбору резервістів, формування списків резерву, навчання та стажування випускників, зарахованих в резерв кадрів.

2. Положення розроблено на підставі Конституції України, законів України, Постанови Кабінету Міністрів України від 18.10.1999 р.

№ 1912 «Про затвердження Положення про формування кадрового резерву керівників державних підприємств, установ і організацій».

ІІ Формування кадрового резерву.

1. Кадровий резерв вільних вакансій підприємств, організацій і установ (далі кадровий резерв) створюється для заміщення цих посад.

2. Пропозиції щодо кандидатур для зарахування в кадровий резерв відповідних номенклатур надаються ВНЗ у Донецький обласний центр зайнятості.

3. Списки кадрового резерву номенклатури складаються по ВНЗ, погоджуються ректором.

4. Списки осіб, зарахованих до кадрового резерву, складаються за встановленою формою.

5. Списки кадрового резерву складаються щорічно.

6. Разом зі списками осіб, зарахованих до кадрового резерву Донецького обласного центру зайнятості, на кожного резервіста надаються по дві довідки-об'єктивки встановленого зразка та узагальнені дані якісного складу кадрового резерву на посади керівників. Списки, довідки-об'єктивки, та узагальнені дані якісного складу кадрового резерву на посади керівників додатково надаються в електронному варіанті.

7. Списки кадрового резерву переглядаються щорічно станом на 1 липня і при необхідності вносяться відповідні зміни. Інформація про зміни до кадрового резерву надається в Донецький обласний центр зайнятості до 15 липня разом із біографічними довідками на осіб, які вперше зараховані в резерв на відповідну посаду.

8. Кандидати для зарахування в резерв кадрів повинні мати освітньо-кваліфікаційний рівень, що відповідає посаді, на яку формується резерв, бути професійно підготовленими, успішно справлятися із службовими обов'язками, мати організаторські здібності.

9. На кожну посаду формується кадровий резерв в кількості не менше двох осіб.

10. Зарахування в резерв кадрів проводиться за згодою кандидата.

11. На працівника, зарахованого в резерв кадрів, заводиться спеціальна картка резервіста.

ІІІ Вивчення професійних та особистих якостей кандидата в резерв.

1. Керівники та працівники кадрових підрозділів центру зайнятості при відборі кандидатів у резерв повинні вивчити його біографічні дані, рівень досягнень кандидата, думку викладачів, які співпрацюють із кандидатом, щодо результатів його діяльності, взаємовідносин з людьми.

2. Кандидат для зарахування до резерву кадрів обов'язково проходить попереднє тестування для визначення його професійного рівня та психологічне тестування для визначення особистих якостей.

3. Тестування може бути проведено і після зарахування кандидата в резерв кадрів.

4. Тестування може проводитись працівником кадрового підрозділу, психологом центру зайнятості, навчальних закладів та соціальних питань із використанням тільки затверджених методик професійного тестування та рекомендованих психологічних тестів.

5. Результати тестування надаються керівнику підприємства, який затверджує резерв, для прийняття остаточного рішення щодо зарахування кандидата в резерв кадрів або виключення з резерву.

6. Результати професійного тестування використовуються також для визначення програми підвищення кваліфікації випускника, зарахованого в резерв кадрів.

7. Розповсюдження результатів психологічного тестування, які є конфіденційною інформацією, та ознайомлення з ними осіб, не причетних до формування резерву кадрів, категорично забороняється. За розголошення даних тестування стороннім особам, працівники, що допустили виток інформації, несуть дисциплінарну відповідальність згідно із законодавством та діючими нормативними і розпорядчими актами.

ІV Заключні положення.

1. Переважне право на заміщення вакантної посади має випускник, зарахований до кадрового резерву.

2. Виключення випускника з резерву може відбуватись за його особистою ініціативою або за рішенням керівництва підприємства, установи, організації регіону, Донецького обласного центру зайнятості.

3. У випадку вибуття чи виключення працівника з резерву відповідний кадровий підрозділ протягом місяця вносить необхідні зміни в списки кадрового резерву і повідомляє про це відповідно Головне управління кадрової та соціальної політики чи службу кадрів навчальних закладів із соціальних питань.

4. Підприємства, установи, організації регіону систематично аналізують практику формування кадрового резерву і роботи з ним, вживають заходи щодо її вдосконалення і надають пропозиції щодо її покращання з викладенням цих питань у річному аналізі роботи з кадрами. При цьому в табличній формі надаються узагальнені дані щодо роботи з резервом.

5. Організаційно-методичне керівництво роботою, пов'язаною з формуванням кадрового резерву у ВНЗ, контроль за виконанням нормативних актів з цих питань здійснює Донецький обласний центр зайнятості.

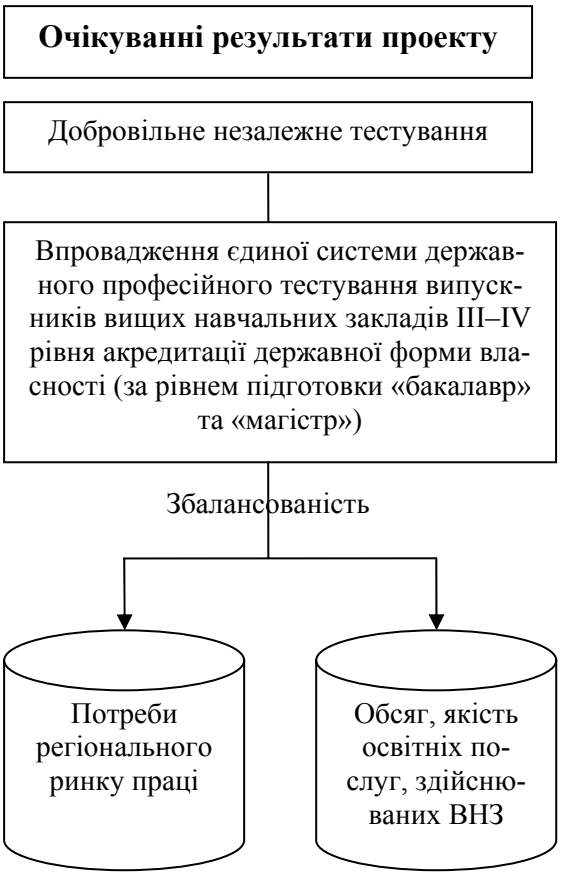


Рис. 1

Висновок

Впровадження очікуваних результатів сприяють, по-перше, соціальному регулюванню регіонального ринку праці, а також:

- створенню та впровадженню системи інформаційної підтримки процесу державної атестації випускників ВНЗ III – IV рівня акредитації державної форми власності для реалізації принципів створення рівних умов у освіті;

- розробці та реалізації Програми моніторингу якості освіти в системі підготовки «бакалаврів» і «магістрів» за заявленими напрямками;

- створенню нормативно-правової основи взаємодії закладів освіти з установами, які реалізують завдання державного тестування фахівців;

- створенню єдиного реєстру випускників на регіональному рівні за напрямками підготовки, спеціальностями та за кваліфікаційним рівнем;

- формуванню кадрового резерву (із випускників ВНЗ III – IV рівня акредитації державної форми власності за заявленим напрямком підготовки та рівнем кваліфікації) для підприємств, організацій та установ регіону;

- отриманню показників якості; надання освітніх послуг є основою для визначення показників рейтингу ВНЗ III – IV рівня акредитації державної форми власності на регіональному рівні;

- якості підготовки випускників (оцінюється роботодавцями в момент погодження кадрового резерву);

- соціальному регулюванню ринку праці.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Закон України «Про освіту» [Текст] : в ред. Закону України від 23.03.1996 р. № 100/96-Вр із змінами та доповненнями. – К.: Ліга-Закон, 2001. – 38 с.
2. Балашов, Ю. К. Внепроизводственная система профессионального обучения рабочих в ведущих зарубежных странах [Текст] / Ю. К. Балашов // Труд за рубежом. – 1995. – № 2. – С. 56-64.
3. Грішнова, О. А. Людський капітал в системі освіти і професійної підготовки [Текст] / О. А. Грішнова. – К.: Т-во «Знання», КОО, 2001. – 234 с.
4. Грішнова, О. А. Проблеми ринкової трансформації освіти та професійної підготовки [Текст] / О. А. Грішнова // Україна: аспекти праці. – 1998. – № 1. – С. 24-27.
5. Про професійну орієнтацію та професійну підготовку в галузі розвитку людських ресурсів: Конвенція МОП № 142 (2975 р.): Витяг [Текст] // Законодавство України про працю станом на 25 травня 1999 р. – К.: Істина, 1999. – Т. 1. – С. 229-300.
6. Соколова, О. С. Людський капітал та освіта як фактори економічного зростання [Текст] / О. С. Соколова // Матеріали VII Міжн. наук.-практ. конф. «Наука і освіта – 2004». – Т. 67. Економіка підприємства. – Д.: Наука і освіта, 2004. – С. 33-35.
7. Куликов, Ю. М. Система освіти як елемент регулювання зайнятості молоді [Текст] / Ю. М. Куликов, М. С. Мутяк // Вісник соціально-економічних досліджень. – Вип. 14. – Одеса: ОДЕУ, 2003. – С. 165-169.

Надійшла до редколегії 27.05.2009.
Прийнята до друку 11.06.2009.

УДК 336.01

А. В. ІВАНИЩЕВА (Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова)

ВПЛИВ СТРУКТУРИ КАПІТАЛУ НА ФІНАНСОВУ СТІЙКІСТЬ ПІДПРИЄМСТВА

Функціонування виробничих підприємств в умовах постійної зміни ринкового середовища вимагає від системи управління особливої уваги до забезпечення їх життєдіяльності. Однією зі складових системи управління є управління фінансовою стійкістю підприємства. Надмірна або недостатня фінансова стійкість негативно впливає на конкурентоздатність підприємства, що призводить до зменшення прибутковості та погіршення фінансових результатів його роботи.

Функционирование производственных предприятий в условиях постоянного изменения рыночной среды требует от системы управления особенного внимания к обеспечению их жизнедеятельности. Одной из составляющих системы управления является управление финансовой устойчивостью предприятия. Повышенная или недостаточная финансовая устойчивость негативно влияет на конкурентоспособность предприятия, что ведет к уменьшению прибыльности и ухудшению финансовых результатов его работы.

Functioning of production enterprises in the conditions of continuous change of market environment require a special attention of management system to providing their activities. The enterprise financial stability management is one of integral parts of the management system. The increased or insufficient financial stability adversely affects the enterprise competition ability that leads to decreasing the profitability and worsening the financial results of its activities.

Постановка проблеми

Найважливіша характеристика фінансового стану будь-якого підприємства з точки зору довгострокової перспективи зв'язана, в першу чергу, зі структурою капіталу й активів підприємства і мірою його залежності від власників і кредиторів. Тому метою оцінки фінансової стійкості підприємства є об'єктивний аналіз стану і структури його активів та капіталу і визначення на цій основі рівня стабільності його фінансового розвитку і незалежності, а також визначення загрози банкротства.

Фінансова стійкість підприємства характеризується:

- достатньою фінансовою забезпеченістю безперервності основних видів діяльності;
- фінансовою незалежністю від зовнішніх джерел фінансування;
- здатністю маневрувати власними засобами;
- достатнім забезпеченням матеріальних обігових коштів власними джерелами покриття;
- станом виробничого потенціалу.

Управління фінансовою стійкістю дозволяє підприємству визначати фінансові можливості підприємства на перспективу, оцінювати фінансову незалежність від зовнішніх джерел, скласти в узагальненій формі прогноз майбутнього фінансового стану, гарантувати його постійну платоспроможність.

Аналіз останніх досліджень

Вивчення публікацій, що стосуються фінансової стійкості, показує, що існує дуже багато трактувань поняття «фінансова стійкість підприємства».

Російські науковці Бухонова С. М., Дорошенко Ю. А., Бендерська О. Б. визначають її таким чином: фінансова стійкість – це здатність підприємства зберігати нормальний фінансовий стан при несприятливих діях чинників внутрішнього і зовнішнього середовища за рахунок оптимальної структури капіталу й активів, оптимального співвідношення між активами і джерелами їх формування, ефективного використання всіх видів ресурсів і раціональної реінвестиційної політики. Фінансова стійкість забезпечує здатність підприємства нарощувати капітал і розвиватися на розширеній основі, визначає його кредитоспроможність, конкурентоспроможність та інвестиційну привабливість.

Також можна виявити єдність поглядів таких науковців, як Бланк І. А, Владімірова Т. А., Соколов А. І., Ковальов В. В., які вважають, що фінансова стійкість пов'язується із загальною фінансовою структурою господарюючого суб'єкта і мірою залежності від кредитів та інвестицій.

В свою чергу, Бернстайн Л. А., Бернгольц С. Б., Белолипецький В. Г., Веснін В. Р., Макарян Е. А., Герасименко Г. П., Шере-

© Іванищева А. В., 2009

мет А. Д., Сайфулін В. П. вважають, що основним у визначенні поняття, яке вивчається, є власний капітал і дають такі визначення: фінансова стійкість – це:

- здатність за рахунок власних засобів забезпечити фінансування матеріальних обігових коштів;
- наявність власних засобів, достатніх для фінансування виробничо-інвестиційної діяльності;
- покриття короткостроковими зобов'язаннями поточних фінансових потреб, що означає платоспроможність господарюючого суб'єкта.

Артеменко В. Г., Беллендир М. В., Родіонова В. М, Федотова М. А. вважають, що фінансова стійкість – це стабільне перевищення доходів над витратами, здатність господарюючого суб'єкта вільно маневрувати грошовими коштами шляхом ефективного їх використання.

Науковці Крейніна М. Н., Абрютіна М. С., Грачьов В. В. вважають, що в основі фінансової стійкості є платоспроможність. Так, вони пропонують таке визначення: фінансова стійкість – це надійно гарантована платоспроможність. Головна ознака фінансової стійкості – наявність чистих ліквідних активів, що визначаються як різниця між всіма ліквідними активами і короткостроковими зобов'язаннями на той або інший момент часу.

Фінансова стійкість пов'язана зі структурою капіталу, тобто раціональна структура капіталу забезпечує підприємству фінансову стійкість, підвищує рентабельність власних коштів, платоспроможність підприємства, що веде до підвищення його конкурентоздатності.

Тож, дамо визначення понять «капітал», «структура капіталу», «раціональна структура капіталу». Так, термін «капітал» походить від латинського «capitalis», що значить «основний», «головний». Представники класичної політекономії (в першу чергу, А. Сміт та Д. Рікардо) під капіталом розуміли накопичені запаси коштів виробництва, що призначені для подальшого виготовлення товарів.

Сучасні науковці, серед яких проф. І. А. Бланк, дають таке визначення: капітал є накопичений шляхом збереження запас економічних благ у формі грошових коштів та реальних капітальних товарів, що залучаються його власниками в економічний процес як інвестиційний ресурс та фактор виробництва з метою отримання доходу, функціонування яких в економічній системі базується на ринкових принципах та пов'язано з фактором часу, ризику та ліквідності [2; с. 21].

Той же науковець під структурою капіталу розуміє співвідношення всіх форм власних та позикових фінансових засобів, що використовуються підприємством у процесі своєї господарської діяльності [2; с. 45].

Покажемо зв'язок показників структури капіталу, середньозваженої вартості капіталу та показника ринкової вартості підприємства [2; с. 45]:

Показник структури капіталу

↓

Показник середньозваженої вартості капіталу

↓

Показник ринкової вартості підприємства

Існує чотири теоретичних концепції структури капіталу: традиціоналістська концепція, концепція індиферентності структури капіталу, компромісна концепція структури капіталу, концепція протиріч інтересів формування структури капіталу [2; с. 46].

Згідно із традиціоналістською концепцією структури капіталу, наголошується на тому, що зростання питомої ваги використання позикового капіталу в усіх випадках веде до зниження показника середньозваженої вартості капіталу, а, таким чином, і до зростання ринкової вартості підприємства.

Основу концепції індиферентності структури капіталу складає положення про неможливість оптимізації структури капіталу ні за критерієм мінімізації середньозваженої його вартості, ні за критерієм максимізації ринкової вартості підприємства, тому що вона не впливає на формування цих показників.

Основу компромісної концепції структури капіталу складає положення про те, що вона формується під впливом ряду суперечливих умов, що визначають співвідношення доходності та ризику використання капіталу підприємства, які в процесі оптимізації його структури повинні бути враховані шляхом відповідного компромісу їхнього комплексного впливу.

Основу концепції суперечливості інтересів формування структури капіталу складає положення про відмінність інтересів та рівня інформованості власників, інвесторів, кредиторів та менеджерів у процесі управління ефективністю його використання, вирівнювання яких веде до збільшення вартості окремих елементів [2; с. 55].

Вищезазначені визначення сучасних теорій структури капіталу формують достатньо обширний методичний інструментарій оптимізації цього показника на кожному конкретному підприємстві. Основними критеріями такої оптимізації виступають:

- прийнятний рівень дохідності та ризику в діяльності підприємства;
- мінімізація середньозваженої вартості капіталу підприємства;
- максимізація ринкової вартості підприємства.

Пріоритет конкретних критеріїв оптимізації структури капіталу підприємство визначає самостійно. Тож ми можемо зробити висновок, що не існує єдиної оптимальної структури капіталу не тільки для різних підприємств, але й навіть для одного підприємства на різних стадіях його розвитку.

Процес оптимізації передбачає встановлення цільової структури капіталу, під якою розуміється співвідношення власних та позикових фінансових коштів підприємства, що дозволяє повною мірою забезпечити досягнення вибраного критерію її оптимізації. Конкретна цільова структура капіталу забезпечує заданий рівень доходності та ризику в діяльності підприємства, мінімізує середньозважену його вартість або максимізує ринкову вартість підприємства. Показник цільової структури капіталу підприємства відображує фінансову ідеологію його власників чи менеджерів та входить в систему стратегічних цільових нормативів його розвитку.

Показник цільової структури капіталу є мінливим у динаміці і тому потребує періодичного коригування. На динаміку зміни структури капіталу впливають такі фактори, як ставка позикового відсотку, рівень оподаткування прибутку, рівень операційних витрат по залученню капіталу та деякі інші, які дуже мінливі в динаміці (особливо високим є динамізм цих факторів в умовах економіки перехідного періоду).

Рівень ефективності підприємства залежить від вибору схеми фінансування, яка залежить від особливостей використання як власного, так і позикового капіталу.

Важливим етапом, що впливає на конкурентоздатність підприємства, є саме вибір джерел засобів, що знаходяться у розпорядженні підприємства. Тут слід виходити з кола фінансових прав і повноважень, наданих підприємству, економічної природи позаобігових і обігових, власних і позикових засобів, господарської доцільності.

Умовою підтримання ефективного економічного розвитку є здатність підприємства пристосовуватися до змін внутрішнього й зовнішнього середовища, не втрачаючи водночас фінансової стійкості. При цьому підприємству необхідно володіти оптимальною структурою фінансових ресурсів і в разі потреби залучати позикові кошти. Незважаючи на те, що позикові кошти через певний термін треба повертати зі сплатою відсотків, більшість підприємств намагаються їх залучати. Адже в розвинених країнах відсоток підприємницького прибутку вищий за позиковий відсоток. Однак у сучасних економічних умовах України до початку залучення позикових коштів слід порівнювати позиковий відсоток із відсотком підприємницького прибутку, оскільки, як свідчить практика, не завжди залучення позикового капіталу є ефективним.

У країнах ринкової економіки велике значення для нагромадження капіталу і спрямування його на економічний розвиток підприємства мають амортизаційні відрахування. Вони спрямовуються на відновлення основних засобів, які вибули внаслідок фізичного зношення, морального старіння, випадкового псування. З досвіду ринкових країн відомо, що в період кризи амортизаційні відрахування повинні становити майже 70…75 % усіх коштів на фінансування економічного розвитку, а у сприятливі періоди – 50…60 %. В Україні цей показник становить 10…12 %, що стримує процес оновлення основних виробничих фондів акціонерних товариств, дає можливість підтримувати лише діюче виробництво і не дає змоги розвивати та уводити в дію нові виробничі потужності [1].

До погіршення фінансової стійкості призводять також наднормові запаси товарно-матеріальних цінностей, суми дебіторської заборгованості, несплаченої в строк, незаплановані витрати тощо.

На нашу думку, фінансова стійкість товариства може бути забезпечена шляхом визначення оптимального розміру обігового капіталу і структури пасивів. З цією метою треба проводити роботу щодо підвищення мобільності виробничих запасів та надходження достатніх коштів. Збільшення розміру робочого капіталу приводить до скорочення фінансового розриву, тобто різниці між необхідними і наявними капіталами, що забезпечує незалежність підприємства від зовнішніх джерел фінансування.

Поповнювати джерела власних коштів підприємств треба за рахунок підвищення загаль-

ної рентабельності виробництва, рентабельності продукції, яка реалізується, рентабельності ресурсів, балансового прибутку та його частини, що спрямовується на відрахування у резервний фонд, фонди економічного стимулювання.

Висновки

Отже, для забезпечення фінансової стійкості підприємства необхідне досягнення високих фінансових результатів за найменших витрат, забезпечення безперервної роботи підприємства і своєчасний та оптимальний перерозподіл фінансових ресурсів, які є в його розпорядженні, а також спрямування коштів на економічний розвиток підприємства.

Насамкінець зауважимо, що в межах цієї публікації дослідити глибше проблему забезпечення фінансової стійкості акціонерного товариства досить складно, оскільки, окрім зазначених вище, існують й інші чинники, які впливають на фінансову стійкість, – це економічна стабільність у державі, ліквідність, узгодження інтересів власників підприємства тощо.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бухонова, С. М. Комплексная методика анализа финансовой устойчивости предприятия [Текст] / С. М. Бухонова, Ю. А. Дорошенко, О. Б. Бендерская // Экономический анализ: теория и практика. – 2004. – № 7 (22). – С. 8-15.
2. Бланк, И. А. Управление формированием капитала [Текст] / И. А. Бланк. – К.: Ника-Центр, 2000. – 512 с.
3. Забродский, В. А. Оценка финансовой устойчивости производственно-экономических систем [Текст] / В. А. Забродский, Н. А. Кизим. – Х.: Бизнес Информ, 2000. – 82 с.
4. Родионова, В. М. Финансовая устойчивость предприятия в условиях инфляции [Текст] / В. М. Родионова, М. А. Федотова. – М.: Перспектива, 1995. – 104 с.

Надійшла до редколегії 19.06.2009.
Прийнята до друку 28.06.2009.

УДК 6556.2(477)

А. О. ІЩЕНКО (Первомайський інститут Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова)

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ УКРАЇНИ В ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ XIX ст.

У статті аналізується структура системи управління залізничним транспортом України в другій половині XIX ст.

В статье анализируется структура системы управления железнодорожным транспортом Украины во второй половине XIX в.

The structure of managerial system of railway transport of Ukraine in the second half of the XIX-th century is analyzed in the article.

З часом розширення залізничних мереж у другій половині XIX ст. на території країни, фінансування їх будівництва приватним чи державним коштом не мало чіткого розподілення. Співвідношення приватного та державного капіталу змінювалося в залежності від зацікавленості держави у експлуатації залізниць [1]. В будівництві залізничних шляхів були зацікавленні іноземні інвестори. Утворене в 1857 р. за сприяння французьких компаній «Главное Общество Российских железных дорог» займалося розподілом концесій на будівництво, координувало роботу приватних товариств. 28 січня 1857 р. затверджене «Положення про основні умови для будівництва першої сітки залізничних доріг» [2].

В цілому в історії залізничного будівництва виділяють періоди з 1863 по 1869 рр. – період казенного будівництва; за шість років казенного будівництва було збудовано лише 1147 верст. У другій пол. 60-х рр. уряд, використовуючи сприятливу економічну коньюктуру грошового ринку, робить ставку на приток в сферу залізничного будівництва іноземного капіталу. Головним джерелом фінансування приватного залізничного будівництва були іноземні позикові облігаційні капітали. З метою залучення масового імпорту позикових капіталів уряд розробив цілу систему гарантованого страхування основного капіталу залізничних товариств. На акції та облігації товариств у період будівництва і у випадках неприбуткової експлуатації щорічно виплачувалися високі гарантовані прибутки за рахунок внутрішніх коштів державного казначейства. Для обговорення питань стосовно будівництва залізниць восени 1865 р. була створена комісія, очолювана Чевкіним, з питань розробки планів і принципів подальшої урядової політики в питаннях залізничного будівництва. В 1867 р. – з метою створити постійне джерело фінансування будівництва приватних залізниць – уряд наказав заснувати спеціальний кредитний залізничний фонд. Із накопичень фонду держава купувала облігації та акції приватних залізниць, а також видавала субсидії та надавала допомогу правлінням залізничних товариств. За умовами державного законодавства підприємець, заключивши договір (концесію) з урядом на будівництво і експлуатацію залізничної дороги, створював акціонерне товариство, яке ставало власником дороги на певний термін. Необхідний для будівництва капітал надходив із-за кордону у вигляді концесій. Утворенні акціонерні товариства брали позики для будівництва залізниць, але держава не несла відповідальності по цих операціях займу, вона лише виступала гарантом виплати процентів та погашення позик. Концесійний період залізничного будівництва тривав впродовж 15 років (з 1866-го по 1880-й р.). За цей період було видано 53 концесії на приватні залізниці і було створено 43 акціонерних залізничних товариства. Широке коло повноважень концесіонерів на території України давало їм можливість привласнювати кошти, що надходили у вигляді позик. У цей період прибутковість залізничних магістралей була дуже низькою, технічне забезпечення знаходилося в поганому стані, тому за вимогою дворян та торгівельно-промислових кіл наприкінці 80-х рр. уряд ліквідував приватновласницьку монополію на транспорт без зміни форми власності. Акціонерні товариства перетворилися з підприємницьких організацій у напівдержавні установи. Формальне збереження приватної власності на залізниці пояснювалося праг-

© Іщенко А. О., 2009

ненням уряду використати акціонерні товариства для додаткового залучення іноземного капіталу. Одночасно шляхом викупу багатьох приватних залізниць і нового казенного будівництва було організовано велике державне залізничне господарство.

Система управління приватними та державними залізницями будувалася по вертикалі. Головне управління шляхів сполучення виникло в 1832 р. під назвою Головного управління шляхів сполучень та громадських приміщень, а з 1865 р. було перейменовано в Міністерство Шляхів Сполучення. Його структура і компетенції визначалися Зводом законів Російської імперії [3]. 1 лютого 1871 р. організовано центральне управління Міністерства Шляхів Сполучення. 20 травня 1871 р. виникла посада товариша Міністра Шляхів Сполучення. Всі спільні по Міністерству Шляхів Сполучення розпорядження видавалися щотижня під назвою «Указы Правительственных распоряжений по Министерству Путей Сообщения». 23 грудня 1872 р. затверджено положення про управління урядових та приватних залізничних доріг, що знаходилися в управлінні урядом [4]. Основна відмінність між приватними та державними залізницями полягала у формі власності.

За час будівництва залізничних шляхів, поряд із фінансованими державою та приватними товариствами, з'явилися такі, які будувалися спільними зусиллями. В такому випадку при безпосередній участі держави в будівництві вона зберігала за собою частину акцій, але в цілому дорога залишалася приватною через те, що при цьому держава виступала не як власник, а як акціонер. Право ж власності належало лише акціонерному товариству. На основі Статуту залізничних товариств управління справами товариства по будівництву й експлуатації доріг, а також введення документації та звітності покладалося на правління. Правління, в свою чергу, представляло товариство перед урядом і приватними особами [5]. Для відповідного нагляду за діяльністю товариства зі сторони акціонерів призначався комітет головного товариства російських залізничних шляхів, який діяв при управлінні в якості уповноваженого від усіх акціонерів. Склад комітету залишався сталим і нараховував сім членів. Посада їх була виборна, голосування проходило спільно усіма акціонерами, що володіли не менше, ніж десятьма акціями. Кожного року вибували три члени комітету, спершу шляхом жеребкування, а далі відповідно до терміну їх служби. Вибувши, члени комітету мали право бути обраними ще на один термін. Члени комітету мали розширені права, вони були присутніми на всіх засіданнях ради управління з правом дорадчого голосу, головуючий засідання був зобов'язаний запрошувати на кожне засідання усіх членів товариства. Комітет володів правом вносити зміни в протоколи засідання. За вимогою членів комітету рада обов'язково мала скликати екстрене зібрання всіх акціонерів. Члени комітету повинні були контролювати роботу товариства, перевіряючи бухгалтерські книги та документи товариства, а також безпосередні дії управління. Рішення і постанови управління мали підписати не менше чотирьох членів. Всі сім членів працювали на добровільних засадах, не отримуючи зарплатні [6]. З 1863 р. замість державного управління по «пікейним зборам» новостворене агентство отримало право створити товариство для будівництва залізничних шляхів. В цілому агентство і товариство складали одне підприємство, що функціонувало впродовж одинадцяти років. Після закінчення терміну агентство втрачало свої повноваження, а компанія зберігала назву «товариство будівництва залізничних доріг».

Перед державою компанію представляла Рада, що слідкувала за ходом справ.

До Ради входило два члени, назначені Головним Управлінням Шляхів Сполучення та Міністерством Фінансів та дев'ять учасників, обраних шляхом голосування більшістю голосів. Сума оплати членам Ради за їх працю визначалася в статуті, а порядок господарського управління справами вирішував компанійський договір [7]. Акціонерне товариство по відношенню до держави мало певні зобов'язання стосовно будівництва залізничних шляхів.

На основі статутів забезпечення утримання і своєчасного задоволення потреб експлуатації товариство зобов'язувалося створити допоміжний капітал: запасний і обіговий. Запасний капітал призначався на капітальні ремонти доріг, на покриття додаткових витрат. Обіговий капітал призначався на задоволення потреб із експлуатації [8]. Запасний капітал товариства формувався з надходжень за своєчасне будівництво та із щорічних відрахувань від експлуатації доріг по 20 % [9]. На погашення акцій впродовж існування товариства застосовували частину чистого прибутку товариства, відраховану на погашення. З таких відрахувань створювали особливий фонд погашення акцій. Цей фонд зберігався в державних паперах або гарантованих державою облігаціях. Співвідношення акціонерного капіталу до облігаційного складався

в розмірі 1:10. При такому розподілі на будівництво затрачувався фактично лише облігаційний капітал, в повній мірі гарантований державою. Акціонерний капітал практично не брав участі в будівництві. Таким чином, весь фінансовий ризик переходив державі, ризик акціонерів зводився лише до затрат на отримання концесії [10]. Після закінчення терміну дії товариства або в разі викупу залізниці урядом сума фонду розподілялася між усіма акціонерами товариства пропорційно кількості акцій у кожного [11]. У випадку, якщо на ділянці при передачі залишалися борги товариства, воно мало виплатити державі компенсацію або перенести борг на іншу вільну від займу ділянку.

Побудована дорога передавалась акціонерам, які обирали директора і створювали правління [12]. До Ради правління входили чотири директори. Директори і до них два кандидати обиралися зібранням акціонерів. Головуючого директора переобирали щорічно. Кожен директор, будучи членом акціонерного товариства, мав володіти не менше, ніж 25 акціями від загальної кількості акцій товариства. Рішення правління приймалося більшістю голосів присутніх директорів. В разі розподілу голосів порівну перевагу давав голос головуючого. Правління володіло правами, але й мало певні обов'язки. Воно відало всіма справами, визначало правила і порядок внутрішнього устрою управління, розпоряджалося витратами та прибутками, складало річний бюджет та щорічні звіти діяльності Ради правління, визначало, які питання підлягали рішенню на загальному зібранню акціонерів тощо. Рішення правління вважалося дійсним, якщо його підписали три директори. Планове зібрання акціонерів проходило раз на рік з питань щорічної звітності, передбачалися випадки позапланового зібрання акціонерів у разі надзвичайних ситуацій, за рішенням Ради правління або за вимогою не менше, ніж ста акціонерів. Право бути присутнім на зборах мали всі акціонери, але правом голосу володіли ті, що мали не менше десяти акцій. Власники 25 акцій володіли двома голосами і кожна наступна акція давала один голос. Проте ніхто в правлінні не мав більше ніж десять голосів.

Управління дорогою довірялося начальнику руху та експлуатації, призначеному правлінням і затвердженому Міністром Шляхів Сполучення. В розпорядженні начальника руху знаходилися ревізори та контролери руху [13].

Здана вчасно в експлуатацію дорога ставала власністю акціонерного товариства на визначений термін. У різних випадках термін перебування залізничних доріг у руках приватних компаній був різним, як правило, він коливався в межах 80…85 років. Після закінчення терміну дії концесій, коли капітал товариства при гарантії уряду погашений після того, як уряд виконав по відношенню до товариства всі зобов'язання, держава вступала у володіння залізницею і всім майном.

Будівництво приватних залізниць за рахунок гарантованих державою капіталів контролювалося Департаментом залізничної звітності. В обов'язки департаменту входило спостереження в рамках визначених правил за діяльністю місцевої та центральної залізничної адміністрації. Урядовому контролю надавалося право перевірки в управлінні будівництва залізничних доріг книг, рахунків, документів та взагалі всієї звітності стосовно будівельних операцій на окремих ділянках. Контроль здійснювався за станом грошового рахунку в касах товариства, головного інженера, начальника ділянки, різних розпорядників та інших підзвітних чиновників. Департамент фактично перевіряв в присутності уповноважених на це агентів виконання постанов та проведення будівельних робіт.

За приватними залізницями держава здійснювала поверхневий контроль, державні ж залізниці підлягали постійному контролю з боку державних установ. Найвищий контроль за державними шляхами сполучення, а відповідно всі справи стосовно будівництва, утримання і порядок використання лежав на Міністерстві Шляхів Сполучення. Міністр Шляхів Сполучення, відаючи державними шляхами сполучення та їх майном, діяв через центральне і місцеве управління підзвітного йому відомства. Із числа залізничних шляхів невелика частина гілки Ковель – Володимир-Волинський була підзвітною Військовому Міністерству, а Уссурійська дорога передана в оренду Китайській східній дорозі – вона прокладена поза межами імперії і знаходилася під наглядом Міністерства Фінансів. Не дивлячись на те, що всі залізничні шляхи належали відомствам, контроль Міністерства Шляхів Сполучення був неповним. Тарифна частина по залізничних шляхах за законом 8 березня 1889 р. була передана в Міністерство Фінансів. Так само і розгляд прохань по будівництву нових шляхів із точки зору їх економічного, адміністративного і взагалі державного значення з 1896 р. знаходився у віданні Міністерства Фінансів [14]. Склад відомства, порядок і зразок діяльності центральних відділів Міністерства Шляхів Сполучення і

відповідальність чиновників, що входили до їх складу, визначалися особливими відділами Міністерства Шляхів Сполучення [15].

Історія залізниць показала, що як приватні, так і державні залізниці відповідали умовам суспільного користування. Періодично піднімалися питання, які дороги найбільш вигідні і яким варто віддавати перевагу. Співвідношення приватних та державних залізниць впродовж другої половини XIX – початку XX ст. було різним. Як приватні, так і державні залізниці мали прихильників та противників, що акцентували увагу на перевагах та недоліках тих чи інших доріг. В цілому ж як приватні, так і державні дороги мали позитивні риси і недоліки, що проявлялися в організації роботи.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Шухтань, Л. Ф. Эксплуатация железных дорог. Служба подвижного состава и тяги [Текст] / Л. Ф. Шухтань. – СПб., 1888. – С. 17.
2. Шмейдиер. Железнодорожное дело. Руководство к подготовлению служащих при их поступлении на .железные дороги [Текст] / Шмейдиер [пер. с нем. Лестушевского]. – СПб., 1880. – С. 91-93.
3. Российское законодательство X-XX вв. [Текст]. – В 9 т. – Т. 6. Законодательство первой пол. XIX в. – М, 1988. – С. 94.
4. Телічко, В. П. Виникнення паровоза і залізниць (історичний нарис) [Текст] / В. П. Телічко. – К., 1936. – С. 21.
5. Проект просьба: В совете главного общества российских железных дорог [Текст] // Одесский Вестник. – 1860. – № 20. – 23 февраля. – С. 92.
6. Проект главных оснований агентства по питейному сбору и товарищества для сооружения железных дорог [Текст] // Одесский Вестник. – 1862. – № 66. – 23 июня. – С. 313.
7. [Текст] Там же. – С. 56.
8. Шмейдиер. Железнодорожное дело. Руководство к подготавлению служащих при их поступлении на железные дороги [Текст] / Шмейдиер [пер. с нем. Лестушевского]. – СПб., 1880. – С. 150.
9. Уставы руських железнодорожных обществ [Текст]. – СПб., 1910. – С. 12.
10. Кульжинский, С. О развитии Русской железнодорожной сети [Текст] / С. Кульжинский. – СПб., 1910. – С. 3.
11. Уставы руських железнодорожных обществ [Текст]. – СПб., 1910. – С. 12.
12. Петруша, Л. Опыт общедоступной истории развития железнодорожного дела в России [Текст] / Л. Петруша. – Одесса, 1879. – С. 6.
13. Державний архів Херсонської області. – Ф. 296 (Управління по спорудженню залізничної лінії Джанкой – Херсон Товариства Чорноморської залізниці м. Херсон Херсонського повіту Херсонської губернії). – Оп. 1. – Спр. 1 (Документы, протоколы, опись, переписка об отчуждении земли у гражданки Семеновой П. Я. для сооружения ветки от ст. Херсон к пристани на р. Днепре и Кошевой) [Текст]. – Арк. 3-8.
14. Проект устава о государственных путях сообщения [Текст]. – СПб., 1884. – С. 104-105.
15. Отчет Министра Путей Сообщения о деятельности Министерства за 1909-1911 гг. [Текст]. – СПб., 1912. – С. 293-294.

Надійшла до редколегії 01.06.2009.
Прийнята до друку 25.06.2009.

УДК 338.46.656.02

В. І. КОПИТКО (Львівська філія ДІТу)

ЛОГІСТИЧНИЙ ПІДХІД У СТВОРЕННІ ЕФЕКТИВНОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ПАСАЖИРСЬКИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Розглядається логістична концепція управління пасажирськими перевезеннями залізничним транспортом, що передбачає створення логістичних центрів, які повинні поєднувати ринковий механізм із державним регулюванням. Обґрунтовано, що умовою ефективної роботи логістичних центрів є визначення основних факторів, за якими можна впровадити класифікацію пасажиропотоків, що дасть можливість прогнозувати поведінку логістичної структури на ринку пасажирських перевезень.

Рассматривается логистическая концепция управления пассажирскими перевозками железнодорожным транспортом, предусматривающая создание логистических центров, которые должны сочетать рыночный механизм с государственным регулированием. Обосновано, что условием эффективной работы логистических центров является определение основных факторов, по которым можно осуществить классификацию пассажиропотоков, что позволит прогнозировать поведение логистической структуры на рынке пассажирских перевозок.

The logical concept of passenger transportation management on the railway transport is considered. This concept provides the creation of logical centers, which must combine the market mechanism with the government regulation. It is motivated that the efficient work condition of logical centers is a determination of main factors, due to which it is possible to realize the classification of passenger traffic that will allow forecasting the behavior of a logistic structure at the passenger market.

Логістичний підхід у формуванні механізму управління пасажирськими перевезеннями пов'язаний із розвитком інфраструктури пасажирського залізничного транспорту, регіональних інформаційних логістичних центрів, розгалуженої мережі вокзалів, що вимагає побутових цілісних логістичних систем управління пасажирськими перевезеннями, адже логістика охоплює планування, управління і контроль проходження потоків від місця їх зародження до місця їх споживання з мінімальними витратами. Логістику на пасажирському залізничному транспорті слід розглядати як управління пасажирськими перевезеннями, враховуючи також потоки інформаційні, фінансові та сервісне обслуговування.

В умовах реформування залізничної галузі та враховуючи кризові явища у період переходу до ринку, обумовлено зниження ефективності та якості пасажирських перевезень. Так, на 01.07.2009 р. залізницями України курсують 7252 пасажирських вагони: 3748 – плацкартні, 2546 – купейні, 315 – СВ, 140 – РІЦ та 503 – міжобласні. Всього оснащено кондиціонерами 2156 вагонів (30 %). Ця ситуація обумовлена тим, що в більшості пасажирських вагонів системи кондиціонування повітря не передбачені конструктивно. У 2009 році згідно з фінансовим планом передбачається придбати 170 пасажирських вагонів [1].

Уся система управління діяльності пасажирського комплексу, що пов'язана з підготовкою і розподілом рухомого складу, складанням графіків руху поїздів у відповідності з логістичною концепцією повинна прийматися з урахуванням раціоналізації всіх основних потокових процесів перевезень. Основою для визначення організаційно-економічного механізму пасажирських перевезень є маркетингові дослідження транспортного ринку (попит, пропозиція, провізні та пропускні можливості залізниць).

Структура залізничних пасажирських перевезень на основі логістики тісно пов'язана з реформуванням залізничної галузі. Проте на сьогоднішній день процеси реформування призупинені. Нинішнє призупинення цього процесу, збереження централізованого управління, чітких господарських та фінансових стосунків дають можливість залізницям гідно переживати кризу.

Оптимальним варіантом є перетворення галузі на Державний концерн із відповідними юридичними особами, які існують і сьогодні. Також слід залишити регіональний принцип управління, зважаючи на територію України та відмінності між регіонами. Необхідно створити

© Копитко В. І., 2009

Державний концерн та поетапно, за запитами суспільства, реформувати та віддавати на корпоратизацію окремі галузі, які не будуть впливати на загальний рівень ліквідності чи конкурентоздатності всієї системи [2].

Щоб забезпечити ефективний механізм управління залізничними пасажирськими перевезеннями на основі логістики, слід сформувати понятійний апарат логістичного сервісу як інструменту організації перевезень пасажирів.

Послуги логістики – діяльність транспортних фірм із здійснення пасажирських перевезень використовуючи інформаційно-маркетингові технології.

Логістичні витрати – це витрати на управління транспортно-логістичними процесами.

Оцінка діяльності логістичних систем: якісні показники, розширення ринків транспортних послуг.

Об'єкти управлінської діяльності: пасажиропотоки, їх оптимізація в рамках логістичної системи (зниження витрат, підвищення якості обслуговування).

Логістичний сервіс – це логістичні послуги, інтеграція перевізних процесів, планування із врахуванням можливих ризиків, забезпечення конкурентоздатності транспортних послуг.

Укрзалізниця зараз розробляє Концепцію впровадження швидкісного руху поїздів до 160 км/год на період до 2020 р. Така швидкість є оптимальною для запровадження денного залізничного руху між столицею України та великими обласними центрами. Відповідна Концепція була розроблена на період до 2015 р., але тепер необхідно враховувати зміни в економіці. Запровадження швидкісного руху передбачає ґрунтовну модернізацію колійного господарства, енергопостачання, зв'язку тощо. До того ж Укрзалізниця проводить низку заходів із метою розділення пасажирського та вантажного руху на переважно пасажирські та змішані (вантажні та пасажирські) напрямки.

Для реалізації Концепції впровадження швидкісного руху необхідний також рухомий склад високого рівня. Такі поїзди мають відповідати світовим стандартам, швидко набирати швидкість після зупинки, бути виготовлені із застосуванням сучасних технологій та високоякісних матеріалів, працювати від постійного та змінного електроструму (двосистемні). Останнє є дуже актуальним для залізниць України. Для розвитку денного пасажирського сполучення передбачено використання рухомого складу з розподіленою тягою, що є більш економічно доцільним, ніж використання звичайних вагонів із локомотивною тягою. Такий рухомий склад, незважаючи на досить високу ціну, є більш енергоефективним, потребує менших витрат на обслуговування в процесі експлуатації. Укрзалізниця вже розробила технічні вимоги до таких поїздів та передала їх виробникам. Головною метою є перевезення пасажирів у комфортних та сучасних умовах. Тим більше, ми готуємося до Євро-2012. Укрзалізниця вивчала можливих постачальників рухомого складу, орієнтуючись на три основних параметри: якість рухомого складу, температурний режим, комфорт підвіски. Зокрема, були вивчені зразки техніки виробництва України, Польщі, Чехії, Франції, Кореї та ін. Другим показником є вартість поїздів. Третій показник – фінансовий механізм, за яким буде придбана техніка: чи то буде кредит, чи лізинг, чи інше. Є певні напрацювання з поляками в придбанні рейкових автобусів. Що стосується вітчизняних виробників, то окрім намірів, ми не маємо ніяких конкретних пропозицій щодо виробництва такого рухомого складу.

Стан зношеності рухомого складу – від 75 до 80 %, тому програмою оновлення рухомого складу передбачено щорічно купувати близько 200 вагонів. Слід враховувати, що сьогодні є вагони, що можуть пересуватися зі швидкістю 200 км/год, але немає локомотивів, які б пересувалися зі швидкістю 160 км/год [3].

Стосовно пасажирського транспорту логістика являє собою сукупність проектних рішень, технічних засобів і методів організації та управління, які забезпечують заданий рівень обслуговування пасажирів, їх безпечну, надійну і безперервну доставку «від дверей до дверей» у певний час при мінімальних витратах. Застосування логістики на пасажирському транспорті дозволяє оптимізувати перевізний процес, що розглядається як логістична система операторів та об'єктів інфраструктури, за допомогою логістичних зв'язків, які беруть участь у процесі надання транспортних послуг.

Логістичний підхід до створення технічної інфраструктури пасажирського транспорту полягає в забезпеченні найкоротших зв'язків між основними пасажироутворюючими пунктами, в облаштуванні цих пунктів необхідним обладнанням, в забезпеченні обліку обсягів пасажиропотоків і вимог комфортного проїзду при виборі оптимального рухомого складу, типів і видів транспортних засобів.

Відсутність логістичного підходу до управління пасажирським транспортом створює про-

блеми його ефективного використання, зокрема:

- планування перевезень пасажирів, у першу чергу, базується на звітних даних і врахуванні тимчасових факторів без належного економічного обґрунтування;
- залишаються недостатньо вивченими і слабо врахованими фактори, які визначають обсяг та структуру пасажирських перевезень;
- значні недоліки допускаються при плануванні роботи рухомого складу та обслуговуючого персоналу, зайнятого пасажирськими перевезеннями, експлуатаційних витрат і собівартості перевезень;
- тарифна система пасажирського транспорту містить вагоме соціальне навантаження, що деформує реальне ціноутворення;
- не повною мірою використовуються можливості залізничного транспорту в підвищенні експлуатаційної швидкості, росту продуктивності праці, зниженні собівартості, підвищенні рентабельності пасажирських перевезень і культури обслуговування пасажирів;

Логістичний підхід до управління пасажирськими потоками вимагає об’єднання окремих ділянок перевізного процесу в єдину систему, здатну забезпечити якісні транспортні послуги для населення при мінімальних витратах [4, с. 58-59].

Отже, кризові явища в економіці України на сьогоднішній день обумовили зниження ефективності та якості пасажирських перевезень. Недостатня якість перевезень викликана такими факторами: моральна та фізична застарілість рухомого складу пасажирського транспорту; недостатній розвиток дорожньо-транспортної мережі міст; невідповідність існуючого рухомого складу прогресивним вимогам сьогодення; недостатня тарифна політика; відсутність ефективних систем диспетчерського управління процесами перевезень пасажирів та керування дорожнім рухом; недостатній моніторинг перевезень пасажирів.

Зростання поїздок громадян України у пасажирському транспорті вимагає забезпечення якості та ефективності перевезень пасажирів за рахунок розробки та практичної реалізації відповідних організаційно-технічних та екологічних заходів (впровадження сучасного рухомого складу, оптимізація маршрутів перевезень, впровадження системи диспетчерського управління перевезеннями на основі широкого застосування засобів інформатики й обчислювальної техніки, оптимальна координація різних видів транспорту, оптимізація тарифів).

Складовими процесу трансформації концепції логістики є:

1. Мислення, зорієнтоване на вартість і корисність результату діяльності, яке передбачає створення додаткових корисностей (вартості місця, вартості часу, вартості інформації про товар та послуги).

2. Мислення системними категоріями, які ґрунтуються на взаємозалежності засобів і процесів.

3. Мислення категоріями загальних або повних витрат (витрат на оформлення замовлення, транспортування, пакування, управління запасами та складських витрат), витрат закупівлі та витрат обслуговування споживача. Структуризація повних витрат обумовлена можливістю генерації конфліктів витрат конфліктами цілей.

4. Мислення категоріями обслуговування (цикл замовлення, надійність, якість та еластичність виконання замовлення).

5. Мислення категоріями ефективності [5].

Виходячи з вищевказаного, слід визначити цілі логістичного управління на макрорівні, які передбачають вирішення наступних проблем в умовах структурної реформи:

- розробка інституційної бази та економічних умов для взаємовигідного функціонування підприємств різних форм власності;
- розробка загальної схеми побудови маршрутів;
- вибір раціональних напрямків перевезень;
- визначення кількості операторів із наданням їм функціональних обов’язків;
- розподіл об’єктів інфраструктури за територіальними ознаками;
- вибір видів транспорту та транспортних засобів;
- оптимізація територіального розміщення транспортних систем і координація їх роботи з пасажирського обслуговування.

Управлінська логістична система залізничних перевезень повинна поділятись на дві підсистеми – пасажирських та вантажних перевезень. На вході такої системи буде сукупність матеріальних, інформаційних і фінансових потоків, на виході – досягнуті значення цільових для системи пасажиропотоків, тобто структура макрологістичної системи залізниць поділяється на зовнішні постачання матеріалів і запчастин, паливно-енергетичних ресурсів, машин та обладнання (матеріальні потоки). Незалежні

компанії – банки, страхові компанії, термінали, лізингові, оператори рухомого складу (автотранспорт) і насамкінець структури УЗ – вантажне, локомотивне та колійне господарство, вокзальні комплекси, склади і термінали, які безпосередньо впливають на пасажиро- та вантажопотоки.

З метою успішного проведення Євро-2012 в Україні важливим кроком є вибір логістичного оператора. У цьому сенсі до претендентів висуваються надзвичайні вимоги, насамперед щодо наявності досвіду в логістиці найбільших спортивних заходів. Логістичними виглядають претензії фірми Schenker, яка виконувала важливі логістичні функції під час Олімпіад у Мюнхені (1972 р.), Сіднеї (2000 р.), Пекіні (2008 р.), Чемпіонату світу з футболу в Німеччині у 2006 р. Такий досвід є надзвичайно важливим, оскільки логістичне обслуговування чемпіонату – це, насамперед, три відчутні особливості:

- управління, скероване більше на ризики, ніж на безпосередні товари і послуги;
- перевезення охоплює всю гаму товарів і людей (устаткування, продуктів, людей, рекламних матеріалів тощо);
- сфера логістичних послуг охоплює все можливе, зокрема швидкий і точний транспорт, складування, обслуговування замовлень, термінову доставку нестандартних вантажів, координацію і безпеку, електронну комунікацію, обслуговування об'єктів (спортивних закладів, готелів, ресторанів тощо), міжнародний медіацентр [6, с. 815].

Метою створення ефективної логістичної структури є стратегічне прогнозування поведінки системи на ринку пасажирських послуг – сервіс, інфраструктура, ефективність перевізного процесу. Для створення ефективної мережі управління пасажирськими перевезеннями є маркетингові дослідження, які дають вихідні дані: структури пасажиропотоків, райони тяжіння та їх характеристики, можливості приміського, міського автотранспорту і т.д. Важливо також знати поведінку групи пасажирів, їх платоспроможність, потреби, мотивацію поїздок. Слід також передбачити створення нормативно-правової бази державного регулювання ринку пасажирських перевезень.

Важливим чинником управління пасажирськими перевезеннями є сервіс пасажирських послуг, який можна визначити як об'єкт досліджень. Комплексний показник рівня пасажирського сервісу є синтетичним і може визначатись враховуючи пасажирський сервіс, надійність пересування у відповідності з графіком, доступність (частота відправлення і прибуття поїздів), безпеку, комфортність, вартість квитка (тариф), рівень інформаційного забезпечення.

Загальні витрати пасажирських перевезень повинні охоплювати виробничо-інфраструктурні витрати, витрати на пасажирський рухомий склад, експлуатаційні витрати пасажирських перевезень, витрати на інформаційне обслуговування.

Однією з важливих функцій логістичних центрів є участь у взаємодії з виробничими підрозділами залізниць у розробці графіків руху поїздів. Виходячи із логістичної концепції, слід суттєво скоротити терміни розробки графіків і створити ефективний механізм внесення оперативних змін у ці графіки залежно від попиту на перевезення, адже на сьогоднішній день процеси розробки графіків руху поїздів і його нормативної бази ніколи не розглядались як цілісна система, яку можна оптимізувати і якою можна керувати за певних її відхилень. Логістична система розробки графіку руху поїздів повинна забезпечити вирішення завдань, виходячи із наявної кон'юнктури попиту на ринку транспортних послуг, виконання заявок на розробку графіків пасажирських поїздів у дальньому сполученні, оцінки вартості альтернативних маршрутів, постійного моніторингу графіку руху поїздів із врахуванням технічного стану та пропускної спроможності інфраструктури та рухомого складу. Логістичні центри на сьогоднішній день можуть створюватись на базі пасажирської служби залізниць (рис. 1).

Дуже важливою передумовою ефективної роботи логістичних центрів є визначення основних факторів, за якими можна провести класифікацію пасажиропотоків:

- рівень сервісу (перед поїздкою, сама поїздка і після поїздки);
- частка поїздок залізничним транспортом (переваги над іншими видами);
- категорія поїзда, тип вагона;
- взаємовідносини пасажир – провідник під час поїздки (придбання квитків, інформаційне забезпечення, обслуговування на вокзалах і т.д.)

Для забезпечення переваги тієї чи іншої концепції (зокрема, створення логістичних центрів) слід вирішити наступні питання:

- визначити мету – де монополія, де конкуренція;
- розробити технічні умови, враховуючи управління інфраструктурою;

- визначити порядок взаємовідносин учасників перевезень;
- забезпечити дієвість цільових програм розвитку пасажирських залізничних перевезень.

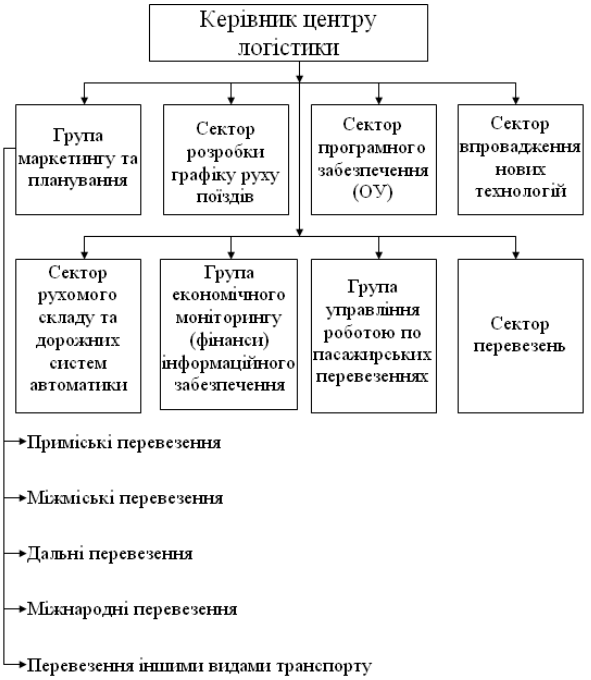


Рис. 1. Схема центру логістики пасажирських перевезень на залізниці

Логістичні центри в сфері пасажирських перевезень повинні вирішувати наступні проблеми:

- координацію пасажиропотоків, враховуючи пропускні та провізні можливості ділянок залізниць;
- проведення маркетингових досліджень пасажиропотоків (їх структура, напрями пересування, прогноз на перспективу);
- аналіз пасажиропотоків на вузлових станціях (вокзалах), обґрунтування зміни схем поїздів і маршрутів;
- розробку плану розвитку інфраструктури залізничного транспортного комплексу;
- рекомендації із впровадження додаткових поїздів у сезонні періоди;
- визначення оптимальної кількості та розміщення залізничних вокзалів;
- розробку методики визначення конкурентоздатності тарифів на перевезення;
- розробку нових тарифних прейскурантів (знижки на групові поїздки, повторні і т.д.);
- впровадження логістичних технологій у сервісне обслуговування;
- узгодження логістизації перевезень із міжнародною логістичною системою.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/index.php?f=Doc.View&p=news_4388
2. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/index.php?f=Doc.View&p=news_4491.0.news&lng=uk
3. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/index.php?f=Doc.View&p=news_4487.0.news&lng=uk
4. Мельник, Т. С. Формування раціональної концепції логістичного управління залізничним пасажирським транспортом [Текст] / Т. С. Мельник, О. В. Христофор // Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті: Матеріали Першої Міжн. наук.-практ. конф. – К.: ДАЗТУ, 2009. – С. 57-60.
5. Павленчик, К. М. Логістика перевезень пасажирів міським транспортом [Електрон. ресурс] / К. М. Павленчик. – Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Upsal/2008_5/08pknppt.pdf
6. Мельниченко, О. С. Логістика і місто: ефект взаємодії [Текст] / О. С. Мельниченко, В. Є. Крикавський, Р. Л. Сопільник // Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка»: Логістика. – № 633. – Львів, 2008. – С. 814-823.

Надійшла до редколегії 02.09.2009.
Прийнята до друку 24.09.2009.

УДК 338.47.003.13

Н. В. КУДРИЦЬКА (Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України)

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

У статті надано авторське визначення транспортно-дорожнього комплексу України, охарактеризовано основні види транспорту. Сформульовано теоретико-методологічні аспекти дослідження транспортно-дорожнього комплексу України в сучасних економічних умовах.

В статье дано авторское определение транспортно-дорожного комплекса Украины, охарактеризованы основные виды транспорта. Сформулированы теоретико-методологические аспекты исследования транспортно-дорожного комплекса Украины в современных экономических условиях.

In the article the author's definition of transport-and-road complex of Ukraine is given, the basic types of transport are characterized. The theoretical-and-methodological aspects of research of transport-and-road complex of Ukraine in the modern economic conditions are formulated.

Перехід України до нової фази стійкого соціально-економічного зростання, курс на європейську інтеграцію потребує випереджуючого розвитку системи транспорту. Транспортно-дорожній комплекс (ТДК) є важливою складовою у структурі економіки країни, фактором реалізації геостратегічного потенціалу країни, зростання її ролі в міжнародному поділі праці. За роки ринкових перетворень транспорт став самостійним системоутворюючим чинником економічного зростання. Частка транспорту у валовому внутрішньому продукті України складає 10 %, вартість основних виробничих фондів – 12 % від загального виробничого потенціалу країни.

Транспорт у цілому задовольняє потреби економіки та населення, однак ефективність його функціонування, рівень безпеки та якості перевезень пасажирів та вантажів, охорони довкілля не відповідають європейським та світовим вимогам.

Актуальність розробки теоретико-методологічних аспектів дослідження ТДК України підтверджується прийняттям Закону України від 07.02.2002 №3022-III «Про Комплексну програму утвердження України як транзитної держави у 2002-2010 роках», «Програми розвитку національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні на 2006-2010 роки», затвердженої постановою КМУ від 12.04.2006 № 496.

Науковими дослідженнями проблем розвитку ТДК України займалося багато вітчизняних вчених: О. О. Бакаєв, Ю. Ф. Кулаєв, Ю. Є. Пащенко, А. М. Новікова, Т. В. Блудова, Е. В. Танцюра, Л. Г. Зайончик, А. І. Воркут та багато інших.

В роботах О. О. Бакаєва [1 – 3] розглядаються питання оптимального планування та проектування транспортних систем на різних видах транспорту, розробки алгоритмів оптимізації роботи залізничного та автомобільного транспорту, річкового та морського флотів, нафто- та продуктопроводів, дослідження у сфері комплексної проблеми створення економіко-математичних моделей та інформаційних технологій для забезпечення прийняття рішень на транспорті, застосування автоматного моделювання при дослідженні складних систем, сценарного прогнозування.

Проблемам підвищення ефективності функціонування ТДК присвячені наукові праці Ю. Ф. Кулаєва [4], в яких досліджується розвиток методів оцінки ефективності капітальних вкладень на транспорті, врахування екологічних, соціальних факторів та ризиків при визначенні ефективності інвестиційних проектів на транспорті.

Великий науковий внесок у дослідження розвитку транспортної системи зробив Ю. Є. Пащенко, в роботах якого досліджені та узагальнені проблеми функціонування та розміщення ТДК України, визначені стратегічні напрями та пріоритети його розвитку в умовах інтеграції в загальноєвропейську і світову транспортні системи. В монографії [5, с. 9] наведено визначення єдиної транспортної системи, яка є «сукупністю шляхів сполучення, перевізних засобів, технічних пристроїв і механізмів, засобів управління та зв'язку, обладнань

© Кудрицька Н. В., 2009

усіх видів транспорту, які об'єднані системою технологічних, технічних, інформаційних, правових та економічних відносин, що забезпечують задоволення потреб національного господарства та населення у перевезеннях вантажів і пасажирів».

Наукові дослідження А. М. Новікової [6] щодо удосконалення роботи ТДК України присвячені питанням транзитного потенціалу України (зокрема, автором розроблена логіко-ймовірнісна модель загроз втрати транзитних потоків), дослідженню проблем вдосконалення технології, умов та правил перетину транспортними засобами державного кордону, розвитку мережі міжнародних транспортних коридорів та економічної безпеки України в транспортній сфері.

Дослідженню проблем оптимізації складових транзитного потенціалу в контексті підвищення рівня економічної безпеки України, ціноутворення та ризик-менеджменту на транспорті, математичного моделювання оцінювання діяльності підприємства та тарифної політики на транспорті присвячені наукові роботи Т. В. Блудової. В монографії [7, с. 7] надане таке визначення ТДК: «транспортно-дорожній комплекс, що включає в себе окремі види транспорту, шляхове і дорожнє господарство, є найголовнішим системоутворюючим елементом, що визначає ступінь розвитку економічного потенціалу і промислової інфраструктури розвинутої країни».

В монографії [8] визначено, що «транспортно-дорожный комплекс содержит органы управления транспортом, объединения, предприятия и организации, осуществляющие перевозки грузов и пассажиров, транспортную экспедицию, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава и транспортного оборудования, проектирование, строительство и содержание автомобильных дорог, гидротехнические сооружения для судоходства, средства управления движением, а также научно-исследовательские, проектные и конструкторские организации».

З точки зору автора, ТДК України – це сукупність шляхів сполучення, перевізних засобів, технічних пристроїв і механізмів, засобів управління та зв'язку, обладнань усіх видів транспорту, складна система економічних, технологічних, технічних, екологічних, інформаційних та правових відносин, основною метою якої є максимальне задоволення потреб національного господарства і населення в перевезеннях вантажів і пасажирів відповідно до державних цільових програм та на основі досягнень науково-технічного прогресу.

Дана стаття є продовженням наукових досліджень автора, присвячених проблемі розвитку та підвищення ефективності функціонування ТДК України [9 – 11].

Метою статті є визначення основних напрямів теоретико-методологічних досліджень розвитку ТДК України в сучасних економічних умовах.

ТДК України об'єднує окремі види транспорту: залізничний, автомобільний, морський, річковий, авіаційний, трубопровідний, міський електротранспорт, промисловий залізничний транспорт, відомчий транспорт, а також дорожнє господарство.

Кожний вид транспорту має свої особливості.

Залізничний транспорт має ряд переваг, серед яких можна назвати енергоефективність, низький рівень шкідливих викидів у атмосферу, безпеку перевезень, ефективне використання простору, сумісність залізничних систем з іншими видами транспорту, тобто їх інтермодальність.

Цей вид транспорту найбільш пристосований до масових перевезень вантажів, безперервний і регулярний, функціонує вдень і вночі, незалежно від пори року і атмосферного впливу. Швидкість доставки вантажу залізницями в середньому складає 350…380 км/добу.

За розмірами вантажообігу залізничний транспорт займає перше місце серед інших видів транспорту, він має високу провізну здатність.

На залізницях порівняно невелика собівартість перевезень, яка становить близько 28 коп. за 10 т-км нетто, пасажирських – у 2 рази більше, а питомі капітальні вкладення останніх вищі у 2…3 рази.

Автомобільний транспорт для більшості розвинених країн є основним видом внутрішнього сполучення і ключовим елементом транспортної системи, який виконує головну роль в забезпеченні економічного зростання і соціального розвитку. У більшості розвинених країн автомобільний транспорт розвивався випереджаючими темпами по відношенню до інших видів транспорту. Цьому сприяли його об'єктивні переваги, доповнені значним прогресом в області дорожнього будівництва і конструкцій автотранспортних засобів, а також у зв'язку із широким розповсюдженням систем промислової і транспортної логістики.

Автомобільний транспорт характеризується високою маневреністю та прохідністю, можливістю досить швидкого постачання вантажів (350…400 км/добу), пристосованістю для перевезень невеликих партій вантажів, легкістю управління автомобілями і його готовністю до роботи при належному технічному обслуговуванні.

Середня собівартість перевезень вантажів автотранспортом у 10…15 разів вища залізничної. При перевезенні вантажів у автопоїздах по якісних дорогах вона знижується у 2…3 рази. Обмежена вантажопідйомність транспортних одиниць, висока енерго- та трудомісткість перевезень, недостатня регулярність перевезень та їх екологічна безпека – це специфічні особливості автомобільного транспорту.

Морський транспорт. Основними перевагами цього виду транспорту є відсутність обмежень у вантажопідйомності транспортного флоту, мала енергоємність, достатньо висока середня тривалість навігації За регулярністю перевезень морський транспорт поступається залізницям, оскільки деякі порти замерзають у зимовий період. Він є основним видом транспорту для забезпечення торгових зв'язків України з багатьма країнами і обслуговування приморських районів країни.

Швидкість доставки вантажів морським транспортом не нижча, ніж на залізницях (350…550 км/добу), а середня собівартість перевезень – менша. Вона істотно залежить від виду плавання, вантажу і дальності перевезень.

Річковий транспорт використовується переважно для перевезень між пунктами, розташованими на річкових шляхах, а також у змішаних сполученнях. Найбільш доцільним є перевезення річковим транспортом таких масових вантажів, як круглий ліс, руда, сіль, будівельні матеріали, плата за перевезення яких по залізниці складає від 50 до 90 % вартості самої продукції.

Економічність річкового транспорту підвищується при перевезеннях на дальні відстані, оскільки при цьому зменшується частка витрат на початкових і кінцевих операціях у собівартості перевезень.

Швидкість доставки вантажів річковим транспортом у багатьох басейнах не нижча за залізничну – 280…300 км/добу.

Авіаційний транспорт – надшвидкісний вид транспорту (середня швидкість перевезень складає близько 800…900 км/год), який забезпечує безпосадочні польоти на великі відстані. Дальність безпосадочного польоту літака ТУ-114 складає до 10 тис. км. Повітряні траси в середньому коротші за паралельні їм залізничні лінії на 20 %, автомобільні дороги – на 28 % і водні шляхи – на 33 %.

У вантажних перевезеннях літаки використовуються переважно для доставки на далекі відстані овочів, фруктів та інших продуктів, що швидко псуються, а також пошти, цінних і дефіцитних вантажів (коштовностей, запасних частин та ін.).

До недоліків повітряного транспорту відносяться: висока енергоємність, залежність від погодних умов, обмеженість габаритних розмірів та маси вантажів, що перевозяться. Собівартість перевезень вантажів на цьому транспорті дуже висока – в 60…70 разів більша, ніж на залізничному.

У систему ***трубопровідного транспорту*** України входять: магістральний трубопровідний транспорт, за допомогою якого здійснюються транзитні, міждержавні, міжрегіональні поставки нафтопродуктів споживачам; промисловий трубопровідний транспорт – весь інший немагістральний транспорт у межах виробництв, а також внутрішньопромислові нафто-, газо- і продуктопроводи, міські газопровідні, водопровідні, теплопровідні, каналізаційні мережі, меліоративні системи та ін.

Особливостями цього виду транспорту є: відсутність рухомого складу, а отже і порожніх пробігів, постійний режим роботи незалежно від стану погоди і кліматичних умов, простота експлуатації та режиму управління перевезеннями, в яких власне транспортування і вантажно-розвантажувальні операції становлять єдиний процес. Швидкість перекачки нафтовантажів залежить від діаметра труби і складає в середньому 70…80 км/добу.

Трубопроводи є спеціалізованим (не універсальним) видом транспорту, що також сприятливо позначається на економічних показниках його роботи. Собівартість перекачування нафти і нафтопродуктів по трубопроводах у 2…3 рази нижча порівняно із залізничними перевезеннями.

Основні показники обсягів перевезень вантажів і пасажирів усіма видами транспорту України за 2007 рік надані в табл. 1 та 2.

Розвиток ТДК України вимагає розробки теоретико-методологічних і методичних підходів удосконалення його функціонування, основні напрями яких надані на рис. 1.

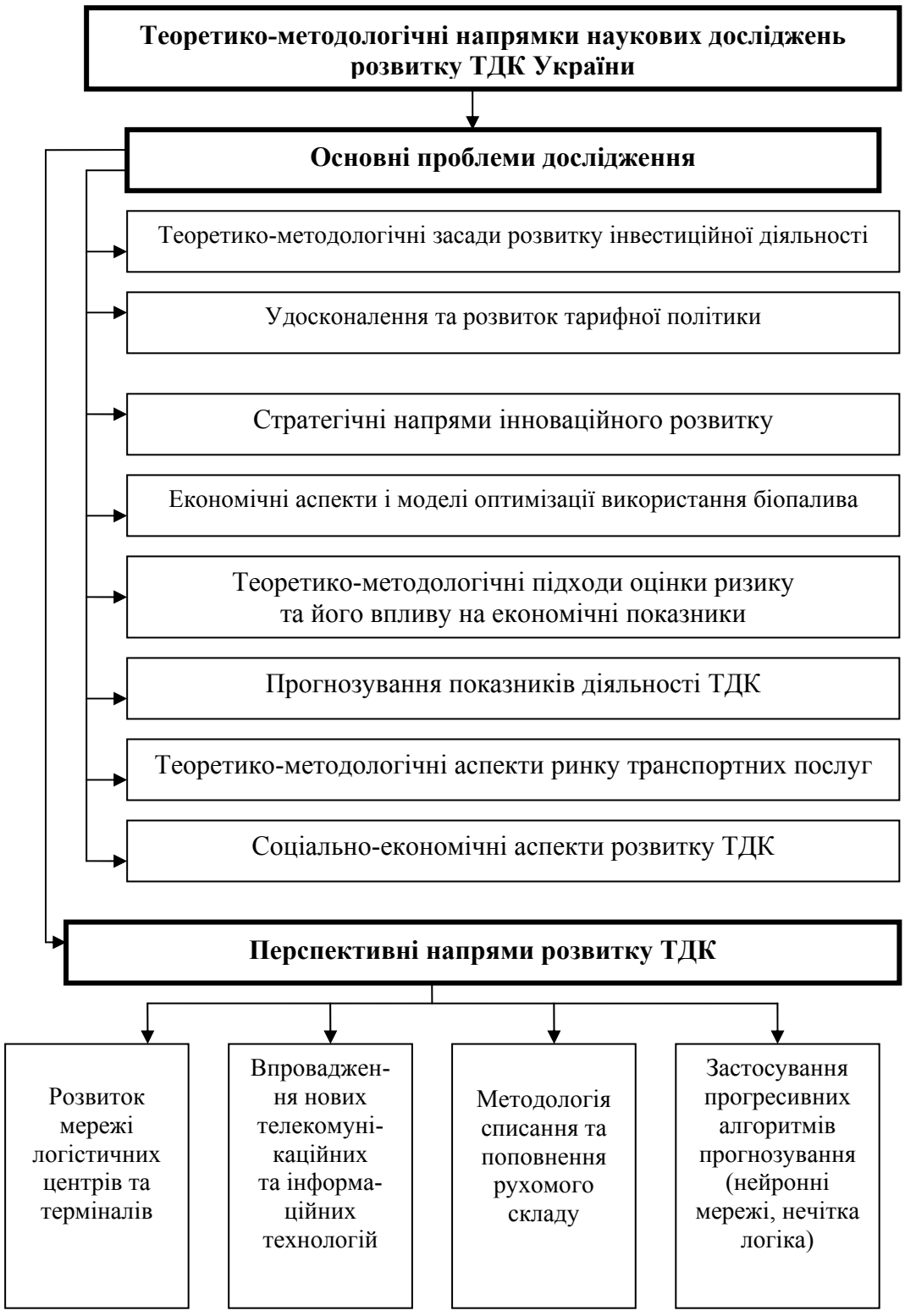


Рис. 1. Теоретико-методологічні підходи до розвитку ТДК України

Таблиця 1

Обсяги перевезень вантажів і вантажообіг за видами транспорту України

Вид транспорту	Перевезено вантажів, млн т		Вантажообіг, млрд т-км	
	2007 рік	Питома вага, %	2007 рік	Питома вага, %
Усіма видами транспорту	**1990**	**100,0**	**510,2**	**100,0**
Залізничним	514	25,8	262,5	51,5
Автомобільним	1255	63,1	46,6	9,1
Водним	24	1,2	18,6	3,6
Трубопровідним	196	9,89	182,1	35,72
Авіаційним	0,1	0,01	0,4	0,08

Таблиця 2

Обсяги перевезень пасажирів і пасажирообіг за видами транспорту України

Вид транспорту	Перевезено пасажирів, млн осіб		Пасажирообіг, млрд пас.-км	
	2007 рік	Питома вага, %	2007 рік	Питома вага, %
Усіма видами транспорту	**8214**	**100,0**	**140,9**	**100,0**
Залізничним	447	5,4	53,1	37,6
Автомобільним	4173	50,8	56,1	39,8
Водним	10	0,2	0,2	0,3
Авіаційним	5	0,1	9,3	6,6
Тролейбус	1621	19,7	9,3	6,6
Трамвай	1027	12,5	5,8	4,1
Метрополітен	931	11,3	7,1	5,0

Висновки

На основі проведених наукових досліджень дане авторське визначення ТДК України, акцентовано увагу на теоретико-методологічних підходах розвитку інвестиційної та інноваційної діяльності, прогнозування роботи транспортної галузі; оцінці та врахуванні ризиків при прийнятті оптимальних рішень; соціально-економічних аспектів та розвитку ринку транспортних послуг.

Подальшими напрямами наукових досліджень щодо теоретико-методологічних і методичних підходів дослідження ТДК України є впровадження нових телекомунікаційних та інформаційних технологій, розробка методології списання та поповнення рухомого складу, розвиток мережі логістичних центрів та терміналів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бакаев, А. А. Экономико-математические модели планирования и проектирования транспортных систем [Текст] / А. А. Бакаев. – К.: Техника, 1973. – 220 с.
2. Бакаєв, О. О. Основи мікроекономіки [Текст] : навч. посібник / О. О. Бакаєв, О. О. Карагодова, Ю. О. Кутах. – К.: КУЕТТ, 2004. – 267 с.
3. Бакаєв, О. О. Макроеконометричне моделювання економічного розвитку України [Текст] : монографія / О. О. Бакаєв, Т. Г. Кравченко, Т. А. Мукмінова; за заг. ред. О. О. Бакаєва, Т. А. Мукмінової. – К.: Транспорт України, 2004. – 124 с.
4. Кулаев, Ю. Ф. Методы экономической оценки инвестиционных проектов на транспорте [Текст] / Ю. Ф. Кулаев. – К.: Транспорт Украины, 2001. – 182 с.
5. Пащенко, Ю. Є. Розвиток та розміщення транспортно-дорожнього комплексу України [Текст] : монографія / Ю. Є. Пащенко; за ред. С. І. Дорогунцова. – К.: Науковий світ, 2003. – 467 с.
6. Новікова, А. М. Україна в системі міжнародних транспортних коридорів [Текст] / А. М. Новікова. – К.: НІПБМ, 2003. – 494 с.
7. Блудова, Т. В. Транзитний потенціал України: формування та розвиток [Текст] / Т. В. Блудова. – К.: НІПМБ, 2006. – 274 с.
8. Логистика – технология транспортного процесса [Текст] / Л. М. Костюченко и др.; под ред. Л. Г. Заенчика. – К.: Кий, 2000. – 358 с.
9. Кудрицька, Н. В. Стратегічне планування як інструмент розвитку транспортно-дорожнього комплексу України [Текст] / Н. В. Кудрицька // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 5. – С. 7-10.
10. Кудрицька, Н. В. Теоретико-методологічні засади розвитку ринку транспортних послуг [Текст] / Н. В. Кудрицька // Формування ринкових відносин в Україні. – 2009. – № 2 (93). – С. 110-114.
11. Кудрицька, Н. В. Системний підхід при розробці стратегії підвищення ефективності функціонування транспортно-дорожнього комплексу України [Текст] / Н. В. Кудрицька // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 6. – С. 24-28.

Надійшла до редколегії 05.05.2009.
Прийнята до друку 13.05.2009.

УДК 656.2.078 (100):332.025.28

М. І. МІЩЕНКО (ДІІТ)

ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ПОЛІТИКИ

Досліджуються проблеми розвитку загальноєвропейського транспортного законодавства в галузі залізничного транспорту з середини 60-х років до теперішнього часу.

Исследуются проблемы развития общеевропейского транспортного законодательства в сфере железнодорожного транспорта с середины 60-х годов по настоящее время.

The problems of development of All-European transport legislation in the sphere of railway transport since the mid of 60-ies of 21st century till the present time are under study.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими завданнями

Процеси інтернаціоналізації економіки останніми роками є однією з переважних тенденцій у рамках усього світу. Природно, що транспорт не може залишатися осторонь від цього процесу. Без досить налагодженої роботи транспортного комплексу – як у національному, так і в міжнаціональному масштабі – жодне міжнародне економічне угруповання не може функціонувати нормальним чином.

Лідером у реалізації програм економічної і політичної інтеграції є Західна Європа. Тут їх реалізація почалася раніш, ніж в інших регіонах світу і відбувалася більш динамічно і послідовно, хоча і тут цей процес зустрічав значні труднощі. До початку 90-х років європейські інтеграційні структури впритул підійшли до створення єдиного європейського економічного простору, з перспективою розвитку процесів інтеграції також і в політичній галузі. Маастрихтські угоди підготували основу для створення «загальноєвропейського будинку». Створений у рамках цих угод Європейський Союз активно прагне до перетворення всієї Західної Європи в єдиний економічний, а в перспективі, можливо, і політичний комплекс.

Одним з найважливіших елементів такого комплексу повинна бути єдина транспортна мережа, що охоплює всю територію Європейського Союзу і функціонує на основі єдиних технічних стандартів і економічних принципів. Створення такої мережі тим більш важливо, оскільки одним з основних принципів майбутньої «єдиної Європи» повинно стати вільне пересування людей і товарів по всій її території. Природно, що забезпечення такої умови неможливе без відповідного інфраструктурного забезпечення, однієї з важливих складових частин якого є транспортний комплекс.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми і на які спирається автор

Незважаючи на усі вищезгадані фактори, на шляху створення загальноєвропейського транспортного комплексу з перших днів створення Європейського Економічного Співтовариства (ЄЕС) постали значні труднощі [1, 2]. Договір про створення ЄЕС із самого початку передбачав проведення країнами-учасниками єдиної політики в області транспорту. Надії на позитивний ефект від усунення всіх перешкод на шляху вільного пересування товарів і факторів виробництва по території Співтовариства робили створення такої єдиної політики необхідною [4, 5].

Виділення невирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується дана стаття

Через історично обумовлені розходження в підходах до вирішення проблем, що вставали на шляху формування єдиної транспортної політики, вони здавалися нездоланними. До дуже складних питань відносяться:

- положення залізниць, як політичного інструмента, що потребує захисту і пов'язана з цим потреба у втручанні держави у функціонування транспортного ринку;
- ступінь автономії транспортних підприємств у області формування тарифів;
- тимчасові перспективи лібералізації міжнародних перевезень у рамках Європейських Співтовариств (ЄС);
- необхідний рівень гармонізації умов конкуренції, як між видами транспорту, так і усередині окремих видів;
- відповідальність Комісії ЄС за планування і реалізацію міжнародних інфраструктурних проектів у області транспорту;

© Міщенко М. І., 2009

- гармонізація деяких технічних стандартів (наприклад, максимально припустима вага і розмір транспортних засобів, навантаження на вісь, максимальна швидкість пересування).

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Все вищевикладене дозволяє чітко сформулювати ***мету даної статті*** – дослідження розвитку та формування загальноєвропейської транспортної політики, що дозволить створити єдину транспортну мережу, що охоплює всю територію Європейського Союзу і функціонує на основі єдиних технічних стандартів і економічних принципів.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Початок розвитку Європейського законодавства в галузі залізничного транспорту відноситься до 60-х років.

Першим кроком Європейської Комісії, з метою забезпечення стабільності транспортного ринку та створення умов подолання виявленого нею кризового стану, розробки ефективного механізму для зниження розладів, які виникають з причини структури транспортного ринку, було прийняття Регламенту Ради (ЄЕС) № 1017/68 від 19 липня 1968 р. про застосування правил конкуренції у сферах залізничного, автомобільного та внутрішнього водного транспорту.

Регламент зобов'язав уряди не допускати до створення несхожих умов для еквівалентних операцій з іншими торгівельними сторонами, таким чином, ставлячи їх у конкурентно невигідне становище, та передбачено заборону укладання контрактів з умовами, які передбачають прийняття іншими сторонами додаткових зобов'язань, які за своїм характером або згідно з комерційним використанням не мають зв'язку з наданням транспортних послуг. Наступний документ, направлений на усунення розбіжностей, які викривлюють умови конкуренції на ринку перевезень, – Регламент Ради (ЄЕС) № 1107/70 від 4 червня 1970 р. щодо надання фінансової допомоги в сферах залізничного, автомобільного та внутрішнього водного транспорту. З цією метою було встановлено певні правила надання фінансової допомоги в галузі залізничного, автомобільного та внутрішнього водного транспорту.

Регламенти Ради (ЕЕС) № 1192/69 та (ЕЕС) 1191/69 (4) від 26 червня 1969 р. встановили загальні правила та процедури виплати компенсацій, що випливають із нормалізації рахунків суб'єктів господарювання залізниці та відшкодування фінансових витрат, спричинених виконанням зобов'язань, властивих концепції публічних послуг у галузі залізничного, автомобільного та внутрішнього водного транспорту.

До 1985 р. у питанні формування єдиної політики в області транспорту в рамках ЄС було досягнуто лише дуже незначного прогресу. Чисельні пропозиції Комісії ЄС у цій області були відкинуті Радою міністрів ЄС чи їх рішення було відкладене на майбутнє; розходження в підходах і відсутність готовності до компромісів на протязі десятиліть здавалися нездоланними.

Одним з основних перешкод на шляху формування єдиної транспортної політики ЄС був конфлікт між двома тенденціями: гармонізацією умов конкуренції і лібералізацією доступу до ринку і ціноутворення. Намагаючись вирішити дане питання протягом багатьох років, Рада Міністрів ЄС незмінно заходила у глухий кут: пропоновані Комісією заходи, спрямовані на лібералізацію, постійно відкидалися на тій підставі, що рівень гармонізації умов конкуренції був недостатнім.

Вирішальний поштовх у малоуспішну до того транспортну політику ЄС внесло так зване «Рішення про бездіяльність» Європейського суду від 22 травня 1985 р. Європейський парламент обвинувачував Раду міністрів ЄС у недотриманні термінів, встановлених у ст. 15 і 79 договору про створення ЄС. Згідно з цими статтями вже до 1988 р. повинна бути забезпечена воля у сфері послуг. У цьому рішенні, несподіваному для німецького уряду і німецької транспортної політики, установлювалася відсутність безпосереднього ув'язування між усуненням правил, що придушують конкуренцію (тобто лібералізацією ринку і гармонізацією конкурентних умов). Дане рішення вимагало втілення в життя положень ст. 79, що передбачають лібералізацію сфери послуг, на протязі визначеного терміну. З цього рішення Радою Міністрів ЄС на засіданнях 14 листопада 1985 р. і 30 червня 1986 р. були зроблені численні і перспективні висновки.

Незалежно від даного рішення Європейського Суду глави держав і урядів ЄС на засіданні Ради 29 – 30 червня 1985 р. в Мілані прийняли рішення про завершення створення до 1 січня 1993 р. єдиного внутрішнього ринку ЄС. Це рішення значно прискорило прийняття радою міністрів транспорту ЄС рішень, спрямованих на дерегулювання ринку.

Одним з найважливіших рішень, що одержали найбільший резонанс, є так звана «правова лінія» (директива) 91/440, про майбутній розвиток політики ЄС в галузі залізничного транспорту. Ця директива була прийнята Радою міністрів ЄС у 1991 р. після багаторічних малоус-

пішних зусиль Комісії ЄС і прийнята всіма державами-членами ЄС до 1 січня 1993 р. На шляху реалізації будь-якого проекту в галузі європейської транспортної інтеграції існує велика кількість труднощів, зв'язаних зі специфікою сучасного розвитку різних видів транспорту в Європі. Однією з основних проблем такого роду є дуже поглиблена в останні роки нерівномірність розвитку європейського транспортного комплексу.

Останніми роками в Європі різко проявилася тенденція до непропорційно швидкого розвитку автомобільного транспорту, на шкоду іншим його видам, насамперед залізничному. Відповідно до розрахунків транспортної дирекції ЄС, наведених Н. Кінноком [3] на неформальній зустрічі міністрів транспорту ЄС у Римі 12 – 13 квітня 1996 р., частка залізничного транспорту в загальному обсязі вантажних перевезень у країнах-членах ЄЕС у 1971 р. складала 32 %, а до кінця 90-х років упала до 16 %. Сучасні прогнози на 2010 р. припускають, що до цього часу частка залізниць у загальному обсягу вантажних перевезень у країнах-членах Європейського Союзу може знизитися до 5 %, якщо не будуть прийняті термінові заходи для виправлення становища. У той же час, частка автомобільних перевезень постійно зростає, і якщо в 1971 р. вона складала 49 %, наприкінці 90-х – уже 70 %, а за оцінками на 2010 р. буде обслуговувати до 84 % ринку вантажних перевезень. Частка внутрішнього водяного транспорту також знижується: у 1971 р. він обслуговував 12 % ринку, наприкінці 90-х – уже тільки 8 %, і, за оцінками, буде обслуговувати до 2010 р. менш ніж 5 % ринку.

Процес переносу основної маси перевезень на автомобільний транспорт пов'язаний, насамперед, зі зміною характеру вантажів, що перевозяться, які визвали зміну у вимогах кліентів до перевізників. Дійсно, в останні роки спостерігається все більш активний перехід від масових перевезень до перевезень дрібних партій вантажів з одночасною жорсткістю вимог до терміновості та своєчасності доставки. Автомобільний транспорт із його гнучкістю і можливістю здійснювати перевезення «від дверей до дверей» і менш централізованою структурою управління зміг краще пристосуватися до нових умов, ніж його конкуренти. Крім того, позначилася і політика багатьох країн Західної Європи, уряди яких дуже інтенсивно підтримували створення мережі сучасних автомобільних доріг і відповідної інфраструктури, не приділяючи в той час достатньої уваги підтримці залізничної інфраструктури.

Така ситуація привела до драматичного погіршення положення залізниць Європи. Більшість з них виявилися до початку 90-х років обтяжені величезними боргами. Позначилася і надмірна, на думку більшості європейських економістів, централізація управління залізницями, активне втручання держави в їх функціонування, що найчастіше приносило більше шкоди, ніж користі. Ефективність роботи залізниць знизилася, більшість з них несли значні збитки, що покривалися за рахунок державних субсидій. Встало навіть питання про повне витиснення залізничного транспорту з багатьох сегментів ринку вантажних і пасажирських перевезень.

З іншого боку, непропорційно швидкий розвиток автомобільного транспорту привів до цілого ряду проблем. Сюди відносяться і проблеми екологічного характеру, яким у Європі приділяється величезне значення, і те, що європейці називають «транспортним інфарктом»: незважаючи на активний розвиток інфраструктури, він вже на превелику силу справляється з обсягами транспортних потоків, що безупинно збільшуються.

У цих умовах Європейська Економічна Співдружність, а пізніше і Європейський Союз були змушені прийняти ряд заходів, спрямованих на зміну становища. Ще в липні 1991 р. Рада Європейського Співтовариства прийняла так звану «директиву ЄЕС 91/440», про яку вже говорилося вище. У цій директиві, що стосується питання функціонування залізниць Співтовариства, від країн-членів було потрібно прийняття ряду заходів, спрямованих на оздоровлення положення залізничного транспорту. Фактично можна сказати, що дана директива викликала цілий переворот у сфері залізниць.

Втілення даної директиви в національне законодавство набуло особливої значимості з моменту введення з 1 січня 1993 р. єдиного внутрішнього ринку Європейського Співтовариства для гарантії вільного пересування капіталу, товарів, послуг і громадян.

В подальшому зміст директиви 91/440 було доповнено й уточнено в її новій редакції, погодженої в листопаді 2000 р. єднальним комітетом Європейського парламенту і Європейської ради. У даній редакції зберігалися, в основному, ті ж основні принципи, що і раніше, але приділялося більше уваги питанню про структурний і інституціональний поділ функцій керування інфраструктурою й експлуатацією. Робився додатковий упор на необхідність гарантування забезпечення вільного доступу до інфраструктури.

Директива 91/440 була згодом (у 1995 р.) доповнена декількома директивами, що регламентують окремі аспекти підприємницької діяльності на залізницях. У першу чергу, тут варто згадати про директиву 95/18, що визначає вимоги до ліцензування підприємницької діяльності

на залізницях і директиву 95/19, що формулює принципи розподілу пропускної здатності й оплати права користування інфраструктурою.

Нові редакції даних директив також були погоджені в листопаді 2000 р.

Парламент ЄС 1 лютого 2001 р. ратифікував так званий інфраструктурний пакет, що складається з трьох зазначених директив по залізничному транспорту. Після публікації держави - члени ЄС зобов'язані були на протязі 2 років заснувати два незалежних відомства – регулююче й інфраструктури з метою забезпечення гарантованого і вільного доступу до пропускної здатності мережі. Задачею цього заходу є створення і заохочення конкуренції між компаніями-операторами і стимулювання переходу вантажних перевезень з автомобільного транспорту на залізничний.

Прийняття цього пакета завершує епоху традиційних замкнутих національних залізничних систем у межах ЄС, чому ряд країн, наприклад, Австрія, Бельгія, Люксембург і Іспанія дотепер противилися. У країнах, де вже створені адміністрації інфраструктури, наприклад у Франції, має бути ще відповідно до цих директив перерозподілено відповідальність.

Починаючи з березня 2003 р., усім ліцензованим операторам-перевізникам вантажів був гарантований доступ до Транс'європейської залізничної мережі довжиною 50 тис. км. Ця мережа охоплює близько 90 % міжнародних вантажних напрямків у межах ЄС.

Заходи, намічені в Директиві 91/440 і інших вищезгаданих директивах, були розширені і доповнені в так званій «Білій Книзі по відродженню залізниць Співтовариства» [1], що з'явилася в липні 1996 р. Тут мова йшла про цілий комплекс конкретних заходів, спрямованих на поліпшення положення залізниць на європейському ринку транспортних послуг і обумовлюючих значну реорганізацію їх структури і принципів діяльності.

У «Білій Книзі» розглядається нинішнє положення залізниць Західної Європи й аналізуються причини, що призвели до нинішньої кризи. При цьому автори даного документа виходять з того, що, незважаючи на всі труднощі, пережиті в даний момент, залізниці можуть і повинні внести дуже значний внесок у забезпечення «мобільності» суспільства в цьому сторіччі. Однак для того, щоб це стало можливим, в діяльність залізниць Європи необхідно внести радикальні зміни, що повинні в цілому бути спрямовані на адаптивність – забезпечення більшої гнучкості реагування на зміни ринку і потреби клієнтів. Для цього необхідно підкорити діяльність залізниць загальним ринковим правилам, дія яких дотепер була дуже обмежена активним утручанням держав в усі її аспекти. Тут мова йде про процес, що найчастіше позначається в літературі як «комерціалізація» залізниць. У «Білій Книзі» розробляються ідеї, закладені ще в Директиві 91/440, але в більш закінченій формі.

Одними з основних недоліків транспорту є низький технічний рівень і незадовільний стан його виробничої бази. Зниження обсягів реконструкції та будівництва інфраструктурних об'єктів, а також темпів поповнення і відновлення парків рухомих засобів транспорту, іншої транспортної техніки привело в останні роки до істотного погіршення їх технічного стану (вікової структури, збільшення зносу і т.д.) і працездатності.

Стан багатьох технічних засобів транспорту підійшов до критичного рівня. Значна частина їх експлуатується за межами нормативного терміну служби, інша, також значна, частина наближається до цього терміну. Як наслідок, істотно погіршуються показники безпеки й економічної ефективності роботи транспорту, ростуть ресурсоємність перевезень та транспортні витрати народного господарства країн членів ОСЗ. Зростання собівартості перевезень, у свою чергу, обумовлює підвищення транспортних тарифів.

У зв'язку зі зростанням транспортних тарифів за останні роки, виникли певні обмеження транспортно-економічних зв'язків. Перевезення на далекі відстані багатьох видів продукції стали невигідними, знизилася конкурентоздатність виробничих товарів не тільки на зовнішньому, але і на внутрішньому ринку.

Рухомість населення у позаміському сполученні зменшилася, в основному за рахунок скорочення поїздок для відпочинку і туризму. Для значної частини населення поїздки на великі відстані стали практично недоступними, що викликає додаткову соціальну напруженість у громадському житті країн.

Основною причиною низької рентабельності та збитковості перевезень у 90-х роках було зниження обсягів перевізної роботи при збереженні всієї інфраструктури видів транспорту і незначному зниженні чисельності виробничого персоналу, а також відставання росту дохідних ставок від росту цін на споживані транспортом паливо, електроенергію, матеріали і технічні засоби.

Фінансове положення транспортних підприємств не є нормалізованим. Перевезення пасажирів у внутрішньому сполученні на усіх видах транспорту збиткові, а рентабельність видів транспорту по перевезеннях вантажів мінімальна або ці перевезення також збиткові, причо-

му частка збиткових підприємств збільшується. Зростає також дебіторська заборгованість транспорту з боку клієнтури.

Магістральний залізничний транспорт, що віднесений до галузей природних монополій і знаходиться в державній власності, також функціонує з низькою рентабельністю і не забезпечує навіть простого відтворення галузі.

Складність фінансового стану залізничного транспорту збільшується випереджаючими темпами росту цін на споживані ним ресурси.

Загальна інвестиційна криза і незадовільний фінансовий стан транспортних підприємств не дозволяє направляти власні засоби і банківські кредити на відновлення транспортних засобів і об'єктів інфраструктури, що у свою чергу приводить до подальшого загострення фінансового стану.

У країнах Центральної і Східної Європи – кандидатах на вступ у Європейський Союз – останнім часом з'явився вільний вибір між різними видами транспорту. Тому залізниці цих країн уперше за довгий час змушені працювати в конкурентному середовищі. Раніше залізниці являли собою єдині державні підприємства, зв'язані зобов'язаннями по виконанню соціально значущих та інших видів економічно збиткових перевезень і в той же час користувалися підтримкою з боку держави.

У ході переговорів із країнами-кандидатами керівні органи ЄС висунули ряд обов'язкових для виконання вимог, основними серед який є:

- забезпечення певного рівня загальноекономічної готовності, що дозволив би протистояти конкурентному тиску ринку;
- вчасно зі вступом введення в дію в повному обсязі законодавчих актів стосовно до залізничного транспорту, що діють у ЄС;
- здійснення реструктуризації залізничного транспорту, що забезпечує ефективне керування його діяльністю.

Усього до уваги повинні бути прийняті положення 31 законодавчого акта ЄС.

Як і в багатьох країнах-членах ЄС, залізничний транспорт країн-кандидатів є одним із найбільших роботодавців і дуже впливає на економічний розвиток відповідної країни. Це підкреслює важливість своєчасної і правильної його реорганізації. Більш ефективне керування, впровадження нових технологій, передача на сторону деяких секторів господарської діяльності можуть викликати скорочення зайнятості. Для пом'якшення зв'язаної з цим соціальної напруженості на деяких залізницях прийняті програми більш раннього виходу на пенсію і підтримки створення нового бізнесу, різні схеми освіти та перепідготовки тощо, у ряді випадків з фінансовою допомогою з боку органів ЄС. У ході реструктуризації необхідно також перейти на прийняту в ЄС систему бухгалтерського обліку і звітності, що забезпечує належну прозорість доходів і витрат, і на встановлений у ЄС порядок дотримання так званих суспільних інтересів.

Перша вимога – незалежність залізниць від держави у визначенні рівня послуг, що надаються, і тарифів на перевезення.

З березня 2003 р. функціонує відкритий ринок міжнародних перевезень на основних магістральних лініях, що входять у Транс'європейську мережу вантажних залізничних сполучень (TERFN). З березня 2008 р. рамки відкритого ринку поширені на всі лінії залізниць Європи. Видані ліцензії дійсні у всіх країнах-членах ЄС.

Опубліковано технічні вимоги до високошвидкісних залізничних ліній і рухомого складу; вимоги до звичайних ліній і рухомого складу перебувають у стадії розробки. Для країн-кандидатів на вступ у ЄС важливо вчасно підготувати законодавчу базу щодо сумісності.

На розвиток і реконструкцію інфраструктури Транс'європейської транспортної мережі (TERFN), у тому числі залізниць країн Центральної і Східної Європи, спрямована програма TINA, реалізація якої почата в 1996 р.

Перед країнами-кандидатами на вступ у ЄС постають серйозні проблеми, пов'язані з продовженням реформування залізничного транспорту, підвищенням його ефективності та якості послуг, що надаються.

У відношенні інституціональних перетворень найбільш складним є встановлення оптимальних взаємин між державою і залізничними компаніями, між цими компаніями і користувачами послуг, між усіма зазначеними сторонами і регулювальним органом.

Вимагає прояснення фінансове положення залізниць. Поділ активів між державою, менеджментом інфраструктури і компаніями-операторами в багатьох випадках ускладнений невизначеним статусом власності. Крім того, мають місце конфлікти при задоволенні соціально значущих транспортних потреб. Держава, адміністративні органи різних рівнів найчастіше не поспішають із виділенням необхідних компенсаційних виплат. Через це залізниці, що не одержують достатньої компенсації, змушені застосовувати перехресне фінансування одних видів діяльності (як правило, у пасажирських сполученнях) за рахунок інших (як правило, вантажних) або нарощувати борги.

Найбільш складна в цьому відношенні задача продовження експлуатації малодіяльних ліній. Для її рішення, наприклад, в Польщі передають відповідальність за транспортне обслуговування малонаселених районів зацікавленим регіональним адміністраціям, як це прийнято в ЄС.

Основними шляхами вирішення проблем, що залишилися в країнах-кандидатах на вступ у ЄС, є: посилення конкуренції як між видами транспорту, так і між окремими залізничними компаніями. При правильному визначенні «правил гри» і з урахуванням того, що роль залізниць у країнах-кандидатах залишається відносно значимою, цей фактор буде багато в чому обумовлювати підвищення ефективності і зміцнення позицій залізничного транспорту на ринку транспортних послуг; ретельна підготовка техніко-економічних обґрунтувань проектів розвитку залізниць. Якщо потенційні інвестори будуть переконані в доцільності реалізації проекту, вони виділять необхідні кошти на інфраструктуру і рухомий склад; встановлення оптимальних взаємин з державою. Оскільки держава є законодавцем та споживачем суспільно значимих транспортних послуг і, у багатьох випадках, повним чи частковим власником залізниць, лобіювання інтересів залізничного транспорту на різних рівнях може сприяти як прийняттю політичних рішень бажаної спрямованості, так і спрощенню пошуку джерел фінансування.

Висновки

Результати проведеного дослідження дозволяють встановити наукове припущення, що в основі розвитку інтеграційних процесів Європейських країн лежить об'єктивний економічний процес – прагнення країн Європи до розробки раціонального механізму господарювання. Він проявляється в ефективному використанні всіх видів ресурсів, у т.ч. і транспорту. Розвиток економічної системи Європейських країн супроводжується інвестиційною діяльністю, яка повинна принести результати, принаймні у співставленні з витраченими ресурсами. Створення загальноєвропейської транспортної політики – основна умова формування ефективної і конкурентоздатної економіки об'єднаної Європи. Порівняно зі своїми конкурентами в Америці й Азії, ця економіка повинна бути забезпечена високоефективним транспортним комплексом, який функціонував би на єдиних принципах, для того, щоб забезпечити злагоджене функціонування всієї економічної системи.

Перспективи подальших робіт у даному напрямку

Існує Положення, відповідно до якого вимоги, висунуті в вищезгаданих документах, повинні втілюватися в життя. Недотримання цього переліку документів якими-небудь із членів ЄС можуть привести до прийняття проти цих країн певних штрафних санкцій. Але, незважаючи на це, у багатьох країнах Західної Європи реалізація цих проектів йде надзвичайно повільно і важко.

Тут відіграють певну роль і побоювання за соціальні наслідки подібної реорганізації (більшість залізничних профспілок країн ЄС цілком виразно висловилися у свій час проти заходів, запропонованих у «Білій Книзі», тому що вони безсумнівно викликають скорочення кількості робочих місць), і сумніву урядів окремих країн у конкурентоздатності їхніх національних залізничних компаній, що викликають небажання допускати на свої мережі «третіх осіб», і багато чого іншого. Однак, можна сказати, що принципи, закладені у вищеописаних документах, активно втілюються в життя.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Белая Книга - Европейская транспортная политика до 2010 года: время решать. Транспорт – важнейшее направление и движущая сила интеграции [Текст] / Межд. академия трансп., Ирмаст-Холдинг. – М.: ПолиграфСервис XXI, 2003. – 192 с.
2. Міщенко, М. І. Проблеми розвитку залізничного транспорту зарубіжних країн [Текст] / М. І. Міщенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 214-221 с.
3. Kinnock, N. Dramatische Verschlechterung der Eisenbahnposition zu erwarten [Text] / N. Kinnock // Internationales Verkehrswesen. – 1998. – № 7-8. – S. 7.
4. Європейське залізничне законодавство. Підбірка законодавчих актів Європейського Союзу, які відображають етапи розвитку та становлення Європейського залізничного права [Текст] / за ред. І. Б. Матвіїва. – Т. І. – Управління зовнішніх зв'язків Держ. адміністрації залізн. трансп. України, 2006. – 296 с.
5. Європейське залізничне законодавство. Підбірка законодавчих актів Європейського Союзу, які відображають етапи розвитку та становлення Європейського залізничного права [Текст] / за ред. І. Б. Матвіїва. – Т. ІІ. – Управління зовнішніх зв'язків Держ. адміністрації залізн. трансп. України, 2006. – 494 с.

Надійшла до редколегії 01.04.2009.
Прийнята до друку 14.04.2009.

УДК 330.112.2+330.143

В. В. МЯМЛИН (ДИИТ)

К ВОПРОСУ О КАТЕГОРИИ ПРИБЫЛИ

Розглянуто економічну категорію – «прибуток». Показано суперечності та необґрунтованість існуючої фінансово-економічної моделі хазяйнування, побудованої тільки на «прибутковій» парадигмі. Показано, як «прибуток» впливає на невідповідність пропозиції товарів та платоспроможного попиту на них. Запропоновано будувати закони економіки, виходячи не з приватних інтересів окремих соціальних груп, а із всебічних законів Природи. Запропоновано перейти від максимізації «прибутку» до максимізації заробітної платні. Категорію «прибуток» взагалі запропоновано виключити з фінансово-економічної моделі хазяйнування як зайву та вигадану категорію, що постійно веде економічну систему в бік кризи.

Рассмотрена экономическая категория – «прибыль». Показаны противоречия и несостоятельность существующей финансово-экономической модели хозяйствования, построенной только на «прибыльной» парадигме. Показано, как «прибыль» влияет на несоответствие предложения товаров и платёжеспособного спроса на них. Предлагается строить законы экономики, исходя не из частных интересов отдельных социальных групп, а из всеобщих законов Природы. Рекомендовано перейти от максимизации «прибыли» к максимизации заработной платы. Категорию «прибыль» вообще предлагается исключить из финансово-экономической модели хозяйствования как лишнюю и вымышленную категорию, постоянно ведущую экономическую систему в сторону кризиса.

The economic category “profit” is considered. The discrepancies and inconsistency of the existing financial-and-economic model of management based only upon the “profitable” paradigm is demonstrated. It is shown how a “profit” affects a discrepancy between the supply of goods and the related solvent demand. It is suggested to build the laws of economics starting not from the private interests of separate social groups but from the universal laws of the Nature. The transition from “profit” maximization to wages/salary maximization is recommended. It is proposed to exclude a category “profit” from the financial-and-economic model of management as an unnecessary and imaginary one that continuously leads the economic system to crisis.

Для возможности управлять экономикой нужно знать, как поведёт себя объект управления в результате действия тех или иных управленческих команд. Если же мы не можем управлять объектом и не знаем, как он может себя повести в действительности, то, следовательно, этот объект изучен плохо, и он неуправляем. Это полностью подтверждается протекающим в настоящее время глобальным финансово-экономическим кризисом.

Поэтому современная экономическая теория сейчас остро нуждается в глубоком теоретическом переосмыслении многих существующих концепций, понятий и категорий.

Данная статья посвящена анализу такой экономической категории как «прибыль». В работах [1 – 3] автор уже ранее обращался к данной теме, но, чтобы окончательно «сковырнуть окаменевший пласт» этого экономического «феномена», в настоящей работе приводятся дополнительные результаты проведенных исследований.

Сразу отметим, что «прибыль», как и цена, а также как и многие другие экономические категории, освещалась в курсах политической экономии довольно однобоко, а то и вообще, порой, игнорировалась.

До сих пор «прибыль» является неоднозначно трактуемой, спорной категорией современной экономической мысли. Понятие «прибыли» зачастую очень расплывчато: как возникает? Что является источником её возникновения? Куда направляется?

Разные мнения возникают также и при попытке выяснить, из каких же составляющих состоит эта категория.

Что, например, может дать для понимания сути «прибыли» довольно известный и часто повторяемый тезис о том, что целью работы любого коммерческого предприятия является получение максимальной «прибыли». Это всё равно, что утверждать, что целью рабочего является не производство материальных благ для нужд общества, а получение наиболее высокой заработной платы.

Принято считать, что категория «прибыли» является одним из основных показателей производственной деятельности предприятия. Вокруг неё всегда существовало очень много всяких вопросов: правильно ли подсчитана «при-

© Мямлин В. В., 2009

быль»? Правильно ли рассчитан налог на «прибыль»? Правильно ли уплачен? Вовремя ли уплачен? Как поделить «прибыль»? На что потратить? Как «спрятать» «прибыль»? Как на самом деле максимизировать «прибыль», а в отчётных документах минимизировать её? Всё это является благодатной почвой для различных злоупотреблений, как со стороны ответственных работников предприятий, так и со стороны контролирующих органов.

Категория «прибыли» была постоянной причиной раздора между экономическими идеологами двух противоборствующих систем.

Уже давно настало время серьёзно разобраться с этой экономической категорией. Что это такое, объективная существующая реальность или иллюзия, фантом, призрак?

Чтобы дать ответы на все эти вопросы, рассмотрим различные определения «прибыли», которых на сегодняшний день существует довольно много.

Например, юридическое определение «прибыли» звучит так: «доход, полученный от производства и реализации любого товара и услуги».

Первыми, кто пытался дать объяснение «прибыли», являлись меркантилисты. По их мнению, «прибыль» возникает в сфере обращения за счёт того, что торговцы продают товары в других регионах по более высоким ценам, чем потратили на их покупку. Как писал Ф. Энгельс, «уже Джеймс Стюарт увидел, что при этом то, что выигрывает один, необходимо должен потерять другой» [4]. Таким образом, по его мнению, «прибыль» не может возникнуть из товарного обращения, т.к. в процессе акта купли-продажи происходит только смена формы стоимости.

В отличие от меркантилистов, физиократы предполагали, что «прибыль» (согласно их терминологии – «чистый продукт») появляется только в сельском хозяйстве. Именно в этой отрасли влияние природных сил приводит к увеличению потребительных стоимостей сверх затрат производства. В промышленности же, по их мнению, «прибыль» не образуется, вещество здесь просто меняет форму.

Классики буржуазной политэкономии А. Смит и Д. Рикардо выдвинули предположение о том, что прибавочная стоимость создаётся не только в сельском хозяйстве, но также и в других отраслях материального производства. А. Смит трактовал «прибыль» как вычет из готового продукта труда рабочих в пользу владельца средств производства. Таким образом, А. Смит сводил «прибыль» к присвоению чужого труда. Он считал, что стоимость, которую создают рабочие, делится на две части: зарплату и «прибыль» владельца. В вопросе стоимости Д. Риккардо, в отличие от А. Смита, крепко стоял на позициях теории трудовой стоимости, считая, что источником стоимости может быть только труд. Кроме того, он вывел закономерность, согласно которой зарплата и «прибыль» находятся в обратном отношении друг к другу. Этим самым он обнаружил противоречие интересов рабочих и капиталистов. Для Д. Рикардо законом было и то, что равновеликим капиталам соответствуют и равновеликие «прибыли».

В работе [5] «прибыль» трактуется как разница между оптовой ценой реализованной продукции и её себестоимостью.

Согласно [6], «прибыль» также определяется в виде разницы между ценой товара и её себестоимостью.

Авторы [7, 8] различают чистую или экономическую «прибыль», нормальную «прибыль» и бухгалтерскую «прибыль». Кроме того, они выделяют внутренние и внешние издержки. Последние связаны с приобретением ресурсов и с расходами на оплату труда. Внутренние издержки определяются согласно рассуждению, что раз владелец предприятия не платит себе зарплату, раз он вкладывает деньги в бизнес, вместо того, чтобы положить их просто в банк под проценты, то он должен получать так называемую нормальную «прибыль». Эта нормальная «прибыль» и составляет внутренние издержки. Экономическая «прибыль» определяется путём вычета из общей выручки внешних и внутренних издержек (нормальной «прибыли»). Бухгалтерская же «прибыль» равна общей выручке за минусом внешних издержек.

В работе [9] «прибыль» рассматривается с количественной и качественной сторон. С количественной стороны, «прибыль» – это разница между валовой выручкой и себестоимостью продукции. С качественной стороны – это форма прибавленного продукта и прибавленной стоимости, которая выражает отношения между собственником средств производства и нанятыми работниками по поводу её создания и присвоения.

Категории «прибыли» отведено важное место в кейнсианской доктрине [10] в качестве одного из факторов, благодаря которому достигается равновесие сбережений и инвестиций.

В работе [11] хорошо представлены методы идеологов свободного рынка по формированию в сознании людей позитивного отношения к «прибыли».

К одной из таких работ может быть отнесена работа [12]. Данная работа носит популярный характер и представляет собой яркий пропагандистский материал, который использует концепции «прибыли» для одурманивания сознания трудящихся. Вся работа насквозь пронизана апологетическим духом. «Прибыль» рисуется большим пирогом, который «справедливо» может быть поделен между наёмными рабочими и владельцами средств производства.

В работе [13] говорится, что предпринимательская «прибыль» появляется в результате осуществления новых производственных комбинаций инновационного характера.

Кроме того, в разной учебной литературе можно найти следующие определения «прибыли»:

- «прибыль» – это плата за предпринимательство;
- «прибыль» – это плата за изобретательность, новаторство, талант в руководстве предприятием;
- «прибыль» – это плата за непредсказуемость, неопределённость, риск предпринимательской деятельности;
- «прибыль» – это результат монопольной деятельности.

Интересна и точка зрения таких экономистов как Дж. Милль и Мак-Кулох, которые под «трудом» подразумевали любое действие, приводящее к нужному результату. Причём для них было неважно, достигается ли этот результат человеческим трудом, машинным, при помощи сил природы или работой животных.

Согласно Дж. Миллю [14], «прибыль» определяется методом вычитания из доходов предприятия затрат на закупку сырья, услуг сторонних организаций, а также заработной платы, выплаченной производственному персоналу. Непосредственно под «прибылью» он понимал зарплату, выплачиваемую за «труд», который выполняют машины.

С данным определением «прибыли» как «составного дохода» были не согласны Мак-Куллох и А. Маршалл. Они считали, что кроме перечисленных затрат, из дохода необходимо вычитать также и вознаграждение за использование капиталов. При этом не указывается, о каких капиталах идёт речь: собственных, заёмных, постоянных или в целом о пассиве? Известно, что Мак-Кулох считал, что рента есть продукт «труда» природы.

Найт и Уэстон идут ещё дальше и предлагают, кроме уже названных элементов, вычитать ещё вознаграждение руководителя предприятия и премию за риск.

Мы же считаем, что «прибыли» в том общепринятом понятии, в котором она представлена в настоящее время, не должно быть вообще. Категория «прибыли» может существовать только в условиях «неравновесной» экономики. Тем более, что она и порождает эту экономику. По нашему твёрдому мнению, «прибыль» – это часть цены товара, не обеспеченная заработной платой. В цене товара должна быть только заработная плата с начислениями. Пускай в виде заработной платы предприятие осуществляет выплаты кому угодно и сколько угодно.

«Прибыль» принято также делить на «прибыль» экономическую и «прибыль» финансовую. Под экономической «прибылью» подразумевается любой созданный материальный продукт, обладающий потребительскими качествами. «Прибыль» финансовая – это дополнительные деньги, вырученные за проданную продукцию, сверх вложенных затрат.

Из экономической теории ещё также известно, что «прибыль» может выражаться в абсолютных и относительных показателях. Абсолютная величина прибыли тождественна понятию «масса прибыли», т.е. некой конкретной величине, полученной предприятием за определённый период времени, например, за год. Относительным показателем «прибыли», её динамикой выступает рентабельность или «норма прибыли», которая определяется отношением «массы прибыли» к основному капиталу предприятия.

Все существующие определения «прибыли» сходятся в одном – «прибыль» представляет собой избыток, отклонение, остаток, разницу, что-то дополнительное. Все экономисты единодушно рассматривают «прибыль» как «что-то», содержащееся в выручке от продажи. Кроме того, все авторы традиционной экономики единодушны в том, что «прибыль» есть, она нужна и её нужно повышать.

Мы же считаем, что прибавиться само по себе ничего не может. Это только в сказке по мановению волшебной палочки из ничего может возникнуть что-то. В реальной же жизни в основе «чего-то» созданного лежат целенаправленные физические и умственные усилия человека. Благодаря этим усилиям «что-то» и появляется. Сколько усилий потратил, столько и получил. Происходит переход энергии одного вида в энергию другого вида. Относительная же «прибыль» (экономия), полученная от внедрения достижений науки и техники, называется «эффектом».

Если человеческий труд обозначить через *А*, а результат труда (материальный продукт) –

через *B*, то следствие того, что *B* вытекает из *A*, можно записать в виде $A \Rightarrow B$. Человеческий труд – причина, а результат труда – следствие. Таким образом, между трудом и результатом труда (товаром, услугой) существует жёсткая причинно-следственная связь. И чего-то дополнительного, например, «прибыли», здесь просто нет. Поэтому можно уверенно сказать, что *A* эквивалентно *B*:

$$A \Leftrightarrow B.$$

Как известно, «прибыль» зарождается в микроэкономике. На себестоимость товара, т.е. на все уже учтённые затраты прошлого и текущего труда, дополнительно набрасывается ещё некий процент (в отдельных случаях превышающий себестоимость в несколько раз), который называется плановой «прибылью». Вся эта ценовая пирамида приобретает в бухгалтерии предприятия размерность денег и поступает на рынок как отпускная цена товаропроизводителя. Таким образом, под видом «прибыли» на рынок проталкивается некая фикция, не имеющая «за душой» абсолютно ничего.

Широко распространено мнение, что «прибыль», якобы, необходима владельцу для дальнейшего развития предприятия. Но ведь т.к. «прибыль» в составе цены товара в случае акта его купли-продажи изымается из зарплаты тех же самых наёмных работников, то и средства на развитие предприятия, заложенные в «прибыли», и есть непосредственно зарплата работников. Почему же тогда они не имеют права собственности на основные фонды предприятия?

Мы никак не можем согласиться с К. Марксом о наличии в сфере производства источника «прибавочной стоимости». Человек как высшее достижение Природы, как существо духовное обладает определённым свойством. Это свойство заключается в том, что в отличие, например, от обычной машины, роль которой заключается только в преобразовании одних видов энергии в другие и переводе их в работу, творческие возможности человека не ограничены. Некоторые люди, например, могут при относительно скромном питании (вход), выдавать такие идеи и теории, которые облегчат жизнь всему человечеству и преобразуют мир (выход). Кроме того, с ростом производительности труда каждый работник может производить больше материальных благ, чем ему самому требуется для нормальной жизнедеятельности. Сейчас, при нынешнем уровне производительности труда 20 % людей, работающих в сфере материального производства, могут обеспечить полностью необходимым товаром все 100 % населения. Капиталисты первыми увидели в этом широкую перспективу и стали использовать эту возможность в целях личного обогащения. Одним словом, не совсем справедливо определялся коэффициент трудового участия (КТУ). И в течение нескольких столетий «прибыльный» механизм кое-как ещё работал. Если возникали проблемы с рынками сбыта, то механизм начинал давать сбой. Однако это обогащение может осуществляться только до определённого предела – пока имеются рынки сбыта. Система очень проста – товар производится в одном месте, продаётся – в другом (где есть финансовый ресурс). Сейчас, в период глобализма, этот механизм работать уже не может. «Прибыльно-финансовая» модель хозяйствования может функционировать только в период постоянного развития производства и появления новых рынков сбыта товаров, т.е. для неё нужна постоянно расширяющаяся динамичная финансовая среда. При статической системе эта модель неработоспособна. Что и происходит в настоящее время. Мы пытаемся продать товар «сами же себе» и хотим получить ещё и «прибыль» с «самих же себя».

Своей «теорией прибавочной стоимости» К. Маркс только «плеснул масла в огонь» мирового капитала. Если он сам смысл своей теории видел в обнаружении скрытой формы эксплуатации рабочего класса и в незаслуженном присвоении «прибавочной стоимости», то эксплуататорский класс, наоборот, увидел смысл в дальнейшем наращивании своих позиций и получением «прибыли» за счёт ещё большей эксплуатации рабочего класса. Таким образом, по мнению собственников средств производства, раз использование наёмного труда позволяет получать «прибыль», надо стремиться подольше сохранять такое положение вещей.

С общечеловеческой же точки зрения в стратегическом плане К. Маркс был абсолютно прав, т.к. он мечтал о справедливом устройстве общества. Поэтому он действительно является личностью мирового масштаба и достоин всякого уважения. Просто в те времена, в которые он жил, было очень сложно отыскать необходимую базу знаний для подтверждения устройства справедливого и гармоничного общества (даже в наше время это сделать весьма непросто).

Вместе с тем надо чётко понимать, что при существующей «прибыльной» модели хозяйствования т.н. «прибыль» в денежном виде может быть получена только тогда, когда продукцию производят в одном месте (городе, регионе,

стране), а продают её – в другом, более финансово-платёжном (ведь нельзя же со своих работников получить денег больше, чем им выплачено заработной платы). Поэтому и идёт постоянная борьба за рынки сбыта.

Очень жаль, что до сих пор, даже в период глобального кризиса, когда отчётливо проявляется пагубное влияние «прибыли», появляются статьи типа [15], в которых без каких-либо научных доказательств, голословно предлагается считать «прибыль» объективным экономическим законом только благодаря тому, что все хотят её получить.

Следует отметить, что многие экономисты видят «корень зла» в существующей банковской системе. И этим «корнем» является ссудный процент. Так, например, в работе [16] подвергнута жёсткой критике монетарная теория, которая стремится представить различные схемы ростовщичества как необходимое условие существования современной экономики. Основной акцент в этой работе делается на физической экономике, т.е. реальном производстве товаров и услуг, а не денег.

В работе [17] указывается на недопустимость ссудного процента, доказывается, что инфляция является неотъемлемой частью любой свободной экономики. В качестве средства для лечения экономики предлагается убрать проценты по кредитам. Плата может осуществляться только за администрирование кредита.

С этим надо полностью согласиться. И в качестве подтверждения порочности существующей кредитно-банковской системы мы приведём следующий пример.

Если бы, например, древнегреческий философ Сократ (который привык убеждать людей, что смысл жизни не в накоплении денег, а в добродетели) за год до своей гибели (399 г. до н.э.) положил бы в банк одну серебряную монету, допустим, под 5 % годовых (сейчас под такой процент никто денег на депозит не положит), то его потомки по условию вклада могли бы получить в наши дни (2010 г.) $\mathbf{1{,}16 \cdot 10^{51}}$ серебряных монет (табл. 1). Если бы он положил золотую монету, то это было бы количество золотых монет. Если бы он положил монету под 10 % годовых, то количество монет за этот же период достигло бы $\mathbf{5{,}71 \cdot 10^{99}}$. Если условно принять, что масса одной монеты составляет только один грамм, то общее количество серебра (золота) составит $\mathbf{1{,}16 \cdot 10^{51}}$ г. Если принять во внимание, что масса Земли составляет всего… $\mathbf{5{,}98 \cdot 10^{27}}$ г, то станет ясно, что не только нельзя получить в виде процентов такое количество серебра, но даже в ином качественном измерении, например, в виде песка, камней и воды невозможно получить такую массу «прироста». Масса «прироста» будет в $\mathbf{1{,}94 \cdot 10^{23}}$ раза больше массы Земли. Уже через 1572 года масса серебра, эквивалентная вкладу с набежавшими за этот период процентами, превысит массу Солнца ($\mathbf{1{,}99 \cdot 10^{33}}$ г). Таким образом, когда говорят о ссудном проценте, то речь идёт об абсурде.

Приведенный пример наглядно демонстрирует, что кредитно-банковская система не может существовать длительный период времени в таком режиме. Поэтому-то и возникают через некоторые промежутки времени сложности с денежным обращением. Затем наступает перераспределение материальных ценностей, за ним следует временное затишье, а потом снова всё повторяется.

Медики отлично знают, что по экспоненте может расти только раковая опухоль, которая вначале губит здоровый организм, а потом погибает и сама.

Хорошо известно, что после товарообменных отношений появились товарно-денежные отношения. На определённом историческом этапе из товарно-денежных отношений выделились ещё и денежно-товарные отношения (чтобы произвести товар, вначале нужны деньги), которые породили антинаучные денежно-денежные отношения (кредитно-банковская система). Произошла подмена ценностей – эквивалент, «посредник» стал править бал.

Таким образом, в лице кредитно-банковской системы, в том виде, в котором она существует сейчас, мы имеем дело с очень тонким мошенничеством. По сути дела, это довольно продуманная сеть «мышеловок».

Такое позорное явление, как ростовщичество, навсегда должно уйти из нашей жизни. Ростовщичество не имеет под собой никакого научного обоснования и является пережитком прошлого, как сохранившийся ещё с древних времён способ наживаться на своих согражданах, что является ярким примером стяжательства и эксплуатации. До настоящего времени в финансово-экономических отношениях продолжают ещё царить нравы времён рабовладельческого и феодального обществ, которые являются атавизмом и сильно тормозят эволюцию общественного сознания.

Зарабатывать каждый человек должен за счёт собственного труда, а не наживаться на нуждах другого за счёт разных ростовщических схем, суть которых сводится к одному – закабалить человека и вытянуть из него путём процентной зависимости все средства.

Деньги должны выступать исключительно в виде эквивалента при обмене материальных товаров и услуг. Использование же самих денег в качестве «товара» должно быть запрещено на законодательном уровне. Если мы не решим этот вопрос, то из постоянной череды финансово-экономических кризисов мы никогда не выйдем.

К сожалению, авторы [16, 17] видят негативные явления только в финансовой сфере и не видят их в сфере производства. Отказ только от банковского процента ещё не решает задачу. Чтобы полностью покончить с инфляцией и кризисами, необходимо полностью отказаться от существующей «прибыльно-финансовой» модели хозяйствования также и в сфере производства, и в сфере торговли. Таким образом, «прибыль» надо убрать везде.

Таблица 1

Зависимость величины вклада от продолжительности его хранения (при ставке 5 % годовых)

Условное количество монет на счету	Продолжительность хранения вклада, лет	Условное количество монет на счету	Продолжительность хранения вклада, лет	Условное количество монет на счету	Продолжительность хранения вклада, лет
1,05	1	1 000	142	10^{15}	708
2	15	2 000	156	10^{18}	850
3	23	3 000	164	10^{21}	992
5	33	4 000	170	10^{24}	1133
10	47	5 000	175	10^{27}	1275
20	60	10 000	189	10^{30}	1416
30	69	100 000	236	10^{33}	1558
40	76	200 000	251	10^{36}	1699
50	80	300 000	259	10^{39}	1841
100	95	400 000	265	10^{42}	1983
200	109	500 000	269	10^{45}	2124
300	117	1 000 000	283	10^{48}	2226
400	123	10^{9}	425	10^{51}	2407
500	127	10^{12}	567	$1{,}16 \cdot 10^{51}$	2410

«Прибыльная» модель экономики – это постоянные кризисы, инфляция, остановка производства, сокращение рабочих мест. Иными словами, это путь в никуда.

Относительно существования «прибыли» теория сильно расходится с практикой. Фактически «прибыли» в Природе (мироздании) нет [1 – 3], а в экономической теории она присутствует. Поэтому стараются всякими искусственными способами подогнать практику под теорию.

Источником финансовой «прибыли» в настоящее время является постоянная эмиссия денег. Не будет эмиссии, не будет и «прибыли». В рамках одного государства «прибыльно-финансовая» модель без эмиссии денег работать не будет. Поэтому и существуют государства с разными уровнями дохода на душу населения. Есть бедные государства, есть богатые, а есть очень богатые. Таким образом, крупному капиталу выгодно производить товар в бедной стране (расходов меньше), а продавать – в богатой (доходов больше). Если бы во всех странах за одну и ту же работу платили бы одинаковую зарплату, то «прибыльно-финансовая» модель хозяйствования уже давно бы перестала работать (исчезла бы «разность потенциалов»). Для этой же цели существуют и различные курсы национальных валют.

В Советском Союзе «прибыли» как таковой де-факто не было, хотя в экономической теории она де-юре и присутствовала. Денег в виде зарплаты и пенсий выдавали людям ровно столько же, на какую сумму было выпущено продукции, и система работала.

Сам термин «прибыль» появился в лексиконе советских хозяйственных руководителей только в 1964 году, когда началась так и не

оконченная экономическая реформа А. Н. Косыгина. «Прибыль» государственных предприятий была искусственно созданной экономической категорией (чем она, собственно, и является на самом деле). Страны рыночной экономики пытались вложить в неё совсем другой смысл. В нашей же стране, как и во всём Советском Союзе, наравне с такими категориями, как деньги, цена, процент, доход, выручка, зарплата, «прибыль» была таким же удобным инструментом, с помощью которого административно-командная система осуществляла контроль и управление деятельностью предприятий. «Прибыль» являлась просто ярким показателем того, насколько правильно предприятия выполняют указания и требования Госплана и Совета министров СССР.

Поэтому де-юре «прибыль» существовала в виде определённого показателя, был налог на «прибыль», существовали фонды, в которые она направлялась и распределялась между ними, т.е. полным ходом шла имитация рыночного хозяйства.

Так происходило потому, что, с одной стороны, никакая «прибыль» Советскому Союзу была не нужна, т.к. система и так работала как часы, но с другой стороны её надо было показывать, потому что она являлась атрибутом экономической теории классиков марксизма-ленинизма, а идеология в то время проводилась в жизнь неукоснительно.

При переходе же от административно-командной системы к рыночным отношениям была бездумно скопирована западная модель, несмотря на то, что конец её был уже предопределён. Появление новых рынков сбыта помогло ей просуществовать ещё некоторое время. Но результат, который мы имеем в настоящий момент, закономерен.

Как известно, в условиях свободной экономики основным лозунгом является девиз: «максимизация прибыли». Поэтому сторонники таких отношений ратуют за «прибыль» и направляют все свои усилия на поддержание искусственно установленного экономического порядка.

Но самое главное то, что «прибыль» никакого отношения к рынку не имеет вообще. По законам рынка необходимо, чтобы вместо денег субъекты рыночных отношений получали нужный им продукт. Если они его не получают, то нет и смысла говорить о рыночных отношениях. Поэтому та часть суммы денег, которая при акте купли-продажи обеспечивает продавцу получение «прибыли», не имеет никакого отношения к рынку, т.к. за этой частью суммы денег нет никакой доли товара.

Есть вещи естественные и есть – искусственные. Естественная вещь образуется без участия человека, а искусственная – при участии человека.

В общем случае для производства любых товаров необходимо два условия: нужен материал, из которого может быть произведен товар, и нужен сам труд, необходимый для того, чтобы изготовить товар.

Как известно, есть средства производства, которые включают в себя предметы труда и средства труда. Учитывая, что средства труда также включают в себя предметы труда и сам труд, то получается, что, кроме предметов труда и самого труда, ничего больше нет. В качестве предметов труда выступает вся Земля, т.е. вся наша планета со всеми своими природными ресурсами, состоящими из живой и неживой материи, которая содержит в себе всю «таблицу Менделеева». В качестве источников энергии человеку предоставлены некоторые полезные ископаемые (невозобновляемые, законсервированные источники энергии) и возобновляемые источники энергии (солнце, воздух, вода).

Таким образом, речь идёт о том, что человеку первичная материя предоставлена в пользование совершенно безвозмездно (бесплатно). Поэтому в основу нашего рассуждения положим две аксиомы.

Аксиома 1. Все естественные предметы труда, из которых могут быть изготовлены товары, предоставлены человечеству бесплатно – бери и пользуйся (природа стоимости не создаёт).

Аксиома 2. Только при помощи человеческого труда из предметов труда могут быть созданы искусственные вещи (стоимость товара создаётся только человеческим трудом).

Сам природный газ, например, ничего не стоит, стоимость имеет только человеческий труд по его добыче, хранению и транспортировке. Таким образом, стоимость любого товара должна состоять только из стоимости человеческого труда.

Существует много схем ухода от налогообложения «прибыли». Так, например, с целью ухода от налогообложения можно распределить её на целую цепочку фирм, зарегистрированных на одного владельца.

С зарплатой так сделать нельзя. При начислении заработной платы на неё должны быть полностью начислены все налоги. Получаешь зарплату только тогда, когда уплачиваешь налоги. Нельзя всё время «гонять деньги по кругу», их когда-нибудь надо будет снять в виде заработной платы.

Поэтому величина заработной платы должна являться комплексным показателем работы предприятия. Налоги должны начисляться только на зарплату. Других видов начислений быть не должно. Это намного упростит всю систему налогообложения. Кроме того, должен быть обязательно установлен минимальный уровень заработной платы. А вот верхней планки, ограничивающей уровень зарплаты, быть не должно. Таким образом, у человека будет стимул трудиться. Чем больше человек будет зарабатывать, тем больше будет получать и государство. Предприятия должны чётко платить налоги на зарплату, и у них не должно быть никаких маневров в этом вопросе.

Подчеркнём, что эффективно развиваться может только «бесприбыльная», но «высокозарплатная» экономика, организованная по замкнутому циклу (без дополнительной эмиссии денег).

До настоящего времени различные финансово-экономические вопросы продолжают рассматриваться не в единой взаимосвязанной системе, а изолированно друг от друга. Так, например, рассматриваются только отдельные связки «спрос – предложение», «доходы – расходы», «затраты – выпуск», но никто глубоко не рассматривал противоречие в системе «цена – заработная плата». Платёжеспособный спрос никогда не будет равен предложению, пока не разрешится противоречие в системе «цена – заработная плата». Хотя из микроэкономики хорошо известно, какую долю занимает заработная плата в цене конкретного товара, но микроэкономику никогда не интересовал вопрос, откуда берутся деньги у потребителей на покупку товаров. Просто предполагается, что на рынке деньги всегда есть.

На микроуровне не видна призрачная сущность «прибыли». Поэтому изъяны «прибыльной» модели лучше искать на макроуровне.

Хорошо известно уравнение обмена Фишера:

$$PQ = MV, \qquad (1)$$

где P – средняя цена товаров и услуг;

Q – количество товаров;

M – масса денег в обороте;

V – скорость оборота денег.

Точно так же можно представить уравнение обмена не только со стороны «предложения», но и со стороны «спроса»

$$MV = NG, \qquad (2)$$

где N – количество потребителей;

G – среднее количество денег у потребителей.

Подставляя уравнение (2) в уравнение (1), получим:

$$PQ = NG. \qquad (3)$$

Из микроэкономики хорошо известно, что

$$P = G + \Omega, \qquad (4)$$

где P – цена товара;

G – заработная плата;

Ω – прибыль.

Стоимость материалов в формуле (4) мы не учитываем, т.к. в эту величину также должна входить зарплата работников сторонних организаций.

Из уравнения (4) определим величину прибыли

$$\Omega = P - G. \qquad (5)$$

Чтобы получить т.н. «прибыль» в макроэкономике, необходимо от величины «предложения» вычесть величину «спроса»

$$\Omega = PQ - NG. \qquad (6)$$

При «работоспособном» («равновесном») соотношении этих величин, т.е.

$$PQ = NG, \qquad (7)$$

прибыль будет равна нулю:

$$\Omega = 0. \qquad (8)$$

При нормальных товарно-денежных отношениях, когда существует равновесие между спросом и предложением, цена товара должна быть жёстко привязана к заработной плате с начислениями. Эти величины должны быть равными. «Прибыли» здесь нет места. Это лишний элемент, который должен быть полностью ликвидирован.

При существующей модели хозяйствования не происходит полноценный обмен денег на товар. Обычный («человеческий») спрос на товар есть всегда – нет платёжеспособного спроса. Мы не будем рассматривать такой случай, когда товар не берут просто из-за того, что он никому не нужен. Мы будем считать, что на рынке присутствует только нужный товар, в котором потребители остро нуждаются

Естественно, что есть товары, которые будут проданы потребителю по цене, включающей в себя так называемую «плановую прибыль». Это, прежде всего, недорогие товары и услуги первой необходимости. Все эти товары будут куплены за счёт общей «массы зарплаты». За счёт того, что какой-то производитель

получит «прибыль», другой не сможет продать свой товар даже по себестоимости – не будет хватать денежной массы. Чтобы увеличить денежную массу, необходима эмиссия денег. Таким образом, «прибыль» не может выступать объективной (для всех) экономической категорией.

Модель экономики, у которой одна «нога» длиннее (предложение), а другая короче (спрос) – будет хромать всё время. Эта модель уже давно нуждается в корректировке.

При замкнутой (стабильной) модели хозяйствования, для «прибыли» просто не остаётся места. Товары должны продаваться только по себестоимости.

Вся история кризисов перепроизводства свидетельствует о том, что финансово-экономические кризисы возникают не из-за того, что технологии несовершенны или люди не хотят работать. Кризисы возникали из-за того, что не работает связка «предложение – платёжеспособный спрос». И при «прибыльно-финансовой» модели хозяйствования эта связка никогда стабильно функционировать не будет.

Люди хотят трудиться, но им не платят зарплату, а зарплату не платят потому, что товары не продаются, а товары не продаются, потому что денег не хватает на их покупку, а денег не хватает, потому что не вся цена товара обеспечена заработной платой. Как только зарплата с начислениями станет равной цене товара, система сразу же заработает. Предложение будет равно платёжеспособному спросу. Система придёт в равновесие.

От развития экономики зависит развитие всего нашего общества. Но её беда в том, что она всегда была очень сильно заполитизирована. На неё оказывали давление представители самых разных противоборствующих сторон. Чего только стоит дифференциация экономики на экономику капитализма и экономику социализма. Разве возможно, например, такое деление как физика капитализма и физика социализма или, например, капиталистическая математика или капиталистическая химия и т.п.?

Экономическая теория должна опираться только на объективные законы Природы, а экономисты не должны подгонять свои теории под различные партийные лозунги или заказы отдельных социальных групп.

В период сильнейшего кризиса, который в настоящее время охватил всю мировую финансово-экономическую систему, остро встаёт вопрос о нахождении истинных причин случившегося и разработке скорейших путей выхода из создавшейся ситуации.

Мы можем производить товары и потреблять их. Но мы не можем правильно организовать товарно-денежные отношения, которые сегодня являются «узким местом» нашей экономики.

По нашему глубокому убеждению, первопричина кризиса, которая яркой нитью пронизывает все стадии функционирования современной финансово-экономической модели хозяйствования, заключается в существовании самого института «прибыли». Чтобы создавать искусственную «прибыль», необходимо, чтобы денежная масса в обороте постоянно росла. Поэтому правительство осуществляет эмиссию денег, которая вызывает инфляцию.

Таким образом, вся экономическая конструкция, которая была выстроена на протяжении длительного периода времени, оказалась стоящей на очень шатком фундаменте, имя которому – «прибыль».

Крах этой модели назревал уже давно, но сейчас он вошёл в свою завершающую стадию.

Можно ли сделать так, чтобы финансово-экономических кризисов не было вообще? Да, можно. Для этого необходимо существующий механизм обращения денег изменить на более эффективный.

Без эмиссии денег прибыльно-финансовая модель при отсутствии рынков сбыта работать просто не сможет. Деньги «вбрасываются», модель работает, но появляется инфляция, которая всё обесценивает. Инфляция является спутницей, тенью «прибыли». Можно сказать, что инфляция – это «антиприбыль». Таким образом, в современной финансово-экономической системе присутствуют три жёстко связанных между собой её искусственных атрибута («святая троица») – это прибыль, эмиссия и инфляция. Стремление получить «прибыль» провоцирует эмиссию, а последняя, в свою очередь, вызывает инфляцию. Вот такая «прибыльно-эмиссионно-инфляционная» модель экономики принята в настоящее время.

Вначале растут цены (стремление получить больше «прибыли»), затем растут социальные выплаты (не хватает денег на покупку товаров), затем снова растут цены, и так далее… Такое состояние может длиться очень долго, практически до бесконечности. Чтобы остановить этот бессмысленный процесс, необходимо отказаться от «прибыли» и перейти на «высокозарплатную», «замкнутую» модель экономики.

«Прибыльная» модель хозяйствования, которая существует в настоящее время, предполагает постоянное развитие производства и постоянное расширение рынков сбыта. В случае

невыполнения этих условий, данная модель просто перестаёт работать. В современных условиях глобализации, когда новые рынки сбыта товаров уже невозможны, т.к. территория Земли имеет свои пределы и расширяться дальше уже некуда, прибыльная модель хозяйствования вошла в кульминационную стадию своего существования.

Отметим, что «прибыльную» модель экономики поддерживают все существующие на сегодняшний день экономические школы как плановой, так и рыночной направленности. Другой вопрос, как они относятся к распределению «прибыли»: либо она является общественным достоянием, либо её присваивают собственники средств производства.

Следующий очень важный момент, как мы считаем, состоит в том, что товаром может быть только то, что создано человеческим трудом. Поэтому, например, земля товаром быть никак не может, она вечна и бесценна.

Все разнообразные теории, не отрицающие «прибыль», являются неработоспособными. Единственный вывод, который можно сделать, говорит о том, что современная финансово-экономическая система, основанная на обязательном извлечении «прибыли» – это неверный путь движения. При такой системе хозяйствования человечество обязательно придёт в тупик. Поэтому нам необходимо как можно скорее всю существующую систему финансово-экономического образования переориентировать на эффективную («бесприбыльную») экономико-финансовую модель. И чем раньше мы это поймём, тем лучше.

Необходимо полностью отказаться от категории «прибыли». «Прибыль» должна быть ликвидирована, а зарплата – повышена.

«Прибыль» – это величина, на которую стоимость товарной массы продавцов превышает финансовые возможности покупателей. «Прибыль» – это дефицит «платёжеспособного спроса» по отношению к «предложению». Для соответствия «предложения» «платёжеспособному спросу», товары должны продаваться только по той цене, сколько за их производство выплачено заработной платы с начислениями на неё.

Кроме того, постоянной спутницей «финансово-прибыльной» системы хозяйствования является инфляция. Без ликвидации главного источника инфляционного механизма – получения искусственной «прибыли» – в принципе невозможно ничего изменить. «Бесприбыльная», но «высокозарплатная» экономика, позволит навсегда покончить с инфляцией и кризисами и сделать стабильной ситуацию в обществе. Люди должны быть уверены в завтрашнем дне. А стабильность позволит избежать стрессовых и нервозных ситуаций, а также других негативных явлений в обществе, влияющих на здоровье нации.

Кроме того, «эффективная» («бесприбыльная») экономика не отрицает рыночных отношений. Пускай предприятия зарабатывают, сколько хотят – главное условие, чтобы всё шло на зарплату, а не в мифическую «прибыль». Надо максимизировать зарплату, а не «прибыль».

В последнее время стало очень модно использовать математические методы в различных исследованиях. Не обошло это и экономику. Стоит согласиться, что математические методы в естествознании и в технических науках значительно облегчают познание многих процессов. Но, что касается общественных наук, к которым относится и экономическая теория, то здесь математические методы должны использоваться очень осторожно.

Суть «прибыли» как количественной величины, хорошо поддающейся математическим действиям, всем понятна. Так, при определении искомой величины используется простая математическая операция – «вычитание». Полученный результат в математике называется «остатком». Совсем другое дело дать разъяснение качественной стороны этой категории!

Выпускать товар в одном месте и продавать его – в другом возможно только при наличии финансовой «разности потенциалов». Поэтому, чтобы система «работала», необходимо такую «разность потенциалов» искусственно создавать. В настоящее время это можно делать за счёт эмиссии денег, но эмиссия вызывает инфляцию, которая всё обесценивает. Кроме того, в результате эмиссии деньги всегда концентрируются в руках крупного капитала. Если правительство повышает пенсионерам пенсии, то они оказываются в руках, например, у фармацевтических фирм. Люди в этой схеме всего-навсего «посредники», которые берут деньги в одном месте и несут его – в другое (аптеки). Поэтому необходимо, чтобы государство прекратило эмиссию. В обороте должно быть фиксированное количество денег (M = const). Товарно-денежная система должна быть полностью замкнутой. «Прибыль» же не позволяет её замкнуть.

Поэтому необходимо отказаться от «прибыльной» и перейти к «бесприбыльной» – эффективной и стабильной экономике. Стимулом к работе в этой модели должна быть неограни-

ченная заработная плата работников. Рост заработной платы должен осуществляться за счёт внедрения достижений научно-технического прогресса, которые позволят снижать производственные затраты (при сохранении отпускных цен на товары).

Банковская же система должна находиться в жёстких рамках. Система ростовщичества должна навсегда уйти в историю. Кредиты должны выдаваться только «технические» по ставке 0 %. Банки должны стать также бесприбыльными финансовыми организациями.

Как только будет принята бесприбыльная, но моральная экономико-финансовая модель хозяйствования, резко снизятся цены, сразу же исчезнет инфляция, система будет работать стабильно и без кризисов.

Следует обратить внимание и на такой факт, что инженеры на сегодняшний день намного лучше решают технические задачи, чем экономисты – экономические задачи. Возьмём в качестве примера обычную отопительную систему в доме, либо охладительную систему холодильной установки, либо замкнутую систему оборотного водоснабжения на очистных сооружениях. Если в этих системах образуется утечка, то это считается поломкой, которая должна быть сразу же устранена. «Прибыль» – это такая же утечка, только в финансово-экономической системе. И вместо того, чтобы, например, ремонтировать «трубу», в неё для пополнения недостачи начинают подавать дополнительные порции ресурса (эмиссия денег).

Единственно настоящая прибыль, которая действительно существует, так это духовная (интеллектуальная) прибыль – уровень сознания человека. Эта прибыль должна постоянно наращиваться. Естественно, и капитал может быть только духовный. В приобретении духовного капитала и заключается смысл жизни человека. Причём этим капиталом могут владеть все в одинаковой мере. Если у человека была какая-то вещь и он отдал её другому человеку, то у него этой вещи уже не будет. Но, если у человека была какая-то идея и он этой идеей поделился с другим человеком, то у них обоих будет эта идея (духовная прибыль).

Экономическую теорию в вопросе категории «прибыли» постигла та же участь, которая постигла в своё время Птолемея и сторонников его геоцентрической теории. Сперва, действительно, кажется, что Солнце вращается вокруг Земли. Ведь это же видно «невооружённым» глазом. Но, когда глубже разобраться в этом вопросе, то оказывается, что всё наоборот. То же самое произошло и с «прибылью». На первый взгляд, она действительно существует. Ведь можно купить товар по одной цене, а продать его по другой и получить какой-то дополнительный финансовый результат. Но, если глубже разобраться с круговоротом веществ в Природе, с законами сохранения вещества и энергии, то получится, что «прибыль» – это только видимость, финансово-экономическая фикция, целиком зависящая от эмиссионных процессов.

Приведём ещё одно сравнение денежных потоков, например, с известным в электротехнике правилом Кирхгофа. Это правило гласит, что суммарное количество токов, входящих в узел, должно равняться суммарному количеству токов, выходящих из узла. Никакие дополнительные токи («прибыль») появиться не могут.

Поэтому, даже исходя из подобия явлений в Природе и в других отраслях знаний, например, таких как техника, система должна быть замкнутой, т.е. «бесприбыльной». Только такая экономико-финансовая модель может работать стабильно и эффективно.

Отметим, что в советские времена был решён вопрос «противоречия» между ценой товара и заработной платой, но был не решён вопрос личной заинтересованности в труде. При рыночной же экономике есть заинтересованность, но не разрешено указанное выше противоречие.

Предложенный же в данной работе экономический механизм позволяет одновременно решить оба этих противоречия.

Наше общество должно на 180° поменять подход к категории «прибыли». При стабильных зарплатах цены должны понижаться. Надо, чтобы люди понимали, что при одной и той же величине зарплаты (пенсии) с каждым месяцем можно покупать всё больше и больше товаров. У предприятий должен быть манёвр в изменении цен – внедрение результатов научно-технического прогресса. Если нет такого внедрения, то не должно быть и роста зарплаты.

Таким образом, на сегодняшний день по отношению к «прибыли» можно выделить две совершенно разные концепции: «классическая» («прибыльная») модель экономики, ориентированная на максимизацию «прибыли» при сохранении заработной платы, и «бесприбыльная» («высокозарплатная») модель экономики, ориентированная на максимизацию заработной платы при совершенном отсутствии «прибыли».

Основное отличие между ними состоит в том, что первая модель для возможности своего

существования нуждается в постоянной эмиссии денег, вследствие чего она подвержена инфляции и сопровождается регулярными кризисами перепроизводства, что позволяет считать её далеко не лучшей системой хозяйствования. Со вступлением мирового сообщества в эпоху глобализма эта модель вообще становится неработоспособной и бесперспективной. Вторая же модель полностью лишена указанных недостатков.

Следующее принципиальное отличие состоит в том, что первая модель предполагает проценты по кредитам, а вторая полностью отвергает их. Должны быть только государственные «технические» займы по ставке 0 %.

Третье принципиальное отличие заключается в том, что вторая модель предполагает только один вид налога – налог на зарплату.

Учитывая всё вышеизложенное по данному вопросу, отметим, что категория «прибыли» является ничем иным, как «фикцией», «выдумкой», «игрой воображения», «иллюзией», «фантомом» и должна быть полностью исключена, как из экономической теории, так и из практики.

В случае перехода Украины на «эффективную» («бесприбыльную») модель хозяйствования, её ожидает небывалый экономический подъём.

Вместе с тем основная проблема в дальнейшем видится в инертности экономического мышления, не позволяющего быстро менять устоявшиеся экономические ориентиры. Поэтому для перехода на новую модель хозяйствования потребуется время. Возможно, дальнейшее углубление финансово-экономического кризиса позволит ускорить сроки этого перехода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Мямлин, В. В. О деньгах, прибавочной стоимости и прибыли [Текст] / В. В. Мямлин // Здравая мысль. – 2007. – № 1. – С. 8-9.
2. Мямлин, В. В. Существующая прибыльно-финансовая модель хозяйствования – основная причина кризиса мировой экономической системы и краха финансовой системы [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009.– Вип. 25.– Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 241-247.
3. Мямлин, В. В. Теория бесприбыльной альтернативной экономики как основа нового экономического мировоззрения [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна.– 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 222-230.
4. Брагинский, С. В. Политическая экономия: дискуссионные проблемы, пути обновления философии [Текст] / С. В. Брагинский, Я. А. Певзнер. – М.: Мысль, 1991. – 300 с.
5. Политическая экономия [Текст] / А. М. Румянцев и др. – М.: Политиздат, 1978. – 608 с.
6. Политическая экономия [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Медведев и др. – М.: Политиздат, 1988. – 735 с.
7. Экономическая теория [Текст] : учеб. / В. Д. Камаев и др. – М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 1998. – 640 с.
8. Задоя, А. А. Основы экономической теории [Текст] : учеб. пособие / А. А. Задоя, Ю. Е. Петруня. – М.: Рыбари, 2000. – 479 с.
9. Мочерний, С. В. Економічна теорія [Текст] / С. В. Мочерний. – К.: Видавничий центр «Академія», 2001. – 656 с.
10. Кейнс, Д. М. Общая теория занятости, процента и денег [Текст] / Д. М. Кейнс. – М.: Прогресс, 1978. – 494 с.
11. Литвиненко, О. И. Теории прибыли [Текст] / О. И. Литвиненко. – М.: Мысль, 1979. – 206 с.
12. Бабо, А. Прибыль [Текст] / А. Бабо. – М.: А/О Издательская группа «Прогресс», «Универсал», 1993. – 176 с.
13. Шумпетер, Й. Теория экономического развития (Исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры) [Текст] / Й. Шумпетер.– М.: Прогресс, 1982. – 455 с.
14. Милль, Д. С. Основы политической экономики с некоторыми приложениями к социальной философии [Текст] / Д. С. Милль. – М.: Эксмо, 2007. – 1040 с.
15. Турило, А. М. Прибуток – об'єктивний економічний закон та ключова фінансово-економічна категорія розвитку суспільного виробництва [Текст] / А. М. Турило // Бюлетень Міжнародного Нобелівського економічного форуму. – Д.: Вид-во ДУЕП, 2008. – № 1. – С. 443-445.
16. Ларуш, Л. Ви бажаєте краще вивчити економіку? [Текст] / Л. Ларуш. – Львів: Мета Ltd, 1993. – 196 с.
17. Кеннеди, М. Деньги без процентов и инфляции. Как создать средство обмена, служащее каждому [Электрон. ресурс] / М. Кеннеди. – Режим доступа: http://malchish.org/lib/economics/kennedi_bez_procentov.htm

Поступила в редколлегию 21.07.2009.
Принята к печати 18.08.2009.

УДК 656.2.05:33

О. М. ПШІНЬКО (ДІІТ)

ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗВИТКУ ІНВЕСТИЦІЙ НА ЗАХОДИ З БЕЗПЕКИ РУХУ

Наведено дані з аналізу показників безпеки руху поїздів на залізницях України. Розглянуто динаміку інвестицій у заходи з безпеки руху по господарствах залізниць.

Проанализированы показатели безопасности движения поездов на железных дорогах Украины. Рассмотрена динамика инвестиций в мероприятия по безопасности движения по хозяйствам железных дорог.

The indices of train traffic safety on the railways of Ukraine are analyzed. The dynamics of investments to the traffic safety measures on railway facilities is considered.

Одним із найважливіших напрямків інвестування на залізничному транспорті України є реалізація технічних та технологічних заходів, які стосуються підвищення безпеки руху. Причому після оновлення і модернізації рухомого складу та інфраструктури це основна стаття витрат на підприємствах залізничного транспорту.

Особливу актуальність реалізація заходів із безпеки руху поїздів набуває у теперішній час, коли згідно з Програмою реформування відбуваються не тільки структурні зміни, а й здійснюється коригування технологічних функцій підприємств залізничного транспорту [1, 2].

Як правило, при виконанні оцінки економічної ефективності інвестицій здійснюється прогноз впливу на певні фактори, які пов'язані з реалізацією інвестування. Оцінюється також термін окупності та економічний ефект.

При плануванні та подальшому фінансуванні певних технічних та технологічних заходів, які направлені на упередження та запобігання виникнення браку у поїзній та маневровій роботі на залізницях, важливо розподілити наявні кошти з максимальним ефектом. Звичайно, що цей ефект визначається не тільки економічними категоріями, а й соціальними та екологічними.

Деякими авторами були зроблені попередні розрахунки щодо визначення економічної ефективності інвестицій у заходи з безпеки руху [3, 4]. Але, насамперед, слід проаналізувати обсяги інвестицій на певні заходи по основних господарствах залізниць та ув'язати з рівнем безпеки руху. Наведемо спочатку аналіз основних показників безпеки руху по основних ознаках за 2007-2008 рр., тому що аналіз за 2009 р. ще в доопрацюванні в Головному управлінні з безпеки руху поїздів [5].

Так, за даними Укрзалізниці, в 2008 р. на залізницях України допущено 852 транспортні події, у т.ч. 620 інцидентів, з них 32 серйозних інциденти, та 232 порушення, проти 882 транспортних подій, із яких 3 катастрофи, 3 аварії, 637 інцидентів, у тому числі 27 серйозних, та 239 порушень, допущених у 2007 р.

Щодобово траплялось у середньому 2,33 випадки проти 2,42 у 2007 р., кількість транспортних подій, у порівнянні з аналогічним періодом 2007 р., зменшилася на 30 випадків, або на 1,03 %, а кількість серйозних інцидентів збільшилась на 5 випадків, але у 2007 р. було допущено 3 катастрофи та 3 аварії. При цьому питомий показник кількості транспортних подій до обсягів перевезень зменшився із 2,801 до 2,784 подій на 1 млрд приведених тонно-кілометрів.

У 2008 р. транспортні події призвели до загибелі 1 працівника на Львівській залізниці і травмування 2 працівників Південно-Західної і Одеської залізниць. Протягом 2007 р. при транспортних подіях загинуло 2 особи і травмовано 7.

На всіх залізницях знижено загальну кількість транспортних подій:

- на Донецькій – на 2 випадки, зі 117 до 115, в 1,02 разу, або на 2 %;
- на Львівській – на 9 випадків, зі 114 до 105, в 1,09 разу, або на 8 %;
- на Одеській – на 1 випадок, із 207 до 206, в 1,005 разу, або на 0,5 %;
- на Південній – на 5 випадків, із 88 до 83, в 1,06 разу, або на 6 %;
- на Південно-Західній – на 7 випадків, зі 181 до 174, в 1,04 разу, або на 4 %;
- на Придніпровській – на 8 випадків, зі 173 до 165, в 1,05 разу, або на 5 %.

Чотири транспортні події допущено підприємствами підпорядкування Укрзалізниці проти двох у 2007 році: допущено 2 транспортні події з вини працівників Українського центру меха-

© Пшінько О. М., 2009

нізації колійних робіт та по 1 випадку – з вини Дарницького і Стрийського вагоноремонтних заводів.

Збільшено загальну кількість транспортних подій у наступних головних управліннях:

- у Головному управлінні перевезень на 3 випадки, із 32 до 35, в 1,09 разу, або на 9 %;
- в Управлінні воєнізованої охорони із 0 до 3.

Зменшили загальну кількість транспортних подій Головні управління:

- локомотивного господарства – на 20 випадків, із 344 до 324, в 1,06 разу, або на 6 %;
- колійного господарства – на 12 випадків, зі 152 до 140, в 1,09 разу, або на 8 %;
- вагонного господарства – на 12 випадків, з 194 до 182, в 1,07 разу, або на 6 %;
- автоматики, телемеханіки та зв'язку – на 1 випадок, із 18 до 17, в 1,06 разу, або на 5,6 %;
- електрифікації та електропостачання – на 7 випадків, із 77 до 70, в 1,1 разу, або на 9 %;
- пасажирському – на 12 випадків, із 31 до 19, в 1,6 разу, або на 39 %;
- комерційному – на 1 випадок, із 33 до 32, в 1,03 разу, або на 3 %.

Найбільше транспортних подій допущено у господарствах: локомотивному, вагонному та колійному, в яких разом сталося 646 транспортних подій, або 76 % від усіх на Укрзалізниці, у 2007 році ця частка складала 78 %. Тому в подальшому увагу зосереджено на аналізі розподілу інвестицій, в першу чергу, у цих господарствах.

Аналіз свідчить, що 75 %, або 642 випадків припадає на такі чотири види транспортних подій: несправності технічних засобів, що призвели до затримки поїздів більше 1 години – 459; несправності локомотива з вимогою допоміжного – 61; сходження рухомого складу при маневрах – 70; невірні дії причетних працівників, що призвели до затримки поїздів – 52.

Основними видами серйозних інцидентів є сходження з рейок і зіткнення рухомого складу в поїздах – 22 випадки (69 % від усіх серйозних інцидентів) проти 21 в 2007 році.

Збільшено кількість проїзду заборонних сигналів, у 2008 році допущено 5 проїздів проти 3. Випадки сталися на залізницях: у локомотивному господарстві на Одеській – 2 і Придніпровській – 1; Південно-Західній – 1 у господарстві електропостачання та Львівської залізниці у господарстві перевезень – 1.

У позаминулому році допущено один випадок розвалювання вантажу в поїздах із вини працівників Львівської залізниці, один випадок відкриття світлофорів при невстановлених у маршрут стрілках із вини працівників господарства сигналізації та зв'язку Південно-Західної залізниці та 2 випадки саморозчеплень у пасажирському поїзді, що сталися з вини працівників пасажирського господарства Одеської та Південно-Західної залізниць. Цих серйозних інцидентів у 2007 р. не було.

У 2008 р. сталися такі інциденти: злам бандажа колісної пари локомотива на Придніпровській залізниці, переведення стрілки під маневровим складом з вини працівників господарства перевезень Південно-Західної залізниці, 2 випадки зіткнення з автотранспортними засобами на залізничних переїздах з вини працівників колійного і локомотивного господарств Південно-Західної залізниці, чого у 2007 р. також не було.

Протягом минулого року збільшено кількість випадків:

- закриття руху колієвимірювальним вагоном з 18 до 22, збільшили працівники колійного господарства залізниць: Львівської з 2 до 3, Одеської з 1 до 2, Південно-Західної з 7 до 10 та Придніпровської з 0 до 6;
- зламів рейок під поїздами з 7 до 11, збільшено на Львівській із 0 до 4, Одеській із 1 до 5 та Придніпровській залізницях із 0 до 1;
- неогородження місць виконання робіт з 6 до 11, які допущені на залізницях: Донецькій – 7 проти 0 (колійне господарство – 5, сигналізації та зв'язку – 1, електропостачання – 1), Одеській у колійному господарстві 2 проти 3 і Придніпровській 2 проти 1 (у господарствах електропостачання та перевезень відповідно);
- несправності тягового та спеціального самохідного рухомого складу з вимогою допоміжного локомотива з 60 до 61, збільшення допустили на залізницях: Донецькій у локомотивному господарстві з 2 до 8 і Південно-Західній з 16 до 19 (у господарствах колійному 1 проти 0 і приміських пасажирських перевезень – 3);
- відмови в роботі пристроїв електропостачання, сигналізації та зв'язку, які не були усунені протягом 8 годин, із 7 до 10; збільшення сталося з вини працівників залізниць: Донецької з 1 до 2 (господарство електропостачання), Одеської з 0 до 1 (господарство електропостачання) та Південно-Західної з 0 до 3 (господарства колійне і електропостачання);
- затримок поїздів через невірні дії причетних працівників з 21 до 52; збільшення допущене на всіх залізницях: Донецькій – із 5 до 9 (господарства колійне, вагонне, комерційної роботи та маркетингу, приміських пасажирських перевезень), Львівській – із 4 до 10 (господарства: перевезень, колійне, сигналізації та

зв'язку, вагонне; пасажирське, приміських пасажирських перевезень), Одеській – з 2 до 9 (господарства перевезень, локомотивне і колійне), Південній – із 0 до 4 (локомотивне і вагонне господарства), Південно-Західній – із 7 до 14 (господарства перевезень, локомотивне, вагонне і пасажирське) та Придніпровській – із 3 до 5 (господарства комерційної роботи та маркетингу, перевезень і воєнізованої охорони);

- несвоєчасне закінчення робіт у «вікно», що призвело до затримок поїздів більше 1 години, з 19 до 20; збільшення сталося в колійному господарстві Південної та Придніпровської залізниць з 0 до 1 на кожній;

- виходу рухомого складу за граничний стовпчик з 0 до 2, випадки допустили на залізницях: Південній у господарстві перевезень та Одеській у локомотивному.

При транспортних подіях у 2008 р. було пошкоджено 210 одиниць рухомого складу, у той час як у 2007 їх було 354. Порівняно з 2007 р. зменшення склало 144 одиниці, або 40,7 %. У 2008 р. пошкоджено: 23 локомотиви проти 36; 185 вагонів проти 302 (зменшення на 117 одиниць, або на 38,7 %), у т.ч. 1 пасажирський проти 13 та 1 одиницю спеціального рухомого складу проти 3. Найбільше рухомого складу пошкодили працівники колійного господарства – 118 проти 188 (зменшення на 70 одиниць, або 37,2 %) та на Південно-Західній залізниці – 51 проти 40 (збільшення на 11 одиниць, або 27,5 %). Збільшили кількість пошкоджень рухомого складу також у господарствах: перевезень – із 52 до 57, пасажирському – із 0 до 5.

Із загальної кількості транспортних подій 657 випадків, або 77,1 % пов'язується з «людським» чинником, у 2007 р. таких випадків було 742, або 84 %.

За різноманітні порушення вимог безпеки руху у 2008 році в порядку профілактичної роботи було притягнено до відповідальності 8623 працівники, із них звільнені із залізничного транспорту – 161, звільнені від займаних посад – 139, оголошено догани – 8323 працівникам. Крім того, за допущені транспортні події до дисциплінарної відповідальності притягнуто 1278 працівників, у тому числі звільнені з транспорту – 10, від займаних посад – 139, оголошено догани – 1143.

У 2008 р. збитки від транспортних подій склали 1 млн 011 тис. грн, із них відшкодовано 751,835 тис. грн (74,4 %). У 2007 р. збитки склали 11 млн 600 тис. грн, зменшено в 11,5 разу.

Найбільше збитків заподіяно на Донецькій залізниці – 259,798 тис. грн. Порівняно із 2007 роком збитки зменшилися в 1,4 разу, при цьому, збитки в минулому році відшкодовані на 48,3 %.

На Одеській залізниці допущено 246,293 тис. грн, у 2007 р. збитки складали 695,255 тис. грн.

На Південно-Західній залізниці збитки у 2008 році склали 244,287 тис. грн, проти 1017,854 тис. грн, допущених у 2007.

Також зменшено збитки від транспортних подій на залізницях:

- на Львівській – із 7125,791 до 37,164 тис. грн;
- на Придніпровській – із 2078,759 до 170,267 тис. грн (у 12,2 разу);
- на Південній – із 311,506 до 52,806 тис. грн (у 5,9 разу).

Найбільше збитків від транспортних подій допустили працівники колійного господарства – 375,251 тис. грн. У господарстві перевезень збитки склали 267,275 тис. грн, вагонному – 229,996 тис. грн, локомотивному – 99,038 тис. грн, електрифікації та електропостачання – 16,916 тис. грн.

Пряму загрозу безпеці руху несуть несанкціоновані втручання сторонніх осіб у діяльність залізниць. Протягом 2008 р. на залізницях допущено 220 випадків, унаслідок чого затримано 371 поїзд на 307,4 годин та при цьому нанесено збитків на суму 364,38 тис. грн. На Одеській залізниці ці збитки склали 210,63 тис. грн, або 62,9 %; на Придніпровській – 95,23 тис. грн, або 19,4 %; на Донецькій – 24,64 тис. грн, або 7,4 %; на Південно-Західній – 17,81 тис. грн, або 5,4 %; на Південній – 16,6 тис. грн, або 4,9 %.

Але статистику випадків порушень із безпеки руху доцільно розглянути з урахуванням планування інвестицій у заходи, які спрямовані на підвищення безпеки руху.

Так, наказом Укрзалізниці від 14.12.2007 р. затверджено та введено в дію Програму (прогнозну) впровадження технічних засобів безпеки руху на залізницях України у 2008-2012 рр.

На 2008 р. цією Програмою було передбачено впровадження 61 заходу на суму 353,369 млн грн. На виконання цих заходів протягом 2008 р. освоєно 345,994 млн грн (98 %). Причиною недовиконання Програми є наслідки економічної кризи, що почала негативно впливати на економіку та залізничний транспорт в четвертому кварталі 2008 р.

У цілому протягом 2008 р. виконано ремонт основних засобів залізниць України на суму

4212,8 млн грн проти 4086,3 млн грн у 2007 р., збільшено обсяги фінансування на 126,5 млн грн, або на 3,1 %.

Збитки ж від транспортних подій за 2008 рік, як сказано вище, склали 1,011 млн. грн, а з урахуванням загибелі людини та травмування 2,711 млн грн.

Як бачимо з наведених даних, збитки від порушень безпеки руху суттєві, але вони враховують лише прямі збитки залізниць і не враховують багатьох опосередкованих наслідків, які не завжди можливо оцінити у вартісному еквіваленті.

Перейдемо до аналізу інвестиційного плану фінансування заходів із безпеки руху поїздів в оперативному часі та розглянемо динаміку капітальних вкладень по роках з 2008 по 2012 та по всіх залізницях України. Не дивлячись на те, що всі господарства залізниць або напряму, або опосередковано пов'язані з технологічним процесом, почнемо з господарств, які безпосередньо впливають на рівень безпеки руху поїздів. Це господарство перевезень, локомотивне господарство, вагонне господарство, колійне господарство і господарство автоматики, телемеханіки та зв'язку.

Разом по всіх господарствах, включаючи розглянуті, а також інші, за п'ять років планується трохи менше 2 млрд грн на заходи з безпеки руху. На рис. 1 наведені дані реалізації та прогнозу плану інвестицій на заходи з безпеки руху поїздів по роках.

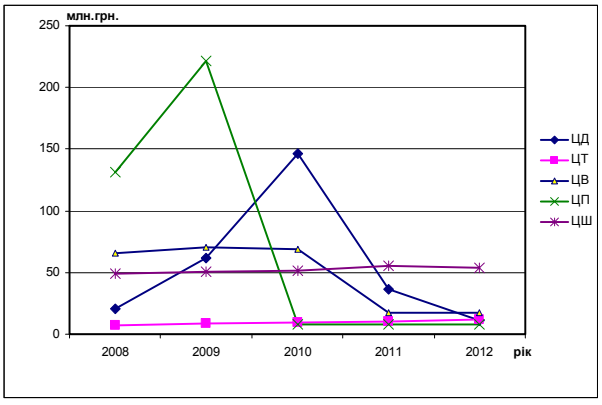


Рис. 1. Розподіл інвестицій по основних господарствах залізниць

Як бачимо, фінансування здійснюється не рівномірно, і це обґрунтовується, перш за все, тим, що в різні роки на різних залізницях завершуються певні об'єкти, які і додають відповідно обсягів інвестування. Можливо обсяги інвестування були б іншими, якби з боку держави здійснювалася фінансова підтримка розвитку залізничної галузі.

Із графіків видно, що рівномірно кошти плануються лише в локомотивному господарстві та господарстві автоматики, телемеханіки та зв'язку. Це обґрунтовується впровадженням серійних пристроїв. Аналогічно плануються інвестиції й у вагонному господарстві. Стрибкоподібні графіки інвестицій по роках у колійному та господарстві перевезень обґрунтовуються виконанням значних обсягів робіт із впровадженням гіркового та колійного устаткування, що пов'язане з виконанням планів капітального будівництва та реконструкції станцій та вузлів.

Висновки

Таким чином, зроблений економічний аналіз розподілу інвестицій на заходи з безпеки руху поїздів на залізницях України свідчить, що обсяги інвестицій майже пропорційні поїзній роботі та в основному безпосередньо відносяться до системи безпеки руху. Але обмеженість фінансування із-за відсутності державної підтримки у вигляді прямих інвестицій у безпеку руху стримують впровадження окремих технічних засобів, що в результаті впливає і на показники діяльності залізниць, і на показники безпеки руху. Наступним етапом досліджень має стати удосконалення методів оцінки інвестицій у заходи з безпеки руху поїздів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки [Текст]: Затв.: Постанова Каб. Мін. України від 16.12.2009 № 1390.
2. Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року [Текст]: Схвалено: Розпорядження Каб. Мін. України від 16.12.2009 № 1555-р.
3. Шевченко, В. В. Оцінка економічної ефективності заходів з підвищення безпеки руху поїздів [Текст] / В. В. Шевченко, О. М. Гненний // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. Лазаряна. – 2009. – № 28. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 287-290.
4. Оцінка економічної ефективності інвестицій у заходи з підвищення безпеки руху поїздів [Текст] / В. В. Шевченко та ін. // Матеріали 8-ї наук. конф. «Проблеми економіки транспорту» (16 – 17.04.2009 р., Дніпропетровськ). – Д., 2009. – С. 13.
5. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України у 2008 році [Текст] / розробники: О. Мусієнко, В. Гусь, В. Крот. – К.: 2009. – 120 с.

Надійшла до редколегії 03.09.2009.
Прийнята до друку 09.09.2009.

УДК 656.7

Н. В. СКИДОНЕНКО (Національний авіаційний університет, Київ)

АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНОЇ СТРАТЕГІЇ ВИХОДУ УКРАЇНСЬКИХ АВІАКОМПАНІЙ НА ЗОВНІШНІ РИНКИ

В даній статті аналізується вплив сучасних процесів у світовій економіці на формування транспортного забезпечення у сфері туризму.

В данной статье анализируется влияние современных процессов в мировой экономике на формирование транспортного обеспечения в сфере туризма.

In the article the influence of modern processes in the world economy on forming a transport provision in the field of tourism is analyzed.

Постановка проблеми

Мікроекономічні основи авіації в Україні закладені у потенціалі та можливостях національних авіакомпаній. Авіація країни не стане повноцінною доти, доки авіакомпанії не стануть результативними, рентабельними. Будь-яка країна не повинна мати нерентабельні підприємства у будь-якому секторі економіки, оскільки це рано чи пізно завдасть збитків й іншим галузям, що напряму чи опосередковано зв'язані з нею.

Невирішена раніше частина загальної проблеми

Проте перекладати усю відповідальність за розвиток авіапослуг у сфері туризму на авіакомпанії є невірним, оскільки їх можливості і компетенція на ринках є похідними від мікроекономічних умов ділового оточення.

Постановка завдання

Таким чином, поряд із створенням сприятливого макросередовища держава повинна сприяти розвитку мікроекономічного середовища. Авіакомпаніям постійно доводиться використовувати місцеву господарську інфраструктуру, співпрацювати із суб'єктами локальних ринків праці тощо.

Основний матеріал

В сучасній економічній теорії при аналізі мікроекономічного ділового середовища виділяють чотири найважливіших аспекти [7, с. 57]:

- ресурси, що використовуються авіакомпаніями в процесі їх функціонування (трудові ресурси, ринкова, інформаційна, інноваційна інфраструктура);
- внутрішня конкуренція, оскільки зрідка авіакомпанії, що не мають конкуренції на внутрішньому ринку авіапослуг, можуть мати конкурентні переваги на зовнішньому;
- наявність вибагливих місцевих пасажирів, у тому числі й тих, попит яких може бути задоволений лише через вихід на зовнішні ринки;
- створення локальних (внутрішніх) ринків авіапослуг шляхом взаємодії усіх авіакомпаній та пов'язаних і підтримуючих галузей.

І ще одна сторона сучасних трансформаційних процесів у світовій економіці пов'язана із зростанням значення вмілого використання авіакомпаніями для збільшення рівня їх послуг активності факторів місцерозташування, «іміджу» регіону, які, у свою чергу, пов'язані із перевагами та недоліками інфраструктурного забезпечення, наявності в регіоні кваліфікованих кадрів та потенційних платоспроможних пасажирів, а на перспективу (в рамках зміни державної регіональної політики) й специфіки місцевої законодавчої бази, податкової системи.

Отже, роль держави при розробці стратегії виходу українських авіакомпаній на ринки повинна бути спрямована на вдосконалення інфраструктурного забезпечення території, стимулювання формування локальних ринків праці, створення сприятливих умов для розвитку здорової конкуренції на ринку транспортних послуг тощо.

По-третє, це *посилення взаємозв'язку між розвитком транспортного забезпечення туристичних послуг та вирішенням соціальних і екологічних проблем*. Продуктивний і динамічний розвиток транспортних послуг у сфері туризму вимагає постійного зростання рівня кваліфікації та майстерності робочої сили, наявності фізично та розумово здорових працівників, існування сприятливих умов для їх розвитку та задоволення повсякденних потреб, достатнього матеріального забезпечення, щоб відповідати

© Скидоненко Н. В., 2009

«іміджу» міжнародної компанії тощо. Тому розробка стратегії виходу авіакомпаній на ринки повинна поєднуватися із розробкою заходів щодо вирішення ряду соціальних проблем.

З іншого боку, негативний образ України як країни суцільних екологічних негараздів відлякує значну частку потенційних зарубіжних покупців туристичних послуг. Отже, і тут є потреба в узгодженні заходів щодо підтримки авіації на макрорівні із заходами, спрямованими на розв'язання екологічних проблем (особливо у потенційно привабливих туристичних регіонах), а також поширення інформації про існування в Україні величезних територій із екологічно безпечними умовами, придатними, як мінімум, для розвитку зеленого туризму.

Узагальнення змісту напрямів трансформаційних процесів у світовій економіці та обґрунтування відповідних заходів транспортного забезпечення туристичних підприємств зокрема та держави в цілому представлені у розробленій автором табл. 1.

Відсутність протягом 1989-1993 рр. державної стратегії розвитку туризму в Україні, відповідних структур і важелів державного регулювання призвело до порушення балансу в'їзного та виїзного туризму, руйнування туристичної інфраструктури, неефективного використання туристичних ресурсів, зниження рівня обслуговування іноземних туристів, погіршення структури підготовки і використання кадрів тощо. До цього слід додати відсутність методичної, організаційної, інформаційної та матеріальної підтримки суб'єктів туристичної діяльності з боку держави. Отже, внаслідок недієвості держави у сфері туризму стан авіації також не відповідав потенційним можливостям України.

Основним шляхом розв'язання такої проблеми є розробка стратегії виходу авіакомпаній України на зовнішні ринки туристичних послуг та посилення позицій на внутрішньому ринку перевезень. Частково засади даної стратегії містяться у державних програмах розвитку авіації, тому розглянемо їх зміст з точки зору оптимізації у галузі туризму.

Чинним законодавством України передбачено, що органами державної влади затверджуються загальнодержавні, державні цільові, регіональні та інші програми розвитку авіації. Загальнодержавні програми затверджуються з метою реалізації довгострокових пріоритетів країни в галузі авіації і становлять комплекс взаємопов'язаних правових, економічних та організаційних заходів, спрямованих на реалізацію конституційних прав громадян, розвиток авіаційної галузі. Відповідно до загальнодержавних програм розробляються інші програми розвитку авіації [1].

Таблиця 1

Вплив сучасних процесів у світовій економіці на формування транспортного забезпечення у сфері туризму *

Напрями сучасних процесів у світовій економіці	***Напрями вдосконалення політики авіакомпанії***	***Політика держави у сфері авіації***
Зростання ролі зовнішніх чинників авіаполуг для туристичних підприємств	Перехід від внутрішніх реорганізацій, реструктуризацій та скорочення витрат до інноваційної стратегії, використання сучасних інформаційних технологій з метою збільшення гнучкості та адаптивності до швидких змін зовнішнього ринкового середовища	Розробка стратегії поширення інноваційноємних технологій у сфері авіації, сприяння активізації рекламно-інформаційної діяльності авіакомпаній, їх забезпечення новітньою інформацією
Збільшення впливу мікросередовища розвитку авіапослуг для туристичних підприємств	Пошук перспективних та специфічних транспортних ресурсів, створення конкурентних переваг на внутрішніх ринках авіаційних послуг, використання переваг місцерозташування з метою посилення позицій на зовнішніх ринках	Розробка стратегії вдосконалення інфраструктурного забезпечення території (як транспортної так і туристичної інфраструктури), формування локальних ринків праці, створення умов для розвитку здорової конкуренції на внутрішніх ринках транспортних послуг
Посилення взаємозв'язку між розвитком транспортного забезпечення туристичних послуг та вирішенням соціальних, екологічних проблем	Налагодження прямих зв'язків авіакомпаній із закладами освіти, охорони здоров'я, екологічними організаціями, а також розвиток нових соціально- та екологоорієнтованих видів туризму (сільський, зелений, мисливський, рибальський)	Розробка стратегії комплексного розв'язання проблем авіації у поєднанні з розв'язанням соціальних та екологічних проблем, стимулювання розвитку сільського, зеленого та іншого виду туризму

* Складено автором

На створення правових, організаційних, економічних та матеріально-технічних засад відродження та подальшої інтенсифікації розвитку авіації як високорентабельної галузі економіки спрямований новий Повітряний Кодекс України. Затверджена Кабінетом Міністрів України Державна програма розвитку туризму до 2010 року.

Згідно затверджених програм, прогнозується, що через 10 років туристичний потік до України зросте у 6 разів.

Для визначення основних напрямів стратегії виходу авіакомпаній України на зовнішні ринки туристичних послуг необхідно окреслити коло найістотніших проблем транспортного забезпечення у сфері туризму.

Аналіз та узагальнення публікацій з даної проблематики у фаховій літературі, власний аналіз конкурентоспроможності вітчизняних авіакомпаній на зовнішніх ринках дозволяють визначити такі *основні проблеми*:

- *недостатній рівень фінансування авіації*. При цьому недостатніми є обидві основні складові – державне фінансування та залучення іноземних інвестицій. Відсутність першого пояснюється тим, що поки що авіація лише декларативно визначається пріоритетною галуззю економіки країни, а насправді залишається неконкурентоспроможним щодо отримання державного фінансування порівняно з багатьма галузями промисловості. Вважається, що зростання кількості малих і середніх авіакомпаній, які перебувають у приватній власності, в умовах фінансової кризи в державі дасть змогу розвивати авіацію без залучення значних централізованих коштів. Основними джерелами фінансування витрат, пов'язаних з модернізацією та реконструкцією об'єктів авіації, Програмами розвитку аеропортів передбачено кошти, для яких державою створюватимуться сприятливі умови господарювання. Відсутність другого передусім пов'язана із низькою інвестиційною привабливістю країни в цілому (в силу загальновідомих причин) та її авіації зокрема. Іноземний капітал в Україні пріоритетно вкладається в галузі з коротшим терміном окупності (торгівля, харчова промисловість та ін.);

- *невідповідність стану транспортної інфраструктури міжнародним стандартам*. По-перше, це пов'язане із низькою потужністю закладів авіаційної інфраструктури. По-друге, вартість послуг, що надаються закладами авіаційної інфраструктури, істотно не співпадає з їх якістю. По-третє, авіаційна інфраструктура значною мірою є морально та фізично застарілою. По-четверте, неналежним є стан маршрутів, що пов'язано із браком обладнаних місць перепочинку, притулків, відсутністю системи паркування;

- *слабкий зв'язок пов'язаних та підтримуючих галузей із авіацією*. По-перше, не відповідає міжнародним стандартам рівень забезпеченості авіатранспортом туристичними, сервісними та інформаційними елементами. По-друге, авіакомпанії що працюють на зовнішніх ринках, практично не мають договірних відносин із підприємствами з надання туристичних послуг, довідково-картографічної продукції та інших товарів туристичного попиту;

- *невизначеність стратегій більшості національних авіакомпаній.* Така ситуація пов'язана, з одного боку, з відсутністю цілеспрямованої інформаційно-методичної допомоги держави авіакомпаніям при виході на зовнішні ринки. З іншого боку – з низьким рівнем кваліфікації керівників авіакомпаній, які не в змозі визначити стратегічні пріоритети та потенційні ринкові ніші, спрогнозувати ситуацію на зовнішніх ринках авіаційних послуг. Поки що констатується нестача висококваліфікованих фахівців у галузі авіації;

- *недосконалість авіаційної політики уряду та нормативно-правової бази розвитку авіації*. Серед найпроблемніших місць авіаційної політики уряду – недостатній рівень рекламно-інформаційної підтримки авіакомпаній України при виході на зовнішні ринки, порівняно неефективна система підготовки та перепідготовки кадрів, відсутність дієвих заходів пільгового кредитування експортоорієнтованих підприємств тощо. Недосконалою залишається й нормативно-правова база у сфері авіації. Зокрема, невизначеність правового статусу іноземних туристів на території України, наявність значної кількості візових, митних, прикордонних формальностей;

- *неефективне використання потенціалу авіаційних ресурсів*. Така ситуація пов'язана з кількома причинами. По-перше, із відсутністю якісної авіаційної інфраструктури в регіонах та місцях із значними туристичними ресурсами. По-друге, із відсутністю рекламно-інформаційного та картографічного супроводу використання потенціалу туристичних об'єктів, розміщених не у всесвітньо відомих туристичних центрах країни. По-третє, відсутністю зацікавленості як з боку туристичних підприємств, так і з боку держави щодо використання потенціалу специфічних видів туризму – зеленого, мис-

ливського, рибальського, екстремального туризму, спелеотуризму тощо.

Висновок

Таким чином, необхідність розробки комплексної стратегії виходу українських авіакомпаній на зовнішні ринки залишається актуальною.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Про туризм: Закон України від 15 вересня 1995 р. № 324/95-ВР [Текст] // Відомості Верховної Ради України. – 1995. – № 31. – Ст. 241.
2. Про затвердження Інструкції про умови і правила провадження підприємницької діяльності, пов'язаної з організацією іноземного та зарубіжного туризму (ліцензійні умови), та контролю за їх дотриманням [Текст] : Наказ Ліцензійної палати України, Держкомітет України по туризму від 12.01.1999 р. №5/1 // Офіційний вісник України. – 1999. – № 5. – Ст. 181.
3. Програма забезпечення захисту та безпеки туристів на 1996-2000 роки [Текст] : Затв.: Постанова Колегії Держкомтуризму України від 12.01.1996 р. № 96/5. – К.: РА «Світ», 1997. – 80 с.
4. Про Національну раду по туризму [Текст] : Постанова КМ України від 13.03.1996 р. № 322 // Зібрання постанов Уряду України. – 1996. – № 8. – Ст. 261.
5. Про Основні напрями розвитку туризму в Україні до 2010 року [Текст] : Указ Президента України від 10.08.1999 р. № 973/99 // Урядовий кур'єр. – 1999. – 29 вересня (№ 182).
6. Аветисова, А. А. Оптимизация управления в системе гостинично-туристических комплексов [Текст] / А. А. Аветисова, М. Н. Левченко // Управління організацією: діагностика, стратегія, ефективність: Матеріали V Міжн. наук.-практ. конф. (8–9 квітня 2007 р.) – К.-Трускавець: КНЕУ. – 2007. – Ч. 1. – С. 236-237.
7. Азар, В. И. Экономика и организация туризма [Текст] / В. И. Азар. – М.: Профиздат, 2003. – 212 с.

Надійшла до редколегії 22.04.2009.
Прийнята до друку 30.04.2009.

УДК 338.47:656.2

О. М. СТАСЮК (Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України)

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ АУТСОРСИНГУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

Проведено оцінку можливостей застосування аутсорсингу на залізничному транспорті України. Запропоновано види діяльності перспективні для передачі через аутсорсинг малим підприємствам.

Проведена оценка возможностей применения аутсорсинга на железнодорожном транспорте Украины. Предложены виды деятельности перспективные для передачи через аутсорсинг малым предприятиям.

The estimate of outsourcing possibilities on the railway transport of Ukraine is realized. The kinds of activities, which are promising for transfer through outsourcing to small enterprises, are proposed.

На даному етапі відбувається постійна зміна позицій господарюючих суб'єктів на ринку. Підприємства, які не удосконалюють процеси виробництва, збуту продукції та надання послуг, відмовляються від зміни принципів управління, більше піддаються можливості втрати завойованих позицій у порівнянні з конкурентами. Це вимагає пошуку нових, неординарних шляхів підвищення ефективності роботи, які відповідають вимогам ринкової економіки. Одним із наявних способів забезпечення ефективної господарської діяльності та збереження конкурентних переваг є використання аутсорсингу, тобто відмова від непрофільних функцій і передача їх на виконання сторонній організації.

Причини, за якими компанії пов'язують власну конкурентноздатність із аутсорсингом, обумовлені перш за все тим, що необхідна складова будь-якої діяльності – це витрати не лише на основний бізнес, але й на управління непрофільними активами, які необхідні для нормальної роботи.

Зазвичай фінансування оновлення і модернізації непрофільних активів здійснюється за залишковим від основної діяльності принципом. Для аутсорсингової компанії управління непрофільними активами клієнта є основним бізнесом.

Основною метою реформування «Укрзалізниці» є підвищення ефективності її діяльності при умові забезпечення конкурентності залізничних перевезень.

Для досягнення вищезазначеної мети необхідно вжити ряду заходів щодо оптимізації роботи залізниць. Це можна зробити шляхом об'єднання власних зусиль на основній діяльності та передачі непрофільних, допоміжних функцій (підсобно-допоміжна діяльність) зовнішнім спеціалізованим організаціям, тобто передати на аутсорсинг.

Проблемами використання аутсорсингу на залізничному транспорті займались, в основному, російські науковці, такі як Б. Лапідус [6; 7], В. Золотов [5], В. Степанець [13], Н. Журавльова [4], Н. Саричева [10], Н. Шабалін [12], П. Шанченко [14] та ін. На сторінках українських наукових видань ця проблема розглядається в меншій мірі. Це, напевно, пов'язане з тим, що російські підприємства залізничного транспорту знаходяться на завершальному етапі реформування і на всіх із них на даний момент використовується аутсорсинг. Українські залізниці знаходяться на першому етапі реформування. Так, Г. Ейтутіс [3], аналізуючи динаміку доходів та витрат від підсобно-допоміжної діяльності Південно-Західної залізниці, наводить перелік переваг, які отримає залізниця від передачі непрофільних видів діяльності на аутсорсинг.

Метою даного дослідження є оцінка можливостей аутсорсингу на залізничному транспорті як одного із способів залучення малих підприємств у галузь в умовах її реформування.

Завданням роботи є визначення передумов застосування аутсорсингу та переліку процедур, за допомогою яких можна здійснити оцінку можливостей застосування аутсорсингу в сфері залізничного транспорту, окреслення етапів ухвалення рішення про застосування аутсорсингу та визначення видів діяльності залізниці, перспективних для передачі через аутсорсинг малим підприємствам.

У літературі існує багато різноманітних тлумачень поняття «аутсорсинг» [2; 5; 8; 10; 11]. На нашу думку, найбільш повно для залізничної галузі дане поняття можна сформулювати наступним чином: аутсорсинг – це оптимізація діяльності залізниці через передачу непрофіль-

© Стасюк О. М., 2009

них, допоміжних (підсобно-допоміжна діяльність) видів діяльності на виконання зовнішнім спеціалізованим організаціям-аутсорсерам (в т.ч. малим підприємствам) на договірній основі та зосередження власних зусиль на основному виді діяльності – перевезенні вантажів та пасажирів.

Передача в аутсорсинг частини функцій організації-замовника стратегічно доцільна, якщо існують наступні передумови: більш якісна й дешевша продукція (послуги) сторонніх організацій-постачальників; зниження при передачі функції організації-постачальникові ризику, пов'язаного зі змінами технології й/або купівельних переваг; підвищення організаційної гнучкості й оперативність прийняття рішень; підвищення ефективності функціонування організації-замовника; оперативність і гнучкість організації-постачальника; короткі строки й менші ризики при переході на аутсорсинг; достатній рівень компетенції організації-постачальника; наявність певного досвіду в організації-постачальника; прийнятна прозорість діяльності організації-постачальника; висока лояльність з боку організації-постачальника; задовільне ресурсне забезпечення організації-постачальника.

Основним критерієм виведення чи невиведення процесів на аутсорсинг є зниження витрат (за рахунок більш високої ефективності роботи компанії-аутсорсера) і підвищення якості послуг, що надаються.

Головною умовою, яка повинна дотримуватись при залученні зовнішньої організації, є проведення конкурсних процедур [10].

Аутсорсинг є одним із конкретних способів залучення малих підприємств у залізничну галузь.

Існує дві форми передачі непрофільної роботи:

- передача роботи зовнішньому виконавцю, який спеціалізується на виконанні відповідної роботи або послуги (аутсорсинг);

- залучення висококваліфікованого персоналу організації-постачальника для виконання певних видів робіт (аутстаффінг).

В залежності від організації виконання непрофільних функцій у конкретному господарстві залізниці для їх передачі вибирається одна з вище наведених форм.

Оцінка можливостей застосування в сфері залізничного транспорту аутсорсингу, за допомогою якого відбуватиметься передача частини непрофільних, допоміжних функцій малим підприємствам, може складатися з декількох процедур:

1. Виявлення організаційних особливостей діяльності «Укрзалізниці». При розгляді можливостей передачі окремих видів виконуваних в «Укрзалізниці» робіт на аутсорсинг варто враховувати наступні організаційні її особливості: у перевізному процесі задіяні основні господарства «Укрзалізниці», кожне з яких має свої основні й допоміжні технологічні процеси; окремі допоміжні процеси за своїм змістом однакові для всіх господарств; територіально-географічне розосередження лінійних підрозділів основних господарств, що в окремих випадках ускладнює застосування існуючих форм аутсорсингу. Кожна із цих структур може самостійно вирішувати питання про перехід окремих груп працівників на аутсорсинг.

2. Визначення цілей застосування аутсорсингу. Застосування різних форм аутсорсингу повинне забезпечувати досягнення наступних цілей: підвищення економічної ефективності й зниження витрат у господарській діяльності залізниць; скорочення потреби в інвестиціях на розвиток непрофільних видів діяльності й функцій; звільнення залізниць та їх підрозділів від виконання невластивих їм функцій; підвищення маневреності у використанні персоналу, створення умов для компенсації сезонних потреб у додатковому персоналі; підвищення якості послуг, що надаються [6].

3. Виявлення напрямків та обов'язкових умов застосування аутсорсингу. Для забезпечення вищенаведених цілей і виконання умов застосування аутсорсингу необхідно зосередитися на наступних напрямках його розвитку: перехід від передачі стороннім організаціям окремих технологічних операцій (робіт, виконуваних окремими працівниками) до передачі організаціям такого роду технологічних процесів, виробничих циклів, пов'язаних із наданням закінчених видів робіт і послуг, видів бізнесу, а також окремих функцій; збільшення географічних масштабів застосування аутсорсингу; впровадження конкурсних механізмів залучення спеціалізованих організацій-постачальників.

При залученні сторонніх організацій для здійснення аутсорсингу в сфері залізничного транспорту повинні неухильно дотримуватися наступні головні умови: дотримання нормативних документів (актів) «Укрзалізниці» й органів виконавчої влади, що регламентують роботу переданих і пов'язаних з ними технологічних процесів; дотримання норм технологічної й екологічної безпеки; забезпечення економічної безпеки «Укрзалізниці» і збереження її ринкових позицій; матеріальна відповідальність сторонніх організацій-постачальників за якість,

обсяг і термін виконання послуг, робіт, функцій і поставок продукції (послуг); наявність ринку й конкурентного середовища; проведення конкурсних процедур. Конкурсні процедури повинні проводитись за принципом відкритості, рівних прав, ефективності та відповідальності. До участі у процедурах з розміщення пропозицій допускаються організації, які мають відповідні сталі показники фінансової діяльності, не знаходяться на стадії ліквідації, банкрутства або санації, не мають простроченої заборгованості до державного або місцевого бюджетів. Учасник конкурсу має документально підтвердити свої можливості здійснювати поставки продукції, виконувати роботи і надавати послуги, мати необхідні ліцензії та дозволи.

4. Створення системи правового регулювання взаємовідносин замовника та аутсорсингової компанії. Для того, щоб мати від аутсорсингу максимум конкурентних переваг, повинна скластися надійна система правового регулювання взаємовідносин замовника та аутсорсингової компанії. Оскільки аутсорсинг є відносно новим поняттям для залізничного транспорту, його можливості та правові наслідки вивчені не до кінця як самими підприємствами, так і державними органами, страховими компаніями та ліцензійними організаціями [4]. Можна стверджувати, виходячи із сьогоднішньої ситуації, що тих, хто береться за надання послуг на залізничному транспорті, на початках аутсорсингу очікує серйозна небезпека – переоцінка власних сил. Не кожен спроможний надати послуги необхідної якості та професійно виконати роботу. В результаті недостатня кваліфікація і обладнання можуть призвести до дискредитації ідеї аутсорсингу. Відносини між «Укрзалізницею» та аутсорсинговою організацією повинні будуватися на основі довгострокових і поточних договорів.

Діюче законодавство не містить норм, які регулюють саме договір аутсорсингу. Проте факт відсутності таких норм не перешкоджає підписанню аналогічного та подібного за правовою конструкцією договору. Тому при підписанні договору основну увагу варто звернути на предмет цього договору.

Угоди й договори розробляються на підставі типових форм, затверджених «Укрзалізницею». Угоди повинні містити наступні обов'язкові елементи: види послуг, виконуваних робіт або функцій, що будуть надаватись; перспективні обсяги послуг, виконуваних робіт або функцій; порядок й умови співпраці сторін; взаємні зобов'язання сторін по розвитку бізнесу; забезпечення економічної безпеки та збереження ринкових позицій залізниці, відповідальність сторін (матеріальна відповідальність аутсорсерів за якість, обсяг і термін виконання послуг, робіт) і механізми контролю за дотриманням договірних зобов'язань і забезпеченням якості послуг, робіт або продукції.

5. Прийняття й реалізація рішень про застосування аутсорсингу. Пропозиції про застосування аутсорсингу на залізничному транспорті можуть вноситися службами управління залізниці, відділеннями залізниці та іншими підрозділами залізниці. Пропозиції повинні містити необхідні розрахунки й аналітичні матеріали та розглядатися відповідно до діючих в «Укрзалізниці» регламентів. Сума витрат згідно із договором повинна бути менше витрат залізниці, які вивільнюються при передачі непрофільних функцій, допоміжних процесів. Передачу окремих виробничих й управлінських функцій «Укрзалізниці» стороннім організаціям доцільно здійснювати в певній послідовності. Процес ухвалення рішення про застосування аутсорсингу може складатися із шести етапів (рис. 1).

Аутсорсинг впроваджується на всіх залізницях Російської Федерації. За договорами працює 90 аутсорсингових компаній [9].

На сьогодні немає конкретних параметрів, якою повинна бути аутсорсингова організація. Тому у 2005 р. у Росії була створена Асоціація аутсорсингових підприємств на транспорті «Даль-експрес», яка на даний час об'єднує близько 60 підприємств даного сегменту ринку. В рамках цієї організації вперше була зроблена спроба створення, апробації і застосування стандарту аутсорсингового підприємства. При всіх позитивних сторонах даної ініціативи, подібних зусиль поки що виявилось недостатньо [12].

Предметом аутсорсингу можуть бути всі бізнес-процеси. Однак, згідно із традиційним підходом, при якому бізнес-процеси поділяються на основні та допоміжні, підрядникам в основному передаються нестратегічні чи незначимі процеси [1].

Об'єктами аутсорсингу найчастіше виступають:

- блоки робіт, процеси та окремі ділянки допоміжного виробництва;
- переділи і ділянки основного технологічного процесу;
- операції, блоки робіт і процеси сервісного обслуговування;
- функції управління і використання вимог законодавства, які виконуються на регулярній основі.

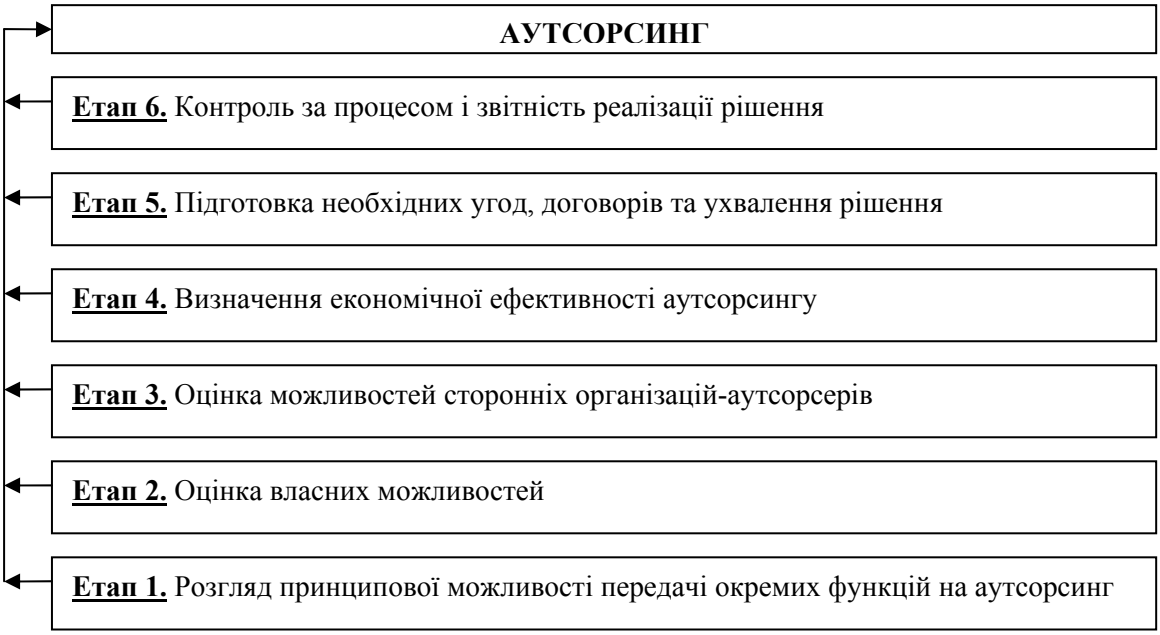


Рис. 1. Етапи ухвалення рішення про застосування аутсорсингу

Варто наголосити, що стратегічно важливі і ключові види діяльності, які визначають зміст бізнесу компанії (або її бізнес-одиниць) і забезпечують її фінансову незалежність і безпеку, не можуть бути об'єктами аутсорсингу. Роботи і послуги, які передаються на аутсорсинг, повинні складати цілісний процес, тобто впорядковану в часі нерозривну послідовність дій, які можуть бути кількісно або якісно виміряні. В цілому ефект від передачі на аутсорсинг не повинен бути нижче собівартості постійних витрат замовника.

При визначенні переліку робіт, для яких доцільно застосовувати аутсорсинг, необхідно враховувати, але ні в якому разі не копіювати механічно досвід зарубіжних країн.

Мова йде про виведення на аутсорсинг переважно окремих технологічних процесів і функцій. Виведення на аутсорсинг бізнес-процесів – це подальша перспектива, яка пов'язана з реформуванням залізничного транспорту України.

Для малих підприємств найбільш привабливим є пасажирське господарство. Пасажирське господарство – це багатофункціональний комплекс, що виконує різноманітні види робіт від ремонту пасажирських вагонів до обслуговування пасажирів на вокзалах і в поїздах. Відмінною особливістю його діяльності є сезонна нерівномірність обсягів робіт, що приводить до дефіциту трудових ресурсів у «пікові» періоди літніх, канікулярних та святкових пасажирських перевезень. Для вирішення цієї проблеми і з метою оптимізації господарської діяльності структурних підрозділів пасажирського комплексу, а також гнучкого регулювання нерівномірного розподілу пасажиропотоків варто впроваджувати практику передачі непрофільних для пасажирського господарства функцій на аутсорсинг.

На сьогодні перспективними для передачі через аутсорсинг малим підприємствам є наступні види діяльності:

- послуги з поточного і капітального ремонту будівель і споруд;
- прибирання виробничих територій;
- прибирання рухомого складу;
- охорона об'єктів інфраструктури і рухомого складу;
- послуги з хімічного чищення та прання одягу і білизни;
- послуги з ремонту та пошиття спецодягу;
- обслуговування комп'ютерної техніки;
- деревообробне виробництво;
- громадське харчування;
- послуги з обслуговування пасажирів у приміських поїздах, поїздах далекого прямування, на вокзалах;
- послуги з обслуговування інфраструктури вокзального господарства (вокзали, багажні відділення, білетні каси і т.д.);
- утримання смуги відведення;
- рекламна та маркетингова діяльність.

Напевно, що найбільш широкий розвиток аутсорсинг отримає тоді, коли будуть чітко сформульовані вимоги до послуг, що будуть надаватись, а аутсорсери якістю роботи завоюють довіру замовників.

Потенціал розвитку аутсорсингу на залізничному транспорті високий. Для його успішного застосування, найбільш важливе значення мають такі фактори, як вибір, на основі конкурсних процедур, оптимального партнера, тісна співпраця в ході спільної діяльності та постійний контроль взаємовідносин з аутсорсером.

Рекомендації по його застосуванню не вимагають негайного виконання. Аутсорсинг повинен використовуватись лише за наявності на ринку організацій, які спроможні ефективно і якісно виконувати функції, які їм передаються, знижувати витрати залізниці і підвищувати якість послуг.

Передача на аутсорсинг допоміжних функцій повинна відповідати вимогам загальної для залізничної галузі стратегії підвищення ефективності функціонування інфраструктури і перевізних господарств у цілому.

Застосування аутсорсингу, на нашу думку, є вигідним для залізничного транспорту у зв'язку з наступними причинами:

- економія загальних витрат;
- підвищення продуктивності праці та заробітної плати основного штату залізничників;
- підвищення якості виконуваних робіт та послуг, що надаються;
- збереження конкурентних переваг залізничного транспорту.

Для «Укрзалізниці», окрім проходження етапів ухвалення рішення про застосування аутсорсингу, які відображенні на рис. 1, необхідно розробити:

- положення про застосування аутсорсингу;
- перспективну програму впровадження аутсорсингу, в якій визначити єдині підходи та методи його застосування;
- методику розрахунку економічної ефективності впровадження аутсорсингу;
- регламент і порядок передачі непрофільних видів робіт (функцій) зовнішнім спеціалізованим структурам, що буде визначати процес співпраці «Укрзалізниці» та аутсорсерів, у т.ч. малих підприємств.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з дослідженням інших можливих способів залучення малих підприємств у сферу залізничного транспорту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аутсорсинг [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: //www.corpusgroup.ru/outsourcing/
2. Большой экономический словарь [Текст] / под ред. А. Н. Азрилияна. – М.: Ин-т новой экономики, 1999. – 1248 с.
3. Ейтутіс, Г. Оптимізація основної діяльності при реформуванні залізниць [Текст] / Г. Ейтутіс // Економіст. – 2007. – № 5. – С. 38-39.
4. Журавлева, Н. А. Аутсорсинг как механизм повышения конкурентности компаний железнодорожного транспорта [Текст] / Н. А. Журавлева // Экономика железных дорог. – 2007. – № 9. – С. 66-74.
5. Золотов, В. А. Аутсорсинг – бизнес-стратегия и способ повышения конкурентоспособности компании [Текст] / В. А. Золотов // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 6. – С. 56-60.
6. Лапидус, Б. М. Аутсорсинг как одно из приоритетных направлений в реформировании и повышении эффективности российских железных дорог [Текст] / Б. М. Лапидус // Ж/д трансп. – 2006. – № 2. – С. 40-44.
7. Лапидус, Б. М. Политика ОАО «РЖД» в области использования аутсорсинга как инструмента повышения эффективности работы [Текст] / Б. М. Лапидус // Экономика железных дорог. – 2007. – № 1. – С. 10-15.
8. Полянский, Ю. А. Критерии оценки эффективности отдельных видов функций, передаваемых на аутсорсинг, перспективы развития рынка аутсорсинга на железнодорожном транспорте [Текст] / Ю. А. Полянский // Ж/д трансп. – 2006. – № 2. – С. 46-47.
9. Попов, В. А. Аутсорсинг в пассажирском комплексе как важная часть развития пассажирских перевозок [Текст] / В. А. Попов // Ж/д трансп. – 2006. – № 2. – С. 44-45.
10. Сарычева, Н. А. Интеграция железнодорожного транспорта с малым бизнесом [Текст] / Н. А. Сарычева, Н. П. Чипига, О. А. Дудкевич // Экономика железных дорог. – 2008. – № 8. – С. 67-74.
11. Аутсорсинг и развитие международной торговли [Текст] / А. А. Степанов и др. // Вестник транспорта. – 2008. – № 10. – С. 18-21.
12. Шабалин, Н. Г. Организация аутстаффинговой деятельности в путевом комплексе [Текст] / Н. Г. Шабалин, Е. Т. Родионов // Экономика железных дорог. – 2008. – № 3. – С. 33-40.
13. Шанченко, П. А. Перспективы использования аутсорсинга в ОАО «РЖД» [Текст] / П. А. Шанченко, В. А. Степанец, Е. И. Воронин // Экономика железных дорог. – 2004. – № 12. – С. 17-23.
14. Шанченко, П. А. Методика оценки полной стоимости работы, передаваемой на аутсорсинг [Текст] / П. А. Шанченко, В. А. Степанец, И. А. Чагина // Экономика железных дорог. – 2008. – № 4. – С. 84-93.

Надійшла до редколегії 17.04.2009.
Прийнята до друку 23.04.2009.

УДК 338.47:330.322

С. Ю. ШЕВЧЕНКО (Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України)

ОСОБЛИВОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ОСНОВНОГО КАПІТАЛУ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

У статті проводиться аналіз чинників, які впливають на процес відтворення основного капіталу на транспорті. Досліджено пріоритети інвестиційного відтворення, джерела та методи фінансування на залізничному транспорті. Визначено ефекти від реалізації інвестицій на залізничному транспорті для національної економіки та галузі.

В статье проводится анализ показателей, которые влияют на процесс воспроизводства основного капитала на транспорте. Исследованы приоритеты инвестиционного воспроизводства, источники и методы финансирования на железнодорожном транспорте. Определены эффекты от реализации инвестиций на железнодорожном транспорте для национальной экономики и отрасли.

The factors that influence the reproduction process of fixed capital have been analyzed in the article. The priorities of investment reproduction, funding sources and methods on the railway transport have been studied. The effects of investments in railway transport for the national economy and the branch have been determined.

Однією з найважливіших проблем економічної політики на сучасному етапі розвитку, в умовах структурної перебудови економіки і подолання кризових явищ, є забезпечення ефективного функціонування залізничного транспорту України – пріоритетної галузі народного господарства.

Технічний стан залізничного транспорту, основними складовими якого є рухомий склад, транспортна мережа та інші об'єкти інфраструктури, характеризується значним зносом основних фондів, що суттєво знизило їхні техніко-технологічні можливості, що проявляється в низькій експлуатаційній швидкості рухомого складу, низькій безпеці руху, відсутності належного інформаційного забезпечення та відповідних умов сервісного обслуговування.

Вирішення даної проблеми тісно пов'язано з активізацією інвестиційного процесу. Без цього неможливе економічне зростання галузі, відновлення виробничого потенціалу, інновації та підвищення ефективності, тому розробка, обґрунтування та здійснення інвестиційної діяльності має важливе значення для зміни економічного становища на краще, поліпшення якості обслуговування споживачів транспортної продукції, зменшення шкідливого впливу транспорту на навколишнє середовище.

Без інвестиційних накопичень та інвестицій у відтворення основного капіталу ніяких позитивних зрушень не відбудеться. Інвестиції є найважливішим фактором економічного зростання, а науково обґрунтована інвестиційна політика має визначати реальні джерела, напрямки, структуру інвестицій, здійснення заходів, необхідних для виконання економічних та технологічних програм, відтворювальних процесів. Інвестиції є центральною складовою всього комплексу заходів, спрямованих на забезпечення розвитку залізничного транспорту.

Це вимагає пошуку нових шляхів і підходів до удосконалення механізму управління інвестиційною діяльністю на залізничному транспорті. Визначення напрямів, нових підходів до підвищення інвестиційної активності, внутрішніх резервів є актуальним і має як теоретичне, так і практичне значення.

Теоретично-методологічні підходи та практичні рекомендації інвестування розвитку залізничного транспорту України досліджували такі вчені-економісти, як В. І. Букін, В. П. Ільчук, В. О. Крючков, В. І. Пасічник, Ю. Є. Пащенко, Є. М. Сич, Ю. М. Федюшин, Ю. М. Цвєтов та ін.

Проте проблема активізації та управління інвестиційним процесом на залізничному транспорті є не менш актуальною і сьогодні та потребує подальшого вивчення, розробки і практичної реалізації.

Метою статті є розгляд найважливіших особливостей транспорту, які вливають на процес відтворення основного капіталу та розкриття суті розвитку інвестиційного процесу на залізничному транспорті України.

Як галузь матеріального виробництва, транспорт має ряд особливостей, відмінностей від інших галузей, які тим чи іншим способом

© Шевченко С. Ю., 2009

впливають на процес відтворення основного капіталу. До найважливіших особливостей слід віднести наступні:

1. Продукцію транспорту не можна накопичувати і зберігати, оскільки продукцією транспорту є переміщення вантажів та пасажирів.

2. На відміну від промислової продукції, продукція транспорту економічно відособлена від предметів праці (вантажів та пасажирів), які не повинні зазнавати ніяких негативних змін. Переміщені та доставлені до місця споживання вантажі збільшують тільки свою користь, споживчу вартість.

3. Транспорт є інфраструктурною галуззю, яка обслуговує всі галузі економіки, але не створює речовинної продукції. Продукцію транспорту не можна потримати, відчути органами почуттів.

4. Транспорт, особливо залізничний, є дуже капітало- та фондоємною галуззю. Для нього характерні висока вартість основних фондів та великі терміни їх створення й функціонування.

5. Нарощування потужностей на транспорті відбувається поетапно, по мірі освоєння капітальних вкладень та створення резервів пропускної спроможності шляхів сполучення.

6. Інвестиційні процеси на транспорті через високу капіталоємність є дуже інерційними.

7. Для транспорту характерне нерівномірне завантаження, пов'язане із сезонністю відвантаження певних видів продукції (сільське господарство), а також із погодними умовами (авіаційний, водний транспорт).

8. Транспорт відноситься до галузей, які забезпечують міжнародний розподіл праці. Особливо це проявляється в глобальних міжнародних транспортно-логістичних схемах перевезення вантажів. Створюються міжнародні транспортні коридори, логістичні центри, що забезпечують найбільш ефективні варіанти міжнародного товарообміну.

9. При оцінці ефективності капіталоємних затрат на розвиток транспорту застосовується двоїстий підхід. З одного боку, ефект розглядається з позиції функціонування самостійної галузевої системи, з іншого боку, розглядається позатранспортний ефект, тобто ефект, що отримується від розвитку транспортної системи в інших галузях економіки. Причому частка позатранспортного ефекту значно вище галузевого.

10. Протягом двох останніх десятиріч ще радянського часу темпи зростання розвитку транспорту були нижчі темпів зростання основних вантажоутворюючих галузей економіки, що кінець-кінцем призвело до розбалансування наявності транспортних потужностей з потребою економіки.

11. Транспорт, з одного боку, є відносно відособленою складною динамічною системою, яка розвивається за властивими цій системі закономірностями, з іншого боку – невід'ємною частиною економіки держави, яка обслуговує інші галузі та населення, тобто є інфраструктурною галуззю, яка підпорядковується в своїй роботі та розвитку вимогам, що взаємодіють із транспортом галузей і сфер економіки.

З принципів подвійності наукового підходу до вивчення транспорту витікає наявність внутрішніх та зовнішніх аспектів оцінки роботи та розвитку транспорту і, відповідно, двох основних понять та показників його діяльності. З однієї сторони, при аналізі діяльності транспорту, як відносно відособленої галузі економіки, результати його роботи оцінюються кількісними та якісними показниками, аналогічно іншим галузям матеріального виробництва. До них відносяться обсяг виробничої продукції (перевезень) у вартісному та натуральному вираженні, собівартість, доходи, витрати, рентабельність та ін. З другого боку, при аналізі транспорту, як сфери матеріального виробництва серед інших галузей економіки, на перше місце висуваються показники транспортної забезпеченості галузей економіки та населення, ефективності від ступеню задоволеності транспортним обслуговуванням економічних систем різного рівня за обсяговими та якісними параметрами. По суті справи – це позатранспортний ефект (негативний або позитивний).

12. При оцінці темпів інвестування окремих видів транспорту з темпами зростання обсягів перевезень найбільша різниця, на користь темпів обсягу перевезень, спостерігалась на залізничному транспорті, що призвело практично до повного вичерпання обов'язкових резервів потужностей та інтенсивного зносу основних фондів.

13. Залізничний транспорт, як і більшість інших видів транспорту, виконує соціальну функцію – забезпечення населення перевезеннями. Але ще з пострадянського періоду невиправдано низький рівень заробітної плати у валовому внутрішньому продукті не дозволяє встановлювати тарифи на пасажирські перевезення, особливо місцеві, на рівні, який забезпечує госпрозрахункові принципи функціонування та розвитку пасажирських господарств. В результаті почав практикуватися метод компенсування затрат на розвиток пасажирських перевезень

за рахунок вантажних. Якщо в умовах централізованого планування та управління цей метод міг застосовуватися, то при переході до ринкових відносин він неприйнятний.

14. Транспорт відноситься до галузей комплексу виробничої інфраструктури, які не створюють нової натурально-речовинної продукції, а обслуговує та забезпечує діяльність базових галузей матеріального виробництва, невиробничої сфери, а також населення. Як показав досвід пострадянських часів, відставання в розвитку транспорту, як і інших галузей виробничої інфраструктури, викликає щорічні втрати внаслідок несвоєчасної доставки вантажів, невиправданого збільшення матеріальних запасів на підприємствах, зростання собівартості.

Ще в 60-ті роки академіком Струмиліним було відмічено: «Транспорт повинен завжди дещо випереджати в своєму розвитку загальне зростання вантажообороту в країні. Деякий резерв транспортних ресурсів представляється нам одним із самих доцільних видів резерву, бо його відсутність може перетворити транспорт, який є одним із самих могутніх факторів господарського розвитку, в один із самих серйозних гальм його розвитку».

До початку економічних та структурних перетворень на залізничному транспорті необхідні резерви потужностей були практично вичерпані. Несвоєчасне оновлення основного капіталу викликало порушення відтворювального процесу, старіння основних фондів.

Вибір України на користь ринкової економіки, зроблений на початку 90-х років, і розпочаті реформи істотно змінили умови роботи залізничного транспорту і характер попиту на залізничні послуги.

Разом з тим, незважаючи на деяку адаптацію залізничного транспорту до ринкових умов, стан залізничної транспортної системи в даний час не можна вважати оптимальним, а рівень її розвитку – достатнім.

Зростаючий попит на якісні залізничні послуги задовольняється неповністю через недостатній технічний рівень залізничної транспортної системи і накопиченого відставання у галузі транспортних технологій.

Можливості збільшення валового національного продукту за рахунок експорту залізничних послуг реалізуються неповністю, оскільки неповністю використовується транзитний потенціал України, а стан вітчизняних перевізників на світовому ринку залізничних послуг не відповідає їхнім реальним можливостям.

На тлі зростання попиту на залізничні послуги і ще значнішого його збільшення в прогнозованій перспективі в залізничній транспортній системі, як у цілому, так і в окремих її підгалузях, зберігається ряд невирішених внутрішніх проблем.

На залізничному транспорті тільки починаються структурні перетворення. Неповністю реалізовані можливості взаємодії залізничного транспорту з вітчизняним залізничним машинобудуванням, галузями нафтохімії, приладобудування і зв’язку.

Відсутня необхідна комплексність в управлінні розвитком і функціонуванням залізничної транспортної системи, а також у координації і взаємодії різних видів транспорту.

У сфері пасажирських перевезень залізничним транспортом відсутні ефективні механізми фінансової компенсації перевезень пільгових категорій пасажирів, що приводить до значних збитків залізничних підрозділів.

В узагальнюючому вигляді основні проблеми, що потребують вирішення, такі:

– застарілі форми управління галуззю;

– прогресуюче старіння основних фондів;

– застаріла оцінка основних фондів не відповідає існуючому рівню цін;

– значне відставання технічного, організаційного та технологічного рівня залізниць від потреб, через що вони стають гальмом розвитку економіки;

– відсутність державної підтримки інноваційного розвитку галузі та недосконаліть законодавства в частині залучення інвестицій, що обумовлює, крім фізичного зносу, моральне старіння, невідповідність технічної озброєності залізниць сучасним вимогам;

– виконання залізницями державних та соціальних функцій (перевезення пільгових пасажирів, утримання малодіяльних збиткових колій) у сполученні з регульованими Урядом низькими тарифами на перевезення пасажирів і відсутністю дієвого механізму компенсації збитків під час надання суспільних послуг значно обмежує можливість техніко-технологічної модернізації залізничного транспорту та призводить до перехресного субсидування збиткових пасажирських перевезень за рахунок вантажних, що категорично відкидається директивами ЄС.

Основні проблеми в розвитку залізничного транспорту виникли через наступні обставини:

– мережа залізниць успадкована незалежною Україною від Радянського Союзу – країни

з плановою економікою, яка повністю управлялася та регулювалася державними органами;

– система господарювання передбачала плановий розподіл обсягів перевезень, основні планові показники видів транспорту, державні ресурси на їх підтримку;

– в умовах постійного зростання економіки та, відповідно, обсягів перевезень, існував постійний дефіцит пропускної спроможності та рухомого складу, заходи щодо його подолання впроваджувалися за рахунок державного бюджету (будівництво та модернізація нових ліній, закупівля рухомого складу);

– розпад СРСР та припинення існування Ради Економічної Взаємодопомоги (РЕВ) призвели до розриву багатьох економічних зв'язків, переорієнтації країн Східної Європи на співробітництво із західноєвропейськими країнами та значного (у 3,3 разу) скорочення обсягів перевезень територією України, утворення резервів пропускної спроможності та надлишку рухомого складу залізниць. Останнє дозволило, використовуючи резерви, забезпечити перевезення вантажів і пасажирів у необхідних обсягах;

– зростання, починаючи з 2000 р., обсягів перевезень визначило найбільш актуальну проблему залізничного транспорту – відтворення та оновлення основних виробничих фондів на інноваційній основі. Загальний ступінь зносу основних фондів перевищує критичну межу і створює потенційну загрозу економічній безпеці країни;

– у період 1992-2007 рр. з бюджету не виділялися кошти, передбачені Законом України «Про залізничний транспорт» на будівництво та модернізацію магістральних ліній та придбання рухомого складу для пасажирських перевезень, а темпи зростання цін на споживану продукцію, у десятки разів перевищуючи індексацію тарифів на перевезення, не дозволяли оновлювати рухомий склад та інфраструктуру за рахунок власних коштів.

Стратегічною метою реформування залізничного транспорту відповідно до Концепції розвитку залізничного транспорту України на 2007-2020 рр. є досягнення максимальної ефективності роботи залізничного транспорту за рахунок:

– інституційного реформування галузі, з розподілом функцій державного управління та господарських, відповідно до Концепції програми реформування залізничного транспорту України, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністру України від 27.12.2006 р. № 651;

– розвитку та модернізації транспортної інфраструктури з метою якісного забезпечення потреб економіки країни, прискорення руху вантажних та пасажирських потоків, зниження транспортних витрат у економіці країни;

– оновлення та закупівлі рухомого складу у необхідних для забезпечення потреб економіки та населення обсягах;

– впровадження комплексу новітніх технологій перевезень та утримання інфраструктури;

– забезпечення доступності та якості транспортних послуг для населення;

– оптимізації фінансово-економічної діяльності залізниць, що передбачає виключення непродуктивних витрат, залучення інвестицій (державних та приватних) у розвиток залізниць;

– підвищення конкурентоспроможності вітчизняного транспорту в умовах вступу до СОТ;

– інтеграції залізниць у європейську та світові системи, розвиток транспортного потенціалу України;

– підвищення рівня безпеки та стійкого розвитку транспортної системи; підвищення науково-технічного потенціалу галузі.

Особливості інвестиційного процесу на залізничному транспорті визначаються специфікою виробничої діяльності підприємств транспортної галузі, характером відновлювальних процесів та зовнішніми чинниками, що впливають на функціональні можливості інвестування.

Інвестиційний процес на залізничному транспорті має спрямовуватися на вирішення таких найважливіших завдань, як:

– забезпечення високих темпів економічного розвитку, у процесі якого реалізуються довгострокові стратегічні цілі;

– забезпечення максимізації доходів (прибутку) від інвестиційної діяльності, досягнення соціальних ефектів;

– забезпечення мінімізації інвестиційних ризиків, що зумовлює необхідність пошуку шляхів та способів зниження ризику при реалізації інвестиційних проектів;

– забезпечення фінансової стійкості та платоспроможності залізниць України у процесі здійснення інвестиційної діяльності.

Найбільш пріоритетними напрямками для інвестицій є:

– модернізація та оновлення парку пасажирських та вантажних вагонів, електро- і дизельпоїздів, електровозів, колійної техніки;

– впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів, із застосуванням вагонів підвищеної комфортності;

– модернізація ліній, які лімітують пропускну спроможність;

– посилення ремонтної бази рухомого складу, розвиток колійного господарства;

– створення і розвиток логістичних комплексів у найбільш вантажоспоживаючих регіонах України;

– продовження роботи з електрифікації залізниць, застосування автоматичної системи тягового електропостачання для забезпечення оптимального процесу енергозабезпечення тяги;

– оновлення засобів залізничної автоматики на базі створення мікропроцесорних та комп'ютерних систем;

– розвиток мережі цифрових систем передачі даних з подальшим прокладанням волоконно-оптичних ліній зв'язку на основних напрямках залізниць;

– розвиток телекомунікацій і впровадження сучасних інформаційних технологій;

– поліпшення технічного стану колійного господарства.

Управління інвестиційним процесом передбачає також реалізацію завдань щодо розробки та впровадження джерел і методів фінансування, що потребують:

– визначення критеріїв залучення того чи іншого джерела фінансування;

– аналіз можливих джерел фінансування на основі оцінки їх якісних та кількісних характеристик;

– вибір джерел, які відповідають обраним критеріям;

– визначення оптимальної структури фінансових джерел.

Традиційно джерелами інвестиційних вкладень виступають фонд відшкодування у вигляді амортизаційних відрахувань та прибуток. Зовнішніми джерелами виступають кредити комерційних банків, позики фінансово-інвестиційних структур, кошти від розміщення емісії цінних паперів, бюджетні асигнування та пільгові інвестиційні державні кредити, а також іноземні інвестиції та кошти населення.

Вибір конкретного джерела та формування раціональної структури інвестицій необхідно здійснювати з урахуванням умов отримання капіталу та характеру інвестиційного процесу.

Інвестування залізничного транспорту передбачає цілу низку ефектів:

1. Економічний – забезпечення збереження позицій на ринку, підвищення конкурентоспроможності відносно інших видів транспорту, утримання стабільного фінансово-економічного становища. Оновлення основних виробничих фондів, необхідних для підтримання безперервної роботи залізничного транспорту й підвищення рівня матеріально-технічної бази. Зростання інтенсивності використання транспорту, зниження ресурсо- та енергомісткості, зменшення експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності праці та фондовіддачі, прибутковості роботи.

2. Інноваційний – що пов'язано з впровадженням нової техніки та прогресивних технологій, створенням сучасних об'єктів інфраструктури, впровадженням ефективних методів організації та управління процесом перевезення. Інвестиції без інновацій є неефективними, оскільки немає сенсу залучати старе обладнання та технології.

3. Соціальний – підвищення благополуччя населення, через зростання рівня та якості наданих послуг та їх доступності. Поліпшення умов праці для робітників залізничного транспорту, створення нових робочих місць, реалізація соціальних потреб працівників залізниць.

4. Екологічний – зменшення шкідливого впливу транспорту на навколишнє середовище, завдяки впровадженню екологічно безпечних, безвідходних технологій.

5. Мультиплікатора – впливає на розвиток інших галузей економіки, галузей, які забезпечують роботу залізничного транспорту та тих, які користуються його послугами.

6. Підвищення рівня економічної безпеки та обороноздатності країни.

7. Забезпечення безпеки руху – завдяки високій надійності технічних засобів і технологічним рівням їх експлуатації.

8. Геополітичний – інтеграція у міжнародну транспортну систему, статус європейської транзитної держави.

Інвестиційний процес передбачає узгодження пріоритетів діяльності Укрзалізниці із стратегією розвитку національної економіки та світових тенденцій технологічного розвитку залізничного транспорту. Він має забезпечити максимально ефективне використання інвестицій і передбачати вагоме покращення матеріально-технічного рівня виробничої бази залізничного транспорту, його оновлення і модернізацію, поліпшення його роботи. При цьому необхідно враховувати, що розвиток залізничної галузі, її технічне переоснащення дозволить не тільки відродити окремі галузі промисловості України – машинобудування, будівельних матеріалів, чорну металургію, нафтохімічну, але і прискорити темпи загальнонаціонального промисло-

вого виробництва, вплинути на соціальну сферу та зовнішньоекономічну діяльність, підвищення обороноздатності держави.

Результати інвестиційної діяльності значною мірою залежать від уміння вдало визначити пріоритетні напрями та обрати оптимальну модель їх реалізації, за критерієм «ефективність – витрати – ризик», шляхом координації та розподілу наявних ресурсів.

Ефективна робота і розвиток залізничного транспорту можливі лише внаслідок вдосконалення організаційної структури його управління, оновлення основних фондів і рухомого складу, впровадження новітніх технологій і високошвидкісного руху, надання нових видів послуг та захоплення нових сегментів транспортного ринку, збільшення прибутковості перевезень вантажів і пасажирів та інтеграції до європейської транспортної системи.

У зв'язку з кризовими явищами наявні ресурси необхідно спрямовувати в першу чергу на підтримку в працездатному стані існуючої інфраструктури транспорту, оновлення і поповнення його рухомого складу.

В умовах бюджетних обмежень основним джерелом фінансування капітальних вкладень мають стати власні кошти транспортних підприємств. Підвищення їх інвестиційного потенціалу має здійснюватись шляхом повноцінної індексації основних фондів, вдосконалення податкової політики, впровадження обґрунтованих амортизаційних норм з урахуванням специфіки залізничного транспорту. При цьому потреби в інвестиціях у майбутньому будуть більшими, ніж можливості Укрзалізниці, що обумовить пошук додаткових інвестиційних джерел.

Враховуючи важливу роль залізничного транспорту у національній економіці, а також необхідність його випереджувального розвитку, наявність інвестиційних проектів, що не мають комерційної привабливості, наявною є потреба у державній підтримці програм розвитку залізничного транспорту у вигляді прямого бюджетного фінансування.

Державні інвестиції мають набувати вибіркового характеру і спрямовуватись, насамперед, на вирішення пріоритетних загальнодержавних проблем, а також на підтримку найважливіших секторів виробничого апарату та забезпечення роботи залізничного транспорту. За державою також залишається функція регулювання інвестиційної сфери, створення сприятливої для інвестиційних процесів нормативно-законодавчої бази.

Необхідно забезпечити максимально ефективне використання інвестицій, у зв'язку з чим реалізація інвестиційних проектів має здійснюватися на конкурсній основі. Одним із заходів щодо підвищення ефективності інвестицій є використання лізингу на поповнення і оновлення парків транспортних засобів і технологічного обладнання.

У найближчий час необхідно створити умови для значного підвищення інвестиційних можливостей залізничного транспорту та впровадження інвестиційної моделі розвитку, здатної нормалізувати та забезпечити перехід до розширеного відтворення основних виробничих засобів на інноваційній основі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ільчук, В. П. Інноваційно-інвестиційні системи залізничного транспорту: становлення та розвиток [Текст] / В. П. Ільчук; за ред. д.е.н., проф. Є М. Сича. – К.: Логос, 2004. – 381 с.
2. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту [Текст] // Магістраль. – 2007. – № 1 (1179). – С. 10-16.
3. Концепція розвитку транспортно-дорожнього комплексу на середньостроковий період до 2020 року, затверджена рішенням Колегії Мінтрансу від 23.10.2001 р. [Текст].
4. Лившиц, В. Н. Системный анализ экономических процессов на транспорте [Текст] / В. Н. Лившиц. – М.: Транспорт, 1986. – 240 с.
5. Струмилин, С. Г. Избранные произведения [Текст] / С. Г. Струмилин. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 488 с.
6. Федюшин, Ю. М. Реструктуризація, оновлення і розміщення виробничого апарату залізниць України [Текст] / Ю. М. Федюшин, В. І. Букін, Ю. Є. Пащенко. – К.: РВПС України НАН України, 2002. – 397 с.

Надійшла до редколегії 17.04.2009.
Прийнята до друку 28.04.2009.

Наукове видання

В І С Н И К

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Випуск 29
(українською, російською та англійською мовами)

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

Відповідальний за випуск *І. П. Корженевич*
Комп'ютерне верстання *В. В. Кузьменко*

Статті в збірнику друкуються в авторській редакції

Формат 60 × 84 $^{1}/_{8}$. Ум.друк.арк. 34,88. Тираж 100 пр. Зам. № 1709.

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) 33-58-96, *факс*: +38 (0562) 33-58-97
http://www.diitrvv.dp.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003.