

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/336280954>

Strukturno-funktsionalne opysannia konstruktsii modulia kuzova suchasnykh universalnykh napivvahoniv

Article · April 2014

CITATIONS

6

READS

310

3 authors, including:



[O. V. Fomin](#)

State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine

250 PUBLICATIONS 1,538 CITATIONS

SEE PROFILE

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 3 (210)
2014**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Луганськ 2014

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 3 (210) 2014

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ

ВИХІД З ДРУКУ - ВІСІМНАДЦЯТЬ РАЗІВ НА РІК

Засновник

Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

Журнал зареєстровано
в Міністерстві юстиції України

Свідоцтво про державну реєстрацію

серія КВ № 15607-4079ПР

від 18.08.2009 р.

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAHL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 3 (210) 2014

THE SCIENTIFIC JOURNAL

WAS FOUNDED IN 1996

IT IS ISSUED EIGHTEEN TIMES A YEAR

Founder

Volodymyr Dahl East Ukrainian National
University

Registered by the Ministry
of Justice of Ukraine

Registration Certificate

KB № 15607-4079ПР

dated 18.08.2009

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №5 2010 р.), (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №11 2010 р.), (Бюл. ВАК №7 2011 р.) в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з **технічних, економічних, історичних, хімічних та фізико-математичних наук** відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія:

Голубенко О.Л., член-кор. Національної академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор),
Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора),
Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора),

Ber R., dr hab,
Idjer M., dr hab,
Krasowski E., dr hab,
Будіков Л.Я., докт. техн. наук,
Гутько Ю.І., докт. техн. наук,
Дейнека І.Г., докт. техн. наук,
Куликов Ю.А., докт. техн. наук,
Нечаєв Г.І., докт. техн. наук,
Носко П.Л., докт. техн. наук,
Рач В.А., докт. техн. наук,
Соколов В.І., докт. техн. наук,
Ульшин В.О., докт. техн. наук,
Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,
Чарка М., dr hab,
Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,
Бузько І.Р., докт. екон. наук,
Козаченко Г.В., докт. екон. наук,
Максимов В.В., докт. екон. наук,
Третьяк В.В., докт. екон. наук,
Даніч В.М., докт. екон. наук,

Заблоцька І.В., докт. екон. наук,
Свїрїдова Н.Д. докт. екон. наук,
Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук,
Голубничий П.І., докт. фіз.-мат. наук,
Філоненко А.Д., докт. фіз.-мат. наук,
Горшков В.Н., докт. фіз.-мат. наук,
Nowakowski A., dr. hab,
Галстян Г.А., докт. хім. наук,
Глікін М.А., докт. техн. наук,
Захаров І.І., докт. хім. наук,
Кондратов С.О., докт. хім. наук,
Кудюков Ю.П., докт. хім. наук,
Суворін О.В., докт. техн. наук,
Новаков В.П., докт. хім. наук,
Голосман Е. З., докт. хім. наук.,
Chernyavskij G., dr. hab,
Gadushova Z., dr hab,
Довжук І.В., докт. іст. наук,
Михайлюк В.П., докт. іст. наук,
Сергієнко Ю.Г., докт. іст. наук,
Євдокимов М.О., докт. іст. наук,
Санжаров С.М., докт. іст. наук,
Фомин А.И., докт. іст. наук,
Єліна О.Ю., докт. іст. наук,

Відповідальний за випуск: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 6 від 28 02 2014 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2014

© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2014

ЗМІСТ

Sevruk K., Chernetska-Biletska N. ВНЕДРЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ФОРМЫ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ ТОВАРОВ.....	11
Аведиков Ю.В., Демьяненко С.А., Найш Н.М., Теличко И.Б. МАЛОГАБАРИТНЫЕ ТЕЛЕЖКИ ДЛЯ ЛОКОМОТИВОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	15
Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Прохорченко Г.О. ОЦІНКА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СКЛАДНОСТІ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ГРАФІКУ РУХУ ПОЇЗДІВ.....	18
Горбунов Н.И., Ковтанец М.В., Дёмин Р.Ю. МЕТОДОЛОГИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	22
Акимов П.Н., Андрийчук Н.Д., Коваленко А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЖНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	29
Білецький Ю.В. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ МОДЕРНІЗОВАНИХ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЧМЕЗ	34
Братченко О.В. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ ЛАНОК ЛОКОМОТИВНИХ КОМПРЕСОРІВ КТ-7.....	39
Варакута Е.А., Андрушко М.Е., Варфоломеев А.В., Удовиченко О.И. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМ ПАРКОМ	44
Варакута Е.А., Капустин Д.А., Кочура А.В., Постолова О.А. АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СБОЕВ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ.....	48
Варакута Е.О., Лозовой Д.Ю. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОПУСКУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ ПО ЗАЛІЗНИЧНІЙ ДІЛЯНЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ ТА РЕМОНТНИХ РОБІТ	51
Варакута Е.А., Шевчук А.Г., Варфоломеев А.В. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СПРОСА НА ТРАНСПОРТНЫЕ УСЛУГИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	55
Волчок Л. Г. ЗАСТОСУВАННЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ.....	59
Горбунов Н.И., Мокроусов С.Д., Ноженко Е.С., Кара С.В. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА: РАСЧЕТ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	62
Горбунов Н.И., Ноженко В.С., Ноженко Е.С., Просвинова О.В., Бондаренко А.Ю. ИННОВАЦИОННЫЕ РИСКИ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ТРАНСПОРТЕ.....	68
Гусенцова Е.С. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ОХЛАЖДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТЕПЛОВОЗА	73
Дейнека І.Г., Мичко А.А. ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ВІТЧИЗНЯНИХ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ КИСЛОТОЗАХИСНОГО ОДЯГУ	77
Доценко Ю.В. РОЗПОДІЛ РЕСУРСІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕРВІСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦІ	82

Іванченко Д.А., Матяш В.О. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА ОСНОВІ БАЗИ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	86
Калабухин Ю.Е., Ольховская Т.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ЛОКОМОТИВОВ В ДЕПО	89
Кельріх М.Б., Мороз В.І., Фомін О.В. СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ОПИСАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МОДУЛЯ КУЗОВА СУЧАСНИХ УНІВЕРСАЛЬНИХ НАПІВВАГОНІВ	94
Коваленко І.М., Ветровіч Я.М., Роговий А.С. АНАЛІЗ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	104
Колодяжна Л.Г. ЕКОНОМІЧНА КОНКУРЕНЦІЯ І ВЗАЄМОДІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТІВ НА РИНКУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	108
Колодяжна Л.Г. ПРИНЦИП СИНЕРГІЗМУ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ НА РИНКУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	113
Колодяжный П.В. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОНАПРЯЖЕНИЙ В СТАЛИ 45ХН ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ЛОКОМОТИВОВ ПОСЛЕ УПРОЧНЯЮЩЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ	117
Кравченко К.О., Вовк І.В., Литвиненко М.М. ОБґРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	122
Красникова Н.Е. РИСКИ В РАБОТЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ РАБОТНИКОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	129
Крохмальова О.Г. СОЦІОКУЛЬТУРНИЙ ПОРТРЕТ СУЧАСНОГО СТУДЕНТСТВА	132
Кузьменко Н.Н. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ СТАНОЧНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ НА СКРЕЩИВАЮЩИХСЯ ВАЛАХ	138
Кущенко А.В., Капустин Д.А. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ ОКРАШЕННЫХ ЛОКОМОТИВОВ	143
Мандрыкина А.Ф., Чернецкая-Белецкая Н.Б. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТЕЙНЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ	147
Марончук И.И., Бондарец С.В., Быковский С.Ю., Санников Д.Д. ВЫРАЩИВАНИЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК Ge НА ПОДЛОЖКЕ Si (111) ЖИДКОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИЕЙ, ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ МОРФОЛОГИИ	151
Мartiнов І.Е., Труфанова А.В., Ільчишин В.М., Шовкун В.О. АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗДВОСНОГО КАСЕТНОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО ПІДШИПНИКА БУКСОВОГО ВУЗЛА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА	156
Марушевський С.О., Капустін Д.О., Дмитрієнко Д.С., Кущенко О.В. ДИСПЕТЧЕРСЬКЕ УПРАВЛІННЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	160
Марченко Д.Н., Арлинский О.Ю. АНАЛИЗ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	166
Маршалкин А.В. ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УКРАИНЫ	171

Михайлов Е.В., Дебижа Е.Л. ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ВАГОНА СЫПУЧИМ ГРУЗОМ В МЯГКИХ КОНТЕЙНЕРАХ.....	175
Михайлов Е.В., Рейдемейстер А.Г., Семенов С.А., Макаров К.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ С ПОДВИЖНЫМИ ГРЕБНЯМИ	181
Мочалова К.В., Шворнікова Г.М., Маркевич Є.О. ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОД'ІЗНИХ КОЛІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	187
Павлюченко В.О., Брень А.В., Мирошникова М.В., Беляева О.М. АНАЛИЗ ПОДХОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ИНВЕНТАРНЫМ ВАГОННЫМ ПАРКОМ СОВМЕСТНО С ИНОВАГОНАМИ	191
Павлюченко В.О., Роман О.В., Мірошникова М.В., Семиряд І.В. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ІЗ ПРИСКОРЕНИМИ ТЕРМІНАМИ ДОСТАВКИ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ.....	195
Пилипенко В.Н. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВИБРОРЕОЛОГИИ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ РАСТВОРОВ	199
Потапенко О.М., Потапенко О.О., Неменуций А.І. ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ МОЛОДШИХ СПЕЦІАЛІСТІВ В ВНЗ І-ІІ РІВНЯ АКРЕДИТАЦІЇ В СУЧАСНИЙ ПЕРІОД.....	208
Рамазанов С.К., Велігура А.В., Івановська М.В. ПАРАМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	211
Роговий А.С., Залоіло Є.Ю., Майстренко Г.В. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ ШЛЯХОМ ОЦІНКИ КОНФЛІКТНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ	219
Савченко І.В. КОМП'ЮТЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СУОП ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ З ГІВ.....	223
Сапельников О.В., Чернецька-Білецька Н.Б. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МАРКЕТИНГОВОГО УПРАВЛІННЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОФАКТОРНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ	232
Сапронова С.Ю. СТІЙКІСТЬ КІНЕМАТИЧНОЇ ПАРИ «КОЛЕСО-РЕЙКА»	236
Смирный М.Ф. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦЕПИ НАМАГНИЧИВАНИЯ СИСТЕМЫ «МАГНИТНАЯ ГОЛОВКА - ПРОФИЛЬНЫЙ НОСИТЕЛЬ» ПРИ СОЗДАНИИ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ САУ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ	242
Строев А.П., Шворникова А.М., Капустин Д.А., Бондаренко А.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ СТАНЦИИ ПРИМЫКАНИЯ И ППЖТ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ.....	246
Тартаковский Е.Д., Міхєєв С.О., Сумцов А.І., Міхєєва Ю.В. ДОСВІД ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ КРАЇН СНД	251
Тимофеева Л.А., Тимофеев С.С., Дёмин А.Ю., Ягодинский Е.С. ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	256
Турпак С.М. ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗМЕРЗАННІ ВАНТАЖІВ	262

Ульшин В.А., Ключев С.А. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО И АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВА В ПЛАНЕ	269
Фалендиш А.П., Володарець М.В. ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛОКОМОТИВІВ ІЗ ГІБРИДНИМ ПРИВОДОМ.....	272
Хворост Н.В., Закурдай С.А., Герасименко В.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ТЯГОВЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ	277
Чеботарьев Д.В., Ключев О.О., Максименцева К.Ю. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОВОЗІВ У ЯКОСТІ ПІРОЧНОГО ЛОКОМОТИВУ.....	280
Чеклов В.Ф., Криштафович Н.О. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ УНІВЕРСАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОГО КОМПЛЕКСУ В МЕРЕЖАХ ПЕТРІ.....	284
Чеклов В.Ф., Шеховцов О.І., Матвієнко С.А. РОЗРОБКА ЕКОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ СТАНЦІЙ ПРИМИКАННЯ І ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ПОРТІВ	289
Чеклова В.М., Ходаківська Є.В., Євсейчик Т.І. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ В ГАЛУЗІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ.....	296
Чернецкая-Белецкая Н.Б., Крайнюк А.А., Баранов И.О., Клопинкова И.О. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ПОТОКОМ В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ	304
Чигирик Н.Д., Зиньковский А.Н., Брагин Н.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЗОВ.....	309
Шворнікова Г.М. РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ ВОДОВУГІЛЬНИХ СУСПЕНЗІЙ.....	314

CONTENTS

Sevruk K., Chernetska-Biletska N. IMPLEMENTATION AND USE OF ELECTRONIC FORM FOR DECLARATION OF GOODS	11
Avedikov Yu., Dem'janenko S., Naysh N., Telichko I. SMALL TRUCKS FOR LOCOMOTIVES NEW GENERATION.....	15
Butko T., Prokhorchenko A., Prokhorchenko G. EVALUATION OF COMPUTATIONAL COMPLEXITY OF THE PROBLEM AUTOMATING CALCULATIONS TRAIN SCHEDULE.....	18
Gorbunov N., Kovtanets M., Demin R. METHODOLOGY OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE RAILWAY TRANSPORT	22
Akimov P., Andriychuk N., Kovalenko A. COMPLEX HYDRAULIC SYSTEMS OF WATER SUPPLY SIMULATION.....	29
Biletsky Y. STUDY SYSTEMS OF MAINTENANCE AND REPAIR MODERNIZED SHUNTING LOCOMOTIVES SERIES CME3	34
Bratchenko A. ANALYTICAL STUDY OF THE KINEMATICS SECTION LOCOMOTIVES COMPRESSOR KT-7	39
Varakuta E., Andrushko M., Varfolomeev A., Udovichenko O. ANALYSIS OF THE USE OF FREIGHT CARS TO IMPROVE MANAGEMENT CAR FLEET.....	44
Varakuta E.A., Kapustin, D.A., Kochura A.V., Postolova O.A. TECHNOLOGICAL FAILURES ANALYSIS IN THE RAILWAY STATIONS FUNCTIONING.....	48
Varakuta E., Lozovoy D. SIMULATION ON FREIGHT TRAINS RAILWAY SECTION DURING CONSTRUCTION AND REPAIR WORK	51
Varakuta E., Shevchuk A., Varfolomeev A. FEATURES OF FORMATION OF DEMAND FOR TRANSPORT SERVICES IN MODERN CONDITIONS	55
Volchok L. APPLICATION CALENDAR PLANNING IN THE ORGANIZATION OF LOCAL WORK	59
Gorbunov N., Mokrousov S., Nozhenko E., Kara S. IMPROVING THE RELIABILITY OF FREIGHT CAR BOGIE: CALCULATION AND PRACTICAL IMPLEMENTATION	62
Gorbynov N., Nozhenko V., Nozhenko E., Prosvirova O., Bondarenko A. INNOVATION RISKS INTRODUCING PROMISING TECHNICAL SOLUTIONS IN TRANSPORT	68
Gusyentsova E. MATHEMATICAL MODEL OF GAS FLOW IN FLOW PASSAGE OF LOCOMOTIVE COOLING DEVICE.....	73
Deyneka I.H., Mychko A.A. NATIONAL STUDY OF CHEMICAL STABILITY SPECIAL MATERIALS FOR KYSLOTOZAHYSNOHO CLOTHING	77
Dotsenko Y. DISTRIBUTION OF RESOURCES FOR ENSURING SERVICE ON THE RAILWAY	82
Ivanchenko D., Matyash V. METHOD FOR DETERMINING THE EXTENT OF TEST OF THE TRACTION ROLLING STOCK BASED ON TECHNICAL SOLUTIONS DATABASE.....	86
Kalabuxin U., Olxovskaya T. PERFECTION OF THE ORGANIZATION OF MATERIAL SUPPORT AT MAINTENANCE SERVICE AND REPAIR OF LOCOMOTIVES IN DEPOT	89

Kelrykh M., Moroz V., Fomin O. STRUCTURALLY-FUNCTIONAL DESCRIPTION OF CONSTRUCTION MODULE BASKET OF THE MODERN FREIGHT GONDOLAS.....	94
Kovalenko I.N., Vetrovich Ya.N., Rogovoy A. THE ANALYSIS OF RAIL TRANSPORTATION OF PERISHABLE CARGOES WITH USE OF SPECIALIZED VEHICLES	104
Kolodyazhnaya L. ECONOMIC COMPETITION AND INTERACTION OF MOTOR AND RAILWAY TRANSPORT IN THE MARKET OF CARGO TRANSPORTATIONS	108
Kolodyazhnaya L. THE PRINCIPLE OF SYNERGISM IN ENSURING OF COMPETITIVE ADVANTAGES OF UKRAINE RAILWAYS IN THE MARKET OF CARGO TRANSPORTATIONS	113
Kolodyazhny P.V. ELABORATION OF THE METHODS FOR DETERMINING MICRO-STRAINS IN 45CN STEEL OF LOCOMOTIVE GEAR WHEELS AFTER STRENGTHENING ULTRASONIC TREATMENT	117
Kravchenko C., Vovk I., Litvinenko M. THE RATIONALE ORGANIZATION OF COMBINED TRANSPORT ON RAILWAYS OF UKRAINE	122
Krasnikova N. RISKS IN THE RELIABILITY AND PROFESSIONAL EMPLOYEES OF RAILWAYS.....	129
Krokhmalova O. SOCIOCULTURAL PORTRAIT OF MODERN STUDENTS	132
Kuzmenko N. MODERN STATE OF THE MACHINE-TOOL GEARING ON CROSSING BILLOWS	138
Kushchenko A.V., Kapustin D.A. ANALYTICAL STUDY OF HEAT TRANSFER DURING DRYING COLOURED LOCOMOTIVES	143
Mandrykina A., Chernetskaya N. IMPROVEMENT OF RAIL TRANSPORT CONTAINER BASED SELECTION OF OPTIMAL PLACEMENT CONTAINER TERMINALS	147
Maronchuk. I., Bondarec S., Bykovskiy S., Sanikovich D. GROWING Ge QUANTUM DOTS ON THE SUBSTRATE Si (111) LIQUID-PHASE EPITAXY, A STUDY OF THEIR MORPHOLOGY	151
Martynov I., Trufanova A., Ilchyshyn V., Shovkun V. THE ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF A DUAL CYLINDRICAL BEARING UNIT AXLE-BOX OF FREIGHT CARS	156
Marushevsky S., Kapustin, D., Dmytryenko D., Kushenko O. SUPERVISORY CONTROL ON RAILWAYS OF UKRAINE	160
Marchenko D., Arlinskii O. ANALYSIS PROPERTIES OF MODERN THERMAL INSULATION MATERIALS	166
Marshalkin A. WAYS OF IMPROVEMENT OF OPERATING ACTIVITY OF RAILWAYS OF UKRAINE.....	171
Mikhaylov E., Debizha E. OPTIMIZATION OF LOAD OF CARRIAGE A FRIABLE LOAD IS IN SOFT CONTAINERS.....	175
Mikhailov E., Reidemeister O., Semenov S., Makarov K. MATHEMATICAL MODELING OF MOVEMENT OF A WHEEL PAIR WITH MOVABLE FLANGES.....	181
Mochalova K., Shvornikova A., Markevich E. PROBLEMS FUNCTIONING INDUSTRIAL SIDINGS	187

Pavlyuchenko V., Bren A., Miroshnikova M., Bilaeva O. ANALYSIS APPROACHES FOR SOLVING PROBLEMS FREIGHT TRANSPORTATION PLANNING INVENTORY CAR FLEET CONJUNCTION WITH INOVAGONAMI	191
Pavlyuchenko V., Roman O., Miroshnikova M., Semirjad I. IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY TRANSPORT OF GOODS ACCELERATED DELIVERY TIME USING MATHEMATICAL MODELS THE DELIVERY	195
Pilipenko V. QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF THE PROCESS OF VIBRORHEOLOGY OF CEMENT CONCRETE SOLUTIONS	199
Potapenko A., Potapenko O., Nemenuschy A. PROBLEMS OF PREPARATION OF JUNIOR SPECIALISTS ARE IN HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS OF I-II OF LEVEL OF ACCREDITATION IN A MODERN PERIOD	208
Ramazanov S., Veligura A., Ivanovska M. PARAMETRIC MODEL OF RAILWAY TRANSPORT LIFE CYCLE COST	211
Rogovoy A., Zaloilo Ye., Maystrenko A. ANALYS OF LEVEL DEFINITIONS METHODS OF TRAFFIC SAFETY ON RAILWAY CROSSINGS BY AN ESTIMATION OF A TRANSPORT STREAMS CONFLICTNESS.....	219
Savchenko I. COMPUTER SOFTWARE DECISION MAKING SUPPORT IN SMPL FOR DESIGNING SYSTEMS WITH GIE	223
Sapelnikov O., Chernetskaya-Beletskaya N. IMPROVEMENT OF MARKETING DEPARTMENT USING MULTIVARIATE MARKET SEGMENTFTION TRANSPORT SERVICES	232
Sapronova S. STABILITY OF KINEMATIC PAIR “WHEEL-RAIL”	236
Smirny M. METHODOLOGY OF «MAGNETIC HEAD – PROFILING MAGNETIC MEDIUM» MAGNETIZATION CHAIN SYSTEM CALCULATION UNDER CREATION OF ACS INITIAL CONVERTER AT INDUSTRIAL TRANSPORT	242
Stroev A., Shvornikova A., Kapustin D.A., Bondarenko A. IMPROVING WORK STATIONS AND JUNCTION RPP NETWORK MODEL	246
Tartakovskiy E., Miheev S., Sumtsov A., Mineeva Yu. EXPERIENCE OF TECHNICAL MANUAL TRACTION ROLLING THE RAILWAYS OF CIS COUNTRIES	251
Timofeyeva L., Timofeyev S., Dyomin A., Yagodinskiy Y. INCREASE THE SERVICE LIFE OF CYLINDER LINERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES.....	256
Turpak S. OPTIMIZATION TRANSPORT-TECHNOLOGICAL PROCESS AT FREEZING CARGO.....	262
Ulshin V., Klyuev S. THE DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE AND HARDWARE FOR REALIZATION AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF A POSITION OF THE WHEEL PAIR IN A HORIZONTAL AREA.....	269
Falendysh A., Volodarets M. IMPROVEMENT OF METHODS AND MODELS DETERMINE THE TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS OF LOCOMOTIVES WITH HYBRID DRIVE	272
Hvorost M., Zakurday S., Gerasimenko V. IMPROVING ELECTRIC DRIVE ENERGY EFFICIENCY WITH DC TRACTION MOTORS EXCITATION SEQUENCE	277
Chebotaarov D., Klyuev A., Maksimentseva K. RESEARCH OF POSSIBILITY OF USE OF ELECTRIC LOCOMOTIVES AS HUMP LOCOMOTIVES	280

Cheklov V., Krushtafovich N. DEVELOPMENT OF MODEL OF TECHNOLOGY OF WORK OF THE UNIVERSAL TRANSPORT WAREHOUSE COMPLEX IN PETRI NETS	284
Cheklov V., Shekhovtsov O., Matviienko S. DEVELOPMENT OF AN ECOLOGICAL MODEL OF INTERACTION BETWEEN JUNCTION STATIONS AND SPUR TRACKS OF PORTS.....	289
Cheklova V., Hodakivs'ka E., Evseychik T. ANALYSIS OF RESEARCH AND PUBLICATIONS IN THE FIELD OF PASSENGER RAILWAY TRANSPORTATION	296
Chernetskaya N., Kraynyuk A., Klopinkova I. INTERACTION WITH ROLLING AERODYNAMIC FLOW IN CONFINED SPACES	304
Chigirik N., Zinkivskyi A., Bragin N. INVESTIGATING THE USE OF IMPROVED MODELS AT CARRYING OUT OPERATIONAL OF TESTS DIESEL LOCOMOTIVES	309
Shvornikova A. CALCULATION OF HYDRAULIC TRANSPORTATION PARAMETERS WATER- COAL SLURRIES	314

УДК 339.5

IMPLEMENTATION AND USE OF ELECTRONIC FORM FOR DECLARATION OF GOODS**Sevruk K., Chernetska-Biletska N.****ВНЕДРЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ФОРМЫ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ ТОВАРОВ****Севрук Е.В., Чернецкая-Белецкая Н.Б.**

In the article the condition of regulation ED in Ukraine and identified problems and ways of improvement of customs - tariff regulation to create favorable conditions for further dynamic development of the ED is Also considered theoretical fundamentals of the analysis of implementation methods of regulation ED in Ukraine and identify major problem age considered in theory, the notion of electronic Declaration, the reasons for the implementation, analyzed the mechanism of the technology at work ED and highlights the advantages and disadvantages of ED for customs authorities identified the most urgent problems of ED. Analysis is made of the effects of the system of electronic Declaration in different fields of activity.

Keywords: *electronic Declaration. Declaration of goods, customs control.*

Introduction. A distinctive feature of modern society is its actual from information technologies. With the development and increase in the popularity of the Internet processes that take place in society, more and more computers become transparency and mobility - what are sure to enjoy commercial purposes businesses and organizations. Began the transformation of the modern in favor of «electrifying». After - lowed to create electronic information systems topics for various public authorities, to establish a connection between them and the consumers of public services, integrated national information systems for their successful interaction, develop mechanisms to identify users of such systems and methods of encryption and data protection for safe data. Such projects have begun in the area of customs.

Drawing on international experience, over the years has been developed, tested, and implemented the technology of electronic declaration, compelling stakeholders to expedite customs clearance process through the use of advances in IT (IT - Information Technology). During the development of electronic declaration system undergoes changes that sometimes radically changed all the procedures and required a radical revision of the technology, but despite this, the

goal remains unchanged vales - acceleration, quickening, improvement. As a result, at the moment we have a full technology transfer of customs declarations technology electronic declaration ED- 2 using the network of The Internet, which is equipped with all customs posts. Today, almost all countries in Europe have their own system of ED. However, their relationship, providing transparency of data exchange and simplification of customs and trade transactions, realized until to the end. The same we can say about other parts of the world.

Therefore, the problem of standardization, harmonization and integration of the electronic declaration the most relevant today. Their decision seriously involved, both national and international organizations.

Statement of the problem. The main purpose of the introduction of electronic scales in the form of declaration of customs clearance is to accelerate the process of all customs operations, starting from the moment the goods have crossed the border. In other words, the goal - maximum elimination paperless and influence of the human factor in the commission of customs operations.

To fully capture and analyze the problems of electronic declaration, it is necessary to trace the stages of its development and transformation over time. Electronic declaration process involves the collection and provision of all electronic product data necessary for its design and manufacture in paper form.

We offer split the program «Electronic Customs» on 4 stages:

The first stage in the implementation of this system in action is to bring new information technologies and, accordingly, on the basis of modern material, which will help build a modernized tiered departmental telecommunications network, equipped with a complex system of information protection, requires a long time and considerable investment. Today there are a number of technological specifications and technical issues that are a barrier to large-scale introduction of information

technology procedures. However, providing funding priority is the solution to all problematic issues in the way of this project.

Ukraine must work closely with other countries that will attract new technologies on the basis of arrangements. The main purpose of this step is to establish the basis for «electronic customs environment». There include new electronic system:

- control systems for the import;
- the transit system;
- registration and identification of economic operators;
- systems of authorized economic operators.

However, this list should not be limited by these systems. As will be the development of existing systems to their compliance with the country's security standards and emerging technologies.

The second phase focuses on issues «e-customs» associated with the subjects of foreign economic activity. Need to create unified customs information portal and single electronic access point. Full implementation of this plan is to provide effective communication between the subjects of foreign trade and customs authorities and to create the conditions for more rapid exchange of information between customs authorities and SCSU. Also, the use of these systems will create additional channels of communication with the departments of the State Government and other countries as a whole.

The third stage should be specific update Customs Code of Ukraine. Since at this stage of the Ukrainian legislation does not define the conceptual framework for the legal regulation of the processes of information between state authorities and the management of information relations. Thus, almost all central executive authorities have the right to receive from other government information to fulfill its mandate, but almost no one, including the State Customs Service has no duty to form relevant electronic information resources, the order of their registration, maintenance and use. That is, you need to take a number of changes in the customs legislation, which will create a fully automated system of export and import. As a consequence, after the implementation of this phase almost all customs declarations will be submitted and processed in electronic form, a paper declaration will be applied as an exception. Electronic declaration primarily includes:

- declaration of goods and vehicles by supplying electronic customs declaration and other electronic documents;
- customs control and clearance of goods and vehicles based on the submitted electronic documents (including licensing and of nature).

The final stage in this project is the creation of a single electronic space, which will include all the elements of e-customs that will without a paper environment for customs and international trade. Under this system, any customs information relating to the imported goods, should be granted only once, and the

goods will pass customs and other controls on the part of law enforcement, border services, veterinary and environmental inspections, etc. at one time and in one location.

The purpose of the article. Consider mechanisms of the electronic declaration system in theory and in practice, to analyze its condition, and to identify actual problems of the functioning of the ED.

Research results. Negative points and corrective actions:

- Instability in the communication channels. Servers customs authorities do not always cope with the stress and delays in communicating. It should be noted that measures are being taken to address this problem, expanding channels of communication, information operators and customs authorities on existing faults and timing of their removal.

- Lack of correct interaction between the government and the banking system. For example, compliance certificates are valid only on paper.

- The complexity of the formalization of documents in electronic declaration imposed another obligation - formalization of documents, which sometimes takes a long time. In order to combat these customs authorities shall only request the necessary documents from the inventory of the text.

Good points:

- Discharge rate - declaration release process has accelerated

- Paperless system - registration is not required to collect a huge number of documents and stamp it.

- Automation - Work inspector checking documents becomes more automated.

- Transparency - can be traced, at what stage is the process of verifying the declaration at any time during key events strictly fixed.

- Security - no one but the inspector does not have access to the information transmitted over communication channels due to its encoding.

- Reduction of subjective human factor - no personal contact with the inspector declaring that reduces the possibility of conflict and personal animosity.

Expected results for the coming years:

- increase accountability of international trade within the competence of the state customs service that will contribute to the protection of national interests;

- increase the trade volume due to accelerate and facilitate the international movement of goods across the border, which will contribute to improving the socio-economic development of the state.

Customs clearance at any customs office will allow to reduce the cost of transporting goods, reduce the cost of goods to the final consumer. Also released, the working time of the customs officials, which will contribute to the more effective functioning of the customs authorities.

By reducing the time of customs clearance first of all, the company can avoid unjustified refusal of the customs Declaration. As of registration of the customs

cargo will occur within 2 hours. The customs authorities will pay attention to the goods groups at risk, because facilitating the amount of declaring of goods.

We have proved that reducing the number of customs procedures will reduce the number of actions (customs formalities), which should reach the company and the customs for customs clearance of goods, which in turn will lead to reduction of costs of the enterprises, connected with customs registration of the goods, to avoid delays transport.

Table 1

Effects of the use of «e-customs» in various fields		
Sphere of influence	costs	benefits
State	—	1) Use of information technologies and electronic communications to improve customs control; 2) The introduction of modern customs information systems; 3) We introduce the most practical use of information technology and modern working methods to improve customs controls such as risk analysis and control method based on the audit. 4) The simplification and harmonization of customs procedures. 5) formed a positive image of the customs authorities.
Companies	—	Companies no project can reduce the time and costs of enterprises by accelerating turnover, reducing the time for carrying out customs control, exclusion of subjective factors in the implementation of customs procedures.
People	—	the project is distributed exclusively to the company and shall not affect the rights and interests of the population.

Creation of favorable conditions of customs clearance will primarily be to push business to development and to avoid violations of the customs legislation. The expected results from the use of sideman, consider the creation of a regulatory framework for the application of information technology to a qualitatively new level and provision of electronic document exchange between customs authorities and enterprises with use of the mechanism of

the electronic digital signature. In our opinion this will give the opportunity to enter the pre-processing of the cargo customs Declaration and documents control over the delivery of the goods in an automatic mode without intervention of officials of customs authorities, to exclude the influence of subjective factors in the implementation of customs procedures that will facilitate the creation of conditions for acceleration of turnover by improvement and simplification of customs control and customs clearance of goods and vehicles transferred through the customs border of Ukraine.

Conclusion. Establish and improve the customs system of the state is a lengthy public process, organically linked with the changes in all other spheres of life of the state. Artificially accelerate this process is impossible, but it is necessary to create the most favored, because the adaptation of customs policy of Ukraine, and eventually the entire customs system with rules and principles dictated by the terms of global trade liberalization, is a mandatory prerequisite for the successful implementation of Ukraine's European aspirations.

Л и т е р а т у р а

1. Направления совершенствования таможенно - тарифного регулирования внешней торговли в Украине [Текст] / Т. М. Мельник // Формирование рыночных отношений в Украине. - 2005. - N 11. - С.110 -118
2. Протекционизм и свободная торговля в таможенной политике Украины [Текст] / К.И. Новикова // Академия таможенной службы Украины. - 2009. - С.1 -8
3. Современная таможенная политика Украины и пути ее совершенствования [Текст] / И. М. Бобуха., В.И. Глухова, А. Ковтун // студ. Вестник КГПУ имени Михаила Остроградского. - Выпуск 6. -2007. - С.139 -141
4. Цыганкова Т.М. Международная торговля [Текст] : учеб. посібн. Т. М. Цыганкова, Киевский нац. экон. ун - т. - К., 2001. - 487с.
5. Внешнеэкономическая деятельность [Текст] : учебное пособие, А.П. Клетеник, Г.Е. Баженов, И.Н. Андреева / Вуз : НГТУ. - 2009. - 44.

R e f e r e n c e s

1. Areas of improvement of customs and tariff regulation of foreign trade in Ukraine [Text] / T. Miller // Formtion of market in Ukrain2005.- N 11. - C.110- 118.
2. Protectionism and free trade with Ukraine customs policies [Text] / KI Novikov // Academy of Customs Service of Ukraine. - 2009. - P.1 -8.
3. Modern customs policy in Ukraine and ways of its improvement [Text]/J.M Bobukh., VI Glukhova, A.V.Kovtun // studio. Bulletin KSPU Mykhailo Ostrohradskyi. - Release 6. -2007. - P.139 -141.
4. Tsygankova TM International Trade [Text] : teach. aids. TN Tsygankova, Kyiv th. Econ. University. - 2001.487s.
5. Vneshneekonomicheskaya Deyatelnost [Text]: Textbook, AP Kletenyk, GE Bazhenov, I. N. Andreeva // institution: NSTU. - 2009. - 445 p.

Севрук Е.В. Внедрение и применение электронной формы декларирования товаров.

В статье рассмотрено состояние регулирования ЭД в Украине и определены проблемы и пути к совершен-

створенню таможенно - тарифного регулювання для створення сприятливих умов подальшого динамічного розвитку ЕД. Також розглянуті теоретичні основи, проведено аналіз реалізації методів регулювання ЕД в Україні та виявлення основних проблем. Також розглянуті в теорії поняття електронного декларування, причини впровадження, розроблено механізм роботи технології ЕД, виділено переваги та недоліки ЕД для митних органів, виявлені найбільш актуальні проблеми ЕД. Зроблений аналіз наслідків застосування системи електронного декларування у різних сферах діяльності.

Ключевые слова: електронне декларування, декларування товарів, митний контроль.

Сєврук К.В. Впровадження і застосування електронної форми декларування товарів

У статті розглянуто стан регулювання ЕД в Україні та визначено проблеми та шляхи вдосконалення митно - тарифного регулювання для створення сприятливих умов для подальшого динамічного розвитку ЕД. Також розглянуто теоретичні основи, проведено аналіз здійс-

нення методів регулювання ЕД в Україні і виявлення основних проблем. Також розглянуті в теорії поняття електронного декларування, причини запровадження, проаналізовано механізм роботи технології ЕД, виділено переваги та недоліки ЕД для митних органів, виявлені найбільш актуальні проблеми ЕД. Зроблений аналіз наслідків застосування системи електронного декларування у різних сферах діяльності.

Ключові слова: електронне декларування, декларування товарів, митний контроль.

Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Сєврук К.В. – студентка кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля. E-mail: sulkat17@gmail.com.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 3.03.2014

УДК 629.463.

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ТЕЛЕЖКИ ДЛЯ ЛОКОМОТИВОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**Аведиков Ю.В., Демьяненко С.А., Найш Н.М., Теличко И.Б.****SMALL TRUCKS FOR LOCOMOTIVES NEW GENERATION****Avedikov Yu., Dem'janenko S., Naysh N., Telichko I.**

В статье рассмотрена конструкция и принцип действия малогабаритных тележек, которые могут использоваться для локомотивов нового поколения. Рассматриваемая тележка содержит четыре оси, которые образуют две группы сближенных колесных пар. Данная конструкция позволяет уменьшить направляющие усилия на набегающих осях, повысить допустимую скорость движения локомотивов в кривых участках пути, повысить среднюю скорость, а также уменьшить боковой износ бандажей и рельсов, увеличить пробег тележек без переточки колесных пар. Увеличение колесных пар в тележке позволяет резко повысить мощностные, скоростные и тяговые характеристики локомотивов, увеличить сцепную массу каждой секции, повысить производительность труда, снизить себестоимость перевозок, увеличить пропускную и провозную способность железных дорог, а также снизить статические нагрузки на оси и уменьшить напряжения в рельсах.

Ключевые слова: малогабаритная тележка, колесная пара, нагрузки, напряжения, безопасность, характеристики.

Малогабаритная тележка, защищенная патентами Украины и России, имеет ряд важных преимуществ, таких как снижение статических и динамических нагрузок от осей на рельсы, повышение плавности хода и устойчивости тележки против схода с рельсов, поднятие допустимых скоростей движения, повышение комфорта и безопасности на больших скоростях и т.д.

Известно, что при воздействии на рельс двух вертикальных нагрузок, расположенных рядом, изгиб рельсовой нити становится более пологим, а напряжения уменьшаются.

Если две колесные пары тележки сблизить между собой, примерно, до ограничения по взаимному касанию гребней бандажей или других деталей колесно-моторных блоков, то напряжения от вертикальных нагрузок в рельсе уменьшатся, примерно, на 20% по сравнению с напряжениями под колесом отдельно стоящей колесной пары с такой же нагрузкой на ось, что позволит, помимо прочего, повысить допустимые скорости движения локомотивов.

Для достижения максимального и одинакового влияния соседних нагрузок для каждого колеса, новая тележка должна содержать четыре оси, образующие две группы сближенных колесных пар.

Сближение крайней и прилегающей к ней средней колесной пары четырехосной тележки до ограничения по взаимному касанию элементов колесно-моторных блоков, помимо уменьшения габаритов, позволяет подключить к направлению движения тележки в кривых вторую по ходу колесную пару.

Это дает возможность уменьшить направляющие усилия на набегающих осях, примерно, в 2 раза, повысить допустимую скорость движения локомотивов в кривых участках пути, повысить среднюю скорость, которая определяет время нахождения поездов на перегонах, а также уменьшить боковой износ бандажей и рельсов, увеличить пробег тележек без переточки колесных пар.

Увеличение колесных пар в тележке с трех до четырех позволяет, за счет применения более мощных и экономичных силовых агрегатов, резко повысить мощностные, скоростные и тяговые характеристики локомотивов, увеличить сцепную массу каждой секции, повысить производительность труда, снизить себестоимость перевозок, а также увеличить пропускную и провозную способность железных дорог. При этом можно также снизить статические нагрузки на оси и уменьшить напряжения в рельсах, в том числе и напряжения в зоне контакта бандажа и рельса, что в свою очередь позволяет уменьшить диаметр колеса, снизить необрессоренную массу колесно-моторных блоков и динамические нагрузки на рельсы. Этому способствует также применение опорно-рамной подвески тяговых двигателей.

Снижение статических и динамических нагрузок с колес на рельсы позволяет сократить расходы на дорогостоящие ремонты магистралей, которые проводятся под открытым небом с применением ручного труда, порой в сложных климатических условиях, и повысить безопасность движения.

Новые тележки, благодаря тому, что они содержат по четыре оси и имеют увеличенное суммарное пространство для установки тяговых электродвигателей, могут быть применены для локомотивов, которые способны водить международные экспрессы по магистралям с различной шириной колеи без остановки в зоне стыковки двух линий, при условии применения на тележках раздвижных колесных пар облегченной конструкции и компактных асинхронных тяговых электродвигателей [1, 2].

Локомотив, при движении по магистрали, имеет единственную, первую по ходу колесную пару, которая «очищает» рельсы от снега, льда, камней, других посторонних предметов и одновременно, при помощи буксовых поводков, удерживает тележку от поперечных перемещений относительно рельсовой колеи, не имея какой-либо подстраховки (центральная колесная пара экипажа типа 0-5-0, например, удерживается от схода с рельсов исключительно за счет соседних колесных пар, т.к. бандажи ее колес выполнены без гребней).

Если при наезде первого по ходу колеса двухосной или трехосной тележки на посторонний предмет в кривой гребень бандажа «выпрыгнет» на уровень головки рельса, то тележка утратит направляющее воздействие колеи, в результате чего локомотив может сойти с рельсов.

Кроме того, при движении локомотива, оборудованного тележками традиционной конструкции со скоростью, которая превосходит допустимую скорость движения в кривой, значительная горизонтальная нагрузка может привести к сходу колесной пары с рельсов вследствие перехода гребня одного из колес через головку рельса, что приведет к катастрофическим последствиям.

Во Франции из-за схода эшелона с рельсов погибли свыше тысячи человек и сотни получили ранения. В Корее из-за схода с рельсов взорвались вагоны с нитратом аммония. Взрыв разрушил около 130 строений, свыше 150 человек погибли и около 1300 человек получили ранения.

В последнее время на железных дорогах СНГ число сходов подвижного состава с рельсов заметно увеличилось.

Одной из самых недавних железнодорожных катастроф является сход с рельсов пассажирского поезда в Испании в последние дни 2013 года из-за превышения допустимой скорости движения и чрезмерного роста горизонтальных усилий на набегавшем колесе, вследствие чего погибли более 60 человек и получили ранения около 170 пассажиров.

В новой тележке, за первой по ходу колесной парой, расположена впритык вторая колесная пара, которая способна подстраховать первую в аварийной ситуации, т.к. вторая колесная пара снабжена буксовыми поводками с повышенной в 2-3 раза поперечной жесткостью.

По простоте конструкции и своим уникальным качествам, которые достигаются за счет применения колес не самого большого диаметра, а также увели-

чения количества колесных пар в тележке до четырех и рационального их расположения, малогабаритная четырехосная тележка, на основании вышеприведенного анализа, превосходит лучшие мировые образцы и подлежит широкому применению.

Наиболее перспективным на сегодняшний день являются малогабаритные четырехосные тележки с колесами диаметром по кругу катания 1050 мм, которые с небольшими изменениями могут быть применены как для пассажирских локомотивов с нагрузкой на ось 16 т, так и для мощных грузовых с нагрузкой от оси на рельсы порядка 23...25 т.

При этом, необходимая прочность рамы тележки должна достигаться за счет подбора толщины свариваемых листов, а возможность установки тяговых электродвигателей различной мощности и размеров должна обеспечиваться за счет изменения формы крепежных кронштейнов.

Наличие нескольких объектов для применения новых четырехосных тележек является предпосылкой возможности унификации их узлов, автоматизации производства и достижения низкой себестоимости.

Локомотивный парк Украины является в большой степени изношенным, физически и морально устаревшим., потребность в электровозах составляет около 1000 единиц.

Российской Федерации, с ее огромной протяженностью железнодорожных магистралей, сейчас требуется, примерно, 4000 мощных электровозов для вождения тяжелых поездов массой 6000 т, а в перспективе и для вождения поездов массой 9000 т.

В настоящее время в двух государствах (в Украине и Российской Федерации) имеется всего пять заводов, которые, практически, не конкурируют между собой и занимаются выпуском магистральных тепловозов и электровозов уже многие десятилетия. В условиях отсутствия жесткой конкуренции, а также «руководящей и направляющей силы», эти заводы выпускают мощные локомотивы, ходовые части которых устарели и не имеют ни одного из перечисленных выше положительных качеств, зато содержат узлы, которые были изобретены много лет назад.

Так, например, для самых мощных локомотивов используется осевая подвеска тяговых электродвигателей, которая называлась «трамвайной», т.к. впервые была применена на трамваях. Эта подвеска двигателей требует постоянного контроля уровня жидкой смазки моторно-осевых подшипников скольжения и их дозаправки. Подшипники скольжения расположены внизу тележки, что затрудняет обслуживание мощных локомотивов.

Прекращение выпуска устаревших тележек и локомотивов на них сейчас невозможно в связи с дефицитом мощных средств тяги поездов, а также в связи с тем, что это повлечет повышение уровня безработицы и т.д.

Реальные скорости поездов еще не достигли своего максимума, и будут повышаться, особенно при внедрении асинхронных двигателей.

Чтобы не допустить роста аварийности на железнодорожном транспорте в такой ситуации, необходимо создавать образцы более безопасных локомотивов и вагонов, которые в идеале не нуждались бы в снижении скорости движения в кривых малого радиуса на магистралях.

Для внедрения предлагаемого мы считаем целесообразным создать источник финансирования, например, фонд повышения безопасности подвижного состава.

Этот фонд может наполняться за счет добавления к существующей стоимости проездного билета еще, например, 1% расчетной стоимости (для упрощения вычислений 10 копеек из каждых 10 гривен).

Такое мероприятие не должно вызывать больших возражений, т.к. здоровье и жизнь человека превыше всего.

Другим, но не последним, источником наполнения фонда повышения безопасности подвижного состава, могут быть спонсоры, прежде всего металлурги, которые пожелают внести определенную сумму в фонд и получить право присваивать название новым транспортным средствам (типа, электровоз ВП («Владимир Петров»)), а также получить право преимущественной поставки, а точнее сбыта, своего металла для постройки локомотивов.

Ходовые части тепловозов и электровозов должны быть унифицированы в оптимальных пределах для достижения минимальной стоимости их изготовления и ремонта.

Выбор конструкции ходовых частей локомотивов для изготовления опытного образца должен производиться на конкурсной основе с участием предприятий (фирм), которые желают получить право на серийное производство экипажей локомотивов. В этом случае не будет нарушен принцип конкуренции и могут быть достигнуты хорошие результаты.

Внедрение малогабаритных тележек на наш взгляд кроме повышения безопасности движения поездов и усовершенствования ряда технических характеристик подвижного рельсового состава обеспечит также создание в Украине новых рабочих мест.

Л и т е р а т у р а

1. Пат. Україна, B61F 7/00, B60B 35/00. Розсувна колісна пара залізничного транспортного засобу/ Аведіков Ю.В., Басов Г.Г., Горбунов М.І., Найш Н.М., Мельник П.В. заявник та патентовласник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. - №83283; заявл. 19.08.08; опубл. 25.06.08, Бюл. №12
2. Патент України №66884 от 04.05.2001
3. Аведіков Ю.В. Тележка нового покоління. / Ю.В. Аведіков, Н.М. Найш // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2012. - №18(207).

R e f e r e n c e s

1. Pat. Ukraïna, B61F 7/00, B60B 35/00. Rozsuvna kolisna para zalizничного транспортного засобу/ Avedikov Ju.V., Basov G.G., Gorbunov M.I., Najsh N.M., Mel'nik P.V.

zajavnik ta patentovlasnik Shidnoukraïns'kij nacional'nij universitet imeni Volodimira Dalja. - №83283; zajavl. 19.08.08; opubl. 25.06.08, Bjul. №12

2. Patent Ukrainy №66884 ot 04.05.2001
3. Avedikov Ju.V. Telezhka novogo pokolenija. / Ju.V. Avedikov, N.M. Najsh // Visnik Shidnoukraïns'kogo nac. un-tu im. V. Dalja. – 2012. - №18(207).

Avedikov Yu., Dem'janenko S., Naysh N., Telichko I. Small trucks for locomotives new generation.

The article describes the design and operation of small trucks that can be used for new-generation locomotives. Regarded trolley has four axes that form two groups of adjacent wheelsets. This design reduces the effort to guide the impinging axes increase permissible speed locomotives in the curved sections of the way, to increase the average speed, and reduce wear on tires and side rails, increase mileage trucks without resharpening wheelsets. Increase wheelsets in the truck can dramatically increase the cardinality, speed and traction characteristics of locomotives, increase adhesion weight of each section, increase productivity, reduce transportation costs, increase capacity so as railways, as well as reduce static axle loads and reduce stress in rails, including stress in the contact region the shroud and the rail, which in turn reduces the diameter of the wheel to reduce the weight wheeled motor blocks and dynamic load on the rails. Reduced static and dynamic heating dressings with wheels on rails can reduce costs for expensive repairs of highways, which are held in the open air with the use of manual labor, sometimes in difficult climatic conditions, and improve safety.

Keywords: small-sized truck, wheel pair, load, voltage, safety characteristics.

Аведіков Ю.В., Дем'яненко С.А., Найш Н.М., Телічко І.Б. Малогабаритні візки для локомотивів нового покоління.

У статті розглянута конструкція і принцип дії малогабаритних візків, які можуть використовуватися для локомотивів нового покоління. Візок, що розглядається, містить чотири вісі, які утворюють дві групи зближених колісних пар. Дана конструкція дозволяє зменшити напрямлючі зусилля на набігаючих осях, підвищити допустиму швидкість руху локомотивів в кривих ділянках колії, підвищити середню швидкість, а також зменшити боковий знос бандажів і рейок, збільшити пробіг візків без перетачування колісних пар. Збільшення колісних пар у візку дозволяє різко підвищити показники потужності, швидкісні й тягові характеристики локомотивів, збільшити зчепну масу кожної секції, підвищити продуктивність праці, знизити собівартість перевезень, збільшити пропускну і провізну спроможність залізниць, а також знизити статичні навантаження на осі і зменшити напругу в рейках.

Ключові слова: малогабаритний візок, колісна пара, навантаження, напруги, безпека, характеристики.

Аведіков Ю.В. – співробітник ПАТ «Луганськтепловоз».

Дем'яненко С.А. – член-кореспондент ІАУ.

Найш Н.М. – академік ІАУ, академік ТАУ,

e-mail: nmnaish@yandex.ru

Телічко І.Б. – академік ТАУ.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 22.02.2014

УДК 656.222.3

ОЦІНКА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СКЛАДНОСТІ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ГРАФІКУ РУХУ ПОЇЗДІВ

Бутко Т.В., Прохорченко А.В., Прохорченко Г.О.

EVALUATION OF COMPUTATIONAL COMPLEXITY OF THE PROBLEM AUTOMATING CALCULATIONS TRAIN SCHEDULE

Butko T., Prokhorchenko A., Prokhorchenko G.

У статті досліджено теоретичну обчислювальну складність алгоритму вирішення задачі розрахунку графіку руху поїздів. Розглянуто можливість здійснення оцінки в межах теорії обчислювальної складності, що має велике практичне значення в умовах існування потужних електронно-обчислювальних машин. Задача розрахунку графіку руху поїздів може розглядатися як задача потокового календарного планування, доведено належність даної задачі до класу NP-повних відносно числа конфліктів у розкладі, тобто неможливо побудувати алгоритм рішення задачі, час роботи якого зростає не швидше, ніж деякий поліном від розміру вихідних даних.

Ключові слова: графік руху поїздів, обчислювальна складність, NP-повна задача, алгоритм.

Вступ. Проблема розрахунку графіку руху поїздів (ГРП) є складним і трудомістким завданням у випадку реалізації для реальних залізничних мереж. Задача побудови ГРП головним чином полягає в тому, щоб відшукати для кожного поїзда послідовність прослідкування станцій на дільниці з урахуванням вирішення конфліктних ситуацій з іншими поїздами та за умови дотримання експлуатаційних обмежень залізничної інфраструктури. Одночасна прокладка великої кількості поїздів призводить до величезного простору пошуку рішень.

Викладення основного матеріалу. Найбільш складною є задача побудови графіку руху поїздів на одноколіній дільниці. На перший погляд ця задача може здатися не дуже складною і такою, що може бути вирішена перебором всіх можливих варіантів прослідкування поїздів через дільницю. Дійсно, якщо розглянути задачу, в якій на одному плановому періоді часу два поїзди з різних напрямків повинні проїхати через одну станцію на одноколіній дільниці, виникне лише одна конфліктна ситуація. Рішення цієї конфліктної ситуації відповідає рішенням задачі побудови ГРП. Область рішень такої задачі

налічує всього лише 2 можливих варіанти схрещення (перший поїзд зупиняється на станції, другий – прослідує без зупинки і навпаки). Але якщо збільшувати розмірність задачі (кількість пар поїздів), то можна побачити, що розмір області рішень збільшується дуже швидко.

Якщо представити конфліктну ситуацію з двома варіантами рішення в якості параметра, що характеризує умову прокладки поїздів, який приймає дискретні значення: 1 – поїзд має зупинку при схрещенні або 0 – поїзд не має зупинки, то при кількості конфліктних ситуацій в ГРП, рівній R (мається на увазі сумарну кількість схрещень і обгонів), число можливих варіантів графіку руху поїздів визначається за виразом

$$W = 2^R.$$

У випадку 50 конфліктних ситуацій в ГРП число можливих варіантів графіку складає $W = 2^{50} \approx 11,3 \cdot 10^{14}$. Якщо для оцінки одного варіанту потрібно виконати всього 100 операцій, то загальна обчислювальна робота при швидкості розрахунків ЕОМ 10 млн. операцій за секунду займе близько 400 років. Це доводить, що при великих значеннях R знаходження оптимального графіку простим перебором неможливе навіть при використанні найбільш швидкодіючої ЕОМ.

У випадку розробки парного одноколійного паралельного графіку для заданої кількості поїздів при неповному використанні пропускнуої спроможності і наявності неідентичних перегонів ця задача не має однозначного рішення, а кількість варіантів W за умови рівномірного розміщення ліній ходу поїздів на графіку представляє собою дуже велике значення. Наприклад, якщо виразити кількість схрещень R наближено через довжину дільниці $L = 250 \text{ км}$, дільничну швидкість $v_{\text{дл}} = 40 \text{ км/год}$ та кількість

пар поїздів $N = 20$, $R = \frac{LN^2}{12v_{oil}} = \frac{250 \cdot 20^2}{12 \cdot 40} = 208$, то

кількість варіантів ГРП складе $W = 2^{208} \approx 10^{63}$.

Побудова ГРП на двоколіній дільниці також є складною задачею. Припустимо, потрібно побудувати максимальний графік, тобто прокласти максимально можливе число вантажних поїздів для одного напрямку при заданому числі пасажирських поїздів $\max N_{вант}$. Тоді число варіантів максимального графіку складе $(I_p - I)$, де I_p – розрахунковий міжпоїзний інтервал для даної дільниці. Це положення не потребує особливого доказу. Якщо змістити розклад першого поїзда на одну хвилину та відповідно всіх наступних поїздів для того, щоб забезпечити дотримання між поїзною інтервалу, то буде отримано новий варіант графіку вантажних поїздів. Якщо виконати це $(I_p - I)$ разів, то можна дійти до вихідного варіанту.

Якщо потрібно побудувати не максимальний варіант графіку, а при заданих розмірах вантажного руху $N_{вант} < \max N_{вант}$, число варіантів графіку збільшиться кількість, що дорівнює числу сполучень $C_{N_{вант}}^{\max N}$, тобто

$$W = (I_p - I) \frac{\max N_{вант}!}{N_{вант}!(N_{вант} - N_{вант})!}.$$

Вже при $\max N_{вант} = 25$; $N_{вант} = 20$; $I_p = 10$ хв можливе число варіантів двоколійного графіку складе 50 000. Якщо, наприклад, один варіант такого графіку буде будуватися всього 1 хв, то для перегляду всіх варіантів буде потрібно більше місяця безперервної роботи ЕОМ.

У цьому контексті постає питання, чи можливо створити точний алгоритм вирішення задачі розрахунку ГРП, з огляду на той факт, що реальні полігони включають тисячі конфліктних ситуацій. З дру-

гого боку стрімке зростання області допустимих рішень при збільшенні розміру вхідних даних задачі ще не означає, що для вирішення такої задачі неможливо знайти швидкий алгоритм. Щоб відповісти на це питання потрібно оцінити теоретичну обчислювальну складність алгоритму вирішення даної задачі. Можливість здійснення таких оцінок надає теорія обчислювальної складності [1, 2, 3], яка отримала стрімкий розвиток протягом останніх десятиріч, а з появою сучасних потужних ЕОМ набула великого практичного значення.

Одним з найважливіших понять у цій теорії є визначення важкості задачі, що вирішується. Задачею, що важко вирішується, вважається та, для рішення якої не існує поліноміального алгоритму, тобто алгоритму, у якого часова складність дорівнює $O(p(n))$, де $p(n)$ – поліноміальна функція, n – вхідна довжина.

Для розуміння розв'язання задачі розрахунку ГРП слід визначити, чи можливо вирішити дану задачу за поліноміальний час на детермінованій машині Тьюринга [11] і віднести її до класу P , або розв'язати її недетермінованими алгоритмами за поліноміальний час і віднести її до класу NP -задач.

В класі NP виділяють NP -повні задачі (англ., NP Complete, NPC) – задачі, які належать до класу NP та будь-які інші задачі з NP , що зводяться до них за поліноміальний час. Цей клас задач привертає особливу увагу так як всі вони є еквівалентними між собою, тобто для ефективного рішення будь-якої з них достатньо вирішити одну. Також виділяють клас NP -складних задач (англ., NP -Hard). Задача визначається як NP -складна, якщо для неї існує така NP -повна задача, що зводиться до даної задачі за поліноміальний час (алгоритмічне зведення за Куком) [3]. На рисунку 1 наведена графічна інтерпретація взаємного співвідношення класів складності.

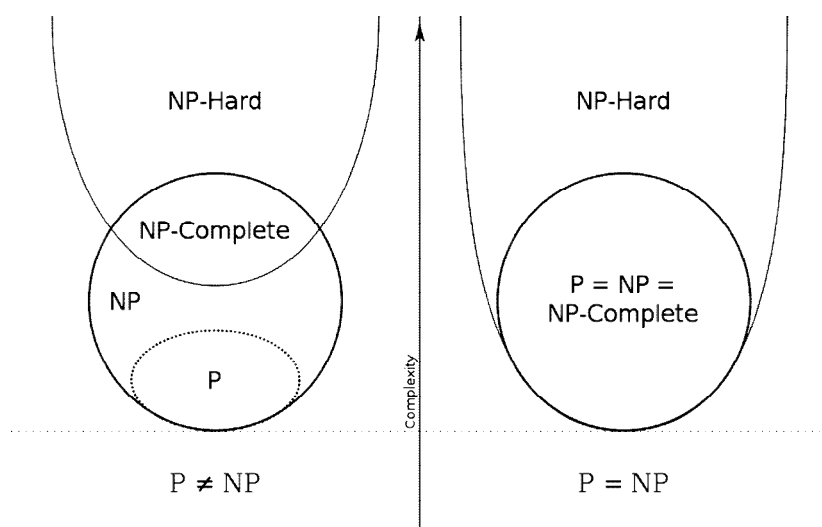


Рис. 1. Діаграма взаємного співвідношення класів складності у випадку вірності та хибності гіпотези $P \neq NP$

Центральним питанням теорії складності є питання про співпадання класів P та NP . Відповідь на питання про рівність класів P та NP дозволила б визначити, чи дійсно задачу легше перевірити, ніж вирішити ($P \neq NP$) або вирішити настільки ж легко, як і перевірити ($P = NP$). На даний момент більшість вчених схиляється до теорії $P \neq NP$. Тому виходячи із зазначеної нерівності класів в роботі запропоновано довести чи відноситься задача розрахунку ГРП до класу NP -повних задач. Відомо, що якщо визначена хоча б одна NP -повна задача, то процедура доказу NP -повноти інших задач значно спрощується. Для доказу NP -повноти задачі розрахунку ГРП – Π , де $\Pi \subseteq NP$ достатньо показати, що будь-яка з відомих NP -повних задач Π' може бути зведена до Π .

Спираючись на доказ NP -повноти задачі за методом звування, який полягає у встановленні того, що задача розрахунку ГРП включає в якості окремого випадку відому NP -повну задачу, можна стверджувати про належність даної задачі до класу NP . Відомі основні NP -повні задачі, які використовуються найчастіше [3]: 3-виконуваність, тривимірне поєднання; вершкове покриття; кліка; Гамільтонів цикл; задача розбиття.

Задача розрахунку ГРП може розглядатися як задача теорії розкладів, що підтверджується різними варіантами постановки як задача потокового планування (англ., *flow shop*) в багатьох роботах [4,5,6]. В межах різних досліджень доведено [7,8,9], що задача потокового календарного планування (англ., *flow shop*) належить до класу NP -повних задач. Так як така задача може бути зведена до однієї із основних NP -повних задач – задача розбиття [10].

Якщо спростити задачу розрахунку ГРП, то можна розглядати необхідну кількість ниток графіку руху поїздів як задану кінцеву множину A «завдань» в класичній постановці даної задачі, тоді кількість перегонів на дільниці як число $m \in \mathbb{Z}^+$ (де $\mathbb{Z}^+$ – множина додатних чисел) «процесорів», час руху поїздів по дільниці можна записати у вигляді множини $l(a) \in \mathbb{Z}^+$ для всіх $a \in A$, тобто «тривалість», директивний строк прибуття поїзду на станцію призначення $D \in \mathbb{Z}^+$. необхідно довести існування розбиття $A = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_m$ множини A на m множин, які не перетинаються

$$\max \left\{ \sum_{a \in A_i} l(a) : 1 \leq i \leq m \right\} \leq D.$$

При розгляді задач, для яких $m=2$ та $D=1/2 \sum_{a \in A} l(a)$, то задача зводиться до задачі розбиття.

Таким чином, задача розрахунку ГРП є NP -повною відносно числа конфліктів у розкладі [11,12,13], тобто неможливо побудувати такий алго-

ритм, час роботи якого зростає не швидше, ніж деякий поліном від розміру вихідних даних.

Висновок. Відповідно до вище наведених доказів задача розрахунку ГРП, навіть теоретично не може мати ефективних алгоритмів, які можуть знайти оптимальне рішення. Методом повного перебору варіантів цю задачу вирішити також неможливо, тому що для цього потрібен колосальний об'єм обчислювальних ресурсів. Отже, немає сенсу витрачати зусилля на пошуки таких алгоритмів, які б могли вирішити цю задачу точно, а потрібно розглянути можливості створення такого алгоритму, за допомогою якого можливо було б знаходити ГРП, близький до оптимального, протягом прийняттого часового інтервалу і який можливо було реалізувати у вигляді комп'ютерної програми. Оскільки точне рішення задачі для реального залізничного полігону неможливе, потрібно розглянути можливість застосування евристичних алгоритмів. Евристичні алгоритми – це алгоритми вирішення задач, які не гарантують знайдення оптимального рішення, але можуть мати достатній рівень потужності з точки зору збіжності і якості отриманих рішень.

Література

1. Cook, S.A.: The complexity of theorem-proving procedures[Text]/ Cook S.A.: // Proc. 3rd. Annual ACM Symp. Theory of Computing.– New York, 1971.– pp. 151–158.
2. Karp, R.M.: Reducibility among combinatorial problems[Text]/ R.M Karp// In: Miller, R.E., Thather, J.W. (eds.): Complexity of Computer Computations, Plenum press, New York, 1972.– pp. 85–103.
3. Гери, М.Р. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи/[Текст]/ Гери М.Р., Джонсон Д.С.. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
4. Luh, P.B., Chen, D., Thakur, L.S., 1999. An effective approach for job-shop scheduling with uncertain processing requirements[Text]/. IEEE Transactions on Robotics and Automation 15 (2), 328–339.
5. Dinh Nguyen PHAM Complex Job Shop Scheduling: Formulations, Algorithms and a Healthcare Application/ Dinh Nguyen PHAM [Text]/ Thesis presented to the Faculty of Economics and Social Sciences at the University of Fribourg (Switzerland). – 2008. – 162 p.
6. D'Ariano, D. Pacciarelli, and M. Pranzo, A branch and bound algorithm for scheduling trains in a railway network[Text]/ European Journal of Operational Research doi:10.1016/j.ejor.2006. 10.034(2006).
7. Cho Y., Sahni S.Preemptive scheduling of independent jobs with release and due times on open, flow and job shops[Text] // Oper. Res. - 1981. - Vol. 29. - P. 511–522.
8. Du J., Leung J. Y.-T. Minimizing mean flow time in two-machine open shops and flow shops[Text] // J. Algorithms. - 1993. - Vol. 14. - P. 341–364.
9. Gonzalez T., Sahni S. Open shop scheduling to minimize finish time [Text]/ J. ACM. - 1976. - Vol. 23. - P. 665–679.
10. Gonzalez T., Sahni S. Flowshop and jobshop schedules: complexity and approximation[Text]/ Oper. Res. - 1978. - Vol. 26, N 1. - P. 36–52.
11. Рейнгольд, Нивергельт Ю., Део Н. (1980). Комбинаторные Алгоритмы (рос.). Москва: Мир. с. 442—443.

References

1. Cook, S.A.: The complexity of theorem-proving procedures[Text]/ Cook S.A.: // Proc. 3rd. Annual ACM Symp. Theory of Computing.– New York, 1971.– pp. 151–158.
2. Karp, R.M.: Reducibility among combinatorial problems[Text]/ R.M Karp// In: Miller, R.E., Thather, J.W. (eds.): Complexity of Computer Computations, Plenum press, New York, 1972.– pp. 85–103.
3. Geri, M.R. Vyichislitelnyie mashiny i trudnoreshaemye zadachi/[Tekst]/ Geri M.R., Dzhonson D.S.. – M.: Mir, 1982. – 416 s.
4. Luh, P.B., Chen, D., Thakur, L.S., 1999. An effective approach for job-shop scheduling with uncertain processing requirements[Text]/. IEEE Transactions on Robotics and Automation 15 (2), 328–339.
5. Dinh Nguyen PHAM Complex Job Shop Scheduling: Formulations, Algorithms and a Healthcare Application/ Dinh Nguyen PHAM [Text]/ Thesis presented to the Faculty of Economics and Social Sciences at the University of Fribourg (Switzerland). – 2008. – 162 p.
6. D'Ariano, D. Pacciarelli, and M. Pranzo, A branch and bound algorithm for scheduling trains in a railway network[Text]/ European Journal of Operational Research doi:10.1016/j.ejor.2006. 10.034(2006).
7. Cho Y., Sahni S.Preemptive scheduling of independent jobs with release and due times on open, flow and job shops[Text] // Oper. Res. - 1981. - Vol. 29. - P. 511–522.
8. Du J., Leung J. Y.-T. Minimizing mean flow time in two-machine open shops and flow shops[Text] // J. Algorithms. - 1993. - Vol. 14. - P. 341–364.
9. Gonzalez T., Sahni S. Open shop scheduling to minimize finish time [Text]/ J. ACM. - 1976. - Vol. 23. - P. 665–679.
10. Gonzalez T., Sahni S. Flowshop and jobshop schedules: complexity and approximation[Text]/ Oper. Res. - 1978. - Vol. 26, N 1. - P. 36–52.
11. Reyngold, Nivergelt Yu., Deo N. (1980). Kombinatornyie Algoritmyi (ros.). Moskva: Mir. s. 442–443.

Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Прохорченко Г.О.
Оценка вычислительной сложности задачи автоматизации расчета графика движения поездов.

В статье исследована теоретическая вычислительная сложность алгоритма решения задачи расчета графика движения поездов. Рассмотрена сложность задачи построения графика движения поездов для одно- и двухпутного участка. Оценка данной задачи может быть проведена в рамках теории вычислительной сложности. Задача расчета графика движения поездов может быть рассмотрена как задача потокового календарного планирования, доказана принадлежность данной задачи к клас-

су NP – полных относительно числа конфликтов в расписании, т.е. невозможно построить алгоритм решения задачи, время работы которого растет не быстрее, чем некоторое полином от размера исходных данных. Полученные результаты подтверждают необходимость создания алгоритма для расчета ГДП, с помощью которого можно было бы находить график движения поездов, близкий к оптимальному, в течение приемлемого временного интервала и который можно было реализовать в виде компьютерной программы.

Ключевые слова: график движения поездов, вычислительная сложность, NP-полная задача, алгоритм.

Butko T., Prokhorchenko A., Prokhorchenko G.
Evaluation of computational complexity of the problem automating calculations train schedule.

The paper studies the theoretical computational complexity of the algorithm for solving the problem of calculating the train schedule. We consider the complexity of the task of building the train schedule for single-and double-track section. Evaluation of the task can be performed within the computational complexity theory. The task of calculating the train schedule can be viewed as a problem of scheduling streaming, this task proved to belong to the class NP - complete with respect to the number of conflicts in the schedule, that it is impossible to construct an algorithm for solving the problem, the work which has been growing faster than a polynomial in the size of the original data. These results confirm the need to create an algorithm for the calculation of the train schedule, with the help of which we could find the schedule of trains, close to optimal, within a reasonable time frame and which can be implemented as a computer program and the possibility of using heuristic algorithms.

Keywords: train schedule, NP-Indent problem, the algorithm.

Бутько Тетяна Василівна – доктор технічних наук, професор, завідувача кафедрою «Управління експлуатаційною роботою» Української державної академії залізничного транспорту, uermp@ukr.net

Прохорченко Андрій Володимирович – доцент кафедри Управління експлуатаційною роботою» Української державної академії залізничного транспорту, galand29@yandex.ru

Прохорченко Галина Олегівна – асистент кафедри Управління експлуатаційною роботою» Української державної академії залізничного транспорту, galaproh@meta.ua

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 24.02.2013

УДК 629.4.067:656.2.078

МЕТОДОЛОГИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Горбунов Н.И., Ковтанец М.В., Дёмин Р.Ю.

METHODOLOGY OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE RAILWAY TRANSPORT

Gorbunov N., Kovtanets M., Demin R.

В статье рассмотрены стратегические принципы развития мировой железнодорожной системы на перспективу до 2050 года, намечены на 83-й генеральной ассамблее Международного союза железных дорог. С целью определения приоритетных направлений научных исследований, разработка которых будет содействовать эффективному развитию железнодорожного транспорта, утвержден перечень из 5-и кластеров, в которые вошли 20 приоритетных направлений для исследований. Представлены универсальные, перспективные методы повышения и стабилизации коэффициента сцепления с целью совершенствования взаимодействия системы «колесо-рельс».

Ключевые слова: стратегические принципы, экспертное оценивание, колесо-рельс, коэффициент сцепления, струйно-абразивное воздействие.

Постановка проблемы. Железнодорожный транспорт преодолевает различные расстояния между местами производства и потребления товаров, местами проживания, работы и отдыха людей. При росте его скорости эти расстояния преодолеваются за меньшее время, создавая уплотнение пространства для человека.

Увеличение темпов экономического роста и скоростей движения транспортных средств – не простое совпадение. Развивающаяся экономика требует ускорения доставки товаров и пассажиров, а рост скоростей – создает новые возможности для экономической специализации и кооперации, повышения подвижности населения, делает более доступными новые производственные ресурсы и расширяет зоны сбыта товаров [1].

Таким образом, увеличение скорости движения – это важный фактор и эффективный инструмент ускорения роста экономики, поэтому необходима целенаправленная государственная политика по созданию условий для повышения скоростей железнодорожного транспорта и система реализации инновационных решений.

Анализ последних исследований и публикаций. На основании того, что рост скорости является

одним из главных векторов развития железнодорожного транспорта в нынешней, третьей фазе его эволюции – фазе инновационного «ренессанса» [2], именно сейчас необходимы принципиально новые инновационные разработки не только в области техники и технологии, обеспечивающие повышение скоростей и безопасность движения, но и в области экономики железнодорожного транспорта.

Учитывая вышеизложенное, можно сказать, что железнодорожная наука должна быть более сфокусированной на обеспечении устойчивого развития железнодорожного транспорта и повышении его конкурентоспособности. При этом приоритетными направлениями исследований можно считать повышение тягово-сцепных и динамических качеств подвижного состава, его износостойкости, безопасности движения и др.

Цель. Целью данной работы является анализ приоритетных направлений исследований, а также, представление перспективных методов повышения сцепления колес локомотива с рельсами, которые направлены на совершенствование взаимодействия системы «колесо-рельс».

Результаты исследований. На 83-й генеральной ассамблее Международного союза железных дорог (МСЖД) намечены стратегические принципы развития мировой железнодорожной системы на перспективу до 2050 года (рис. 1).

Отталкиваясь от намеченных принципов, проведено совместное исследование научных организаций-участников (рис. 2) с целью определения приоритетных направлений научных исследований, разработка которых будет содействовать эффективному развитию железнодорожного транспорта.

Вследствие многообразия направлений научных исследований членами МСЖД утвержден перечень из 5-и кластеров, в которые вошли 20 приоритетных направлений для исследований (рис. 3) [3].



Рис. 1. Стратегические принципы развития мировой железнодорожной системы до 2050 г.



Рис. 2. Научные организации-участники исследования

Інфраструктура	Взаємодія в системі колесо-рельс
	Розробка нових матеріалів і технологій для інфраструктури
	Технології для моніторингу шляху рухомих складів і сумісність (предотвращение схода с рельс и т.д.)
	Управління активами (ефективність, збільшений термін служби, зменшення вартості будівництва і її обслуговування)
Подвижной состав	Нові матеріали і виробничі процеси для рухомих складів
	Надійшли будівництво рухомих складів
	Будівництво рухомих складів високої продуктивності
	Внутрішнє обладнання поїздів
Система как целое	Інтегровані системи для пасажирських і вантажних перевезень
	Збільшення пропускної спроможності
	Враження клієнта
	Залізничні системи майбутнього
	Безпека руху і особиста безпека пасажирів
Энергия и окружающая среда	Взаємодія між залізничними енергетичними системами і інтелектуальними енергосистемами
	Оптимізація енергопотреблення в залізничних системах
	Зменшення шкідливих викидів від дизельного рухомих складів
	Шум і вібрація
Интеллектуальные системы	ERTMS рівень 2/3 (GSM); Економічна рентабельність для вантажного транспорту
	Інтелектуальні автоматизовані системи управління рухом
	Управління інформацією (бази даних, доступність клієнтам і т.д.)

Рис. 3. Приоритетные направления исследований

Воспользовавшись методом експертного оцінювання, в роботі [3] проведена обробка отроку анкет опроса отраслевых научных работников из стран-участников исследования (рис. 2), которые представляют индивидуальный исследовательский опыт наряду с опытом решения конкретных задач железнодорожной отрасли в своих государствах.

Для определения востребованных направлений исследований экспертам требовалось:

- попарно сравнить каждое направление со всеми остальными, с точки зрения приоритетности выставив 1 балл более приоритетному и 0 баллов менее приоритетному направлению исследований (если оба имеют одинаковый приоритет – выставилось по 0,5 балла).

- по методу ранговой корреляции расставить баллы всем направлениям от 100 для самого приоритетного – до 5 для наименее приоритетного, по мнению эксперта;

- присвоить направлениям соответствующие места от 1-го до 20-го.

Анализ результатов экспертного опроса (табл. 1) показал, что самыми востребованными оказались направления:

1. Устойчивая конструкция подвижного состава (кластер «Подвижной состав»).

2. Безопасность движения и личная безопасность пассажиров (кластер «Система как единое целое»).

3. Технологии для мониторинга пути подвижного состава и совместимость (кластер «Инфраструктура»).

4. Разработка новых материалов и технологий для инфраструктуры (кластер «Инфраструктура»).

5. Новые материалы и производственные процессы для подвижного состава (кластер «Подвижной состав»).

6. Взаимодействие в системе колесо-рельс (кластер «Инфраструктура»).

Таблица 1

Результаты экспертного опроса по направлениям исследований

№	Направление исследования	Среднее значение
1	Устойчивая конструкция подвижного состава	0,9853
2	Безопасность движения и личная безопасность пассажиров	0,9326
3	Технологии для мониторинга пути подвижного состава и совместимость (предотвращение схода с рельс и т.д.)	0,9215
4	Разработка новых материалов и технологий для инфраструктуры	0,9052
5	Новые материалы и производственные процессы для подвижного состава	0,8876
6	Взаимодействие в системе колесо-рельс	0,8727
7	Конструкция подвижного состава высокой производительности	0,8148
8	Управление активами (эффективность, увеличенный срок службы, уменьшение стоимости конструкции и ее обслуживания)	0,7874
9	Оптимизация энергопотребления в железнодорожных системах	0,7846
10	Интегрированные системы для пассажирских и грузовых перевозок	0,7617
11	Интеллектуальные автоматизированные системы управления движением	0,7194
12	Увеличение пропускной способности	0,7136
13	Железнодорожные системы будущего	0,6412
14	Управление информацией (базы данных, доступность клиентам и т.д.)	0,6074
15	Внутреннее оснащение поездов	0,6065
16	Шум и вибрация	0,5939
17	Сокращение вредных выбросов от дизельного подвижного состава	0,5847
18	ERTMS уровень 2/3 (GSM): Экономическая рентабельность для грузового транспорта	0,5687
19	Взаимодействие между железнодорожными энергетическими системами и интеллектуальными энергосистемами	0,5306
20	Впечатления клиента	0,4306

Анализируя первые 6 направлений исследований, можно выделить закономерность с наибольшей концентрацией и востребованностью направлений в рамках научных кластеров «Инфраструктура» и «Подвижной состав» (рис. 3, табл. 1).

Надежная и безопасная работа инфраструктуры и подвижного состава – основа эффективного функционирования железнодорожного транспортного комплекса. При этом возможности инфраструктуры должны соответствовать возможностям подвижного состава, поэтому именно новый подвижной состав является драйвером инновационного развития железнодорожного транспорта.

Полученные результаты лишь, в общем, способны охарактеризовать тенденцию востребованности научных исследований, так как каждое из направлений можно в свою очередь разделить на поднаправления для их уточнения.

Фрикционное взаимодействие в системе «колесо-рельс» является главным процессом определяющим достижение максимально возможных тягово-сцепных качеств локомотива, от которого зависят важнейшие технико-экономические показатели: весовая норма поездов, скорость движения, расход экипировочных материалов, износ контактирующих поверхностей, провозная способность участков железных дорог, надежное торможение, безопасность движения, расход топлива и электроэнергии на тягу поездов.

Опыт эксплуатации локомотивов и специально проведенные исследования [4, 5, 6] показывают, что реализуемые локомотивами коэффициенты сцепления могут изменяться от 0,06 до 0,45 и значительно отличаться от расчетных.

При анализе причин, приводящих к значительному разбросу величин коэффициента сцепления колес с рельсами, было установлено, что существенное влияние на них оказывает изменение фрикционных свойств поверхностей трения колес и рельсов, зависящих от множества различных внешних факторов.

По результатам анализа исследований отечественных и зарубежных ученых, определены основные факторы, особенно заметно влияющие на величину коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами (рис. 4).

Наличие загрязнений (третьего тела) на поверхности катания колес и рельсов, является основной причиной уменьшения и нестабильности величины их коэффициента сцепления, а, следовательно, тягово-сцепного и тормозного усилия всего локомотива. Несмотря на существование большого количества созданных методов и устройств повышения сцепления, ведется дальнейший поиск инновационных методов, которые бы обладали наибольшей эффективностью и универсальностью [7, 8, 9].

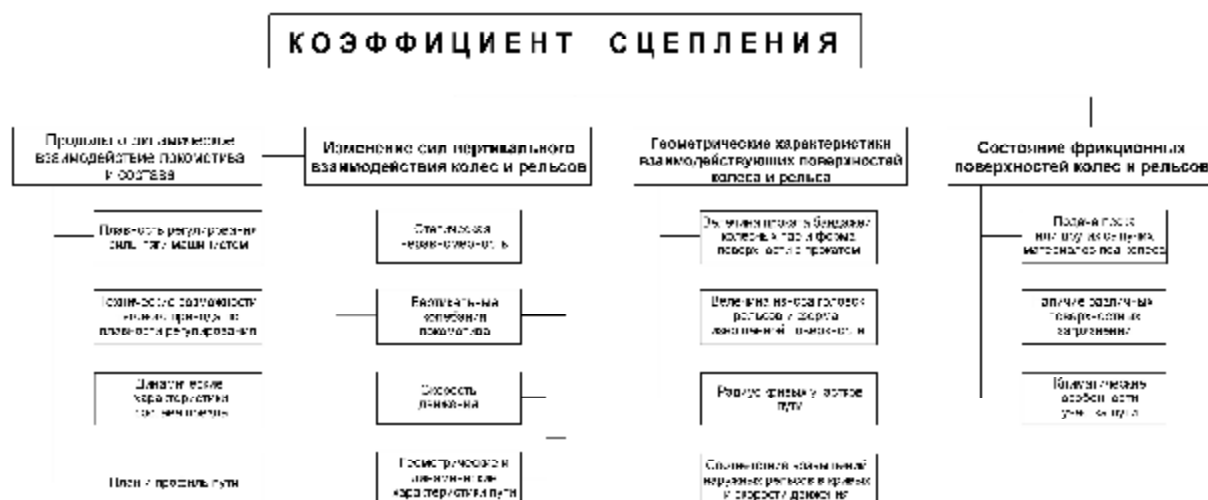


Рис. 4. Основные факторы, определяющие потенциальные силы сцепления колес локомотива с рельсами

Одним из перспективных способов повышения эффективности трибосистемы «колесо-рельс» является струйно-абразивное воздействие (САВ) на поверхности рельса (или колеса и рельса) [10, 11, 12]. При этом абразивный материал (песок) под действием сжатого воздуха направлено подается на поверхность рельса, оказывая воздействие на фрикционное состояние контакта колесо-рельс, которое заключается в:

- удалении поверхностных загрязнений (третьего тела);
- формировании шероховатости поверхности, которая в зависимости от режима воздействия может обеспечить значительное повышение коэффициента сцепления;
- непосредственной подаче песка в контакт колеса с рельсом.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования по определению эффективности данного способа повышения сцепления [8, 12], свидетельствуют:

Ø вне зависимости от исходного фрикционного состояния САВ обеспечивает величину коэффициента сцепления не хуже 0,25;

Ø использование САВ при всех исследованных фрикционных состояниях (поверхность рельса чистая и сухая, влажная, покрытая дизельным топливом, покрытая отработанным маслом М8) оказывается более эффективным, по сравнению с подачей песка;

Ø при реализации силы тяги, соответствующей коэффициенту сцепления 0,2 КПД фрикционной передачи «колесо-рельс» при САВ превышает 0,999, за счет уменьшения критического скольжения;

Ø применение предложенного способа позволяет уменьшить затраты абразивного материала в 2-2,5 раза, что на парк локомотивов составит приблизительно 48 тыс. грн.

Снижение энергопотребления, повышение эффективности и интенсификации процесса подачи песка в предложенном способе возможно за счет

применения импульсного воздействия. Рассматривая методы энергетического воздействия и формы организации технологического процесса при подаче песка или других абразивных материалов, необходимо отметить, что наименьшие энергетические затраты при реализации воздействия будут при пульсационной (импульсной) форме реализации технологического процесса.

Пульсационная форма подачи способствует оптимизации концентрации энергии в системе. Удельная энергия i -й фазы и всей системы определяется тремя составляющими: внутренней энергией U , кинетической энергией макродвижения E_k и кинетической энергией пульсационного движения E_n [13]:

$$E = U + E_k + E_n. \quad (1)$$

Для двухфазной системы:

$$rU = r_1U_1 + r_2U_2;$$

$$rE_n = r_1E_{n1} + r_2E_{n2}; \quad (2)$$

$$rE_k = \frac{m}{2} r_1V_1^2 + \frac{m}{2} r_2V_2^2.$$

Таким образом, анализируя данные уравнения можно сделать вывод, что общая удельная энергия для соответствующей фазы и для всей системы подачи песка больше для импульсного потока, чем для стационарного. Интенсивность процесса подачи песка во многом определяется энергетическим потенциалом системы подачи.

Подбор характеристик упругого крепления наконечника песочной системы с помощью кронштейна на крыле буксы, позволить создать частицам песка дополнительную энергию за счет частоты колебаний наконечника. Частота колебаний зависит от конструктивных параметров наконечника и способа его крепления, поэтому при конструировании и рас-

чете можно подобрать параметры таким образом, чтобы настроить наконечник на определенную частоту колебаний.

При возникновении колебательных процессов наконечника, амплитуда скорости частиц в нем резко возрастает. Этот факт можно использовать следующим образом: снизить давление в пневматической системе подачи песка так, чтобы скорость движения частиц на выходе из наконечника осталась прежней. Либо оставить без изменений и получить более эффективный двухфазный поток, обладающий значительной кинетической энергией.

Генерируемая в зоне трения тепловая энергия, выделяемая в процессе фрикционного взаимодействия колес локомотива с рельсами, становится чрезвычайно энергозатратной, так как она аккумулируется как в металле, так и в разделяющем их сложном дисперсном слое. При этом значительная часть этой энергии генерируется в металле и при достижении температур свыше 450°C существенно ухудшает механические свойства металла, что в дальнейшем приводит к интенсивному износу взаимодействующих поверхностей. Чтобы препятствовать данному процессу, необходим поиск способов регулирующих и ограничивающих выделение тепла в металле [14].

Авторами работы предложен способ (защищенный авторским правом) регулирования выделения тепла в зоне контакта колеса с рельсом применением эффекта Ранка-Хильша. Данный эффект заключается в разделении вращающегося турбулентного потока подающего воздуха на охлажденное ядро и горячие периферийные слои, что позволяет получить холодный поток с температурой от +20°C до -120°C и попутно горячий – с температурой от 40°C до 120°C. Таким образом, в зависимости от режима движения локомотива и погодных условий, можно подавать потоки в различные области контакта – «поверхность катания колеса – рельс», «гребень колеса – рельс».

Выводы. По результатам намеченных стратегических принципов развития мировой железнодорожной системы, анализа экспертного опроса специалистов исследовательских организаций в области железнодорожного транспорта, следует, что взаимодействие системы «колесо-рельс», является важным фактором для повышения скоростей движения железнодорожного транспорта и определения его конкурентоспособности.

Методология предложенных инновационных методов управления сцеплением может использоваться при высокоскоростном движении локомотивов. Данные методы отличаются новизной предложенных решений, представляют теоретическую и практическую ценность в направлении совершенствования взаимодействия системы «колесо-рельс», что будет стимулировать стратегическое развитие железнодорожного транспорта в целом.

Л и т е р а т у р а

1. Мачерет Д.А. Экономическое значение, тенденции и перспективы повышения скоростей движения на желе-

знодорожном транспорте / Д.А. Мачерет // Бюллетень ОУС ОАО «РЖД». №2, 2013. – С. 13-23.

2. Лapidус Б.М. Эволюция железнодорожного транспорта – на пути к инновационному ренессансу / Б.М. Лapidус, Д.А. Мачерет // Вестник ВНИИЖТ, 2011. № 1. – С. 3-14.
3. Лapidус Б.М. Приоритетные направления железнодорожных исследований в рамках глобальной экономики / Б.М. Лapidус // Бюллетень ОУС ОАО «РЖД». №5, 2013. – С. 1-10.
4. Мур. Д. Основы и применения трибоники. Пер. с англ. – М., Наука, 1976.
5. Казаринов В.М., Вуколов Л.А. Коэффициенты сцепления колесных пар с рельсами при торможении // Исследование автотормозной техники на железных дорогах СССР // Науч. тр. ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1961. Вып. 212. –С.5...28.
6. Лисицын А.Л., Потапов А.С. Выбор расчётного значения коэффициента сцепления локомотивов // Электрическая и тепловозная тяга, 1976. №4. – С. 42-44.
7. Ковтанец М.В. Применение экспертного оценивания для принятия технического решения [Электронный ресурс] / М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко, Н.Н. Горбунов, Г.А. Бойко, О.В. Просвирина // Наукові вісті Давіського університету : зб. наук. праць. – Луганськ, 2012. – № 7.
8. Костюкевич А.И., Горбунов Н.И., Ковтанец М.В. Экспериментальная проверка эффективности струйно-абразивного воздействия на рельсы для улучшения фрикционных свойств контакта «колесо-рельс» // Вісник СХУ ім. В. Даля № 18 (207) Ч. 1. Вид-во СХУ ім. В. Даля м. Луганськ, 2013 – С. 33-37.
9. Хлебников В.Н. Исследование способов увеличения коэффициента сцепления колес с рельсами / В.Н. Хлебников // Железнодорожный транспорт за рубежом. – М.: ЦНИИТЭИ МПС, 1976, №4(174). – С. 18-34.
10. Декларацийний патент на корисну модель № 48516, кл. В61С 15/00. Спосіб підвищення зчеплення в зоні контакту колеса з рейкою / Голубенко О.Л., Горбунов М.І., Кашура О.Л., Костюкевич О.І., Кравченко К.О.; Попов С.В., Ковтанець М.В., Крисанов М.А. – № u200908745, заявл. 20.08.2009 р.; опубл. 25.03.2010, бюл. № 6. – 6 с.
11. Декларацийний патент на корисну модель №77313, кл. В61С 15/10 Спосіб підвищення зчеплення в зоні контакту колеса з рейкою / Мокроусов С.Д. Горбунов М.М., Ковтанець М.В., Щербаків В.П., Могила В.І., Найш Н.М. – № u 201208878, заявл. 18.07.2012 р.; опубл. 11.02.2013, Бюл.№ 3, 2013 р. – 5 с.
12. Горбунов Н.И. Экспериментальное обоснование выбора эффективного метода повышения сцепления в системе «колесо-рельс» / Н.И. Горбунов, В.А. Слащев, М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко // Залізничний транспорт України. – 2012. – №3/4. – С. 48–51.
13. Головацкий В.А. Применение импульсного воздействия при помоле кофе и специй / В.А. Головацкий // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – № 2. С. 1–5.
14. Лужнов Ю.М. Сцепление колёс с рельсами (природа и закономерности) / Ю.М. Лужнов. – М.: Интекст, 2003. – 144 с.

R e f e r e n c e s

1. Macheret D.A. Jekonomicheskoe znachenie, tendencii i perspektivy povyshenija skorostej dvizhenija na zhelez-

- nodorozhnom transporte / D.A. Macheret // Bjulleten' OUS OAO «RZhD». №2, 2013. – S. 13-23.
2. Lapidus B.M. Jevolucija zheleznodorozhnogo transporta – na puti k innovacionnomu renessansu / B.M. Lapidus, D.A. Macheret // Vestnik VNIIZhT, 2011. № 1. – S. 3–14.
 3. Lapidus B.M. Prioritetnye napravlenija zheleznodorozhnyh issledovanij v ramkah global'noj jekonomiki / B.M. Lapidus // Bjulleten' OUS OAO «RZhD». №5, 2013. – S. 1-10.
 4. Mur. D. Osnovy i primenenija triboniki. Per. s angl. - M., Nauka, 1976.
 5. Kazarinov V.M., Vukolov L.A. Koeficienty sčepenija kolesnyh par s rel'sami pri tormozhenii // Issledovanie avtomoznoj tehniki na zheleznyh dorogah SSSR // Nauch. tr. VNIIZhT. M.: Transport, 1961. Vyp. 212. – S.5...28.
 6. Lisicyn A.L., Potapov A.S. Vybory raschjotnogo znachenija koeficienta sčepenija lokomotivov // Jeletricheskaja i teplovoznaja tjaga, 1976. №4.-S.42-44.
 7. Kovtanec M.V. Primenenie jeksperimental'noj ocenivaj-nija dlja prinjatija tehničeskogo reshenija [Elektronnij resurs] / M.V. Kovtanec, E.A. Kravchenko, N.N. Gorbunov, G.A. Bojko, O.V. Prosvirova // Nauch. visti Daliv'skogo universitetu : zb. nauk. prac'. – Lugans'k, 2012. – № 7.
 8. Kostjuevich A.I., Gorbunov N.I., Kovtanec M.V. Jeksperimental'naja proverka jeffektivnosti strujno-abrazivnogo vozdejstvia na rel'sy dlja uluchshenija frikcionnyh svojstv kontakta «koleso-rel's» // V isnik SNU im. V. Dalja № 18 (207) Ch. 1. Vid-vo SNU im. V. Dalja m. Lugans'k, 2013 – S. 33-37.
 9. Hlebnikov V.N. Issledovanie sposobov uveliče-nija koeficienta sčepenija koles s rel'sami / V.N. Hlebnikov // Zheleznodorozhnyj transport za rubezhom. – M.: CNITJel MPS, 1976, №4(174). – S. 18-34.
 10. Deklaracijnij patent na korisnu model' № 48516, kl. V61S 15/00. Sposib pidvišhennja zčepennja v zoni kontaktu kolesa z rejkoju / Golubenko O.L., Gorbunov M.I., Kashura O.L., Kostjuevich O.I., Kravchenko K.O.; Popov S.V., Kovtanec' M.V., Krisanov M.A. – № u200908745, zajavl. 20.08.2009 r.; opubl. 25.03.2010, bjul. № 6. – 6 s.
 11. Deklaracijnij patent na korisnu model' №77313, kl. B61C 15/10 Cposib pidvišhennja zčepennja v zoni kon-taktu kolesa z rejkoju / Mokrousov S.D. Gorbunov M.M., Kovtanec' M.V., Shherbakov V.P., Mogila V.I., Najsh N.M. – № u 201208878, zajavl. 18.07.2012 r.; opubl. 11.02.2013, Bjul. № 3, 2013 r. – 5 s.
 12. Gorbunov N.I. Jeksperimental'noe obosnovanie vybora jeffektivnogo metoda povyšennja sčepenija v sisteme «koleso-rel's» / N.I. Gorbunov, V.A. Slashhiov, M.V. Kovtanec, E.A. Kravchenko // Zaliznichnij transport Ukraini. – 2012. – №3/4. – S. 48–51.
 13. Golovackij V.A. Primenenie impul'snogo voz-dejstvia pri pomole kofe i specij / V.A. Golovackij // Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv. – 2011. – № 2. S. 1–5.

14. Luzhnov Ju.M. Sčepenie koljos s rel'sami (pri-roda i zakonomernosti) / Ju.M. Luzhnov. – M.: Intekst, 2003. – 144s.

Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Дьомін Р.Ю. Методологія інноваційного розвитку залізничного транспорту.

У статті розглянуті стратегічні принципи розвитку світової залізничної системи на перспективу до 2050 року, намічені на 83-й генеральній асамблеї Міжнародного союзу залізниць. З метою визначення пріоритетних напрямків наукових досліджень, розробка яких буде сприяти ефективному розвитку залізничного транспорту, затверджений перелік з 5-и кластерів, у які ввійшли 20 пріоритетних напрямків для досліджень. Представлено універсальні, перспективні методи підвищення і стабілізації коефіцієнта зчеплення з метою вдосконалення взаємодії системи «колесо-рейка».

Ключові слова: стратегічні принципи, експертне оцінювання, колесо-рейка, коефіцієнт зчеплення, струминно-абразивний вплив.

Gorbunov N., Kovtanets M., Demin R. Methodology of innovative development of the railway transport.

The article provides the review of strategic principles of the world's railway system development on prospect to 2050, that has been scheduled on the 83rd General Assembly of the International Union of Railways. In order to determine research priorities, the development of which will contribute to the effective development of railway transport, the list of the 5 clusters which included the 20 priority areas for research was approved. Friction cooperation in the system a "wheel-rail" is a main process qualificatory the achievement of maximally possible hauling-coupling qualities of locomotive major technical and economic indicators depend on that. Methodology of offer innovative methods of management can be used coupling for high-speed motion of locomotives. These methods differ in the novelty of offer solutions, present a theoretical and practical value in the direction of perfection of cooperation of the system "wheel-rail", that will stimulate strategic development of railway transport on the whole.

Keywords: strategic principles, expert evaluation, wheel-rail system, adhesion coefficient, jet-abrasive impact.

Горбунов М.І. – д.т.н., професор кафедри залізничного транспорту ШУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна.

Ковтанець М.В. – молодший науковий співробітник кафедри залізничного транспорту ШУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: maks_sv9@mail.ru.

Дьомін Р.Ю. – к.т.н., директор Державного Науково-Дослідного Центру Залізничного транспорту України.

Рецензент: Носко П.Л., д.т.н., проф.

Стаття подана 25.02.2014

УДК 628.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЖНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Акимов П.Н., Андрийчук Н.Д., Коваленко А.А.

COMPLEX HYDRAULIC SYSTEMS OF WATER SUPPLY SIMULATION

Akimov P., Andriychuk N., Kovalenko A.

В работе приведена математическая модель расчета статических характеристик сложной гидравлической системы, включающая уравнения неразрывности и энергии. Обоснован критерий оптимизации – приведенные затраты. Выполнен анализ методов оптимизации, разработаны алгоритм и программа расчета статических характеристик. Разработан алгоритм и программа на основе которой выполнена одно и многопараметрическая оптимизация сложной гидравлической системы. Показано, что использование оптимальных диаметров трубопроводов позволяет значительно сократить приведенные затраты.

Ключевые слова: математическая модель, сложная гидравлическая система, оптимизация, приведенные затраты.

Введение. Сокращение потребления топливно-энергетических ресурсов в промышленности сопряжено с широкомасштабной реализацией современных энергосберегающих технологий, созданием высокоэффективных энерготехнологических комплексов. Хотя этот вопрос далеко не нов, в последнее десятилетие добавились два фактора, которые придали особое значение экономии энергии на Украине и вынуждают расширять диапазон используемых для этой цели методов и средств. Рост цен на энергию побуждают более экономично использовать энергоресурсы с тем, чтобы уменьшить общие затраты. Более того, все предприятия, спроектированные и построенные во времена низких цен на энергоносители, в настоящее время, работают далеко не в оптимальном режиме с точки зрения потребления энергии. Улучшения в этом направлении достигаются путем модернизации систем водоснабжения.

Постановка проблемы. Процессы в системах водоснабжения характеризуются сравнительной сложностью. Вследствие этого для получения наибольшего эффекта при оптимизации действующих и вновь проектируемых систем необходимо, применяя в полной мере методы системного анализа. Среди всех факторов и мероприятий интенсификации сис-

тем водоснабжения особую роль играют эффекты, связанные с оптимальным выбором структуры и элементов системы.

Анализ последних исследований и публикаций. Трубопроводы являются важной частью систем водоснабжения. Естественно, от их параметров зависит экономичность всей системы, начиная от источника до наиболее отдаленных потребителей. Выбору диаметров трубопроводов, насосного оборудования посвящено ряд работ [1, 2, 4, 5]. Однако, в них недостаточно внимания уделено математическому моделированию статических характеристик сложных гидравлических систем, которыми являются системы водоснабжения.

Целью статьи является дальнейшее развитие методов моделирования и оптимизации геометрических параметров сложных гидравлических систем.

Результаты исследований. Обзор методов и алгоритмов их синтеза [6, 7] систем показал, что различают синтез: альтернативных вариантов систем, систем в стадии эскизного проекта проектируемой системы, схемы системы в связи с интенсификацией или ее реконструкцией. Одним из основных затруднений при поиске оптимальной системы для задач промышленного масштаба является комбинаторная проблема, т.е. огромное число возможных вариантов. Такое обилие альтернативных вариантов в свою очередь порождает многочисленные принципы и подходы к анализу и синтезу систем водоснабжения, среди которых можно выделить два направления [8, 9]. Первое направление основано на поиске оптимальной системы строгими алгоритмическими методами с решением сложных оптимизационных задач. Второе связано с использованием разных эвристических методов. Оба направления обладают рядом недостатков. Чистые эвристические методы (эвристики) часто дают противоречивые и неоднозначные результаты. Среди алгоритмических методов синтеза и анализа оптимальных систем можно выделить

две больших группы. Это интегральные методы и декомпозиционные методы.

Суть интегральных методов заключается в объединенном математическом описании отдельных подсистем. Они обычно очень громоздки, требуют большой объем информации, вследствие чего получение решения осложняется возможностью появления локальных оптимумов.

При декомпозиционном подходе каждый элемент системы рассчитывают отдельно, а расчет всей системы состоит из последовательного расчета ее элементов.

Существуют и различные комбинации рассмотренных методов. Чтобы избежать недостатков и трудностей, присущих описанным методам, и достичь желаемого результата при синтезе оптимальной структуры необходимо использовать методы, обладающие следующими специфическими свойствами: возможность нахождения альтернативных структур в районе оптимума, минимальный объем требуемой информации, возможность учета качественно различных требований к свойствам синтезируемой системы (многокритериальность), получение простых структур, возможность диалога между проектировщиком и вычислительной машиной, возможность незатрудненного внесения личного опыта проектировщика в алгоритм, применимость к решению больших промышленных задач.

Метод проектирования, обладающий указанными свойствами, интенсивно развивается последние два десятилетия. Известен он под названием «Пинч-анализ». Пинч-анализ представляет собой методологию для минимизации целевой функции различных процессов путём расчёта осуществимой *целевой функции* (или минимума) и её достижение путём оптимизации параметров системы и условий эксплуатации.

После синтеза структуры системы приступают к построению ее математической модели. Математическая модель представляет собой систему уравнений математического описания, отражающую сущность явлений, протекающих в объекте моделирования, которая с помощью определенного алгоритма позволяет прогнозировать поведение объекта при изменении входных и управляющих параметров.

Математическая модель расчета стационарных режимов работы гидравлической сети состоит из уравнений двух типов. Первый выражает закон сохранения массы жидкости (уравнение неразрывности) и записывается для каждого узла сети

$$\sum_{i=1}^m q_i = q_{out}.$$

Здесь q_i - расходы жидкости, входящие в узел и выходящие из него. Входящие расходы будем считать положительными, выходящие – отрицательными;

m - полное число расходов, связанных с узлом;

q_{out} - величина отбора воды в узле.

Уравнения второго типа определяют потери напора в трубопроводе. В рассматриваемой задаче каждый трубопровод является простым и для i -го потери напора

$$H_n = \frac{v_i^2}{2g} \left(l_i \frac{l_i}{d_i} + \Sigma V_i \right) + \Delta h.$$

Здесь H_n - разность напоров на входе и выходе трубопровода;

v_i - скорость жидкости в трубопроводе;

l_i - коэффициент гидравлического трения;

l_i - длина трубы;

d_i - диаметр трубы;

ΣV_i - сумма коэффициентов гидравлического сопротивления устройств, установленных в трубопроводе;

Δh - разность геометрических напоров на входе и выходе трубопровода.

Величина l в общем случае является функцией числа Рейнольдса и шероховатости стенок трубы Δ . В литературе имеется большое число эмпирических формул для определения l , которые с той или иной точностью позволяют определить ее численное значение.

С помощью построения математической модели мы можем рассчитать значения расходов, давлений. Она также позволяет рассчитывать геометрические размеры отдельных единиц оборудования. После этого можно рассчитать показатели различных элементов системы.

Выделяют несколько видов показателей эффективности: экономические, экологические, надежность и экологическая безопасность, простота контроля и управления, гибкость.

Некоторые показатели эффективности, например, экономические и экологические, можно точно рассчитать. Другие, например, сложность, гибкость – нельзя. В этом случае необходимо использовать экспертные оценки проектировщиков. Вычисляемые показатели можно определить с помощью математической модели. Отсюда следует насколько важно иметь такую модель системы, которая позволяет, не затрагивая сами процессы, определить, какое решение нужно принять, чтобы улучшить ее показатели.

Задача оптимизации системы водоснабжения – это задача внесения изменений в исходный проект для улучшения его экономических показателей.

При проектировании сложных гидравлических систем нужно иметь в виду, что с уменьшением диаметра трубопроводов снижается сметная стоимость, но возрастают эксплуатационные затраты, связанные с транспортировкой продукта по трубопроводам. При увеличении диаметра труб возрастает сметная стоимость, но снижается величина эксплуатационных затрат. Следовательно, приведенные за-

траты, выраженные как функция от диаметров трубопроводов, при определенном потокораспределении должны иметь экстремальную точку. Поэтому представляется целесообразным рассмотреть вопрос существования оптимального решения.

Приведенные затраты - показатель сравнительной экономической эффективности капитальных вложений, применяемый при выборе лучшего из вариантов решения технических и хозяйственных задач. При сравнении возможных вариантов решения какой-либо технической задачи, рационализаторских предложений, технических усовершенствований, различных способов повышения качества продукции лучшим при прочих равных условиях считается вариант, требующий минимума приведенных затрат.

Приведенные затраты - сумма текущих затрат, учитываемых в себестоимости продукции, и единовременных капитальных вложений, сопоставимость которых с текущими затратами достигается путем умножения их на нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

При осуществлении на предприятиях технических мероприятий приведенные затраты представляют собой расчетную величину, учитывающую минимально допустимый эффект от роста производительности труда (экономии труда) при увеличении фондовооруженности труда.

Величину приведенных затрат для гидравлической системы можно найти из выражения

$$W = (p + E) \sum_{i=1}^p (a + bD_i^\alpha) l_i + B_l Q (H_0 + H_c).$$

Здесь p - коэффициент отчислений на амортизацию, капитальный и текущий ремонт и обслуживание трубопроводов; E - нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений в транспортную сеть; p - количество конструктивных участков; a , b , и α - коэффициенты и показатель степени полинома, аппроксимирующего сметную стоимость трубопроводов; D_i - диаметр труб на конструктивном участке; l_i - длина конструктивного участка; B_l - коэффициент, величина которого для конкретных условий постоянна; Q - подача источника питания; H_0 - приведенный напор в диктующей точке относительно уровня жидкости в питающем резервуаре насосной станции; H_c - потери напора в транспортной сети

$$p = r_1 + r_2; \quad B_l [(p_1 + E_1) f + s_e] / 102h \cos j;$$

$$s_e = 1.03 (s N_f / N_y + F) t; \quad p_1 = r_1' + r_2',$$

где r_1 - коэффициент отчислений на текущий ремонт и обслуживание трубопроводов; r_2 - коэффициент отчислений на амортизацию и капитальный ремонт трубопроводов; E_1 - нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений в насосную станцию; f - сметная стоимость насосной станции,

отнесенная к единице установленной мощности; s_e - удельная эквивалентная стоимость электроэнергии; h - КПД источника питания; r_1' - коэффициент отчислений на текущий ремонт и обслуживание насосной станции; r_2' - коэффициент отчислений на амортизацию и капитальный ремонт насосной станции; s - стоимость фактически израсходованной электроэнергии; N_f - фактическая мощность, потребляемая работающими агрегатами; N_y - суммарная паспортная мощность установленных электродвигателей (установленная мощность); F - стоимость 1 кВт - А установленной мощности; t - время работы насосной станции в течение года.

Достаточным условием существования оптимальных диаметров трубопроводов, при которых приведенные затраты W будут минимальны, является наличие положительной второй производной по D в точке, где функция непрерывна, а первая производная равна нулю. В некоторых работах по технико-экономическому расчету систем рассматриваются условия минимизации функции W в зависимости от расходов на участках или от потерь напора в них. Представляется целесообразным проанализировать функцию приведенных затрат W при неизвестном потокораспределении, но заданной конфигурации, транспортной сети, в зависимости от диаметров трубопроводов.

Оптимальные размеры элементов гидравлических систем будем определять с учетом приведенных затрат. Величина их состоит из суммы сметной стоимости трубопроводов, приведенной к одному году из расчетного срока эксплуатации, годовых эксплуатационных затрат, связанных с транспортировкой жидкости по каналам гидравлической системы. Еще раз подчеркнем, что с уменьшением диаметра трубопровода уменьшается их стоимость, в то же время возрастают затраты на транспортировку жидкости (требуется больший напор насоса, чтобы обеспечить требуемую подачу), возрастают гидравлические потери в системе, затраты на электроэнергию. Таким образом, для каждой конкретной гидравлической системы существуют оптимальные значения диаметров трубопроводов, обеспечивающие минимальное значение приведенных затрат.

Анализ методов оптимизации [3, 8, 9] показал, что в данном случае наиболее целесообразно использовать метод Хука-Дживса, который обладает сравнительной простотой алгоритмизации и высокой точностью. Блок-схема вычислений показана на рис. 1.

Для тестирования предложенного метода расчета системы водоснабжения дачного участка выполнен расчет сети, схема которой представлена на рис. 2.

Схема состоит из 12 узлов и 18 связей (трубопроводов). Питание осуществляется от одного насоса 1. Стрелками с числами обозначены заданные величины расходов в узлах. Диаметры труб равны 100

мм. Для этой схемы экспериментально определены величины расходов.

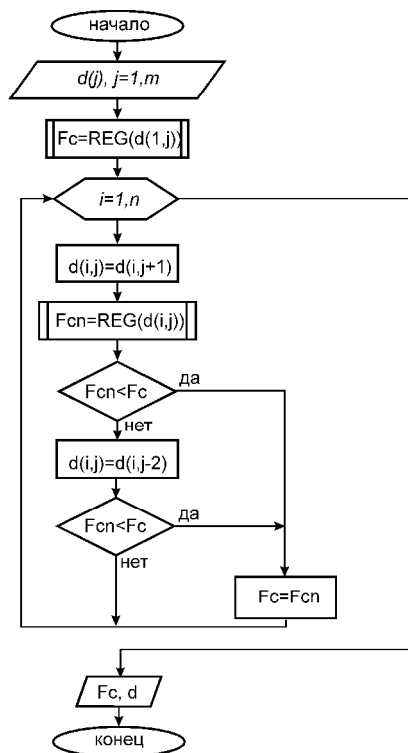


Рис. 1. Блок-схема вычислений

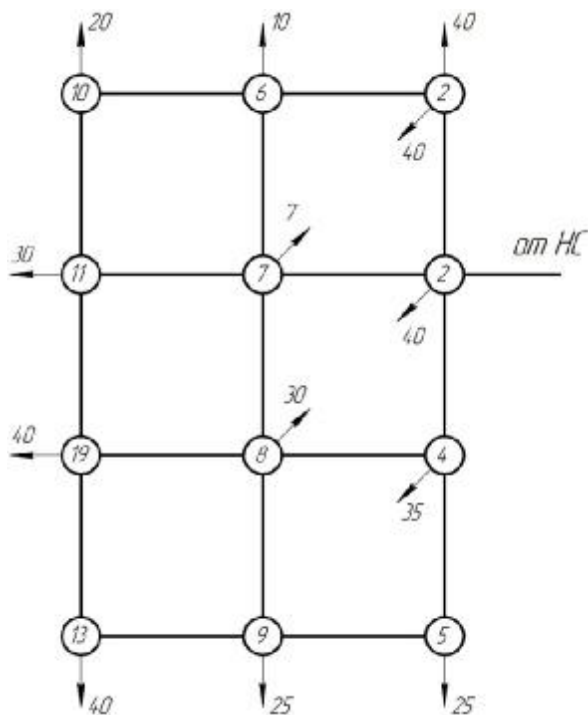


Рис.2. Расчетная схема водоснабжения

Сравнение результатов расчета и экспериментальных данных, приведенных в литературе для рассмотренной схемы, приведено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение опытных и расчетных данных

Опыт	Расчет	Подача
350	350	Q_1
41	40	Q_2
38	40	Q_3
36	35	Q_4
28	25	Q_5
11	10	Q_6
9,0	9,1	Q_7
32	30	Q_8
24	25	Q_9
19	20	Q_{10}
32	30	Q_{11}
39	40	Q_{12}
41	40	Q_{13}

Адекватность математической модели определялась по критерию Фишера. Табличное значение критерия при доверительной вероятности 0,95 равно 1,8, опытное – 0,3, что говорит об адекватности предложенной модели алгоритма и программы ее реализации.

Выполненные исследования позволяют рекомендовать для расчета характеристик сложных гидравлических систем предложенные алгоритм и программу их расчета, которые хорошо адаптированы к программам оптимизации геометрических параметров системы.

Выводы.

1. Выбран критерий и параметр оптимизации для гидравлических систем водоснабжения.
2. Выполнен анализ методов оптимизации, разработаны алгоритм и программа расчета статических характеристик сложных гидравлических систем.
3. Выполнена одно и многопараметрическая оптимизация сложной гидравлической системы, показано, что использование оптимальных диаметров трубопроводов позволяет значительно сократить приведенные расходы.

Литература

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-е перераб. и доп/ Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1974 – 480 с.
2. Абрамов Н.Н. Расчет водопроводных сетей. Изд. 4-е перераб. и доп/ Н.Н.Абрамов, М.М.Поспелова, М.А.Сомов и др. – М.: Стройиздат. – 1983 – 278 с.
3. Банди Б. Методы оптимизации/ Б.Банди. – М.: Радио и связь.- 1988 – 128 с.
4. Грачев И.Г. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных сетей/ И.Г.Грачев, В.М.Низивцев, С.Ю.Пирогов, Н.П.Савищенко под общ. ред. Юрьева А.С.- С.-Пб, АНО НПО «Мир и семья».-2001 – 1154 с.
5. Маслак В.Н., Зотов Н.И. Трубопроводы водоснабжения/ Под общ.ред. Н.И. Зова. – Донецк: «Вебер», 2007. – 462 с.
6. Онішук Г.І., Сліпченко В.О. Основи раціонального використання води у житлово-комунальному господарстві/ Г.І. Онішук, В.О.Сліпченко. – Державний інститут ЖКГ, Київ, 1999. – 53 с.
7. Пилавов М.В. Сложные гидравлические системы: моделирование, оптимизация/ Пилавоа М.В., Коваленко

А.А., Калюжный Г.С., Андрийчук Н.Д.- Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2011. – 112 с..

8. Численные методы условий оптимизации. Пер. с англ./Под. ред. Ф. Гилла и У. Мюррея/ - М.: Мир.- 1977 - 290 с.
9. Gill P. E. Murray W., Wright M. H., Practical Optimization, Academic Press, N. Y., 1981, p. 57.

References

1. Abramov N.N. Vodosnabzhenie. Uchebnik dlja vuzov. Izd. 2-e pererab. i dop/ N.N. Abramov. – М.: Strojizdat, 1974 – 480 s.
2. Abramov N.N. Raschet vodoprovodnyh setej. Izd. 4-e pererab. i dop/ N.N.Abramov, M.M.Pospelova, M.A.Somov i dr. – М.: Strojizdat. – 1983 – 278 s.
3. Bandi B. Metody optimizacii/ B.Bandi. – М.: Radio i svjaz'.- 1988 – 128 s.
4. Grachev I.G. Spravochnik po raschetam gidravlicheskih i ventiljacionnyh setej/ I.G.Grachev, V.M.Nizivcev, S.Ju.Pirogov, N.P.Savishhenko pod obshh. red. Jur'eva A.S.- S.-Pb, ANO NPO «Mir i sem'ja».-2001 – 1154 s.
5. Maslak V.N., Zotov N.I. Truboprovody vodosnabzhenija/ Pod obshh.red. N.I. Zova. – Do-neck: «Veber», 2007. – 462 s.
6. Onishhuk G.I., Slipchenko V.O. Osnovi racional'noo vikoristannja vodi u zhitlovo-komunal'nomu gospodarstvi/ G.I. Onishhuk, V.O.Slipchenko. – Derzhavnij institut ZhKG, Kiiv, 1999. – 53 s.
7. Pilavov M.V. Slozhnye gidravlicheskie sistemy: modelirovanie, optimizacija/ Pilavov M.V., Kovalenok A.A., Kaljuzhnyj G.S., Andrijchuk N.D.- Lugansk: izd-vo VNU im. V. Dalja, 2011. – 112 s..
8. Chislennye metody uslovij optimizacii. Per. s angl./Pod. red. F. Gilla i U. Mjurreja/ - М.: Mir.- 1977 - 290 s.
9. Gill P. E. Murray W., Wright M. H., Practical Optimization, Academic Press, N. Y., 1981, p. 57.

Акімов П. М., Андрійчук М.Д., Коваленко А.О.
Моделювання характеристик складних гідравлічних систем водопостачання.

В роботі наведена математична модель розрахунку статичних характеристик складної гідравлічної системи, яка включає в себе рівняння нерозривності та енергії. Обґрунтовано критерій оптимізації, яким вибрано зведені витрати. Виконано аналіз методів оптимізації, розробле-

ні алгоритм і програма розрахунку статичних характеристик. Також розроблено алгоритм та програму, на основі якій виконана одно і багато параметрична оптимізація складної гідравлічної системи. Показано, що використання оптимальних діаметрів трубопроводів дозволяє значно скоротити наведені витрати.

Ключові слова: математична модель, складна гідравлічна система, оптимізація, зведені витрати.

Akimov P., Andriychuk N., Kovalenko A. Complex hydraulic systems of water supply simulation.

The purpose of presented paper is mathematical simulation methods development and geometrical parameters of a complex hydraulic systems optimization. The mathematical model of the static characteristics of a complex hydraulic system calculation is presented in the paper, including the continuity equation and energy equation. The mathematical model adequacy was defined with the help of Fisher's criterion and it proved the possibility of model's application. The optimization criterion for complex water supply systems is validated (the reduced costs). The analysis of optimization methods showed that Hooke-Jeeves method is the most expedient in this case, as it is comparatively algorithmically simple and also has high accuracy. And as the result, the algorithm and the calculation program of static characteristics is developed. Single and multi-parameter optimization of complex hydraulic system showed that using the optimal pipeline diameters significantly reduces the reduced costs.

Keywords: mathematical model, complex hydraulic system, optimization, reduced costs.

Акімов П. М. – аспірант кафедри «Гідрогазодинаміка» СНУ ім. В. Даля, e-mail: ggd@snu.edu.ua.

Андрійчук М.Д. – д.т.н., проф. кафедри «Вентиляція, теплогазо- та водопостачання», ЛДІЖКГІБ, e-mail: ggd@snu.edu.ua.

Коваленко А.О. – к.т.н., проф. кафедри «Гідрогазодинаміка» СНУ ім. В. Даля, e-mail: azazello102@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 3.02.2014

УДК 629.481

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ МОДЕРНІЗОВАНИХ
МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЧМЕЗ

Білецький Ю.В.

STUDY SYSTEMS OF MAINTENANCE AND REPAIR MODERNIZED SHUNTING
LOCOMOTIVES SERIES CMEЗ

Biletsky Y.

У статті розглянуто основні положення про системи технічного обслуговування та поточні ремонти локомотивів. Для існуючих систем, що використовуються різними країнами світу для обслуговування власного парку тягового рухомого складу було визначено особливості застосування, а також недоліки та переваги. Розроблена математична модель визначення періодичності проведення технічних обслуговувань та поточних ремонтів модернізованим тепловозам типу ЧМЕЗ на залізницях України для виконання умов: підтримання високого рівня надійності технічних засобів та низької вартості проведення робіт.

Ключові слова: модернізований тепловоз ЧМЕЗ, технічне обслуговування, поточний ремонт, моделювання, надійність.

Вступ. Постійна підтримка локомотивів у справному стані забезпечується з одного боку догляд за ними локомотивними бригадами, а з іншого - ефективною системою технічного обслуговування і ремонту (ТОР). Проблема планування постановки локомотивів на ремонт з урахуванням зміни їхнього технічного стану тісно зв'язана, в історичному плані, з розвитком самої системи технічного обслуговування і ремонту.

Сучасний рівень проблем у сфері технічної експлуатації рухомого складу розглядає в першу чергу мінімізацію сумарних приведених витрат, включаючи витрати на виготовлення, тобто на придбання локомотивів, і витрати на їх технічну експлуатацію та утримання.

Постановка проблеми. Сучасна система ТОР повинна містити три основні складові, які об'єднані відкритою комп'ютерною мережею:

- інформаційно-керуюча система для оцінки поведінки тягового рухомого складу (ТРС) в експлуатації на основі бази даних про несправності і виконані ремонтні роботи;

- модель безперервного прогнозування технічного стану ТРС для своєчасного виявлення можливих несправностей;
- дискретна експертна система комплексної технічної діагностики ТРС.

Співвідношення типу та покоління системи експлуатації, технічного обслуговування та ремонту до покоління ТРС наведені в табл. 1.

Таблиця 1
Співвідношення типу та покоління системи ТОР до покоління ТРС

Тип ЕТОР	Покоління ТРС	Серії ТРС
1. Ремонт по відмові	I	ЩЛ, ТЭ-3
2. Планово-попереджувальний ремонт (по регламенту)	II, III, IV	2ТЭ10, М62, ТЭМ7, 2ТЭ116, ТЭП 70, ТЕП 150
3. Ремонт по фактичному технічному стану	II,III	2ТЭ10, М62, ТЭМ7, 2ТЭ116,
3а. Комбіновані системи	III, IV	ТЭМ7, 2ТЭ116, ТЭП 70, ТЕП 150
4. Системи підтримки ТО та ПР	III, IV	ТЭМ7, 2ТЭ116, ТЭП 70, ТЕП 150

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Планово-попереджувальна система ремонту локомотивів вперше була впроваджена на залізницях СРСР у 1937 р. Після майже десяти років експлуатації паровозів був уведений новий ремонтний цикл. Це був перший крок з удосконалення системи утримання

локомотивів. Вперше в наказі міжремонтні пробіги були диференційовані в залежності від серії локомотива, з урахуванням надійності і моторесурсу його вузлів і агрегатів. Таким чином, планування міжремонтних пробігів стало здійснюватися не тільки з урахуванням експлуатаційної надійності, але і з урахуванням характеру їхньої роботи, а також якості виконаного заводського ремонту [1, 2].

Діюча в США система обслуговування та ремонту є досить гнучкою, що дозволяє варіювати терміни регламентних видів ТОР.

Разом з цим проводиться модернізація рухомого складу, яка зумовлена нестачею коштів на залізницях США. При цьому стрімко розвивається сектор промисловості, що веде поставку заводом, які виготовляють рухомий склад, і ремонтним підприємствам нових агрегатів, вузлів та деталей. Це дозволяє перетворювати старий рухомий склад по суті в новий при вартості в 2-3 рази меншій.

Система обслуговування та ремонту на залізницях Великобританії базується на аналізі показників експлуатації. На думку фахівців британських залізниць, із двох параметрів контролю стану локомотива – «кількість годин роботи силової установки» і «пробіг локомотива» найбільш чутливими, що дозволяє врахувати і підвищити час корисної роботи, є перший параметр. На основі цього періодичність технічних обслуговувань і ремонтів, виконуваних у депо, залежить від тривалості роботи силової установки. Терміни постановки в ремонт локомотивів не однакові – вони залежать від типів локомотивів, характеру їхньої роботи і надійності окремих деталей і вузлів.

Розвиток системи технічного обслуговування рухомого складу на залізницях Німеччини зводиться до впровадження в практику роботи локомотивних і вагонних депо комплексних систем технічного діагностування на базі ЕОМ. З їхньою допомогою оперативно одержують інформацію про технічний стан рухомого складу, реєструють відхилення характеристик і параметрів від номінальних значень, що дозволяє оперативно планувати обсяги ремонтних робіт при збереженні діючої системи циклічних планово-попереджувальних ремонтів. Можливості сучасних ЕОМ дозволяють накопичувати інформацію про технічний стан і, відповідно, вирішувати задачі прогнозування ресурсу устаткування. При цьому одночасно вирішується питання про необхідність заміни граничних за зносом вузлів. Така система обслуговування повинна поєднуватися з модульним принципом виконання електричного устаткування, що дозволяє, при необхідності, оперативно замінити несправні чи граничні за використанням ресурсу модулі.

З точки зору прогресивних технічних рішень інтерес викликають розробки по системах обслуговування та ремонту рухомого складу, які існують в країнах Західної Європи, США і Канади, а саме: система обслуговування та ремонту за відмовою – в цьому випадку РС експлуатується до виходу його з ладу.

Дослідження британських вчених показали, що система планово-попереджувального ремонту ефективна лише тоді, коли встановлено, що інтенсивність відмов з часом збільшується.

Мета статті. На основі огляду та оцінки різних систем ТОР локомотивів розробити систему проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів для модернізованих локомотивів типу ЧМЕЗ.

Результати досліджень. Вибір оптимальної системи ТОР для конкретної серії ТРС виконується за методикою, яка полягає в наступному. Спочатку виконується аналіз та розрахунки необхідних показників, які характеризують: технічні характеристики ТРС, ремонтну базу, системи експлуатації. Потім виконується вибір типу системи ЕТОР та її оптимізація.

Рациональний ремонтний цикл вибирається із множини варіантів з використанням поетапного структурного аналізу конструкції ТРС та визначення для окремих деталей та груп деталей ефективних напрацювань між ремонтами.

Враховуючи обмеження, які характеризують регіон експлуатації та обсяги робіт розраховуються характеристики системи ЕТОР.

Під час експлуатації РС система ЕТОР корегується з урахуванням експлуатаційних показників та діагностичних даних, які накопичуються, обробляються за відомими методиками [1].

У результаті вдосконалювання системи ремонту й технічного огляду тягового рухомого складу на основі регламентованого застосування засобів технічної діагностики планується отримати економічний ефект за рахунок: підвищення рівня безпеки руху, скорочення енерговитрат на тягу локомотивів, зменшення впливу динамічних навантажень на колійні пристрої й поліпшення екологічних параметрів; продовження строку служби; зниження витрат всіх видів ресурсів на ремонт і технічне обслуговування. Для визначення раціональної системи обслуговування та ремонту з урахуванням типу ТРС, способу виконання та виконавця була розроблена наступна модель

$$f(B) = \min\{B_n\}$$

$$B_{TOP} = \sum_{t=1}^{K_4} \sum_{m=1}^{K_3} \sum_{i=1}^{K_1} K_{nmt} \cdot k_i \cdot B_{nt} \cdot x_{nimt} \rightarrow \min$$

та введемо обмеження на вихідний масив

$$C_{жц} < k_i \cdot U_i;$$

$$x_{nimt} = \{0,1\}, k_i \geq 1, k_i - \text{ціле число.}$$

x_{imtn} та C_{nimt} визначалися наступним чином:

$$x_{nimt} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } k_{nmt} = 1 \\ 0, & \text{якщо } k_{nmt} = 0 \end{cases},$$

$$B_{nimt} = \begin{cases} B_{imt}, & \text{якщо } B_{imt} < U_i \\ U_i, & \text{якщо } B_{imt} > U_i \end{cases}$$

де x_{nmt} – вузол, якому виконується ТО чи ПР на m – м виконавцем на t виді обслуговування чи ремонту при n типі системи;

C_i – ціна вузла маневрового тепловозу, грн.,

;

k_{nmt} – кількість t типу обслуговування чи ремонтів при n – му типі ТОР і m – м виконавцем.

Виходячи з загальної цільової функції була розроблена модель визначення виконавця для виконання відповідного виду обслуговування та ремонту:

$$B_{nt} = \sum_{m=1}^{K_1} \sum_{i=1}^{K_2} k_i \cdot B_{im} \cdot x_{im} \rightarrow \min ,$$

де B_{im} – вартість обслуговування або ремонту i – го вузла, m – м виконавцем на t виді обслуговування чи ремонту при n типі системи;

$$B_{tnim} = \begin{cases} B_{im}, & \text{якщо } B_{im} \leq C_i \\ C_i, & \text{якщо } B_{im} \geq C_i \end{cases};$$

x_{im} – вузол, якому виконується ТО чи ПР m – м виконавцем.

$$x_{im} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{nm} = 1; \\ 0, & \text{якщо } K_{nm} = 0. \end{cases}$$

$$x_{im} = \{0,1\}, K_i \geq 1, K_i - \text{ціле число}.$$

Враховуючи, що тяговий рухомий склад є складною, великогабаритною і дорогою продукцією, що не дозволяє у короткий термін надати у експлуатацію необхідної кількості зразків для відповідності плану випробувань на надійність (7 ... 10 зразків), тому для забезпечення об'єктивності оцінювання показників надійності на етапі проектування нової продукції необхідно залучити додаткову статистичну інформацію про роботу аналогічних елементів ТРС у складі інших подібних йому виробів [3].

Задача об'єднання експериментальної інформації, що отримана у результаті випробувань або експлуатації і додаткової, що отримана з різних джерел інформації регламентується.

Як джерела додаткової інформації варто використати результати:

- аналізу надійності при проектуванні;
- попередніх випробувань виробів;
- попередніх випробувань складових частин виробів;
- випробувань виробів-аналогів;
- випробувань виробів, що мають аналогічні складові частини;
- попередніх експлуатаційних спостережень за виробами;

- експлуатаційних спостережень за складовими частинами виробів;
- попередніх експлуатаційних спостережень за виробами-аналогами;
- попередніх експлуатаційних спостережень за виробами, що мають аналогічні складові частини.

Серед загальних методів вивчення взаємозв'язку об'єктів і систем істотне місце займають узяті в єдності історичний і логічний методи. До останнього часу ці методи розглядалися не інакше як складові частки історичного матеріалізму. Однак історичний і логічний методи мають і самостійне значення.

Фактичний технічний стан складних систем, до яких відносяться перспективні маневрові тепловози, створених з використанням безколекторних електричних двигунів, сучасних деталей і вузлів, що містять електронні й мікропроцесорні компоненти, може бути визначено тільки за допомогою спеціальних засобів контролю й діагностики, а також методів непрямого визначення зношування.

Проведення таких операцій стало можливим завдяки широкому застосуванню засобів обчислювальної техніки для збору, обробки й аналізу більших масивів інформації про технічний стан перспективного рухомого складу.

Застосування діагностичних систем має можливість перспективи подальшого розвитку й удосконалювання за рахунок розширення функціональних можливостей і розробки нових програмних засобів.

Впровадження бортових і стаціонарних засобів діагностики на перспективні маневрові тепловози дозволяє автоматизувати не тільки збір інформації про режими експлуатації й аналіз причин відмов, але й визначати ступінь завантаженості вузлів і агрегатів. Це в свою чергу дозволить оптимізувати процес керування експлуатацією й ремонтом рухомого складу завдяки оцінці інтенсивності зношування, прогнозування залишкового ресурсу встаткування рухомого состава, планування строків ремонту тощо. Крім того, така система дозволяє впливати на підвищення надійності вузлів при їхньому виготовленні й експлуатації.

Залізниці, встановлюючи технічні вимоги й норми на проектування, технічне обслуговування й ремонт рухомого складу, можуть впливати на його експлуатаційні властивості. Фірми-виробники, в свою чергу, збільшують обсяги різних видів ремонту й модернізації технічних засобів, забезпечуючи стійкий зворотний зв'язок виробництва й експлуатації. Для справного функціонування системи, ще на стадії проектування має бути передбачено:

- забезпечення вільного доступу до всіх деталей і вузлів;
- модульність конструкцій, уніфікацію й резервування встаткування;
- розробку систем контролю, виявлення несправностей і діагностики;
- застосування зносостійких елементів конструкцій;

- застосування безлюдних і малолюдних технологій ремонту з логічною послідовністю виконання операцій;

- підготовку високоякісної технічної документації.

Сучасні вимоги до надійності й ремонтпридатності рухомого складу передбачають, що високу надійність і низьку вартість життєвого циклу доцільніше всього забезпечувати при його розробці, удосконалюючи на етапі проектування потенційно завантажені вузли й деталі. Практично доказано, що доводити в експлуатації погано розроблену конструкцію рухомого складу, важко, довго й дорого.

Для цілей підвищення оперативності виконання робіт з відмови ремонтники повинні тримати в безпосередній близькості від ремонтної ділянки певний набір матеріалів і запчастин. Ця номенклатура регламентується Положеннями про ТОР, галузевими розпорядчими документами. Як правило, ці вимоги не виконуються.

Немаловажним питанням є уніфікованість закуповуваного встаткування й запчастин. Різноманітне встаткування часто допускає заміну складових частин на аналогічні, що дозволяє провести уніфікацію в рамках підприємства. Така уніфікація дозволяє зменшити номенклатуру матеріалів і запчастин, які закупаються та зберігаються, що приводить до зменшення рівня запасів (менше число позицій з незнижуваним запасом), до зменшення кількості поставальників (можна проводити більше ретельну маркетингову роботу), до збільшення партій закупівлі (одержувати додаткові знижки).

Виконувані роботи: збір даних за структурою складів, матеріальних і документальних потоків, нормативної бази; аналіз застосовуваних технологій і алгоритмів системи ТОР, опис потоків заявок від ремонтних підрозділів; рекомендації з вибору параметрів системи ТОР: вибір рівня запасів, розподіл між складами; обсяг і періодичність замовлення; вибір оптимальних поставальників; уніфікованість номенклатури системи ТОР; впровадження рекомендацій в АСУ; реалізація технології торговельної площадки при здійсненні закупівель, зберігання історії тендерів; аналіз результатів застосування рекомендацій, коректування [5 – 8].

Висновки. Зроблений аналіз існуючих систем обслуговування та ремонту рухомого складу, який показав, що для модернізованого тепловозу ЧМЭЗ дизелем Катерпіллер найбільше підходить комбінована система. Пропонується попередньо вибрати для обслуговування та ремонту модернізованих тепловозів ЧМЭЗ комбіновану систему, яка буде суміщати планово-попереджувальну систему для ходової частини, планово-попереджувальну систему діагностування та обслуговування за станом для дизеля та інших систем локомотиву.

Література

1. Беляев В.А. Кабенин Н.Г. и др. Анализ системы и организации ремонта электропоездов и тепловозов //

Сб.науч.тр. / Всесоюз. науч.-исследоват. ин-т. ж.-д.трансп.- М: Трансжелдориздат, 1958. Вып. 155. - 207 с.

2. Положения про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового рухомого складу (Наказ УЗ від 31.01.2005 №030-283.).
3. Геннадиев Г. Метод оценки эффективности системы технического обслуживания и ремонта на железнодорожном транспорте // Железнодорожный транспорт.- 1998.- №3.- С.30-33.
4. Исаев И.П., Журавлев С.Н., Седов В.И. Разработка оптимальной системы ремонта локомотивов // Ж.-д. трансп. 1970.- №10.- С. 40 – 44.
5. Про програму реструктуризації на залізничному транспорті України на 1998 – 2003 роки. Протокол № 10 засідання Ради Укрзалізниці від 26.05.98р. // Магістраль ділова. - № 6. - С. 61-69.
6. Пустовой В.Н. Перспективы развития подвижного состава и реорганизации ремонтной базы // Железнодорожный транспорт. - 2001. - №3. - С.10-16.
7. Ремонт локомотивов с учетом их фактического состояния / А.В. Горский, А.А. Воробьев, А. К. Омарбеков, А.В. Скребков // Железнодорожный транспорт. - 1999. - №8. - С.43-47.
8. Тихонов Ю.Г. Система технического обслуживания тепловозов за рубежом // Ж.-д. транспорт за рубежом. - 1975.- № 4.- С.7 – 26.

References

1. Beljaev V.A. Kabenin N.G. i dr. Analiz sistemy i organizacii remonta jelektrovozov i teplovozov // Sb.nauch.tr. / Vsesojuzn. nauch.-issledovat. in-t. zh.-d.trans.- M: Transzheldorizdat, 1958. Vyp. 155. - 207 s.
2. Polozhennja pro planovo-poperedzhuval'nu sistemu remontu i tehničnogo obslugofovuvannja tjagovogo ruhomogo skladu (Nakaz UZ vid 31.01.2005 №030-283.).
3. Gennadijev G. Metod ocenki jeffektivnosti sistemy tehničeskogo obsluzhivannja i remonta na zheleznodorozhnom transporte // Zheleznodorozhnyj transport.-1998.- №3.- S.30-33.
4. Isaev I.P., Zhuravlev S.N., Sedov V.I. Razrabotka optimal'noj sistemy remonta lokomotivov // Zh.-d. transp. 1970.- №10.- S. 40 – 44.
5. Pro programu restrukturizacii na zalizničnomu transporti Ukraїni na 1998 – 2003 roki. Protokol № 10 zasidannja Radi Ukrzaliznici vid 26.05.98r. // Magistr' dilova. - № 6. - S. 61-69.
6. Pustovoj V.N. Perspektivy razvitija podvizhnogo sostava i reorganizacii remontnoj bazy // Zheleznodorozhnyj transport. - 2001. - №3. - S.10-16.
7. Remont lokomotivov s uchetom ih faktičeskogo sostojanija / A.V. Gorskij, A.A. Vorob'ev, A .K. Omarbekov, A.V. Skrebkov // Zheleznodorozhnyj transport. - 1999. - №8. - S.43-47
8. Tihonov Ju.G. Sistema tehničeskogo obsluzhivannja teplovozov za rubezhom // Zh.-d. transport za rubezhom. - 1975.- № 4.- S.7 – 26.

Белецкий Ю.В. Исследование систем обслуживания и ремонта модернизированных маневровых тепловозов серии ЧМЭЗ.

В статье рассмотрены основные положения о системах технического обслуживания и текущие ремонты локомотивов. Для существующих систем, которые используются различными странами мира для обслуживания собственного парка тягового подвижного состава были определены особенности применения, а также недостатки и преимущества. Разработана математическая мо-

дель определения периодичности проводок технических обслуживаний и текущих ремонтов модернизированных тепловозов типа ЧМЭЗ на железных дорогах Украины для выполнения условий: поддержание высокого уровня надежности технических средств и низкой стоимости проведения работ.

Ключевые слова: модернизированный тепловоз ЧМЭЗ, техническое обслуживание, текущий ремонт, моделирования, надежность.

Biletsky Y. Study systems of maintenance and repair modernized shunting locomotives series CME3.

The article describes the basic provisions on the maintenance and operating repair works locomotives. Are briefly described the service system, which are used on the railways of Germany, United Kingdom, USA. For existing systems that are used by different countries around the world for maintenance of own the park a traction rolling stock have been identified Peculiarities of applications well as

advantages and disadvantages. Are defined condition of the locomotive at which it must be repaired. Developed a mathematical model for determining the periodicity of maintenance and current repairs modernized diesel locomotives type ČME3 on Ukrainian railways to implement the terms: maintaining the highest level technical means the reliability and low cost of operations. Draw conclusions by the combined system of Arrangement of technical service and operation repair of diesel locomotives.

Keywords: modernized locomotive CME3, maintenance, repairs, simulation, and reliability.

Білецький Юрій Віталійович – аспірант Української державної академії залізничного транспорту, м. Харків, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

Стаття подана 21.02.2014

УДК 621.512

**АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ ЛАНОК
ЛОКОМОТИВНИХ КОМПРЕСОРІВ КТ-7****Братченко О.В.****ANALYTICAL STUDY OF THE KINEMATICS SECTION
LOCOMOTIVES COMPRESSOR KT-7****Bratchenko A.**

Обґрунтовано необхідність розрахункового визначення характеристик руху ланок кривошипно-шатунних механізмів для математичного моделювання динамічних процесів, що відбуваються в механічній системі локомотивних компресорів. Запропоновано аналітичне описання характеристик руху поршнів W-подібних локомотивних компресорів, яке отримано методом проекцій замкнених векторних контурів на координатні осі. Наведені в статті матеріали, отримані математичні залежності забезпечують розрахункове визначення кінематичних параметрів ланок поршневого компресора КТ-7. Це має важливе значення при проведенні досліджень їх динаміки та віброактивності.

Ключові слова: локомотивний компресор, W-подібний кривошипно-шатунний механізм, кінематичні характеристики, аналітичні залежності.

Вступ. Досягнення високих техніко-економічних показників перевізного процесу на залізничному транспорті України пов'язано з рішенням задач щодо забезпечення потрібних експлуатаційних характеристик і надійності систем сучасного тягового рухомого складу (ТРС), які визначають безпеку руху поїздів. Серед таких систем в першу чергу слід виділити систему повітропостачання, яка функціонально пов'язана з гальмовою, електропневматичною та іншими системами ТРС. При цьому головну роль в забезпеченні зазначених систем стислим повітрям відіграють компресори.

Постановка проблеми. На магістральних локомотивах Укрзалізниці використовуються, в основному, поршневі компресори (типів КТ-7, КТ-6е, К-3), які при достатній продуктивності і тиску нагнітання характеризуються високими рівнями вібрацій, що негативно впливає на надійність і довговічність систем повітропостачання ТРС. Тому особливого значення набуває проблема забезпечення їх експлуатаційної надійності та довговічності [1].

Така ситуація визначає необхідність проведення розрахунково-експериментальних досліджень з визначення напружено-деформованого стану окремих деталей, вузлів і механізмів компресорів, до яких у першу чергу належить W-подібний кривошипно-шатунний механізм (КШМ). Це потребує проведення розрахункових досліджень динаміки КШМ у цілому для визначення віброактивності компресора та експлуатаційних навантажень. З урахуванням складності таких досліджень актуальною є розробка відповідних математичних моделей, які базуються на сучасних підходах до виконання силового розрахунку, проведення якого у свою чергу потребує розробки методики аналітичного дослідження кінематики ланок W-подібних КШМ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що в спеціальній літературі, присвяченій поршневим компресорам [2,3], особливості дослідження кінематичних характеристик ланок W-подібних КШМ висвітлені недостатньо.

Мета статті. Розробка математичних залежностей і аналітичне дослідження кінематики ланок W-подібних КШМ локомотивних компресорів КТ-7.

Результати досліджень. Отримання математичних залежностей для розрахунку кінематичних характеристик ланок W-подібних КШМ проводилось з використанням методу замкнених векторних контурів [4,5]. На першому етапі дослідження була розроблена уточнена за геометричними параметрами ланок кінематична схема W-подібного КШМ локомотивного компресора КТ-7 (рис.1). На другому етапі були отримані математичні залежності для визначення кінематичних характеристик поршнів першого та другого ступенів стиснення. При цьому в якості початкових даних ураховувались: l_1 - радіус кривошипа 1; l_2 - довжина основного шатуна 2; l_4, l_6 - довжини причіпних шатунів 4 і 6; l'_2, l'_4 - довжини

причепів шатунів 4 і 6; β_1, β_2 - кути розвалу циліндрів I-II і II-III; α_1, α_2 - кути причепа шатунів 4 і 6.

Для зручності отримання розрахункових залежностей вводяться коефіцієнти

$$l_1 = \frac{l_2}{l_1}; \quad l_2 = \frac{l_2'}{l_1}; \quad l_3 = \frac{l_4}{l_1}; \quad l_4 = \frac{l_4'}{l_1}; \quad l_5 = \frac{l_6}{l_1}.$$

Для визначення основних кінематичних параметрів механізму аналітичні залежності отримуються з замкнених векторних контурів, які утворюють його ланки. Тоді для W- подібного КШМ необхідно розглянути три векторні контури (рис.2):

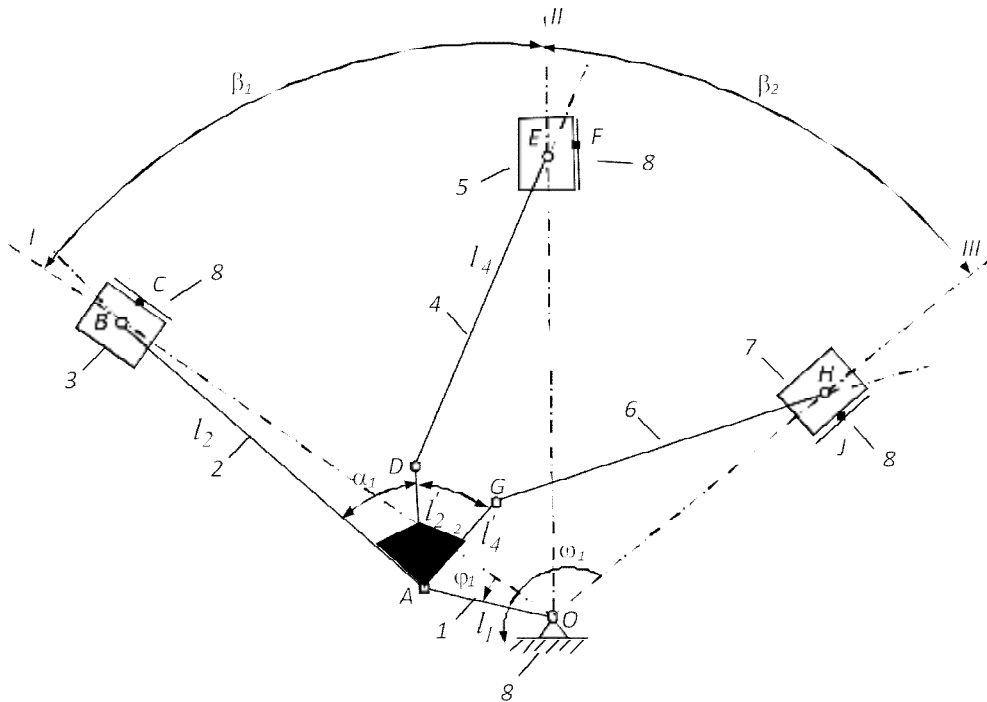


Рис.1. Кінематична схема W-подібного КШМ компресора КТ-7: I – лівий циліндр низького тиску; II – циліндр високого тиску; III – правий циліндр низького тиску; 1 – кривошип; 2, 4, 6 – шатуни; 3, 5, 7 – поршні; 8 – стояк.

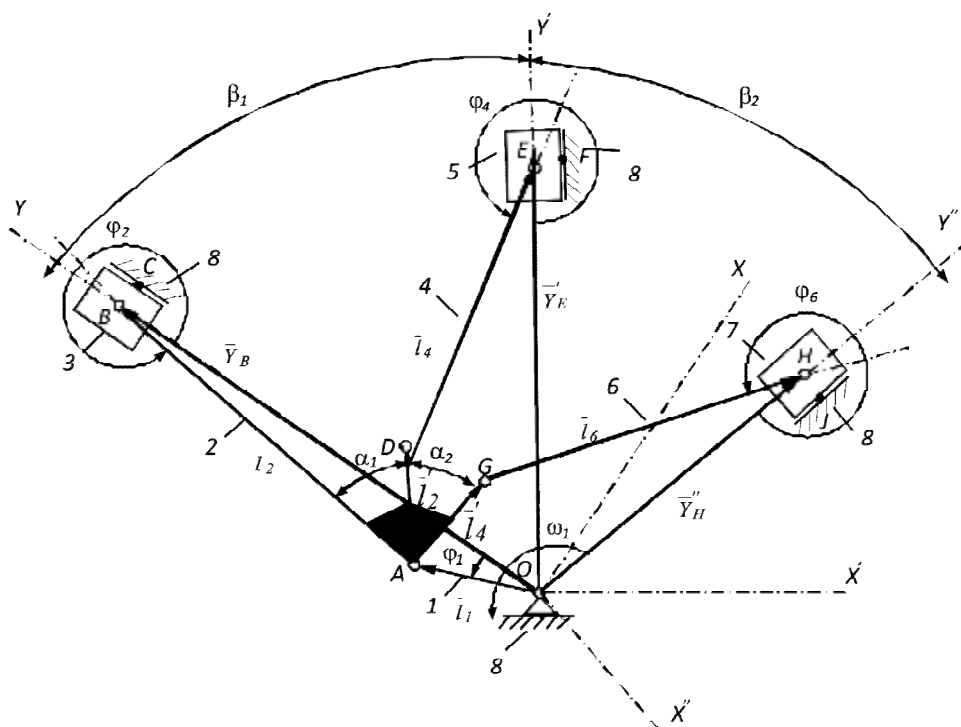


Рис.2. До розгляду векторних контурів, утворених ланками W- подібного КШМ

- контур $OABO$ в системі координат XOY , що утворений векторами $\bar{l}_1, \bar{l}_2$ і $\bar{Y}_B$;
- контур $OADEO$ в системі координат $X'OY'$, утворений векторами $\bar{l}_1, \bar{l}_2, \bar{l}_4$ і $\bar{Y}_E$;
- контур $OAGHO$ в системі координат $X''OY''$, утворений векторами $\bar{l}_1, \bar{l}_4, \bar{l}_6$ і $\bar{Y}_H$.

Аналітичні залежності для визначення кінематики ланок лівого циліндра низького тиску I визначаються з контуру $OABO$, для якого нижче записана умова його замкненості

$$\bar{l}_1 + \bar{l}_2 - \bar{Y}_B = 0. \quad (1)$$

Рівняння проекцій векторного контуру на координатні осі OY і OX

$$l_1 \cdot \cos f_1 + l_2 \cdot \cos f_2 - Y_B = 0. \quad (2)$$

$$l_1 \cdot \sin f_1 + l_2 \cdot \sin f_2 = 0. \quad (3)$$

Величина поточного кута ϕ_2 з рівняння (3)

$$f_2 = -\arcsin\left[-\frac{\sin f_1}{l_1}\right]. \quad (4)$$

Поточне переміщення поршня 3 відносно положення в.м.т. з рівняння (2)

$$S_B = l_1 \cdot [(1 - \cos f_1) + l_1 \cdot (1 - \cos f_2)]. \quad (5)$$

З диференціювання рівняння (3) за dj_1 аналог кутової швидкості шатуну 2

$$w_{q2} = -\frac{\cos f_1}{l_1 \cdot \cos f_2}. \quad (6)$$

З диференціювання рівняння (5) за dj_1 поточна швидкість поршня 3

$$v_B = w_1 \cdot l_1 \cdot \frac{\sin(f_1 - f_2)}{\cos f_2} \quad (7)$$

З подвійного диференціювання рівняння (6) за dj_1 аналог кутового прискорення шатуну 2

$$e_{q2} = \frac{\sin f_1 + l_1 \cdot w_{q2}^2 \cdot \sin f_2}{l_1 \cdot \cos f_2}. \quad (8)$$

З диференціювання рівняння (7) за dj_1 поточне прискорення поршня 3

$$a_B = w_1^2 \cdot l_1 \cdot (\cos f_1 + l_1 \cdot e_{q2} \cdot \sin f_2 + l_1 \cdot w_{q2}^2 \cdot \cos f_2). \quad (9)$$

Аналітичні залежності для визначення кінематики ланок циліндра високого тиску II визначаються з контуру $OADEO$, для якого нижче записана умова його замкненості

$$\bar{l}_1 + \bar{l}_2 + \bar{l}_4 - \bar{Y}_E = 0. \quad (10)$$

Рівняння проекцій векторного контуру на координатні осі OY' і OX'

$$l_1 \cdot \cos(f_1 + b_1) + l_2 \cdot \cos(f_2 + d_1) + l_4 \cdot \cos f_4 - Y_E = 0 \quad ; \quad (11)$$

$$\sin(f_1 + b_1) + l_2 \cdot \sin(f_2 + d_1) + l_3 \cdot \sin f_4 = 0, \quad (12)$$

де $d_1 = b_1 - a_1$.

Величина поточного кута ϕ_4 з рівняння (12)

$$f_4 = \arcsin\left[-\frac{\sin(f_1 + b_1) + l_2 \cdot \sin(f_2 + d_2)}{l_3}\right]. \quad (13)$$

Поточне переміщення поршня 5 відносно положення в.м.т. з рівняння (11)

$$S_E = X'_{E\max} - l_1 \cdot \cos(f_1 + b_1) - l_2' \cdot \cos(f_2 + d_1) - l_4 \cdot \cos f_4, \quad (14)$$

де $X'_{E\max}$ – відстань OE , що відповідає положенню в.м.т. поршня 5, визначається з формули

$$X'_{E\max} = l_1 \cdot \cos(f_1 + b_1) + l_2' \cdot \cos(f_2 + d_1) + l_4 \cdot \cos f_4. \quad (15)$$

З диференціювання рівняння (12) за dj_1 аналог кутової швидкості шатуну 4

$$w_{q4} = -\frac{\cos(f_1 + b_1) + l_2 \cdot w_{q2} \cdot \cos(f_2 + d_1)}{l_3 \cdot \cos f_4}. \quad (16)$$

З диференціювання рівняння (14) за df_1 поточна швидкість поршня 5

$$v_E = w_1 \cdot l_1 \cdot [\sin(f_1 + b_1) + l_2 \cdot w_{q2} \cdot \sin(f_2 + d_1) + l_3 \cdot w_{q4} \cdot \sin f_4] \quad (17)$$

З подвійного диференціювання рівняння (12) за df_1 аналог кутового прискорення шатуну 4

$$\varepsilon_{q2} = \frac{\sin(f_1 + \beta_1) + l_2 \cdot \omega_{q2}^2 \cdot \sin(f_2 + \delta_1)}{l_3 \cdot \cos f_4} - \frac{l_2 \cdot e_{q2} \cdot \cos(f_2 + d_1)}{l_3 \cos f_4} + w_{q4}^2 \cdot \operatorname{tg} f_4. \quad (18)$$

З диференціювання рівняння (17) за df_1 поточне прискорення поршня 5

$$a_E = w_1^2 \cdot l_1 \cdot \{\cos(f_1 + b_1) + l_2 \cdot [e_{q2} \cdot \sin(f_2 + d_1) + w_{q2}^2 \cdot (\cos f_2 + d_1)] + l_3 \cdot (e_{q4} \cdot \sin f_4 + w_{q4}^2 \cdot \cos f_4)\}. \quad (19)$$

Аналітичні залежності для визначення кінематики ланок циліндра низького тиску III визначаються з контуру $OAGHO$, для якого нижче записана умова його замкненості

$$\bar{l}_1 + \bar{l}_4 + \bar{l}_6 - \bar{Y}_H = 0. \quad (20)$$

Рівняння проекцій векторного контуру на координатні осі OY'' і OX''

$$l_1 \cdot \cos(f_1 + b_\Sigma) + l_4' \cdot \cos(f_2 + d_2) + l_6 \cdot \cos f_6 - Y_H = 0 \quad (21)$$

$$\sin(f_1 + b_\Sigma) + l_4 \cdot \sin(f_2 + d_1) + l_5 \cdot \sin f_6 = 0, \quad (22)$$

де $b_\Sigma = b_1 + b_2$, $d_2 = b_\Sigma - a_1 - a_2$.

Величина поточного кута ϕ_6 з рівняння (22)

$$f_6 = \arcsin\left[-\frac{\sin(f_1 + b_\Sigma) + l_4 \cdot \sin(f_2 + d_2)}{l_5}\right]. \quad (23)$$

Поточне переміщення поршня 7 відносно положення в.м.т. з рівняння (21)

$$S_H = Y_{H\max}'' - l_1 \cdot \cos(f_1 + b_\Sigma) - l_4' \cdot \cos(f_2 + d_2) - l_6 \cdot \cos f_6, \quad (24)$$

де $Y_{H\max}''$ – відстань ОН, що відповідає положенню в.м.т. поршня 7, визначається з формули

$$Y_{H\max}'' = l_1 \cdot \cos(f_1 + b_\Sigma) + l_4' \cdot \cos(f_2 + d_2) + l_6 \cdot \cos f_6. \quad (25)$$

З диференціювання рівняння (22) за df_1 аналог кутової швидкості шатуна 6

$$w_{q6} = -\frac{\cos(j_1 + b_\Sigma) + l_4 \cdot w_{q2} \cdot \cos(j_2 + d_2)}{l_5 \cdot \cos j_6}. \quad (26)$$

З диференціювання рівняння (24) за dj_1 поточна швидкість поршня 5

$$v_H = w_1 \cdot l_1 \cdot [\sin(j_1 + b_\Sigma) + l_4 \cdot w_{q2} \cdot \sin(j_2 + d_2) + l_5 \cdot w_{q6} \cdot \sin j_6]. \quad (27)$$

З подвійного диференціювання рівняння (22) за dj_1 аналог кутового прискорення шатуна 6

$$\varepsilon_{q6} = \frac{\sin(j_1 + \beta_\Sigma) + \lambda_4 \cdot \omega_{q2}^2 \cdot \sin(j_2 + \delta_2)}{\lambda_5 \cdot \cos j_6} - \frac{l_4 \cdot e_{q2} \cdot \cos(j_2 + d_2)}{l_5 \cdot \cos j_6} + \omega_{q6}^2 \cdot \operatorname{tg} j_6. \quad (28)$$

З диференціювання рівняння (26) за dj_1 поточне прискорення поршня 7

$$a_H = w_1^2 \cdot l_1 \cdot \{\cos(j_1 + b_\Sigma) + l_4 \cdot [e_{q2} \cdot \sin(j_2 + d_2) + w_{q2}^2 \cdot (\cos j_2 + d_2)] + l_5 \cdot (e_{q6} \cdot \sin j_6 + w_{q6}^2 \cdot \cos j_6)\}. \quad (29)$$

На рис.3 наведені кінематичні характеристики поршнів І, ІІ і ІІІ циліндрів локомотивного компресора КТ-7. В якості початкових даних урахувались: радіус кривошипа $l_1 = 72 \text{ мм}$; довжина основного шатуна $l_2 = 350 \text{ мм}$; довжина причіпних шатунів $l_4 = l_6 = 260 \text{ мм}$; довжини причепів шатунів 4 і 6 $l_2' = l_4' = 90 \text{ мм}$; кути розвалу циліндрів $b_1 = b_2 = 40^\circ$; кути причепа шатунів $a_1 = a_2 = 42^\circ$; відстань ОЕ, відповідає положенню в.м.т. поршня 5 $Y_{E\max}' = 421,2879 \text{ мм}$; відстань ОН, що відповідає положенню в.м.т. поршня 7 $Y_{H\max}'' = 421,9166 \text{ мм}$; кутова швидкість кривошипа 1 $w_1 = 80,01 \text{ рад/с}$.

Представлені на рис.3 результати забезпечили моделювання динамічних характеристик локомотивного компресора КТ-7 при проведенні комплексних досліджень з удосконалення систем повітропостачання ТРС [6].

Висновок. Наведені в статті матеріали, отримані математичні залежності забезпечують розрахункове визначення кінематичних параметрів ланок поршневих компресорів КТ-7. Це має важливе значення при проведенні досліджень їх динаміки та віброактивності.

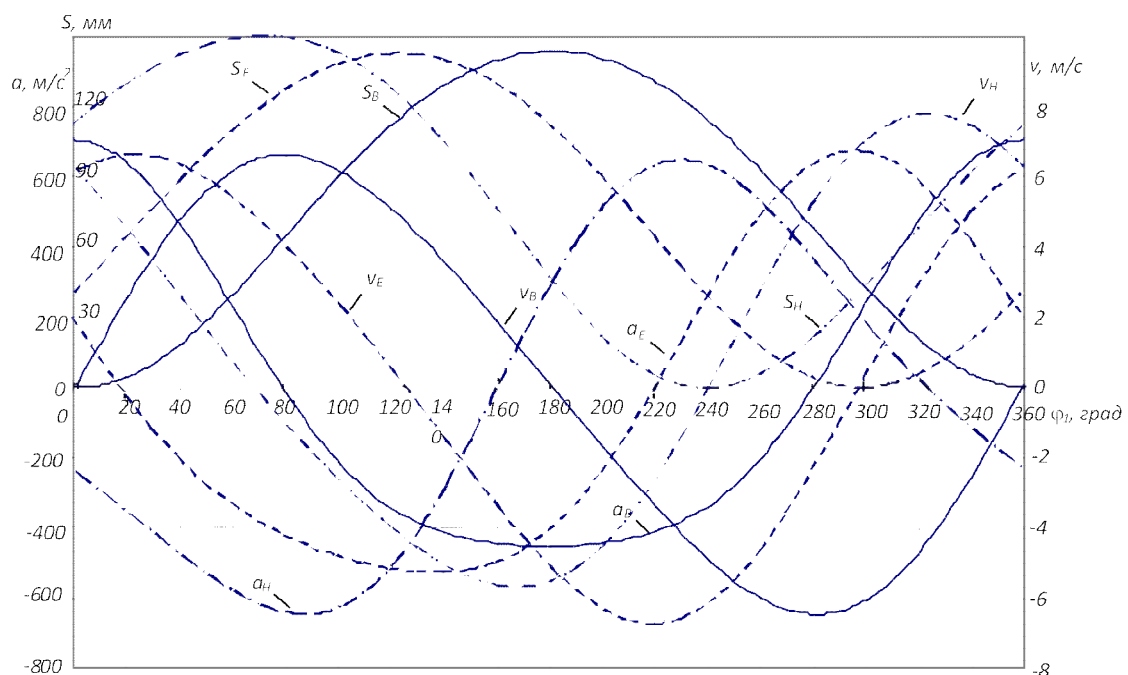


Рис.3. Кінематичні характеристики поршнів локомотивного компресора КТ-7:

Література

1. Мороз В.І. Оцінювання перспектив використання компресорів нової конструкції на залізничному тяговому рухомому складі/ В.І.Мороз, О.В.Братченко, М.Б.Чубикало // Збірка наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – Вип. 119. – С. 99-106.
2. Фотин Б.С. Поршневые компрессоры/ Б.С. Фотин, И.Б. Пирумов, И.К. Прилуцкий, П.И. Пластинин//Под общ.ред. Б.С. Фотина. - Л.: Машиностроение, 1987. - 372 с.
3. Пластинин П.И. Теория и расчет поршневых компрессоров/ П.И. Пластинин. - М.: Агропромиздат, 1987. - 271 с.
4. Зиновьев В.А., Курс теории механизмов и машин/ В.А.Зиновьев. – М.: Наука, 1975. – 383 с.
5. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин / Я.Т.Кіницький. – К: Наукова думка, 2002. – 660 с.
6. Розробка нової концепції і методів удосконалення механічних систем локомотивних енергетичних установок з метою поліпшення експлуатаційних характеристик: [звіт про НДР № ДР 0107U000341] - Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 106 с.

References

1. Moroz V.I. Ocynuvannya perspektiv vikorsistannya kompresoriv novoyi konstrukciyi na zaliznichnomu tyagovomu ruhomomu skladi/ V.I.Moroz, O.V.Bratchenko, M.B.Chubikalo// Zbirka nauk. prac UkrDAZT. – Harkiv, 2010. – Vip. 119. – S. 99-106.
2. Fotin B.S. Porshnievie kompresori/ B.S. Fotin, I.B. Pirumov, I.K. Priluckiy, P.I. Platinin// Pod obsch..red. B.S. Fotina. – L.: Mashinostroenie, 1987. - 372 s.
3. Platinin P.I. Teoriya i raschet porshnevihi kompresorov/ P.I. Platinin. - M.: Agropromizdat, 1987. – 271 s
4. Zinovyev V.A. Kura teorii mehanizmov i mashin / V.A Zinovyev. – M.: Nauka, 1975. – 383 s.
5. Kinickiy Y.T. Teoriya mehanizmv i mashin / Y.TKinickiy. – K: Naukova dumka, 2002. – 660 s.
6. Rozrobka novoyi koncepciyi i metodiv udoskonalennya mehanichnih system lokomotyvnyh energetychnyh ustanovok z metoyu polipshennya ekspluatatsiynich charakterystyk [zvit pro NDR № D/R 0107U000341] – Harkiv: UkrDAZT, 2008. – 106 s.

Братченко А.В. Аналитическое исследование кинематики звеньев локомотивных компрессоров КТ-7

Обоснована необходимость расчетного определения характеристик движения звеньев кривошипно-шатунных механизмов для математического моделирования динамических процессов, протекающих в механической системе локомотивных компрессоров. Предложено аналитическое описание характеристик движения поршней W-образных локомотивных компрессоров, которое получено методом проекций замкнутых векторных контуров на координатные оси. Представленные в статье материалы, полученные математические зависимости обеспечивают расчетное определение кинематических параметров звеньев поршневых компрессоров КТ-7. Это имеет важное значение при проведении исследований их динамики и виброактивности.

Ключевые слова: локомотивный компрессор, W-образный кривошипно-шатунный механизм, кинематические характеристики, аналитические зависимости.

Bratchenko A. Analytical study of the kinematics section locomotives compressor КТ-7

Motivated need of the accounting determination of the features of the motion section connecting-rod crank mechanism for mathematical modeling of the dynamic processes, running in mechanical system locomotives compressor. It Is Offered analytical description of the features of the motion pistons W-figurative locomotives compressor, got with use by method projection vector sidebar on coordinate axis's. The Presented results of modeling kinematics features pistons locomotives of the compressor КТ-7, which enabled undertaking the complex studies, directed on improvement of the air supply systems tractive rolling stock. This has important importance when undertaking the studies their speakers and vibration. Conclusion is Made about practicability of the use designed mathematical dependencies for calculation of the kinematics section other W-figurative compressor.

Keywords: locomotives compressor W-figurative connecting-rod crank mechanism, kinematics of the feature, analytical dependencies.

Братченко О.В. – к.т.н., професор кафедри «Механіка і проектування машин» Української державної академії залізничного транспорту.

Рецензент: д.т.н., проф. Мороз В.І.

Стаття подана 28.02.2014

УДК 656.223

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМ ПАРКОМ

Варакута Е.А., Андрушко М.Е., Варфоломеев А.В., Удовиченко О.И.

ANALYSIS OF THE USE OF FREIGHT CARS TO IMPROVE MANAGEMENT CAR FLEET

Varakuta E., Andrushko M., Varfolomeev A., Udovichenko O.

В статье рассмотрен анализ ситуации использования вагонного парка; железные дороги несут большие потери, так как из-за скопления частных вагонов снижается пропускная способность станций и участков. Представлены научно-методические рекомендации по повышению эффективности управления вагонным парком, принадлежащим различным собственникам, и обеспечению их недискриминационного допуска на инфраструктуру железных дорог общего пользования. Определены основные направления дальнейшего совершенствования управления грузовым вагонным парком, а именно корпоративного укрупнения компаний, что положительно скажется на экономической динамике затрат дороги.

Ключевые слова: вагонопоток, грузооборот, вагонный парк, эмпирический коэффициент.

Введение. Железнодорожный транспорт Украины оставался в стороне от процессов массовой приватизации и акционирования, хотя министерство инфраструктуры Украины активно проводило в жизнь мероприятия по коммерциализации отрасли. Слитность функций государственного и хозяйственного управления на железнодорожном транспорте наиболее полно соответствовала потребностям перевозочного процесса в условиях страны.

Не раз ставилась задача по созданию на железнодорожном транспорте конкурентной среды, но решить её в должной мере до сих пор не удалось. Важной научной и практической задачей стал поиск ответа на вопрос, как наиболее эффективно использовать вагонный парк различных собственников, как сделать конкуренцию в сфере грузовых железнодорожных перевозок более справедливой.

Использованию вагонного парка на отечественных железных дорогах уделялось особое внимание как в дореволюционный (царский), так и в послереволюционный (советский) периоды. В первые годы существования железных дорог, в 1840–1860-е гг., вагоны обращались только в пределах своей дороги. На стыковых пунктах производилась перевал-

ка грузов из вагонов сдающей дороги в вагоны принимающей дороги. Такая система обеспечивала для каждой дороги постоянство парка вагонов, которые были ее собственностью.

Прямые перевозки осуществлялись на основе соглашений о размерах подвода груженных вагонов к стыковым пунктам. Регулировочные меры носили внутридорожный характер. Регулирование парка основывалось на очередности приема грузов к перевозке [1–4].

Постановка проблемы. Исследование показало, что ни «Укрзалізниця» с дочерними обществами, ни частные компании, владеющие собственным вагонным парком, ни грузовладельцы не удовлетворены тем, что явилось результатом их совместной деятельности за истекшие годы. Реальным становится перенасыщение дорожной сети вагонным парком, что ведет, как в свое время показали исследования д.э.н. Е.П.Нестерова, к снижению технической и участковой скорости продвижения поездопотоков.

Железные дороги несут большие потери, так как из-за скопления частных вагонов снижается пропускная способность станций и участков. Частный подвижной состав забивает станционные емкости, лишая железнодорожную сеть маневренности. Негативное влияние оказывают встречные вагонопотоки и увеличение нагрузки на сортировочные станции. Отсутствует механизм, позволяющий изменять технологию работы с частным вагонным парком. Не разработана необходимая правовая база, обязывающая владельцев подвижного состава предоставлять информацию о плановой дислокации вагонов, времени нахождения на путях общего пользования и выходе на пути общего пользования, а также планируемых перемещениях.

Многие мелкие и даже средние частные операторские компании работают со своими парками недостаточно эффективно; не имеют разветвленной сбытовой сети своих услуг; не владеют информацией о совокупной грузовой базе; далеки от эффектив-

ного использования современных логистических технологий. Да и сам технологический статус компаний остается недостаточно ясным.

Анализ последних исследований и публикаций. Фундамент теории организации перевозок на железнодорожном транспорте заложили труды А.Г. Фролова, В.Н. Образцова, И.Н. Васильева, В.А. Соковича, М.Я. Гордиенко, В.В. Повороженко, И.Г. Тихомирова, А.П. Петрова, К.А. Бернгарда, Ф.П. Кочнева и других ученых.

Весомый вклад в обоснование и выбор экономически эффективных транспортных схем и способов доставки грузов внесли такие видные ученые, как Е.А. Гишман, Г.И. Черномордик, А.В. Горин, А.В. Комаров, В.В. Звонков, В.И. Петров, Е.Д. Хануков и другие, а также их ученики и последователи – В.И. Арсёнов, А.Ф. Бородин, В.А. Бураков, и многие другие.

Цель статьи. является разработка научно-методических рекомендаций по повышению эффективности управления вагонным парком, принадлежащим различным собственникам, и обеспечению их недискриминационного допуска на инфраструктуру железных дорог общего пользования.

Результаты исследований. Общее количество вагонов, обращающихся на сети железных дорог, растет, а эффективность их использования падает. Произведены расчеты, позволяющие оценить возникающие при этом экономические потери в условно натуральной и в денежной форме. Грузооборот в тонно-километрах ($\Delta\Gamma_g$), выполняемый одним грузовым вагоном за год, определялся расчетами по формуле:

$$\Delta\Gamma_g = 365 \times \frac{g_g \times S_g \times (1 - K_p)}{1 + K_{g/m}}, \quad (1)$$

где g_g - динамическая нагрузка на вагон рабочего парка, т;

S_g - среднесуточный пробег груженого вагона, км;

K_p - доля вагонов, находящихся в ремонте;

$K_{g/m}$ - коэффициент, учитывающий отношение эксплуатационных тонно-километров к тарифным.

Предварительный подсчет показывает, что каждый вагон частного парка из-за меньшей средней дальности перевозок на 5% и меньшего среднесуточного пробега в груженом состоянии примерно на 10% при тех же условиях (уровне динамической нагрузки, доле времени в ремонте и др.) способен осваивать грузооборот в 2,75 млн.ткм/год.

Это объясняется тем, что из рассматриваемых типов вагонов, полувагоны на сегодняшний день наиболее ликвидные, за счёт того, что в экономике преобладает сырьевой характер, и как следствие, наибольшая доля навалочных, сырьевых грузов предъявляются к перевозке. Емкости путевого развития

станций, которые выключаются из работы и практически не участвуют в станционных технологиях.

В целом, сложившаяся на железных дорогах страны ситуация в вопросах использования вагонного парка разных собственников и сегментации рынка транспортных услуг не может быть признана удовлетворительной. Не решены проблемы эффективного регулирования груженных и порожних вагонопотоков разных собственников на дорогах в масштабах сети, проблемы свободного доступа к инфраструктуре и справедливой конкуренции. [5].

Решающее значение в современных условиях имеет эффективное использование активной части основных производственных фондов железнодорожного транспорта – грузового вагонного парка. Именно с грузовыми вагонами связана значительная часть переменных (зависящих от объема перевозок) эксплуатационных расходов, и доходная часть дорог, которая зависит от выполненной работы в тарифных тонно-километрах. Чем меньше время оборота грузового вагона, выше статическая нагрузка и среднесуточный пробег вагона в груженом состоянии, тем эффективнее при «прочих равных условиях» используется вагонный парк. При этом производительная сила железнодорожного транспорта как системы будет достигать максимума.

Учитывая сказанное выше, представляется целесообразным принять в качестве критерия оптимизации числа компаний-операторов годовую производительность 1 вагона общего грузового рабочего парка. Это будет соответствовать одному из фундаментальных положений экономической теории, относящей категорию «производительность труда» к числу важнейших показателей.

Задача ставится следующим образом. Определить, при какой численности (степени концентрации) грузового вагонного парка можно ожидать наиболее высокой годовой производительности грузового вагона при сохранении принятых на железнодорожном транспорте организации движения, плане формирования, графике движения, технологии обработки поездов на технических станциях и выполнении погрузочно-разгрузочных работ. Подчеркнем, при такой постановке в качестве соглашений принимаются следующие положения:

- концентрация вагонного парка в одних руках повышает пробег вагонов в груженом состоянии;
- вместе с сокращением числа операторских компаний ускоряется оборот вагона;
- создаются предпосылки для снижения непроизводительного межоперационного простоя вагонов и нерациональных перевозок.

Из формулы (1), определяющей годовую производительность одного вагона грузового инвентарного парка, видно, что производительность вагона зависит в основном от двух параметров – средней динамической нагрузки (g_g) и среднесуточного пробега вагона в груженом состоянии (S_g).

По мере уменьшения числа компаний-операторов, т.е. субъектов рынка услуг железно-

рожного транспорта, обладающих правом распоряжения собственным вагонным парком, оба параметра (g_e и S_e) увеличиваются. Этот вывод следует из эксплуатационной статистики: работая на одной и той же путевой инфраструктуре инвентарный парк используется лучше, чем частный: средняя дальность перевозок по факту выше на 15%; коэффициент порожнего пробега вагонов ниже примерно на 9-10%; время оборота грузового вагона меньше на 43%.

Все эти три показателя прямо или косвенно влияют прежде всего на среднесуточный пробег вагонов в груженом состоянии, что дает основание предположить существование корреляционной зависимости этого параметра от дальности перевозок и коэффициента порожнего пробега вагонов. Чем больше дальность перевозок и ниже коэффициент порожнего пробега вагонов, тем лучше используется вагонный парк, выше его производительность и ниже удельные затраты на единицу грузооборота железных дорог. Зависимость параметра S_e от средней дальности L_{cp} и коэффициента порожнего пробега a_{nn} , не будет линейной. Ее можно аппроксимировать показательной функцией вида:

$$S_e^p = S_e^{\delta} \times g \times \left(\frac{L_{cp} - l_{zp}}{l_{nop}} \right)^b \quad (2)$$

где S_e^p - расчетная величина среднесуточного пробега вагона в груженом состоянии, км; S_e^{δ} - базовая величина этого параметра, км; l_{zp} - груженный пробег вагона за время его оборота, км; l_{nop} - то же порожний пробег, км; g, b - эмпирические коэффициенты.

В аналогичных задачах, связанных с распределением грузовой массы на заданной территории коэффициент $b = 1/2 \div 1/3$.

Другой эмпирический коэффициент g определяется особенностями геометрии (начертания) транспортной сети и географией грузопотоков. Что касается груженого и порожнего пробега вагонов, то их величина с приемлемой точностью определяется формулами:

$$l_{zp} = \frac{\sum h \times S_{zp}}{I_p} \quad (3)$$

$$l_{nop} = \frac{\sum h \times S_{nop}}{I_p} \quad (4)$$

где $\sum h \times S_{zp}$ и $\sum h \times S_{nop}$ - вагоно-километры соответственно груженого и порожнего пробега; I_p - работа сети (дороги, отделения), вагонов.

Работа сети (дороги, отделения) измеряется суммой погрузки и приема груженных вагонов с соседних полигонов транспортной сети.

В решаемой задаче нет необходимости отдельно определять груженный и порожний пробег, поскольку в формуле (2) можно использовать их отношение (a), называемое коэффициентом порожнего пробега:

$$a = \frac{l_{nop}}{l_{zp}} \quad (5)$$

Таким образом, формулой для определения расчетной годовой производительности одного инвентарного грузового вагона (здесь под «инвентарным» парком понимается любой вагон, находящийся на балансе вагоновладельца, независимо от того, является ли он частным или государственным) будет:

$$\Delta \Gamma_{(e)}^p = 365 \times \frac{g_e \times S_e^{\delta} \times (1 - K_p) \times g}{1 + K_{\text{э/м}}} \times \left(\frac{L_{cp}}{a} \right)^b \quad (6)$$

В этой формуле увеличение (прирост) или снижение производительности вагона можно оценить изменением любого параметра, однако решающее значение имеют средняя дальность перевозок (L_{cp}) и коэффициент порожнего пробега (a). Из практики известно, что коэффициент порожнего пробега коррелирует с числом компаний-операторов вагонного парка, что дает основание записать формулу (6) в следующем виде:

$$\Delta \Gamma_{(e)}^p = 365 \times \frac{g_e \times S_e^{\delta} \times (1 - K_p) \times g}{1 + K_{\text{э/м}}} \times \left(\frac{L_{cp}}{n} \right)^b \quad (7)$$

где n - число компаний-операторов вагонного парка.

Используя формулу (7), можно оценить, как будет изменяться производительность вагона по мере сокращения числа компаний. Для этого достаточно ограничиться анализом относительного изменения множителя A :

$$A = g \times \left(\frac{L_{cp}}{n} \right)^b$$

Принимая $g = 1$ (этот коэффициент отражает качество организации вагонопотоков, диспетчерского руководства поездной и местной грузовой работой, конъюнктуру рынка и другие факторы, мало зависящие от числа n), $b = 1/2$, получаем:

$$A = \sqrt{\frac{L_{cp}}{n}}$$

Для упрочения положения мелких частных компаний, владеющих собственным вагонным парком, целесообразно их объединение, создание своего рода корпораций (вагонных пулов), что само со-

бой это не происходит. Решающее значение имеет выбор наиболее эффективного союза, т.е. формы и способа организационно-экономической интеграции.

Вывод. Неотложной практической задачей следует считать гармонизацию интересов – «Укрзалізниці» и собственников частного вагонного парка. Эта задача требует корпоратизации, укрупнения компаний, что может быть достигнуто различными способами. Наиболее эффективной будет стратегия, которая позволит с наименьшими затратами и в короткие сроки выйти на оптимальный (рациональный) уровень объединения (слияния) вагонных парков частных операторов с одновременным устранением избыточности некоторых типов вагонов и приведением общей численности вагонного парка в соответствие с реально имеющейся грузовой базой.

В качестве критерия, определяющего выбор того или иного варианта объединения частных вагонных парков, целесообразно принять условно-натуральный показатель – годовую производительность вагона общего инвентарного парка, обращающегося на сети дорог, по группам специализации (полувагоны, цистерны, платформы, крытые и т.д.). Мы получаем сохранение конкурентной среды в сфере предоставления погрузочных ресурсов железнодорожной клиентуре; повышается производительность каждого вагона благодаря снижению коэффициента порожнего пробега.

Л и т е р а т у р а

1. Фролов А.Н. Краткий исторический очерк по эксплуатации железных дорог // Столетие железных дорог. – М.: СССР-Транспечать-НКПС, 1925. – С. 46–58. – (Труды научно-технического комитета Народного комиссариата путей сообщения; вып. 20).
2. Марков А.В., Павлов И.Н. Методы регулирования парков порожних вагонов. – М.: Трансжелдориздат, 1948. – 116 с.
3. Марков А.В., Павлов И.Н. Методы регулирования парков порожних вагонов. – М.: Трансжелдориздат, 1951. – 192 с.
4. Казовский И.Г., Освятинский В.Н. Комплексное регулирование вагонных парков. – М.: Трансжелдориздат, 1959. – 184 с.
5. Курбатова А.В., Тихонов А.А. К вопросу о создании конкурентной среды в сфере транспорта // Вестник транспорта, 2008, №4, сс.38–43.

R e f e r e n c e s

1. Frolov A.N. Kratkij istoricheskij ocherk po jekspluatacii zheleznyh dorog // Stoletie zhe-leznyh dorog. – M.: SSSR-Transpechat'-NKPS, 1925. – S. 46–58. – (Trudy nauchno-tehnicheskogo komiteta Narodnogo komissariata putej soob-shhenija; vyp. 20).
2. Markov A.V., Pavlov I.N. Metody regulirova-nija parkov porozhnyh vagonov. – M.: Transzhel-dorizdat, 1948. – 116 s.
3. Markov A.V., Pavlov I.N. Metody regulirova-nija parkov porozhnyh vagonov. – M.: Transzhel-dorizdat, 1951. – 192 s.

4. Kazovskij I.G., Osvjatinskij V.N. Kompleks-noe regulirovanie vagonnyh parkov. – M.: Transzheldorizdat, 1959. – 184 s.
5. Kurbatova A.V., Tihonov A.A. K voprosu o soz-danii konkurentnoj sredy v sfere transporta // Vestnik transporta, 2008, №4, ss.38–43.

Варакута Є.О., Андрушко М.Є., Варфоломєєв О.В., Удовіченко О.І. Аналіз використання вантажних вагонів для підвищення ефективності управління вагонного парку.

У статті розглянуто аналіз ситуації використанні вагонного парку; залізні дороги несуть великі втрати, так як через скупчення приватних вагонів знижується пропускна спроможність станцій і ділянок. Представлені науково-методичні рекомендації щодо підвищення ефективності управління вагонним парком, що належить різним власникам, і забезпечення їх недискримінаційного допуску на інфраструктуру залізниць загального користування. Визначено основні напрямки подальшого вдосконалення управління вантажним вагонним парком, а саме корпоративного укрупнення компаній, що позитивно позначиться на економічній динаміці витрат дороги.

Ключові слова: вагонопоток, вантажообіг, вагонний парк, емпіричний коефіцієнт.

Varakuta E., Andrushko M., Varfolomeev A., Udovichenko O. Analysis of the use of freight cars to improve management car fleet.

The article describes the analysis of the situation using the rolling stock; railways are big losses, as the congestion of private wagons reduced bandwidth stations and sites. Presented scientific guidelines for improving governance car fleet owned by different owners, and to ensure their non-discriminatory admission to the infrastructure of railways. The main directions of further improving the management of freight car fleet, namely the corporate consolidation of companies that have a positive impact on the economic dynamics of the cost of the road. Will be the most effective strategy that allows the lowest cost and in a short time reach the optimal (rational) level of association (fusion) car fleet of private operators while eliminating the redundancy of some types of cars and bringing the total number of rolling stock in accordance with the actual available cargo base. We get the preservation of the competitive environment in the provision of railway loading resources clientele, increased productivity of each car by reducing the ratio of empty runs.

Keywords: car traffic, turnover, car park, an empirical coefficient.

Варакута Є.О. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Андрушко М.Є. – магістр кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Варфоломєєв О.В. – завідувач лабораторією кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля. e-mail: sasho_87@mail.ru

Удовіченко О.І. – викладач Кіровського транспортного технікуму, Луганська обл., Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Горбунов Н.И.

Стаття подана 22.02.2014

УДК 656.212

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СБОЕВ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Варакута Е.А., Капустин Д.А., Кочура А.В., Постолова О.А.

TECHNOLOGICAL FAILURES ANALYSIS IN THE RAILWAY STATIONS FUNCTIONING

Varakuta E.A., Kapustin, D.A., Kochura A.V., Postolova O.A.

Проанализирована надежность функционирования железнодорожных станций. Определены виды технологических сбоев, произведена их классификация и установлен характер влияния на работу станций. Проведен анализ технологических потерь станций при возникновении технологических сбоев различной природы. Выявлены варианты уменьшения вероятности возникновения технологических сбоев, которые могут существенно снизить их количество и облегчить выявление. Разработан алгоритм реализации повышения функциональной надежности станций, который основывается на внедрении имитационного моделирования.

Ключевые слова: технологические сбои, функциональная надежность, технологический ущерб, имитационная модель.

Постановка проблемы. Рыночная экономика требует, чтобы экономическое взаимодействие обеспечивалось надежными и эффективными транспортными связями. Особое внимание при этом следует уделять надежности работы железнодорожных станций. Именно здесь обнаруживаются технологические потери от разного рода сбоев в работе. Технологические сбои, такие как сход подвижного состава или выход из строя средств автоматизации, снижают работоспособность станции и ведут к экономическим потерям. Нарушение крепления и сдвиг груза при роспуске с горки вызывает дополнительную маневровую и грузовую работу и приводит зачастую к несоблюдению срока доставки.

Устранить полностью возможность технологических сбоев в ближайшее время не представляется возможным. В последние десятилетия не вкладывались достаточные инвестиции для своевременного обновления технических средств в путевом, вагонном и локомотивном хозяйстве, а также в хозяйстве автоматизации и телемеханики. По оценке экспертов из-за технологических сбоев железнодорожные станции теряют 10-15% своей производительности. Поэтому перед проектировщиками и инженерными работниками станций стоит двудеяная задача:

а) техническая - снизить насколько возможно вероятность технологических сбоев;

б) функциональная - снизить негативные последствия от разного рода сбоев на станциях [3].

Существуют технологические сбои, которые могут приводить к уменьшению функциональных возможностей. Основные технологические сбои сводятся к трем группам (рис. 1).



Рис. 1. Технологические сбои и их последствия

Цель. При анализе существующих факторов, влияющих на надежность функционирования станций, а также особенности технологии работы парков и путей станции следует отметить, что в качестве приоритетных задач исследования, из условия уменьшения вероятности возникновения технологических сбоев, можно выделить следующие:

- поиск способов снижения вероятности технологических сбоев;
- разработка методологии оценки технологических потерь станций при возникновении технологических сбоев различной природы;
- разработка технологических методов повышения функциональной надежности станций при технологических сбоях, алгоритм реализации которых можно представить в виде схемы (рис. 2) [3,4,5].



Рис. 2. Пути повышения функциональной надёжности станций при технологических сбоях

Результаты исследований. Для понимания сущности возникновения сбоев при работе железнодорожных станций, необходимо учесть то, что надежность – это вероятностная функция, показывающая насколько долговечно может выполнять объект свои функции. Для примера работы станции, функциональную надежность можно характеризовать вероятностью выполнения некоторой функции $f - P(f)$, при обеспечении заданных технологических параметров g_k и g_l .

$$g_k \leq \bar{g}_k, g_l \leq \bar{g}_l, \quad k \in K, l \in L, \quad (1)$$

где $f - P(f)$ – вероятность выполнения функции f ,

g_k, g_l – технологические параметры выполнения функции,

$\bar{g}_k, \bar{g}_l$ – предельные значения технологических параметров.

Здесь K – множество параметров, по которым задается верхняя граница, L – множество параметров, по которым задается нижняя граница. Эта функция показывает, что минимальная вероятность сбоя лежит в пределах верхней и нижней границ допустимых условий параметров, определяющих работу станций [1].

Практическая реализация ограничений параметров в представленной зависимости может выражаться через следующие аспекты:

- по операции приема поезда в множество K может входить их задержка, а в множество L – скорость движения;
- по процессу расформирования в множество K могут входить верхние ограничения по доле повторного роспуска, а в множество L – производительность горки;
- по процессу обслуживания грузового фронта в множество K могут входить предельные задержки при подаче и уборке вагонов.

Таким образом, можно говорить о вероятности выполнения i -й технологической операции $P(f_i)$, j -го процесса $P(f_i)$ и всей функции $P(F)$.

Технологический ущерб от выхода из строя того или иного устройства может быть разным, в зави-

симости от его расположения в структуре системы, числа и характера структурных связей, особенностей использования его в технологическом процессе. В общем случае функциональные потери можно представить в виде:

В операции:

$$f_i = a\Delta n_j + b\Delta t_j + g\Delta t_j, \quad (2)$$

где Δn_j – уменьшение числа вариантов выполнения j -й операции,

Δt_j – увеличение времени выполнения j -й операции,

Δt_j – увеличение величины задержек в j -й операции,

a, b, g – весовые коэффициенты.

В j -м процессе:

$$F_k = \sum_{j \in J_k} (a\Delta n_j + b\Delta t_j + g\Delta t_j), \quad (3)$$

где J_k – множество операций в k -м процессе.

В системе:

$$F = \sum_{j \in J} (a\Delta n_j + b\Delta t_j + g\Delta t_j), \quad (4)$$

где J – множество операций в системе.

При этом коэффициенты a, b, g можно определить только экспериментами на имитационной модели [6].

На рисунке 3 показаны логические следствия выхода, например, из строя привода стрелочного перевода.



Рис.3. Функциональные последствия выхода из строя электропривода (горловина)

Построение данного рода схем позволяет отследить ряд параметров, надежность которых в совокупности влияет на возникновение сбоев в конкретном месте или устройстве.

Вывод. В результате проведенного анализа выяснено, что основными видами сбоев являются сход вагона и отказ средств автоматики. Технологические потери при этом могут быть различными, однако методики их расчета не существует.

Основной причиной выхода из строя устройств автоматики является превышение нормативного срока службы. Вагонный парк, также, изношен, и состояние путевого хозяйства вызывает тревогу. Отсюда и сходы подвижного состава.

Оценку технологических потерь от разного рода сбоев лучше всего проводить методом имитационного моделирования. Другие методы не подходят из-за сильной структурной и функциональной связности систем железнодорожного транспорта. Поэтому, перед исследователями стоит важная задача разработки подходов по снижению вероятности сбоев, а также повышения функциональной надежности станций при их возникновении.

Л и т е р а т у р а

1. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа/ Н. Н. Моисеев. — М.: Наука, 1981.
2. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем/ В.А. Персианов, К.Ю. Скалов, Н.С. Усков. - М.: Транспорт, 1972. - 208 с.
3. Персианов В.А., Милославская С.В. Нынешние проблемы станций и узлов/ В.А. Персианов, С.В. Милославская. - М.: Ж.-д. транспорт, 1994. - № 9. - С. 2-15.
4. Тимухина Е. Н. Технологические сбои, проблемы расчета и обеспечения функциональной надежности железнодорожных станций/ Е. Н. Тимухина// Транспорт: Наука, техника, управление. - М., 2012. - № 1. - С. 29-32.
5. Тимухина Е. Н. Методология исследования работоспособности станций при технологических сбоях/ Е. Н. Тимухина// Транспорт Урала. - Екатеринбург, 2011. - № 4. - С.58-62.
6. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем. Искусство и наука/ Р. Шеннон. — М.: Мир, 1978. — 385 с.

R e f e r e n c e s

1. Moiseev N. N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza/ N. N. Moiseev. — M.: Nauka, 1981.
2. Persianov V.A., Skalov K.Ju., Uskov N.S. Modelirovanie transportnyh sistem/ V.A. Persianov, K.Ju. Skalov, N.S. Uskov. - M.: Transport, 1972. - 208 s.
3. Persianov V.A., Miloslavskaja S.V. Nyneshnie problemy stancij i uzlov/ V.A. Persianov, S.V. Miloslavskaja. - M.: Zh.-d. transport, 1994. - № 9. - S. 2-15.
4. Timuhina E. N. Tehnologicheskie sbioi, problemy rascheta i obespechenija funkcional'noj nadezhnosti zheleznodorozhnyh stancij/ E. N. Timuhina// Transport: Nauka, tehnika, upravlenie. - M., 2012. - № 1. - S. 29-32.
5. Timuhina E. N. Metodologija issledovaniya rabotosposobnosti stancij pri tehnologicheskikh sbiojah/ E. N. Timuhina// Transport Urala. - Ekaterinburg, 2011. - № 4. - S.58-62.
6. Shennon R. Imitacionnoe modelirovanie sistem. Iskusstvo i nauka/ R. Shennon. — M.: Mir, 1978. — 385 s.

Варакута Є.О., Капустін Д.О., Кочура О.В., Постолова О.О. Аналіз виникнення технологічних збоїв при функціонуванні залізничних станцій.

Проаналізовано надійність функціонування залізничних станцій. Визначено види технологічних збоїв, проведена їх класифікація та встановлено характер впливу на роботу станцій різних типів. Проведено аналіз технологічних втрат станцій при виникненні технологічних збоїв різної природи. Виявлено варіанти зменшення ймовірності виникнення технологічних збоїв, які можуть істотно знизити їх кількість і полегшити виявлення ще на етапі прогнозування. Розроблено алгоритм реалізації підвищення функціональної надійності станцій, який ґрунтується на впровадженні імітаційного моделювання.

Ключові слова: технологічні збої, функціональна надійність, технологічний збиток, імітаційна модель.

Varakuta E.A., Kapustin, D.A., Kochura A.V., Postolova O.A. Technological failures analysis in the railway stations functioning.

Analyzed the reliability of the train stations. The kinds of technology failures, their classification and set the impacts on work stations. By failures include: gathering wagon with rail cargo shift, failure of automation devices. The analysis of the technological losses stations when a technical failures of different nature, which primarily should include reducing the number of possible routes, extra work and locomotive crane, slow process. Identified options for reducing the likelihood of technological glitches that can significantly reduce their number and to facilitate identification of the decrease of probability of failure, which includes an increase of functional reliability automation, repair and renewal of rolling stock, better load securing and improving efficiency at fault, which includes decrease in functional vulnerability, enhancing adaptability and development of special modes. An algorithm for improving the implementation of functional reliability stations, which is based on the introduction of simulation.

Keywords: technological failures, functional reliability, technological damage, simulation model.

Варакута Є.О. — к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Капустин Д.О. — к.т.н., ст. викл. кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: kap-kapchik@mail.ru.

Кочура О.В. — ст. викл. кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Постолова О.О. — магістрант кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д. т. н., проф.

Стаття подана 11.03.2014

УДК 629.4.05

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОПУСКУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ ПО ЗАЛІЗНИЧНІЙ ДІЛЯНЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ ТА РЕМОНТНИХ РОБІТ**Варакута Е.О., Лозовой Д.Ю.****SIMULATION ON FREIGHT TRAINS RAILWAY SECTION DURING CONSTRUCTION AND REPAIR WORK****Varakuta E., Lozovoy D.**

У статті розглянуті дослідження методики розрахунку пропуску вантажних поїздів на ділянці під час проведення будівельних і ремонтних робіт. Поставивши - ленна імітаційна модель дозволяє врахувати такі фактори , як інтервал між відправленнями поїздів , нерівномірність пасажирського та вантажного руху. Метою імітаційного моделювання є визначення затримок вантажних поїздів , що викликаються представленням «вікон» для виробництва колійних робіт по пере- пристрою проміжних роздільних пунктів. Представлена сукупність елементів і логічних правил їх взаємодії в процесі функціонування системи.

Ключові слова: імітаційне моделювання, високошвидкісний рух, модель, алгоритм, система.

Постановка проблеми. Організація швидкісного пасажирського руху на існуючих залізничних лініях передбачає виконання великого обсягу робіт з перевлаштування роздільних пунктів і головних колій перегонів в умовах руху поїздів. Тому при розрахунку ефективності цього заходу особливо увагу слід приділяти проблемі визначення витрат, що виникають у зв'язку з наданням «вікон» для виробництва реконструктивних робіт на роздільних пунктах. Світовий досвід показав, що при організації високошвидкісного руху на початковому етапі свого розвитку вимагає реконструкцію вже існуючих залізничних ліній до швидкостей 160-200 км/год. При перебудові роздільних пунктів основний обсяг робіт припадає на головні шляхи. Тому при обґрунтованні доцільності реконструкції роздільних пунктів при підготовці залізничних ліній до швидкісного руху пасажирських поїздів необхідно враховувати експлуатаційні втрати, викликані наданням «вікон» для виробництва колійних робіт з перевлаштування проміжних роздільних пунктів [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наявні в літературі аналітичні методики не дозволяють в належній мірі враховувати нерівномірність руху ,

тому в цьому дослідженні застосовується метод імітаційного моделювання.

Для досягнення поставленої мети використана розроблена компанією Minuteman Software (США) відома система GPSS * World. В її основу покладено мова GPSS , що добре зарекомендував себе більш ніж за 40 років практичного моделювання, дозволяє імітувати різні дискретні і безперервні процеси, ефективно працювати з моделями, які можуть бути описані схемами масового обслуговування.

Враховуючи досвід авторів, що використовують метод імітаційного моделювання на залізницях , можна зробити висновок про те, що даний метод може дати розбіжність результатів до 20%, що обумовлено прийнятими в моделі допущеннями в порівнянні з графіками руху поїздів на даній ділянці.

Мета. Метою роботи є дослідження методики розрахунку пропуску вантажних поїздів, використовуючи імітаційну модель при проведенні будівельних та ремонтних робіт.

Результати досліджень. Всяка імітаційна модель повинна бути адекватна, тобто наближена до реального об'єкту, причому зовсім не обов'язково «копіювати» всі характеристики оригіналу. Необхідно і достатньо зберегти лише основні закономірності, що характеризують процес, що моделюється. Залізничний ділянку можна представити як багатозадачну систему масового обслуговування, в якій заявки - поїзди проходять через різні фази (перегони, роздільні пункти), канали (головні шляхи перегонів і роздільних пунктів), накопичувачі (приймально-відправні колії) з різною ємністю. На рисунку 1 представлена модельна функціональна схема пропуску пасажирських (а) і вантажних (б) поїздів по залізничному ділянці

Імітаційна модель дозволяє врахувати такі фактори , як інтервал між відправленнями поїздів , нерівномірність пасажирського та вантажного руху.

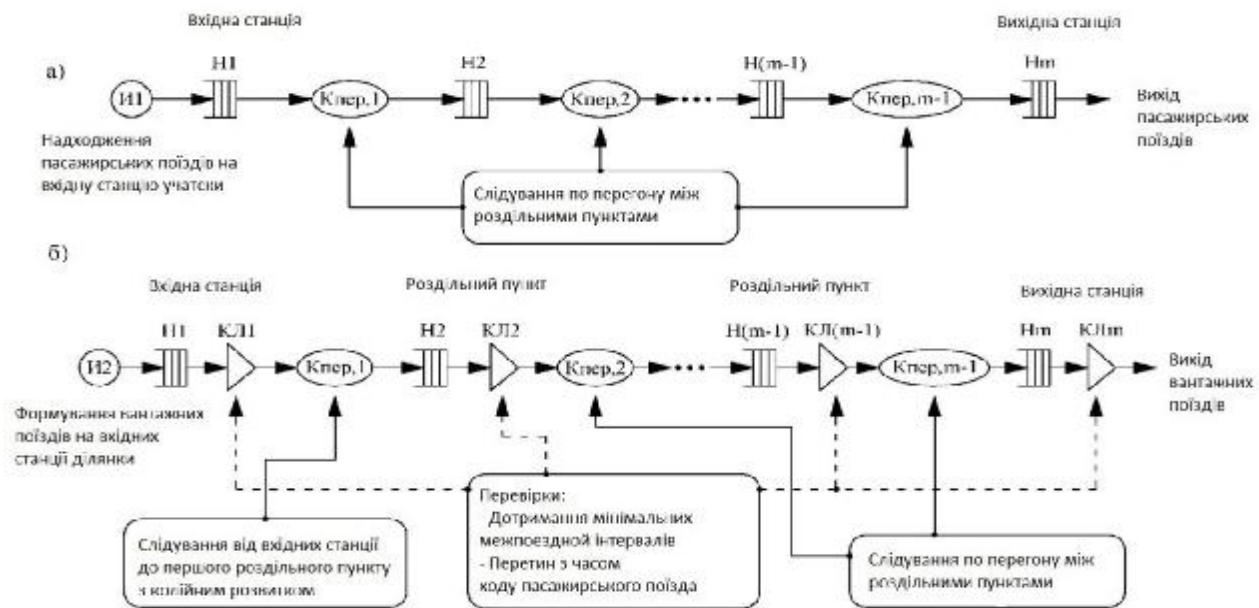


Рис. 1. Функціональна схема пропуску пасажирського (а) і вантажного (б) поїздів

Джерела імітують надходження на залізничну ділянку пасажирських і вантажних поїздів. Перші задаються детерміновано (за розкладом), а другі - ймовірністю; накопичувачами є роздільні пункти з колійним розвитком, призначені для зупинки поїздів, ємністю, яка визначається числом приймальних шляхів; канали відображають технічний стан ділянки (головні шляхи перегонів і роздільних пунктів).

Метою імітаційного моделювання є визначення затримок вантажних поїздів, що викликаються наданням «вікон» для виробництва колійних робіт з перевлаштування проміжних роздільних пунктів. Таким чином, вихідними даними моделі є число і тривалість затримок вантажних поїздів на ділянці за відсутності і наявності «вікна» для виконання робіт з реконструкції проміжних роздільних пунктів. [3]

При побудові моделі мовою GPSS передбачається, що вона може бути представлена сукупністю елементів і логічних правил їх взаємодії в процесі функціонування системи. Просування заявок (далі транзактів), що імітують поїзда різних категорій, між апаратними об'єктами (елементами реальної системи - перегонами, роздільними пунктами) здійснюється спеціальними блоками і відбувається в певні моменти часу, відповідні моменту чергового події. Розглянемо алгоритм функціонування моделі при пропуску непарних поїздів по залізничній ділянці, ілюструється на рисунку 2 за допомогою блок-діаграми. Порядок пропуску парного поїздопотoku аналогічний непарному.

Моделі складається з декількох блоків, що включають в себе основну «гілку» просування транзактів (перегони, роздільні пункти) і перевірки (на не перетинання з пасажирськими та вантажними поїздами, в тому числі і зустрічними на період «вікна» при закритті одного з головних шляхів роздільного

пункту). Зародження (інакше, генерація) транзактів - вантажних поїздів, що відповідає моменту їх готовності до відправлення на вхідних технічній станції, відбувається в блоці 1. Транзакту присвоюються кілька параметрів, необхідних для його просування: відповідно порядковий номер поїзда, необхідний для заповнення осередків матриць прибуття і відправлення та номер попереду йде вантажного поїзда, використовуваний для перевірок можливості відправлення на наступний роздільний пункт. Після перевірки можливості заняття поїздом приймально шляху, фіксування моменту його надходження, присвоєння порядкового номера роздільного пункту (для реалізації непрямої адресації при зміні роздільних пунктів) і заняття приймально шляху транзакт стає в чергу на вихід з роздільного пункту з фіксуванням часу його затримки за підсумками перевірки на можливість відправлення на перегін.

Перевіряється виконання інтервалу між часом прибуття поїзда на наступний роздільний пункт і відправлення з нього попутного вантажного поїзда. При невиконанні умови потенційний момент відправлення відсувається на необхідну величину.

Найважливішим моментом є перевірка на наявність «вікна» на наступному роздільному пункті, оскільки це вимагатиме додаткових перевірок на не перетинання не тільки з попутними, а й із зустрічними поїздами. Далі транзакт направляється на перевірки на не перетинання з пасажирськими поїздами спочатку через одну станцію, якщо вона не виконується, то з зупинкою на наступному роздільному пункті. Здійснюється це шляхом порівняння значень відповідних осередків матриць прибуття і відправлення вантажних і пасажирських поїздів.

Аналогічні перевірки виконуються на кожному роздільному пункті з затримкою на приймально-відправних коліях при необхідності.

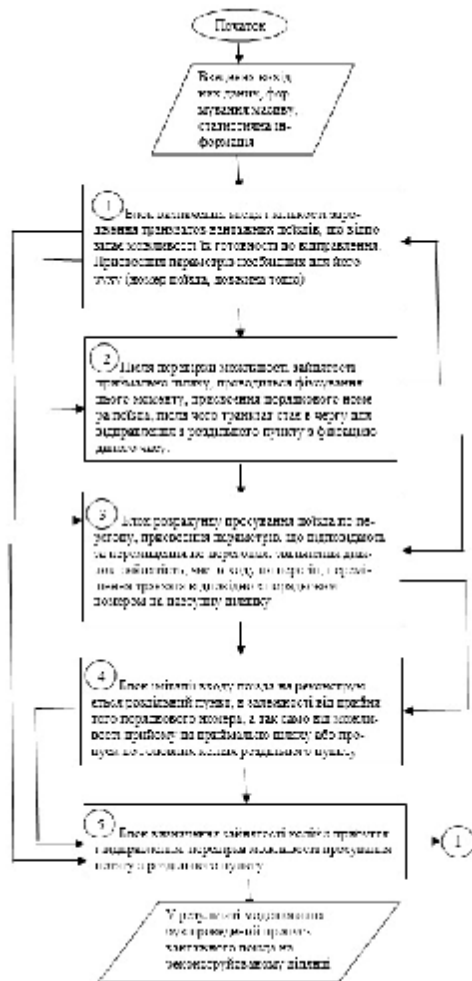


Рис.2. Блок діаграма моделює алгоритму пропуску вантажів поїздів по залізничній ділянці

Просування поїздів по перегонах реалізується присвоєнням параметром що відповідає за перехід між перегонами; зміна ділянки перегону в залежності від значення параметра; звільнення попереднього ділянки перегону або головного шляху роздільного пункту; (час ходу по ділянці перегону; переміщення транзат відповідно до призначення або на наступну ділянку перегону або на головні шляхи роздільного пункту. Останніми блоками імітується вхід поїзда на роздільний пункт, в залежності від прийнятого порядку просування он іде або на приймально-відправні колії для затримки, або слід по головному шляху без зупинки. При цьому перевіряється можливість пройти вантажному поїзду до наступної станції за умовою пропуску пасажирських поїздів порядком, описаним раніше [1]. Після проходження останній станції ділянки транзат видаляється з моделі.

Висновки. Метою імітаційного моделювання є визначення затримок вантажних поїздів, що викликаються наданням «вікон» для виробництва колійних робіт з перевлаштування проміжних роздільних

пунктів. Вихідними даними моделі були число і тривалість затримок вантажних поїздів на ділянці за відсутності і наявності «вікна» для виконання робіт з реконструкції проміжних роздільних пунктів. Обсяги робіт, що виконуються за роздільним пунктам при підготовці їх до швидкісного руху, залежать від безлічі факторів, головними з яких є план головних шляхів на підходах і в межах роздільного пункту, число приймально шляхів, розташування пасажирських пристроїв та інші [4]. При перебудові роздільних пунктів основний обсяг робіт припадає на головні шляхи. Тому при обґрунтуванні доцільності реконструкції роздільних пунктів при підготовці залізничних ліній до швидкісного руху пасажирських поїздів необхідно враховувати експлуатаційні втрати, викликані наданням «вікон» для виробництва колійних робіт з перевлаштування проміжних роздільних пунктів.

Література

1. Акулиничев В.М., Кудрявцев В.А., Корешков А.Н. Математичні методи в експлуатації залізниць. - М., Транспорт, 1981.-223 с.
2. Баланин А. М., Жабров С.С., Попов Ю. В. Програма підвищення швидкостей руху // Залізничний транспорт, 1986. - № 5.-С. 12-14.
3. Босв В.Д. Моделювання систем. Інструментальних ні засоби GPSS World: Учеб. посібник. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 368 с.
4. Бузанов С. П. Проблема станцій і вузлів при швидкісному транспорті. - М., Трансжелдориздат, 1939. - 116с.

References

1. Akulinichev VM, VA Kudryavtsev, roots AN
Mathematical methods in railway operation. - M.
Transport, 1981.-223 with.
2. Balanin AM, gills SS, Popov V. Pro-gram increase speeds
// rail transport, 1986. - № 5.-S. 12-14.
3. Fights VD Modeling systems. Instrumental internal funds
GPSS World: Textbook. allowance. - St. Petersburg.:
BHV-Petersburg, 2004. - 368.
4. Buzanov SP problem stations and nodes for velocity-speed
transport. - M., Transzheldorizdat 1939. - 116.

Варакута Е. А., Лозовой Д.Ю. Имитационное моделирование пропуска грузовых поездов по железнодорожному участку при проведении строительных и ремонтных работ.

В статье рассмотрены исследования методики расчета пропуска грузовых поездов на участке во время проведения строительных и ремонтных работ. Представленная имитационная модель позволяет учесть такие факторы, как интервал между отправлениями поездов, неравномерность пассажирского и грузового движения. Целью имитационного моделирования является определение задержек грузовых поездов, вызываемые предоставлением «окон» для производства путевых работ по переустройству промежуточных раздельных пунктов. Представлена совокупность элементов и логических правил их взаимодействия в процессе функционирования системы.

Ключевые слова: имитационное моделирование, высокоскоростное движение, модель, алгоритм, система.

Varakuta E., Lozovoy D. Simulation on freight trains railway section during construction and repair work.

The article describes the research methodology of calculating freight trains on the site during construction and repair work. Representing Retained simulation model allows to consider such factors as the interval between train departures, uneven passenger and cargo traffic. The purpose of the simulation is the definition of a freight train delays caused by the provision of "windows" for the production of track work on the reconstruction of intermediate separate points. The initial data model were the number and duration of delay of freight trains on the section in the absence and presence of a "window" to perform work on the reconstruction of intermediate operation points Represented by a set of elements and their interaction logic rules in the operation of the system. When restructuring operation points bulk of the work falls on the main roads. Therefore, the rationale for the reconstruction of separate points in the preparation of rail

lines to high-speed passenger trains must take into account the performance loss caused by the provision of "windows" for the production of track work on reconstruction of intermediate operation points.

Keywords: *simulation, high-speed motion, model, algorithm system.*

Варакута Е.О. - к.т.н., доцент кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті. СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Лозовой Д.Ю. - магістрант кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті. СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Нечаєв Г.І.

Стаття подана 23.02.2014

УДК 656.225

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СПРОСА НА ТРАНСПОРТНЫЕ УСЛУГИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Варакута Е.А., Шевчук А.Г., Варфоломеев А.В.

FEATURES OF FORMATION OF DEMAND FOR TRANSPORT SERVICES IN MODERN CONDITIONS

Varakuta E., Shevchuk A., Varfolomeev A.

В статье проведен анализ контейнерной системы, отечественный и зарубежный опыт развития контейнерных перевозок, проведена формализация процессов функционирования контейнерной транспортной системы и показателей, которые влияют на ее состояние. Проведено прогнозирование объемов внутренних и транзитных контейнеропотоков на сети железных дорог Украины. Общим показателем пользования контейнеров является их производительность. Одним из основных показателей, характеризующих качество использования контейнеров во времени, рассмотрен оборот контейнера.

Рассчитано время оборота контейнеров с учётом особенностей маневровой работы и реформирования составов на станции. Представлены основные зависимости для определения продолжительности переработки порожних и груженых контейнеров на специализированных пунктах для дальнейшего прогнозирования изменения контейнеропотоков с целью оперативного планирования железнодорожных перевозок. Указаны основные особенности учёта местных и транзитных контейнеропотоков с применением коэффициентов нормирования времени на их переработку.

Ключевые слова: контейнеропоток, логистическая цепь, время переработки, грузосортировочный пункт.

Введение. Железнодорожный транспорт в Украине имеет исключительно важное значение в жизнеобеспечении многоотраслевой экономики и реализации социально значимых услуг по перевозке грузов, он является составной частью производственно-транспортной логистической цепи, перед которой ставится цель достижения наивысшей экономической эффективности при осуществлении процессов производства и транспортировки грузов, что в значительной мере касается роста объема контейнерных перевозок [1-2].

В действующих до настоящего времени и утвержденных новых нормативных документах, регламентирующих отношения между железными дорогами, владельцами инфраструктур железнодорожного транспорта общего и необщего пользования, а та-

кже отправителями и получателями груза и другими физическими и юридическими лицами при пользовании услугами железнодорожного транспорта, пока не нашли должного отражения рыночные категории.

Рынок транспортных услуг представляет собой совокупность отношений между перевозчиками и производителями товаров, связанных с доставкой груза до места потребления с учетом момента возникновения потребности. В рамках взаимодействия транспортных организаций и грузовладельцев формируется рынок транспортных услуг, уровень спроса, предложения и цены [3].

Постановка проблемы. В рамках рыночной экономики (при реализации принципов маркетинга и логистики) особое значение приобретают проблемы формирования, управления и обеспечения устойчивого функционирования каналов грузо- и контейнеропотоков, поскольку 90-95% времени жизненного цикла товары находятся в процессе транспортировки. В странах с развитой рыночной экономикой такие каналы создавались годами, зачастую методом проб и ошибок, при активном вмешательстве государства (это особенно характерно для стран ЕС) и в настоящее время практически сформировались. Транспортный рынок нашей страны, находится в стадии формирования с присущими этому периоду ярко выраженными переходными процессами и неопределенностью их протекания [4].

Поэтому для формирования равновесного состояния на рынке транспортных услуг необходимо достижение разумного компромисса между субъектами конкурентной среды, позволяющего получить интегральный экономический эффект всем участникам рынка.

Важнейшими направлениями работы железнодорожного транспорта являются переход на наиболее экономичные и прогрессивные технологии, соответствующие требованиям рынка, значительное повышение эффективности производства и приве-

дение технического потенциала отрасли в соответствии с потребностями экономики в перевозках.

Одним из важнейших сегментов транспортного рынка являются перевозки контейнерных грузов.

В условиях обострения конкурентной борьбы в сфере контейнерных перевозок большое внимание уделяется оптимизации, планированию, организации и управлению работой транспорта промышленных узлов, в которых перерабатываются массовые контейнеропотоки, ведется поиск эффективных проектных, технических, технологических и организационных решений.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросами оптимизации грузо- и контейнеропотоков в разное время занимались видные ученые: Р. Акофф, Н.П. Бусленко, В.В. Дружинин, С.Д. Конторов, В.И. Николаев, В.И. Сергеев, Ю.М. Цветов, А.А. Смехов, Л.Б. Миротин, С.М. Резер, С.В. Саркисов, К.Н. Клименко, А.Т. Дерibas, В.М. Акулиничев, Е.В. Архангельский, К.А. Бернгард, А.Ф. Бородин, В.К. Буянова, В.К. Доли, М.Д. Иловайский, Г.И. Нечаев, В.Т. Осипов, А.П. Петров, В.А. Ивницкий, А.Д. Каретников, В.Е. Козлов, В.А. Кудрявцев, В.И. Некрашевич, А.К. Угрюмов, А.Д. Чернугов, П.А. Яновский, О.М. Бабичков, А.В. Бикадоров, Б.Е. Боднар, Т.В. Бутько.

Цель статьи. прогнозирование объемов внутренних и транзитных контейнеропотоков на сети железных дорог Украины.

Результаты исследований. Обобщающим показателем использования контейнеров является их производительность. Одним из основных показателей, характеризующих качество использования контейнеров во времени, является оборот контейнера. Этот показатель планируют для Укрзализныци и каждой дороги. На Укрзализныце он выражает время, необходимое на выполнение всего цикла операции от момента загрузки контейнера до момента следующей его загрузки. В пределах же дороги в понятие оборота вкладывают иное содержание. Здесь лишь часть контейнеров, перевозимых в местном сообщении, имеет и загрузку, и разгрузку. Другая часть имеет или загрузку (контейнеры на вывоз) или разгрузку (при ввозе контейнеров). Третья часть, проходящая дорогу транзитом, не имеет ни загрузки, ни разгрузки. Поэтому на дороге оборот выражает среднее время от момента загрузки контейнера или приема его в груженом состоянии до момента следующей его загрузки или сдачи.

Время оборота может быть рассчитано путем деления рабочего парка контейнеров на работу, выраженную в количестве контейнеров в сутки. Однако для более точного нормирования этого показателя по всем составным элементам необходимо использовать расчлененные формулы.

Расчлененные по элементам формулы соответственно груженого O_{gp}^k и полного O_n^k оборота контейнеров в сутках могут быть представлены в следующем виде:

$$O_{gp}^k = \frac{1}{24} \left[\frac{l_{gp}^k}{v_k} + \frac{l_{gp}^k}{l_{mex}} t_{mex} + 0,5k_m (t_{cm} - t_{ng}^{kn} + t_{mzo}) + \frac{N_{corm}}{U_p} T_{corm} \right],$$

$$O_n^k = \frac{1}{24} \left[\frac{l_n^k}{v_k} + \frac{l_n^k}{l_{mex}} t_{mex} + 0,5k_m (1 + a_k) \times \right. \\ \left. \times (t_{cm} - t_{ng}^{kn} + t_{mzo}) + \frac{N_{corm}}{U_p} T_{corm} \right],$$

где l_{gp}^k и l_n^k – соответственно груженный и полный рейсы контейнера, км; v_k – участковая скорость продвижения вагонов с контейнерами, км/ч; l_{mex} – среднее расстояние между техническими станциями, км; t_{mex} – среднее время нахождения контейнера на одной технической станции, ч; t_{ng}^{kn} – простой вагонов на путях контейнерного пункта, ч; N_{corm} – общее число переработанных (отсортированных) транзитных контейнеров; T_{corm} – среднее время нахождения контейнера на станции сортировки, ч.

При определении величины T_{corm} необходимо иметь в виду, что вагоны с транзитными контейнерами при подаче их на контейнерную площадку под сортировку должны рассматриваться как местные. Сортировка производится, как правило, на технических станциях, где вагоны с контейнерами подвергаются переформированию. Время на эту операцию учтено уже во втором элементе формулы оборота. Поэтому

$$T_{corm} = t_{cm} + t_{corm} - t_{mex},$$

где t_{corm} – среднее время нахождения контейнера на площадке непосредственно под сортировкой, ч; U_p – работа контейнерного парка; k_m – коэффициент местной работы; выражающий число операций с гружеными контейнерами, приходящихся на единицу работы, т. е.

$$k_m = \frac{U_n^{gp} + U_s^{gp}}{U_p}.$$

Поскольку для Укрзализныци $U_n^{gp} = U_s = U_p$, то $k_m = 2$. Очевидно, что для дороги $k_m < 2$.

Величины t_{cm} и t_{mzo} – среднее время нахождения контейнера на станциях погрузки и выгрузки соответственно на вагонах и под транспортно-экспедиционными операциями, ч.

В сумме величины t_{cm} и t_{mzo} показывают время нахождения контейнера на станции от момента его прибытия до момента отправления. Величина

$t_{пв}^{kn}$ вычитается, так как входит в t_{cm} и в $t_{мэо}$. С введением коэффициента местной работы эти величины в формулах оборота представлены слагаемым $0,5k_m(t_{cm} + t_{мэо})$.

Величина a_k – коэффициент, выражающий отношение объема переработки порожних контейнеров к грузеным, изменяющийся от 0 до 1; с помощью этого коэффициента дополнительно учитывается время на выполнение технических, грузовых и транспортно-экспедиционных операций с порожними контейнерами при разных объемах их переработки.

Норма времени переработки местного контейнера $t_{мэо}$ в часах при строгом соблюдении календарного расписания дней приема к перевозке грузеных контейнеров по направлениям, установленной продолжительности работы складов клиентуры, автотранспорта и других нормативов, предусматриваемых рациональным технологическим процессом работы, может быть рассчитана по приводимым ниже формулам.

Если контейнерный пункт работает круглосуточно, то время нахождения каждого контейнера на контейнерных пунктах охватывает период от момента окончания подачи вагонов с контейнерами на контейнерный пункт до момента окончания загрузки вагона, на который погружен данный контейнер. Если контейнерный пункт не работает круглосуточно, то время переработки контейнеров исчисляется так же, как и при круглосуточной работе, если вагоны поданы в рабочее время, и от начала работы контейнерного пункта, если вагоны поданы в нерабочее время. Величина $t_{мэо}$ равна:

при отсутствии обменных пунктов контейнеров на предприятиях

$$t_{мэо} = \frac{T_{kn}}{x} + 24(2a - 1) - T_a - 0,5t_n + \frac{N_y}{N_m^c} t_y;$$

при наличии обменных пунктов

$$t_{мэо} = \frac{T_{kn}}{x} + 24(2a - 1) - T_a - 0,5t_n + 24 \frac{N_{cn}}{N_m^c} + \frac{N_y}{N_m^c} t_y.$$

Отдельные элементы времени переработки местного контейнера можно рассчитать по следующим формулам: от прибытия до вывоза

$$t_{np} = 0,5T_{kn} \left(1 + \frac{1}{x} \right) - 0,5(T_a + t_a) + 24(2a_1 - 1) \frac{N_y}{N_m^c} t_y;$$

на обменных пунктах

$$t_{on} = 24 \frac{N_{on}}{N_m^c};$$

от завода до окончания погрузки в вагоны

$$t_{ок} = 0,5(T_a - t_a) + 24 - T_a 0,5T_{kn} \left(1 - \frac{1}{x} \right) - 0,5t_n + 24(a_2 - 1)$$

В приведенных формулах приняты следующие обозначения:

T_{kn} – продолжительность работы контейнерного пункта в течение суток, ч;

x – среднесуточное число подач вагонов на пути контейнерного пункта;

t_n – средняя продолжительность загрузки одной подачи вагонов, ч;

a_1 – коэффициент пропорциональности между прибытием и вывозом контейнеров;

a_2 – коэффициент пропорциональности между ввозом и отправлением контейнеров;

a – общий коэффициент, учитывающий пропорциональность между ввозом и отправлением, а также между прибытием и вывозом контейнеров, равный $0,5(a_1 + a_2)$;

T_a – средняя продолжительность работы автомобиля эксплуатационного парка на ввозе-вывозе контейнеров в течение суток, ч;

t_a – среднее время нахождения контейнера непосредственно на автомобиле (оборот автомобиля), ч;

N_m^c – среднесуточная погрузка грузеных и порожних контейнеров в условном исчислении;

N_y – среднесуточное количество контейнеров, о прибытии которых грузополучателей необходимо извещать по почте;

t_y – время от посылки почтового уведомления до раскредитования документов, ч;

N_{on} – среднесуточная норма обменного парка в учетном исчислении.

Величина a_1 определяется отношением среднесуточного вывоза контейнеров автотранспортом в рабочие дни недели к среднесуточному прибытию их по железной дороге в течение всех дней недели. Коэффициент a_2 исчисляется делением среднесуточного ввоза контейнеров автотранспортом в рабочие дни недели на среднесуточное отправление их в течение всех дней недели.

Время переработки транзитного контейнера в часах равно на грузосортировочных пунктах

$$t_{сорм} = \frac{T_{kn}}{x} - 0,5t_n + 24z;$$

на сортировочных пунктах

$$t_{сорм} = 0,5t_n + \frac{100e_n}{N_{mp}^c},$$

где z – доля транзитных контейнеров, находящихся на площадке под накоплением, в среднесуточной переработке контейнеров;

e_n – число назначений по плану формирования, куда направляются вагоны, формируемые из транзитных контейнеров;

100 – уточные контейнеро-часы накопления комплектов контейнеров на одно назначение плана формирования;

N_{tr}^c – среднесуточное прибытие (отправление) транзитных контейнеров на контейнерный пункт.

Вывод. При правильном прогнозировании контейнерных перевозок в пределах транспортных коридоров, почти всегда можно ожидать прогнозируемый результат, и таким образом, получить максимальный экономический эффект

Л и т е р а т у р а

1. Аксенов И.М., Пасечник В.В. Особенности реструктуризации в современных условиях // *Залізничний транспорт України*. – 2001. – №1. – С. 7-11.
2. Бабаев С.М. Организация контейнерных перевозок в условиях рыночной экономики // *Железнодорожный транспорт*. – 2002. – № 6. – С.14-24.
3. Анненков А.А. Повышать конкурентоспособность контейнерных перевозок // *Железнодорожный транспорт*. – 2000. – №2. – С. 29-31.
4. Батисс Ф. Грузовые перевозки на железных дорогах мира // *Железные дороги мира*. – 1993. – № 2. – С.13-27.

R e f e r e n c e s

1. Aksenov I.M., Pasechnik V.V. Osobennosti restrukturyzatsii v sovremennykh usloviyakh // *Zaliznichnij transport Ukraini*. – 2001. – №1. – S. 7-11.
2. Babaev S.M. Organizacija kontejnernih perevozok v usloviyakh rynochnoj jekonomiki // *Zheleznodorozhnyj transport*. – 2002. – № 6. – S.14-24.
3. Annenkov A.A. Povyshat' konkurentosposobnost' kontejnernih perevozok // *Zheleznodorozhnyj transport*. – 2000. – №2. – S. 29-31.
4. Batiss F. Gruzovye perevozki na zheleznyh dorogah mira // *Zheleznye dorogi mira*. – 1993. – № 2. – S.13-27.

Варакута Є.О., Шевчук А.Г., Варфоломєєв О.В. Особливості формування попиту на транспортні послуги в сучасних умовах.

У статті проведено аналіз контейнерної системи, вітчизняний та зарубіжний досвід розвитку контейнерних перевезень, проведена формалізація процесів функціонування контейнерної транспортної системи і показни-

ків, які впливають на її стан. Проведено прогнозування обсягів внутрішніх та транзитних контейнеропотоків на мережі залізниць України. Загальним показником користування контейнерів є їх продуктивність. Одним з основних показників, що характеризують якість використання контейнерів в часі, розглянуто оборот контейнера.

Розраховано час обороту контейнерів з урахуванням особливостей маневрової роботи та переформування складів на станції. Представлені основні залежності для визначення тривалості переробки порожніх і навантажених контейнерів на спеціалізованих пунктах для подальшого прогнозування зміни контейнеропотоків з метою оперативного планування залізничних перевезень. Вказані основні особливості обліку місцевих і транзитних контейнеропотоків із застосуванням коефіцієнтів нормування часу на їх переробку

Ключові слова: контейнеропотік, логістичний ланцюг, час переробки, вантажосортувальний пункт.

Varakuta E., Shevchuk, A., Varfolomyeyev A. Features creating demand for transport services in today's environment.

The article analyzes the container system, domestic and foreign experience in the development of container transport, held formalization of the functioning of the container transport system and indicators that affect its condition. Held predictions of domestic and transit of container on the rail network in Ukraine. General indicator of use of containers is their performance. One of the main indicators characterizing the quality of use of containers in time, considered the container turnover.

Calculated time of turnover of containers allowing for the shunting work and reshaping trains at the station. The basic relations for determining the duration of the processing of empty and laden containers at collection point for forecasting changes of container for the purpose of operational planning of rail transport. Shows the main features of the account of local and transit of container using coefficients valuation time on their processing

Keywords: container, logistics chain, time processing, vantage sortuvalny item.

Варакута Є.О. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ЧНУ ім. В. Даля.

Шевчук А.Г. – магістр кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ЧНУ ім. В. Даля.
Варфоломєєв О.В. – завідувач лабораторією кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ЧНУ ім. В. Даля. e-mail: sasho_87@mail.ru

Рецензент: д.т.н., проф. Горбунов М.І.

Стаття подана 22.02.2013

УДК 656.2

ЗАСТОСУВАННЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ

Волчок Л. Г.

APPLICATION CALENDAR PLANNING IN THE ORGANIZATION OF LOCAL WORK

Volchok L.

У статті розглянута можливість збільшення частки маршрутизації і збільшення відсотків поїздів, що звертаються по твердим нитками графіка руху поїздів за допомогою календарного планування. Встановлено залежності які дозволяють скоротити розміри виплат штрафів за прострочення доставки вантажу, скоротити оборот вагонів внаслідок зменшення простою вагонів на технічних станціях, скоротити нерівномірності навантаження протягом звітного періоду (місяця) і т.д. Наведено підхід який дозволить збільшити якість календарного планування за рахунок зменшення кількості елементів ланцюга, і як наслідок, зменшити експлуатаційні витрати.

Ключові слова: маршрутизація, календарне планування, переробна спроможність, оборот вагонів, технічні станції, нерівномірність навантаження.

Вступ. Протягом останніх декількох років спостерігається збільшення експортних вантажних перевезень. Але при збільшенні перевезень не спостерігається збільшення частки маршрутизації. Ці два фактори призводять до зростання вагонопотоку, який перероблюється на технічних станціях, що підвищує простої і оборот вагонів, збільшуючи в свою чергу робочий парк. Для переробки збільшеного вагонопотоку необхідно створювати додаткові та розвивати існуючі станції, що призведе до значних капітальних витрат. Уникнути значних інвестицій в розвиток залізничної інфраструктури при зменшенні обороту вагонів та експлуатаційних витрат можливо за рахунок збільшення частки маршрутизації, особливо ступінчатої, адже навантаження вантажів розосереджене по багатьох станціях дільниці.

Виклад основного матеріалу. Збільшення частки маршрутизації можна досягнути за рахунок календарного планування. Окрім того, при календарному плануванні можна збільшити відсоток поїздів, які обертаються за твердими нитками графіка, скоротити розмір виплат штрафів, скоротити оборот вагонів внаслідок зменшення простою на технічних

станціях, скоротити нерівномірність навантаження протягом звітного періоду.

Отже, календарне планування передбачає рівномірний розподіл навантаження, згідно з днями календарного циклу, наприклад, місячного навантаження вантажовідправників, згрупованих за станціями призначення вантажопотоку.

Календарний план необхідно виконувати за умови дотримання таких вимог [1, 2]:

- 1) сумарне навантаження за призначенням i -го плану формування в середню добу календарного циклу (місяця) не повинне перевищувати або бути нижче середньодобового навантаження на полігоні, який розглядається, з урахуванням можливого відхилення

$$\sum_{i=1}^m N_i^{KP} = N_k \pm \Delta N$$

де $\sum_{i=1}^m N_i^{KP}$ — добові обсяги навантаження за календарним планом на групу i призначень, ваг.;

N_k — середньодобові обсяги навантаження всіма вантажопотоками, ваг.;

ΔN — допустимі відхилення сумарного навантаження по призначенням від N_k , при введенні календарного плану, ваг.

- 2) сумарне прибуття вантажів на станцію призначення на заплановану добу не повинно бути більше переробної спроможності вантажувального комплексу та перевищувати місткість складу

$$\sum M_i^j \leq E_{скл} - \Delta E_{скл} + Q_{np}^{gap}, i = [1, m]; j = [1, d]$$

$$\sum M_i^j \leq \sum_{k=1}^n n_k \Pi_k T_k$$

де $\sum M_i^j$ — сумарне прибуття M вантажів з i -го напрямку та j виду транспорту, т;

$E_{скл}$ – наявна місткість складу, т;

$\Delta E_{скл}$ – можливе заповнення складу, т;

$Q_{пр}^{вар}$ – обсяг вантажу, який перевантажується

за прямим варіантом, т;

$\sum_{k=1}^n n_k P_k T_k$ – середньодобова продуктивність

всіх механізмів, т;

n_k – кількість механізмів k -го типу;

P_k – продуктивність механізму k -го типу за годину;

T_k – кількість робочого часу за добу механізму k -го типу, год/доб.

3) календарне планування повинно бути вигідним не тільки для залізниці (скорочення переробки та ін.), а і для вантажовідправників та вантажоодержувачів за рахунок удосконалення тарифної політики і надання знижок вантажовідправнику.

Систему знижок, які надаватимуться вантажовідправнику, необхідно розраховувати виходячи за економічного ефекту від скорочення переробки вагонів на попутних технічних станціях та від зменшення обороту при календарному навантаженні вантажів. Представлена система знижок повинна враховувати економічний ефект не тільки від календарного навантаження вантажів, а і від формування маршрутних поїздів.

Такий підхід допоможе не тільки зацікавити вантажовідправників та компанії, які займаються перевезеннями, а й знизити переробку на технічних станціях та зменшити оборот вагона на технічних станціях.

Також календарне планування повинно враховувати і незалежні від залізничників умови, наприклад, погодні. Через неприйом деякими портами вантажів через погодні умови на підходах до порту з'являється велика кількість «кинутих» поїздів. Для зменшення цього при складанні календарного плану, якщо вантажопотік прямує в порти, необхідно, за згодою сторін, робити запит прогнозу погодних умов та при необхідності, за згодою вантажовідправника, або здвигати строк навантаження вантажів, або відправляти вантаж на адресу іншого порту з урахуванням вищенаведених умов. При такому підході кількість «кинутих» поїздів на залізницях, які обслуговують порти, значно скоротиться.

Після виконання розрахунків за вищенаведеними обмеженнями необхідно встановити цикл календарного плану виходячи з таких умов, що є лімітуючими:

— умова вивантаження

$$T_{ij}^e = \frac{m_c^a}{R_{ij}}$$

де m_c^a – узагальнена норма групи вагонів на станції навантаження, ваг.;

R_{ij} – розрахункова середньодобова величина

відвантаження продукції з i -го підприємства на станцію j , ваг.

— умова продуктивності вантажно-розвантажувальних механізмів

$$T_{ij}^{mex} = \frac{P_j t_k}{j \sum_{i=1}^n H_i q_i}$$

де P_j – продуктивність механізму, т/год.;

t_k – тривалість роботи механізму протягом доби, год.;

j – коефіцієнт нерівномірності подач;

$\sum_{i=1}^n H_i$ – добова норма відправлення вантажу на

максимальні за обсягами напрямки, ваг.;

q_i – статичне навантаження на вагон i -го типу навантаження, т.

Продуктивність вантажно-розвантажувальних механізмів розраховується як для вантажовідправника (можливість навантажити групу вагонів), так і для вантажоодержувача (можливість вивантажити групу вагонів).

— умова складування продукції

$$T_{ij}^{скл} = \frac{E_{скл} - \Delta E_{скл}}{Q_{скл} - Q_{пр}^{вар}}$$

де $Q_{скл}$ – добове надходження вантажу (враховується з усіх видів транспорту), т.

Як розрахунковий цикл приймається мінімальне значення за пристроєм, що є лімітуючим. Розрахунковий період календарного навантаження для кожного призначення встановлюється виходячи з максимальної групи вагонів, які прямують на даресу вантажоодержувача.

Календарне планування в перевізному процесі повинно виконуватися за схемою «вантажовідправник (виробник продукції) – перевізник (експедиторська або операторська компанія та залізниця)». Такий підхід до перевізного процесу дозволить підвищити якість календарного планування за рахунок зменшення кількості елементів ланцюга в перевізному процесі, внаслідок чого підвищиться відсоток маршрутизації, скоротиться обіг вагонів та простою вагонів у місцевій роботі, і як наслідок, скоротяться експлуатаційні витрати.

Висновок. В сучасних умовах при застосуванні календарного планування необхідно виходити з принципів логістики та враховувати не тільки умови розподілу навантаження, прибуття вантажів з різних видів транспорту, переробку складських механізмів, заповнення складських місткостей, але й погодні умови, наявність транспортних засобів на підходах при змішаних перевезеннях, особливо при перевезенні вантажів через морські порти. Таким чином, при календарному плануванні можливо збільшити частку поїздів, які обертаються за твердими нитками графіка, скоротити виплату штрафів за прострочен-

ня доставки вантажу, скоротити оборот вагона за рахунок зменшення простою на технічних станціях, скоротити нерівномірність навантаження протягом звітного періоду та ін.

Л и т е р а т у р а

1. Методические указания по календарному планированию погрузки немаршрутизируемых грузов [Текст]: МПС СССР. Главное управление движения. – М.: Транспорт, 1983. – 32 с.
2. Гоманков В. С. Организация местной работы на участках и направлениях при формировании ступенчатых маршрутов [Текст]: / В. С. Гоманков, А. В. Рыженков // Неделя науки: Тр. науч.-практ. Конференция. – М.: МИИТ, 2005. – С. 9-10.

R e f e r e n c e s

1. Methodical instructions on the calendar planning committee cargo loading non-routable [Text]: MPS USSR. General directorate of movement. - Moscow: Transport, 1983. – 32 p.
2. Gomanov V.S. Organization of local work on sections of the directions and routes in the formation step [Text] / V.S. Gomanov A.V. Rizhenkov // Science Week: Tr. scientific-practical conference. - M.: Engineering, 2005. - P. 9-10.

Волчок Л. Г. Применение календарного планирования при организации местной работы.

В статье рассмотрена возможность увеличения доли маршрутизации и увеличение процентов поездов которые обращаются по твердым нитками графика движения поездов с помощью календарного планирования. Установлены зависимости которые позволяют сократить размеры выплат штрафов за просрочку доставки груза, сократить оборот вагонов вследствие уменьшения простоя вагонов на технических станциях, сократить неравномерности нагрузки в течение отчетного периода (месяца) и т.д. Приведен подход который позволит уве-

личить качество календарного планирования за счет уменьшения количества элементов цепи, и как следствие, уменьшить эксплуатационные расходы.

Ключевые слова: маршрутизация, календарное планирование, перерабатывающая способность, оборот вагонов, технические станции, неравномерность нагрузки.

Volchok L. Application calendar planning in the organization of local work.

The article discusses the possibility of increasing the proportion of routing and increased percent of trains coming in for a solid thread of train schedule through scheduling. The dependencies that reduce the size of payments of fines for late delivery of goods, reduce turnover of cars due to the reduction of demurrage on technical stations, reduce uneven load during the reporting period (month) etc.

An approach that will increase the quality of scheduling by reducing the number of circuit elements, and as a consequence, to reduce operating costs.

Also proposed in this article the system of discounts to be provided to the sender, which must be calculated on the basis of the economic effect of reducing the processing of cars on free technical stations and reduction of turnover in scheduling. The present system of discounts should consider the economic effect not only on the calendar loading goods, but also from forming block trains.

Such an approach would not only be interested shippers and companies that deal with transportation, but also reduce the processing on technical stations and reduce the turnover of wagons.

Keywords: routing, scheduling, processing capacity, the turnover of cars, technical stations, uneven loads.

Волчок Л.Г. – викладач Кіровського транспортного технікуму.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 24.02.2014

УДК 621.22

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА: РАСЧЕТ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Горбунов Н.И., Мокроусов С.Д., Ноженко Е.С., Кара С.В.

IMPROVING THE RELIABILITY OF FREIGHT CAR BOGIE: CALCULATION AND PRACTICAL IMPLEMENTATION

Gorbunov N., Mokrousov S., Nozhenko E, Kara S.

В статье рассмотрены пути совершенствования тележки грузового вагона типа 18-100, проанализированы причины изломов, что позволило предложить ряд технических решений, направленных на улучшение показателей надежности и динамики тележки. Кроме того, рассмотрена возможность и доказана перспективность использования предварительно напряженных элементов в раме тележки, что снижает величину напряжений в элементах конструкции при нагружении. Установлено, что напряжения в радиусных переходах надопорного пояса во внешнюю челюсть и наклонный пояс при применении предложенных технических решений ниже, чем в стандартной боковой раме тележки.

Ключевые слова: рама тележки, грузовой вагон, излом, предварительно напряженная конструкция, струнка, прокат.

Постановка проблемы. В настоящее время на сети железных дорог Украины, России и других стран СНГ сформировалась чрезвычайно неблагоприятная ситуация в сфере безопасности движения, связанная со значительным увеличением числа случаев излома боковых рам тележек грузовых вагонов.

Статистика изломов боковых литых рам тележек вагонов имеет следующий характер (рис. 1) [1, 2].

Каждый такой излом сопряжен, как минимум, со сходом вагона или вагонов, что иногда приводит к крушениям, которые сопряжены с человеческими жертвами. При этом до 2006 года такого рода повреждения были весьма нехарактерным событием и происходили крайне редко [3].

Причин этих явлений множество, среди которых: ухудшение качества литья, значительное изменение условий работы вагонов на железнодорожном транспорте (вес грузового поезда за последние 30 лет возрос на 95%, а среднесуточный пробег вагона – на 80%, нагрузка на ось возросла с 21 тс до 22тс, 23 тс, 23,5 тс и 25 тс), что увеличило циклические нагрузки, связанные с режимами работы вагонов.

По данным ОАО «РЖД» [2] анализ изломов боковых рам, на основе комплексной оценки всех факторов, влияющих на них, с учетом статистики, показал:

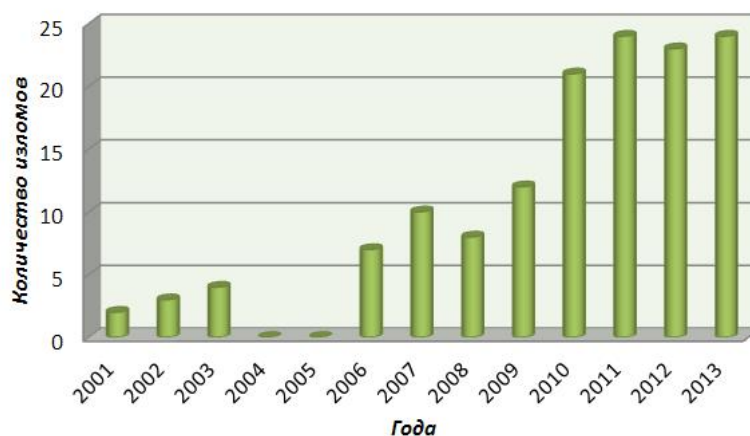


Рис. 1. Статистика изломов боковых литых рам тележек вагонов [1]

- ❑ большая часть боковых рам, имеет значения показателя ударной вязкости KCV -60, что не соответствует требованиям НБ ЖТ ТМ 02-98;
- ❑ потенциально к «группе риска» относятся все боковые рамы по черт. 100.00.002-04 (не усиленной конструкции);
- ❑ наибольший риск представляют рамы со сроком службы (в порядке убывания риска) 2, 3, 1, 4, 5;
- ❑ незначительная зависимость от предыдущей или сопутствующей отбраковке по эксплуатационным неисправностям тележки, создающим повышенную динамическую нагрузку в зоне R – 55.

Наиболее распространенная на территории стран СНГ тележка грузового вагона типа 18-100, разработанная еще в 1956 году, принципиальным изменениям не подвергалась. Простые по конструкции и в обслуживании тележки модельного ряда 18-100 имеют ряд характерных недостатков, основными из которых являются повышенное динамическое воздействие на путь из-за значительной массы необрессоренных частей и интенсивного износа трущихся поверхностей в буксовом узле, фрикционной пары трения центрального рессорного подвешивания и другие. Повышенный износ колес (подрез гребней) и рельсов вызван перекосом рамы в плане и "забеганием" боковин вследствие недостаточной их "связанности", что увеличивает угол набегания колес на головки рельсов. Это приводит к существенному уменьшению коэффициента запаса устойчивости от вползания колеса на рельс и, как следствие, ограничению скорости движения. При этом основные трудности при конструировании тележки грузового вагона заключаются в противоречивости предъявляемых к ней требований для движения в прямых и кривых, в режиме выбега и торможения и наложенных ограничений:

- вертикальная жесткость из-за разности высот автосцепок вагонов в груженом и порожнем состоянии (45 мм) не может быть уменьшена;
- ограничение габаритов для рессорного подвешивания;
- невозможность уменьшения массы тележки из-за роста напряжения в ее элементах.

Цель статьи – разработка новых технических решений для совершенствования конструкции тележки грузового вагона с целью улучшения ее показателей надежности и динамических качеств.

Материалы и результаты исследования. Обновление парка тележек грузовых вагонов предусматривает две концепции [4]: первая базируется на модернизации серийной тележки типа 18-100, вторая – это создание тележек нового поколения принципиально новой конструкции. Концепция модернизации тележки 18-100 является вынужденной мерой с ограниченной эффективностью ввиду непрерывного повышения нагрузок на ось, увеличения скорости движения, среднесуточного пробега и т.д. Вторая концепция неизбежна в связи с тем, что трехэлементная тележка практически исчерпала возможности

значительного улучшения своих потребительских свойств.

Проведенный анализ работ по модернизации тележек типа 18-100 показал, что резервом в улучшении ее прочностных и динамических является [4]:

- установка струнки в буксовом проеме боковины рамы тележки, которая обеспечит перераспределение нагрузок между ее поясами (верхним и нижним), что снизит вероятность возникновения трещин;
- конструкция буксового узла с упругостью и демпфированием обеспечит уменьшение неподдрессоренной массы, уменьшит воздействие на путь и повысит допустимую скорость движения;
- установка струнки и страховочного элемента по верхнему поясу (в виде троса) между струнками обеспечит безопасность движения при изломе боковины;
- сбалансированное в горизонтальной плоскости подвешивание увеличит допустимые скорости движения в прямых и кривых участках пути, износ колес и рельсов;
- создание конструкции буксового узла с возможностью регулирования продольного зазора между корпусом буксы и челюстями резко уменьшит динамическую нагруженность боковины и повысит надежность эксплуатации тележек, создаст возможность поддерживать величины зазора в пределах 2 мм за счет сменных накладок между буксой и челюстями;
- выполнение боковины тележки из сортового проката с предварительными напряжениями со знаком обратным рабочим напряжениям в местах наибольших нагрузок позволит резко уменьшить напряженное состояние боковины и ее вес.

Новым направлением в создании тележки вагона взаменозаменяемой с тележкой типа 18-100 может явиться прокатно-сварная поясная конструкция.

Авторами проведены предварительные теоретические исследования для проверки перспективности некоторых из предложенных выше технических решений.

В частности, использование предварительно напряженных конструкций в элементах боковой рамы тележки. Для примера рассмотрена балка в виде трубы квадратного сечения (рис. 2), нагруженная по схемам, представленным на рис. 3а и 3б.

Сила P' , создающая предварительные напряжения в балке, может быть рассчитана как:

$$P' = (E \cdot F \cdot \delta) / l;$$

где E - модуль Юнга материала;

F - площадь сечения стержня;

δ - линейная деформация растяжения (сжатия);

l - длина стержня.

Результаты расчета зависимости прогиба и максимальных напряжений от силы P в балке и двух ее вариантов с закрепленными стержнями диаметрами 3 и 4 мм, которые создают предварительное напряжение в балке, выполненного в программе DesignSpace 5.0 (Ansys inc.), представлены на рис. 4.

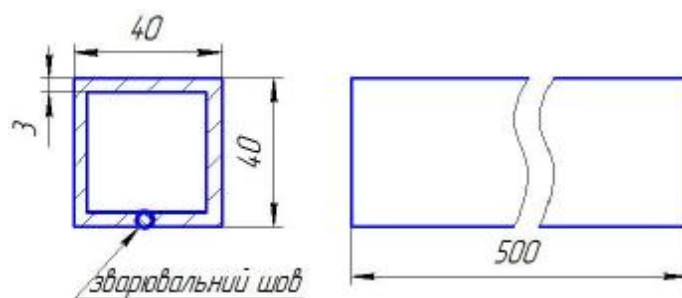


Рис. 2. Параметри балки

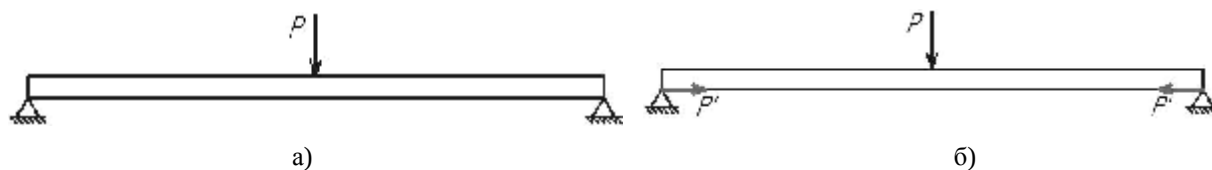
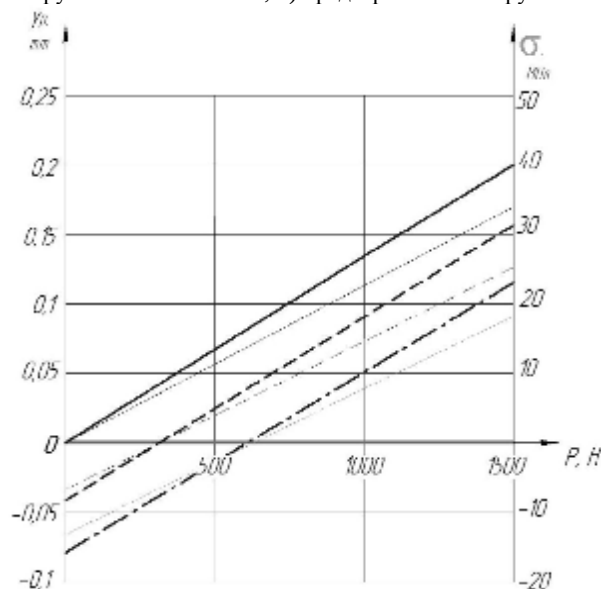


Рис. 3. Схема навантаження балки:

а) без попередньо навантаженого стану; б) попередньо навантажена конструкція

Рис. 4. Залежність прогибу і максимальних напружень від сили P :

— — — — — прогиб балки без попередніх напружень; — — — — — максимальне напруження в балці без попередніх напружень; — — — — — прогиб балки з попереднім напруженням від стержня $d = 3$ мм; — — — — — максимальне напруження в балці з попереднім напруженням від стержня $d = 3$ мм; — — — — — прогиб балки з попереднім напруженням від стержня $d = 4$ мм; — — — — — максимальне напруження в балці з попереднім напруженням від стержня $d = 4$ мм

Аналізуючи залежності прогибу і максимальних напружень від сили P (рис. 4) слід зрозуміти значне зменшення напружень і величини прогибу балки при попередньому напруженні, яке створює прогиб балки в протилежну сторону і напруження з протилежним знаком без навантаження. Зменшення прогибів і напружень в попередньо напруженій балці досягається без збільшення ваги конструкції, тому такі конструкції раціонально використовувати в рамних конструкціях для удосконалення конструкцій тележок вантажних вагонів.

Практичне застосування запропонованого способу для удосконалення конструкції бокової

рамы можливо в цілях зменшення напружень в зонах радіусних переходів буксового проема. Встановлено, що екстремальні навантаження, які разом з литими дефектами викликають вигини бочок тележок, виникають на сортувальних горках в двох випадках руху: при швидкості близько 5 км/ч при входженні вагона в вагонний уповільнювач або при швидкості близько 15 км/ч при зіткненні вагонів після проходження вагонного уповільнювача [5]. В таких умовах еквівалентні напруження досягають майже 200 МПа в зонах радіусних переходів надпорию пояса во зовнішню щелесть і нахилний пояс (рис. 5).

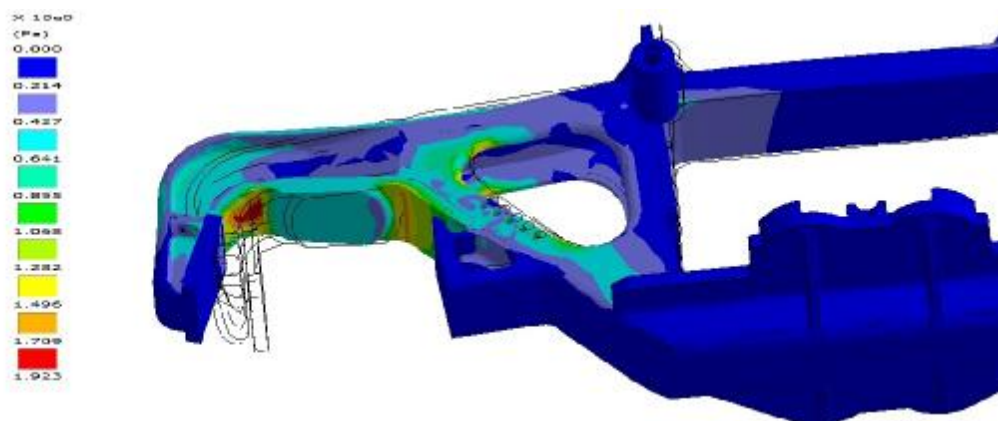


Рис. 5. Диаграмма максимальных эквивалентных напряжений боковой рамы тележки на сортировочных горках

Для снижения напряжений в обозначенных зонах известно использование буксовых струнок для уменьшения напряжений в челюстях тележки на маневренном тепловозе ТЭМ2 (рис. 6). Такая конструкция перераспределяет усилия между обеими челюстями одной буксы.



Рис. 6. Буксовые струнки тепловоза ТЭМ2

На рис. 8 представлена диаграмму напряжений с максимальной силой $T = 119,6$ кН на сортировочных горках при использовании буксовой струнки площадью сечения $S = 20$ см² без предварительного напряжения. Напряжение в радиусных переходах надпорного пояса во внешнюю челюсть и наклонный пояс ниже чем в стандартной боковой раме тележки (128 МПа и 192 МПа соответственно). Распределение напряжений при наличии буксовой струнки в буксовом проеме и значение силы F , которая стягивает челюсти представлено на рис. 9.

Для обеспечения безопасности движения по конструкции (рис. 7) предложено боковую раму оснастить гибким элементом, например, металлическим поясом или тросом (рис. 10).

Предлагается совершенствование такой конструкции путем стягивания челюсти боковой рамы грузового вагона буксовой стрункой и создает в них предварительные напряжения, противоположные возникающим в месте разрушения рам, описанным выше. На рис. 7 схематически изображена буксовая струнка, установленная на челюстях боковой рамы.

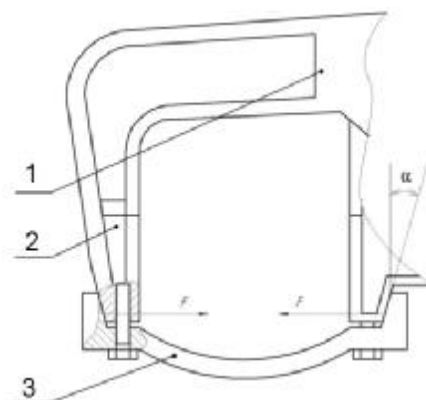


Рис. 7. Схема установки буксовой струнки:
1 – верхний пояс боковины рамы тележки; 2 – буксовая челюсти; 3 – буксовая струнка

В такой конструкции используется предварительное напряжение в зонах возможного разрушения (на рис. 10 - зоны А и Б), за счет того, что гибкий съемный элемент стягивает внешние челюсти, но главной особенностью такой конструкции является то, что в случае излома боковой рамы в зонах А или Б, целостность боковой рамы тележки будет поддерживаться за счет этого гибкого элемента.

Снижение напряжения в зонах радиусных переходов надпорного пояса во внешнюю челюсть и наклонный пояс происходит за счет предварительного напряжения и перераспределения напряжений между надпорным поясом и челюстью и съемным гибким элементом.

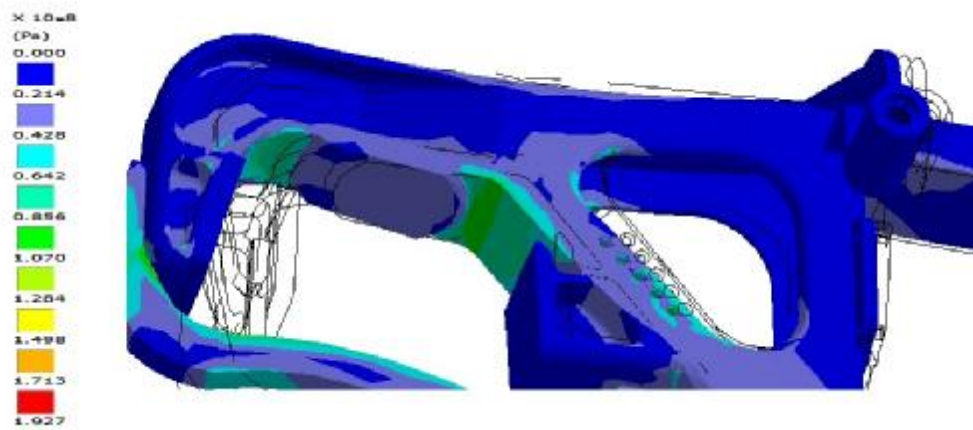


Рис. 8. Диаграмма напряжений при использовании буксовой струнки без предварительного напряжения

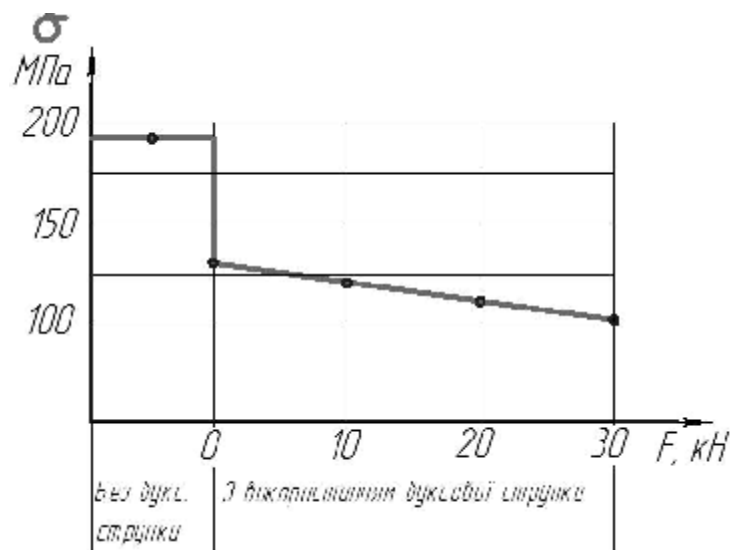


Рис. 9. Зависимость максимальных напряжений в зависимости от наличия на боковой раме буксовой струнки и значения силы F

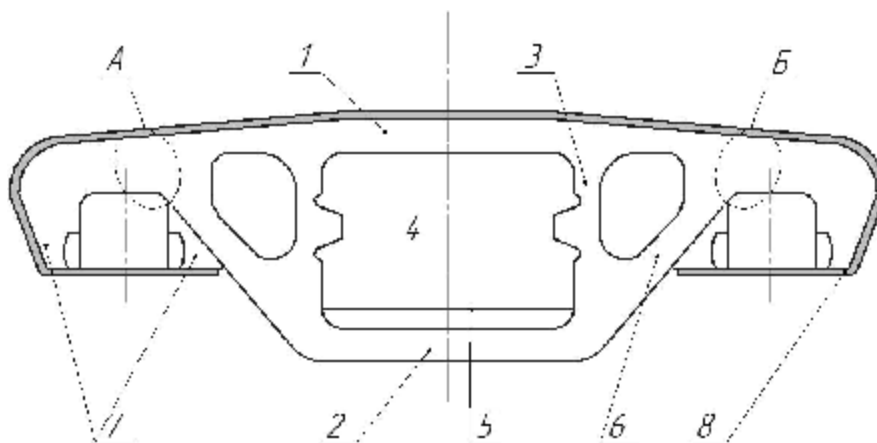


Рис. 10. Рама тележки, оснащенная гибким элементом:

1 – верхний пояс, 2 – нижний пояс, 3 – вертикальные колонны, 4 – рессорное отверстие, 5 – опорная поверхность, 6 – наклонные пояса, 7 – буксовая челюсть, 8 – съемный гибкий элемент

Вывод. На ЧАО «НПЦ «Трансмаш» совместно с кафедрой железнодорожного транспорта ВНУ им.В.Даля запатентован ряд конструкторских решений, обеспечивающих значительное улучшение потребительских свойств тележки взаимозаменяе-

мой с трехэлементными тележками. Проводятся работы по созданию эскизного проекта новой тележки, выполняются прочностные и динамические расчеты. Кроме того, ведутся работы по созданию тележки предельных параметров для которой разработан ряд

оригинальных технических решений обеспечивающих, например, низкое расположение центра тяжести, сбалансированное рессорное подвешивание, упругие скользуны с нелинейной характеристикой демпфирования для груженого и порожнего состояния, модульная конструкция боковины, упругая надрессорная балка и др.

Л и т е р а т у р а

3. Чепурной А.Д. Безопасности движения- надежную вагонную тележку / А. Д. Чепурной // РЖД-Партнер : Деловой журнал для клиентов железных дорог в области грузовых перевозок. – 2012. – N 8. – 4 стр. вкладки.
4. Анализ изломов боковых рам (2006 – 2013 гг.) <http://www.myshared.ru/slide/685241/>
5. О формировании комплексной программы научно-исследовательских работ по проблеме изломов боковых рам тележек грузовых вагонов / Соколов А.М. // Бюллетень РЖД. - №3, 2012. – С. 3 – 11.
6. Горбунов Н.И., Мокроусов С.Д., Ноженко Е.С., Кравченко Е.А., Кара С.В. К вопросу создания тележки грузового вагона// Вісник СНУ ім. В. Даля. – № 18 (207), Ч. 1, 2013. – С. 87 – 93.
7. Сенько В.И., Пастухов М.И., Макеев С.В., Пастухов И.Ф. Анализ причин повреждения и возможностей продления срока службы боковых рам тележек грузовых вагонов / В.И. Сенько, М.И. Пастухов, С.В. Макеев, И.Ф.Пастухов // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – №4, 2010. – С.13 – 18.

R e f e r e n c e s

1. Chepurnoj A.D. Bezopasnosti dvizhenija- nadezhnuju vagonnuju telezhku / A. D. Chepurnoj // RZhD-Partner : Delovoj zhurnal dlja klientov zheleznyh dorog v oblasti gruzovyh perevozok. – 2012. – N 8. – 4 str. vkladisha.
2. Analiz izlomov bokovyh ram (2006 – 2013 gg.) <http://www.myshared.ru/slide/685241/>
3. O formirovanii kompleksnoj programmy nauchno-issledovatel'skih rabot po probleme izlomov bokovyh ram telezhok gruzovyh vagonov / Sokolov A.M. //Bjulleten' RZhD. - №3, 2012. – S. 3 – 11.
4. Gorbunov N.I., Mokrousov S.D., Nozhenko E.S., Kravchenko E.A., Kara S.V. K voprosu sozdanija telezhki gruzovogo vagona// Visnik SNU im. V. Dalja. – № 18 (207), Ch. 1, 2013. – S. 87 – 93.
5. Sen'ko V.I., Pastuhov M.I., Makeev S.V., Pastuhov I.F. Analiz prichin povrezhdenija i vozmozhnostej prodlenija sroka sluzhby bokovyh ram telezhok gruzovyh vagonov / V.I. Sen'ko, M.I. Pastuhov, S.V. Makeev, I.F.Pastuhov // Vestnik GGTU im. P.O. Suhogo. – №4, 2010. – S.13 – 18.

Горбунов М.И., Мокроусов С.Д., Ноженко О.С., Кара С.В. Підвищення надійності візка вантажного вагону: розрахунок і практична реалізація

У статті розглянуто шляхи вдосконалення візка вантажного вагону типу 18-100, проаналізовано причини ламів, що дозволило запропонувати ряд технічних рішень, спрямованих на поліпшення показників надійності та динаміки візків. Крім того, розглянуто можливість і доведено перспективність використання попередньо напружених елементів в рамі візка, що знижує величину напружень в елементах конструкції при навантаженні. Встановлено, що напруги в радіусних переходах надпорного пояса в зовнішню щелепу і похилий пояс при застосуванні запропонованих технічних рішень нижче, ніж у стандартній бічній рамі візка.

Ключові слова: рама візки, вантажний вагон, лам, попередньо напружена конструкція, струнка, прокат.

Gorbunov N., Mokrousov S., Nozhenko E., Kara S. Improving the reliability of freight car bogie: calculation and practical implementation.

The article discusses ways to improve freight car bogie type 18-100, analyzes the causes of fractures, thus offer a range of technical solutions aimed at improving the reliability and dynamics carts. Also, consider the possibility and proved promising use of prestressed elements in the frame of the trolley, which reduces the amount of stress in structural elements under load. Found that stress in rounding transitions over the reference zone in the outer jaw and sloping belt when applying the proposed technical solutions is lower than the standard truck side frame. Thus, the use of chord pedestal allows for 40 % reduction in the maximum stress in the frame of the trolley, and the use of pedestal chord prestressed structures to reduce them even by 10% without increasing the weight of the structure. Reducing stress in the curved areas of the reference zone transitions into the outer jaw and sloping belt possible by equipping the side frame prestressed flexible element which can also ensure the integrity of the lateral bogie frame.

Keywords: bogie frame, wagon, kink, prestressed construction, attention, hire.

Горбунов Н.И. – д.т.н., профессор кафедры железнодорожного транспорта, ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина, e-mail: gn0255@mail.ru.

Мокроусов С.Д. – к.т.н., генеральный директор ЧАО «НПЦ «Трансмаш», г. Луганск, Украина.

Ноженко Е.С. – с.н.с., к.т.н., доцент кафедры железнодорожного транспорта, ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина, e-mail: nelenas@ukr.net.

Кара С.В. – студент кафедры железнодорожного транспорта, ВНУ им. В.Даля, г. Луганск.

Рецензент: д.т.н., проф. Осенин Ю.И.

Стаття подана 04.03.2014

УДК: 325.1, 338.27

ИННОВАЦИОННЫЕ РИСКИ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ТРАНСПОРТЕ

Горбунов Н.И., Ноженко В.С., Ноженко Е.С., Просвинова О.В., Бондаренко А.Ю.

INNOVATION RISKS INTRODUCING PROMISING TECHNICAL SOLUTIONS IN TRANSPORT

Gorbynov N., Nozhenko V., Nozhenko E., Prosvirova O., Bondarenko A.

В статье проанализированы возможные пути инвестиций для развития технологий производства на примере железнодорожного транспорта и связанный с этим процесс принятия решений. В работе использовался способ оценки риска при внедрении инновационных технических решений для улучшения фрикционного взаимодействия в двухточечном контакте «колесо-рельс» на основе метода Монте-Карло. Результатами имитационного моделирования является прогнозирование наиболее и наименее рискованных технических решений для внедрения на железнодорожном транспорте направленных на их снижение.

Ключевые слова: принятие решений, риск, инновационная деятельность, исследования, управление риском, внедрение, железнодорожный транспорт.

Постановка проблемы. Старение парка Укрзалізничці, технічне станове якого не відповідає сучасним вимогам, закінчення нормативного строку експлуатації більшості локомотивів, вантажних, пасажирських вагонів і другого подвижного складу вимагають впровадження інноваційних технологій і технічних рішень.

Інвестиції - основний метод розширеного виробництва основного капіталу. Одним з перспективних методів інвестицій в передових країнах світу є інноваційні інвестиції. Вивчення стану інноваційної діяльності залізничної промисловості України свідчить про те, що її рівень залишається низьким, а саме, частка підприємств, які здійснювали інновації, становить порядку 11% - 12% [1, 2]. По даним Державного комітету статистики України основною причиною, що стримує інноваційну діяльність в промисловості, була і залишається проблема ризику впровадження нових технічних рішень [3].

Для підвищення ефективності прийняття рішень про впровадження інноваційних проєктів на

машинобудівному підприємстві необхідні інструментарій підтримки прийняття рішень, включаючи оцінку рівня ризиків і економічної безпеки, яка здійснюється за допомогою експертних оцінок, що дозволяє підвищити ймовірність прийняття правильного управлінського рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення зарубіжного досвіду показало, що інвестиції в інноваційну діяльність підприємств є в середньому високо окупними, незважаючи на значительний ризик здійснення таких інвестицій і тривалий період їх окупності. Крім того, інвестиції в наукові розробки приносять ефект не тільки окремому підприємству, їх здійснюванню, але й суспільству в цілому [4]. Оцінюючи ефективність інвестицій в інноваційну діяльність підприємств, існує ризик, що при виборі окремих інновацій для таких досліджень необхідно розглядати ті, які забезпечили високу віддачу на вкладені інвестиції.

Основним критерієм оцінки ризику в залізничному транспорті є безпека руху при перевізці вантажопасажирських складів. Рівень безпеки прийнято характеризувати ймовірністю реалізації тих або інших небезпек і загроз, що виникають явищ і процесів, які супроводжуються формуванням негативно впливаючих на людину і навколишнє середовище факторів, тобто математичним очікуванням найбільш важливих видів шкоди [5].

Возможні сценарії впровадження інноваційних технічних рішень можуть привести до суттєвих матеріальних втрат, що стало причиною створення і застосування на практиці системних підходів, методів і інструментів для оцінки ризику їх впровадження.

Процесс оценки риска включает в себя:

- описание системы, идентификация опасностей и разработка возможных сценариев несчастных случаев и последствий тех или иных событий, связанных с перевозочным процессом;
- оценка влияния или последствий воздействия подобных событий на людей, материальные ценности и окружающую среду;
- вычисление вероятности подобного неблагоприятного исхода на практике и его последствий в зависимости от различных эксплуатационных и организационных мер обеспечения безопасности;
- количественное описание уровней риска за границами объекта с точки зрения последствий и вероятности;
- оценку уровней риска путем их сравнения с определенными количественными критериями.

Одним из методов, который позволяет количественно оценить риски внедрения, а именно моделировать случайные величины с целью вычисления характеристик их распределений, является метод Монте-Карло. Моделирование по методу Монте-Карло позволяет построить математическую модель для процесса с неопределенными значениями параметров, и, зная вероятностные распределения параметров процесса, а также связь между изменениями параметров (корреляцию), получить распределение доходности проекта.

Цель статьи. Использование модели оценки риска внедрения новых технических решений на транспорте по методу Монте-Карло для принятия верного управленческого решения в условиях неопределенности.

Материалы и результаты исследования. Разные типы проектов имеют разную уязвимость со стороны рисков, что выясняется при моделировании. Имитационное моделирование методом Монте-Карло имеет несколько стадий.

Первая стадия в процессе анализа риска - это создание прогнозной модели. Такая модель опреде-

ляет математические отношения между числовыми переменными, которые относятся к прогнозу выбранного финансового показателя.

Исходные данные осуществляемого прогноза получения экономической выгоды и затрат заносятся в таблицы представленные ниже (таблица 1). Их максимальные и минимальные значения выбираются из литературных источников, в которых исследовано каждое из предлагаемых к внедрению техническое решение [6, 7, 8].

В качестве базовой модели для анализа инвестиционного риска обычно используется модель расчета показателя NPV (чистый дисконтированный доход). NPV проекта будет положительным, а сам проект – эффективным, если расчеты показывают, что проект покрывает свои внутренние затраты, а также приносит владельцам капитала доход не ниже, чем они задали.

Вторая стадия заключается в имитации прогнозной модели. Генерируется достаточно большой объем случайных сценариев, каждый из которых соответствует определенным значениям денежных потоков. Генерированные сценарии собираются вместе, и производится их статистическая обработка для установления доли сценариев, которые соответствуют отрицательному значению NPV. Отношение таких сценариев к общему количеству сценариев дает оценку риска инвестиций.

Распределения вероятностей переменных моделей диктуют возможность выбора величин из определенных диапазонов. Распределения представляют собой математические инструменты, с помощью которых придается вес всем возможным результатам. Этим контролируется случайный выбор значений для каждой переменной в ходе моделирования. При анализе рисков используется информация, содержащаяся в распределении вероятности с множественными значениями.

Таблица 1

Исходные данные для прогноза получаемой экономической выгоды и затрат при внедрении инновационных решений

Факторы экономического эффекта			Факторы затрат при внедрении		
Обозначение	Наименование	Ед. измерения	Обозначение	Наименование	Ед. измерения
ES	Энергосбережение	грн.	IC	Интеллектуальные затраты	чел./час
RS	Ресурсосбережение	грн.	MC	Материальные затраты	грн.
LS	Экономия трудозатрат	грн.	LC	Трудовые затраты	чел./час
EC	Экологосбережение	грн.	SC	Сервисное обслуживание	чел./час

В ходе моделирования значения переменных выбираются случайно в границах заданных диапазонов, в соответствии с распределениями вероятностей и условиями корреляций. Для каждого набора таких переменных вычисляется значение показателя эффективности проекта, пример расчета эффективности проекта представлен на рис. 1. Все полученные значения сохраняются для последующей статистической обработки.

Для практического осуществления оценки риска внедрения новых технических решений на транспорте по методу Монте-Карло моделирование производится в пакете программ Microsoft Excel. Генерирование случайных чисел этот пакет осуществляет на основе использования датчика псевдослучайных чисел, которые рассчитываются по определенному алгоритму. Особенностью пакета является то, что он

умеет генерировать коррелированные случайные числа.

Окончательной стадией анализа рисков является обработка и интерпретация результатов, полу-

ченных на стадии прогонов модели. Каждый прогон представляет вероятность события, равную:

$$p = 100 / n,$$

где p – вероятность единичного прогноза, %;
 n – размер выборки.

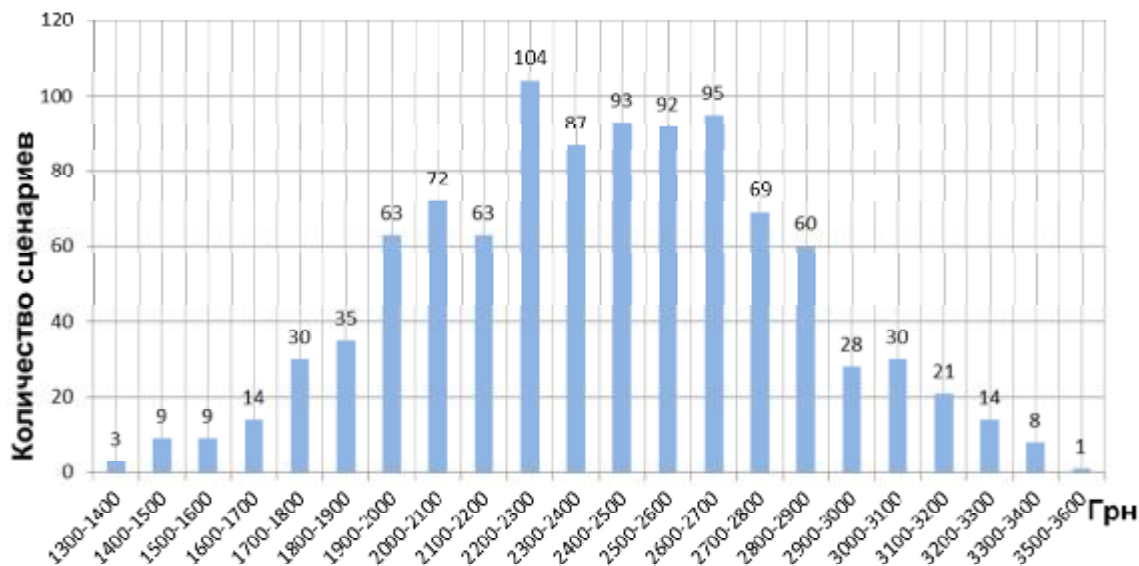


Рис. 1 Пример расчета эффективности проекта

В качестве меры риска в инвестиционном проектировании целесообразно использовать безопасность моделируемого проекта, выраженную в процентах (рис. 2).

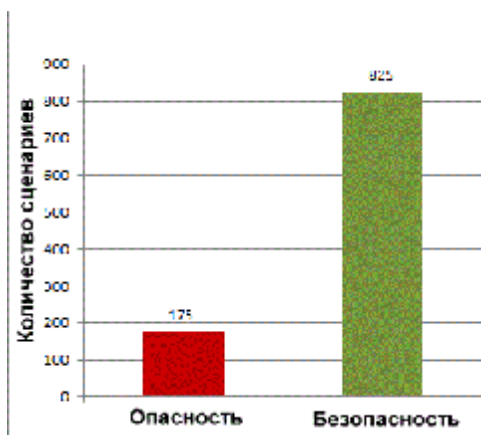


Рис. 2 Пример моделирования безопасности инвестиционного проекта

Для наглядного примера рассмотрим перспективные технологии, а именно методы оптимизации фрикционного взаимодействия колеса с рельсом, что является основой безопасности движения подвижного состава. Они применимы на железнодорожном транспорте и теоретически являются экономически выгодными, однако на практике решение этих вопросов связано с определенной степенью ри-

ска, которую на данный момент трудно спрогнозировать и учесть. Основываться будем на методах оптимизации фрикционного взаимодействия колес с рельсами, представленных на рис. 3 [9].

Выполнена оценки риска внедрения инновационных технических решений, представленных выше, результаты которой представлены на рисунках 4 и 5.

Вывод. Применение предложенной процедуры процесса принятия решений позволит повысить уровень экономической безопасности при внедрении инновационных технических решений на железнодорожном транспорте, направленных на снижение реальных угроз и рисков экономической безопасности предприятия, оптимальное распределение ресурсов для инновационного развития железнодорожного производства.

В работе использовался способ оценки риска при внедрении инновационных технических решений для улучшения фрикционного взаимодействия в двухточечном контакте «колесо-рельс» на основе метода Монте-Карло, при этом результаты моделирования совпадают с принятием решений по выбору наиболее перспективных способов улучшения условий контактирования в трибосопряжении «колесо-рельс» методом экспертного оценивания [10]. В результате проведенного имитационного моделирования выявлены наименее рискованные технические решения для внедрения на железнодорожном транспорте, направленные на их снижение.

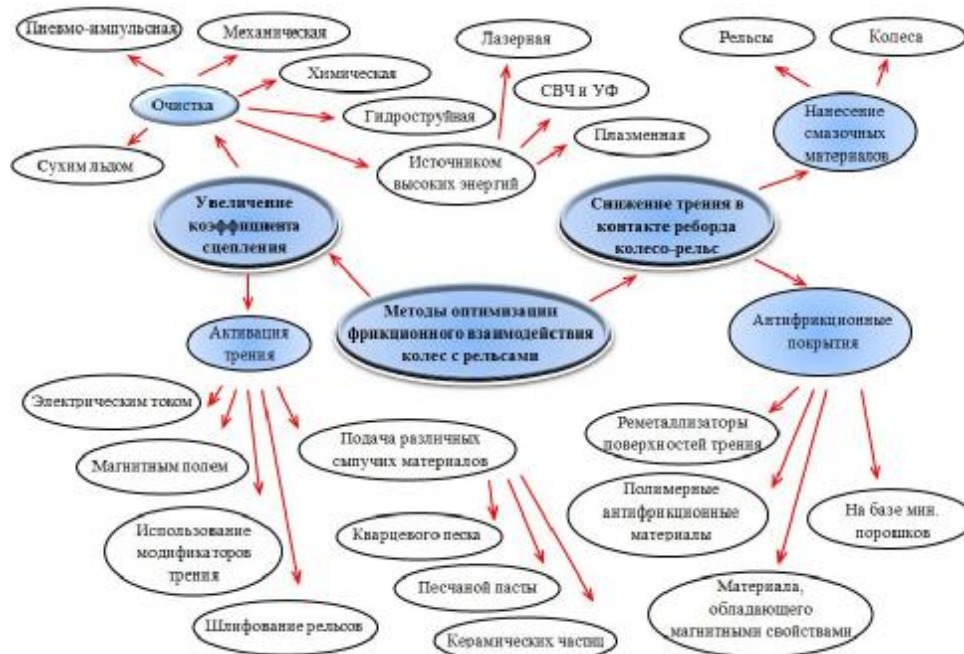


Рис. 3 Методы оптимизации фрикционного взаимодействия колес с рельсами

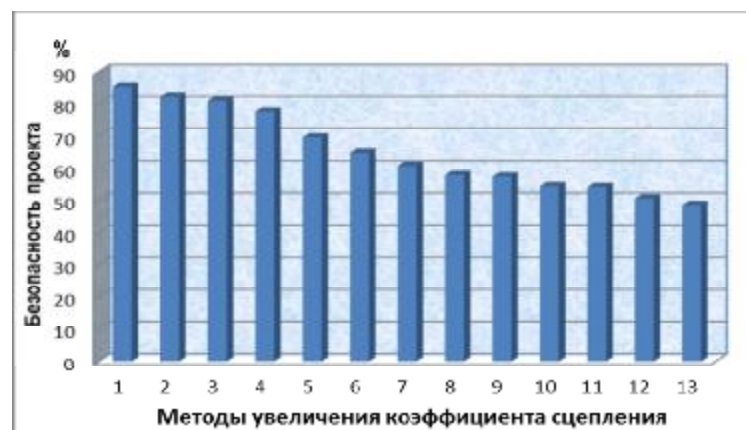


Рис. 4 Оценка риска внедрения инновационных методов увеличения коэффициента сцепления

1 – активация электрическим током, 2 – пневмо-импульсная очистка, 3 – пневмоструйная очистка, 4 – шлифование рельсов, 5 – очистка сухим льдом, 6 – лазерная очистка, 7 – использование модификаторов трения, 8 – плазменная очистка, 9 – очистка СВЧ и УФ, 10 – подача керамических частиц, 11 – химическая очистка, 12 – очистка магнитным полем, 13 – механическая очистка



Рис. 5 Оценка риска внедрения инновационных методов снижения трения в контакте «ребро колеса - рельс»:

1 – нанесение смазочных материалов на гребни колесных пар, 2 – нанесение смазочных материалов на рельсы, 3 – нанесение смазочных материалов обладающих магнитными свойствами, 4 – нанесение полимерных антифрикционных материалов, 5 – нанесение порошков на базе минералов, 6 – нанесение реметаллизаторов на поверхность трения

Л и т е р а т у р а

1. Инновации в промышленности. Справочник экономиста. К.: 2004.-№2.-94с.
2. Украина в цифрах 2002год: Статистический справочник.-К.: «Консультант», 2003.-271с.
3. Христиановский В. В., Щербина В. П. Экономический риск и методы его измерения. Донецк ДонНУ, 2000.-197 с.
4. Бузько І.Р., Вартанова О.В., Голубенко Г.О. Стратегічне управління інвестиціями та інноваційна діяльність підприємства. Монографія. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2002. – 176с.
5. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. – 2-е изд. —М.: ООО «ПолиМЕдиа», 2002. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. – 2-е изд. —М.: ООО «ПолиМЕдиа», 2002. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогноз будущего. — М.: Едиториал УРСС, 2003.
6. Энергетическое обследование: справочное издание. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 243 с. Я.М. Щелоков, Н.И. Данилов.
7. Stewart T.A. Intellectual Capital. The New Wealth of Organizations. N.Y.-L., Doubleday / Currency, 1997. Copyright - T.A.Stewart 1997.
8. Колтынчук Б.А. Инвестиции. Учебник. - СПб.: Изд-во Михайлова В.А. 2003. - 848 с.
9. Голубенко А.Л. Повышение сцепных качеств локомотивов управлением фрикционным взаимодействием «колесо-рельс» / А.Л. Голубенко, Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, В.С. Ноженко, И.А. Цыгановский, В.В. Чмелёв // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля. Частина 1. 2010 – № 5(147),– С. 7 – 14.
10. Ковтанец М.В. Применение экспертного оценивания для принятия технического решения [Электронный ресурс] / М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко, Н.Н. Горбунов, Г.А. Бойко, О.В. Просви́рова // Наукові вісті Дніпровського університету : зб. наук. праць. – Луганськ, 2012. – № 7.
9. Golubenko A.L. Povyshenie scepnyh kachestv lokomotivov upravleniem frikcionnym vzaimodejstviem «koleso-rel's» / A.L. Golubenko, N.I. Gorbunov, M.V. Kovtanec, V.S. Nozhenko, I.A. Cyganovskij, V.V. Chmel'jov // Visnik Shidnoukraїns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja. – Lugans'k: SNU im. V. Dalja. Chastina 1. 2010 – № 5(147),– S. 7 – 14.
10. Kovtanec M.V. Primenenie jekspertnogo ocenivaniya dlja prinjatija tehničeskogo reshenija [Elektronnij resurs] / M.V. Kovtanec, E.A. Kravchenko, N.N. Gorbunov, G.A. Bojko, O.V. Prosvirova // Naukovi visti Daliv's'kogo universitetu : zb. nauk. prac'. – Lugans'k, 2012. – № 7.

Горбунов М., Ноженко В., Ноженко О., Просвірова О., Бондаренко А. Інноваційні ризики впровадження перспективних технічних рішень на транспорті.

У статті проаналізовано можливі шляхи інвестицій для розвитку технологій виробництва на прикладі залізничного транспорту і пов'язаний з цим процес прийняття рішень. У роботі використовувався спосіб оцінки ризику при впровадженні інноваційних технічних рішень для поліпшення фрикційної взаємодії в двоточковому контакті «колесо-рейка» на основі методу Монте -Карло. Результатами імітаційного моделювання є прогнозування найбільш і найменш ризикованих технічних рішень для впровадження на залізничному транспорті спрямованих на їх зниження.

Ключові слова: прийняття рішень, ризик, інноваційна діяльність, дослідження, управління ризиком, впровадження, залізничний транспорт.

Gorbynov N., Nozhenko V., Nozhenko E., Prosvirova O., Bondarenko A. Innovation risks introducing promising technical solutions in transport.

The article analyzes the possible ways of investment for technology development on the example of the production of rail transport and the related decision-making process . Application of the proposed procedure for decision-making will improve the economic security of the introduction of innovative technical solutions in rail transport , aimed at reducing the risks and real threats to economic security , optimal allocation of resources for the development of innovative rail production. We used a method of risk assessment in the implementation of innovative technical solutions to improve the frictional interaction in the two-point contact " wheel-rail " on the basis of the Monte Carlo method . The results of the simulation is to predict the most and least risky technical solutions for the implementation of railway transport aimed at their reduction .

Keywords: decision making, risk, innovation, research, risk management, implementation railways.

Горбунов М.І. – д.т.н., проф. кафедри «Залізничного транспорту», СНУ ім. В. Даля.

Ноженко В.С. – м.н.с. кафедри «Залізничного транспорту», СНУ ім. В. Даля, e-mail: nozhenko_vs@mail.ua

Ноженко О.С. – к.т.н., доц. кафедри «Залізничного транспорту», СНУ ім. В. Даля.

Просвірова О.В. – аспірант кафедри Залізничного транспорту», СНУ ім. В. Даля.

Бондаренко Г.Ю. – магістр кафедри "Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка", СНУ ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

Стаття подана 01.03.2014

R e f e r e n c e s

1. Innovacii v promyshlennosti. Spravochnik jekonomista. K.: 2004.-№2.-94с.
2. Ukraina v cifrah 2002god: Statisticheskij spravocnik.-K.: «Konsul'tant», 2003.-271s.
3. Hristianovskij V.V., Shherbina V. P. Jekonomicheskij risk i metody ego izmerenija. Doneck DonNU, 2000.-197s.
4. Buz'ko I.R., Vartanova O.V., Golubenko G.O. Strategichne upravlinnja investicijami ta innovacijna dij'al'nist' pidpriemstva. Monografija. – Lugans'k: vid-vo SNU im. V. Dalja, 2002. – 176s.
5. Elohin A.N. Analiz i upravlenie riskom: Teorija i praktika. – 2-e izd. —М.: ООО «PoliMEdia», 2002. Elohin A.N. Analiz i upravlenie riskom: Teorija i praktika. – 2-e izd. —М.: ООО «PoliMEdia», 2002. Kapica S.P., Kurdjumov S.P., Malineckij G.G. Sinergetika i prognoz budushhego. — М.: Editorial URSS, 2003.
6. Jenergeticheskoe obsledovanie: spravocnoe izdanie. Ekaterinburg: UrFU, 2011. 243 s. Ja.M. Shhelokov, N.I. Danilov.
7. Stewart T.A. Intellectual Capital. The New Wealth of Organizations. N.Y.-L., Doubleday / Currency, 1997. Copyright - T.A.Stewart 1997.
8. Koltynjuk B.A. Investicii. Uchebnik. - SPb.: Izd-vo Mihajlova V.A. 2003. - 848 s.

УДК 532.5

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ
ОХЛАЖДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТЕПЛОВОЗА****Гусенцова Е.С.****MATHEMATICAL MODEL OF GAS FLOW IN FLOW PASSAGE OF LOCOMOTIVE
COOLING DEVICE****Gusyentsova E.**

Приведена математическая модель течения газа в проточной части охлаждающего устройства тепловоза. Для замыкания выбрана и обоснована модель турбулентности течения газа. Предложена аэродинамически оптимальная конструкция проточной части, позволяющая снизить гидравлические потери и, тем самым, повысить эффективность работы энергетической установки тепловоза. Проведенные эксперименты на тепловозе подтвердили адекватность математической модели, что позволило получить распределение скорости охлаждающего воздуха на входе в радиатор. Кроме того, определено влияние неравномерности поля скорости на процесс теплообмена между воздухом и охлаждающей жидкостью путем уточнения коэффициента теплоотдачи.

Ключевые слова: локомотив, охлаждающее устройство, модель турбулентности, математическая модель.

Введение. Интерес к проблеме математического моделирования систем охлаждения транспортных устройств значительно возрос в связи с возросшими требованиями к внутренней и внешней экологии. В литературе публикуются различные материалы, прямо или косвенно отражающие различные аспекты этой сложной проблемы [5].

Процессы, формирующие тепловую обстановку в тепловозах, необходимо рассматривать в неразрывной связи между собой, поскольку их взаимовлияние является существенным. Особое влияние оказывает движение воздушной среды в системе охлаждения на процесс теплообмена между элементами конструкции и воздухом. Поэтому при построении математической модели нестационарных аэротермодинамических характеристик системы является важным совместное рассмотрение процессов теплообмена и движения воздушной среды в системах охлаждения.

Постановка проблемы. Чтобы рассчитать турбулентные течения путем решения выше системы уравнений, необходимо принять гипотезу замыка-

ния для кажущихся турбулентных напряжений и тепловых потоков [3]. Все существующие модели турбулентности имеют недостатки. Окончательная модель турбулентности еще не создана. Актуальной задачей современных исследователей в области аэрогидромеханики является разработка моделей, которые имеют приемлемую точность в ограниченном диапазоне условий течения.

Анализ последних исследований и публикаций. Охлаждающие устройства являются одним из сложных и энергоемких вспомогательных устройств тепловоза. Они потребляют до 75% мощности, затрачиваемой на собственные нужды. Исследованию и оптимизации их аэродинамических характеристик посвящены ряд работ [1, 4]. Но в этих работах не достаточно внимания уделено математическому моделированию течения газа в проточной части охлаждающего устройства и, в частности, модели турбулентности газа, которая служит для замыкания системы уравнений.

Целью статьи является совершенствование математической модели течения газа за счет обоснованного выбора модели турбулентности.

Результаты исследований. Детальный обзор моделей турбулентности показал, что одной из наиболее употребительных моделей с двумя уравнениями является $(\bar{k} - e)$ – модель, впервые предложенная Хэрлоу и Накаямой. Параметр e есть скорость диссипации турбулентности. Предполагается, что он связан с другими модельными параметрами формулой [2, 3]

$$e = C(\bar{k})^{3/2} / l_e,$$

где l_e – масштаб диссипации и C – постоянная.

Тогда турбулентная вязкость выражается следующим образом:

$$m_T = \frac{C_m r (\bar{k})^2}{e} = c' r (\bar{k})^{1/2} l_e.$$

Накоплен большой опыт работы с этой моделью, в основном для течений, в которых свойства жидкости изменялись мало [2].

Для кинетической энергии турбулентности используется уравнение в форме

$$-r u_i' u_j' = m_T \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} d_{ij} \left(m \frac{\partial u_k}{\partial x_k} + r \bar{k} \right),$$

где μ_T – коэффициент турбулентной вязкости и $\bar{k}$ – кинетическая энергия турбулентности, $\bar{k} = \overline{u_i' u_j'} / 2$

В данном уравнении последний член интерпретируется как плотность, умноженная на скорость диссипации re . Чтобы замкнуть систему, добавляется параболическое уравнение переноса для e (здесь оно записано для несжимаемой жидкости):

$$r \frac{De}{Dt} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{m_T}{Pr_e} \frac{\partial e}{\partial y} \right) + \frac{C_2 m_T e}{k} \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 - \frac{C_3 r e^2}{\bar{k}}.$$

Члены в правой части уравнения (4) можно интерпретировать как диффузию, скорость генерации и диссипации e . Типичные значения констант модели приведены в табл. 1.

$$m_T = r v_T l$$

где v_T и l – характерные масштабы скорости и длины турбулентности соответственно.

Таблица 1

Константы для $(\bar{k} - e)$ – модели

C_m	C_2	C_3	Pr_k	Pr_e	Pr_T
0,09	1,44	1,92	1,0	1,3	0,9

$$N_i = \frac{1}{2A} \left[\frac{2A}{3} + (Y_j - Y_k) s + (X_j - X_k) t \right].$$

В современных охлаждающих устройствах дизелей тепловозов, как показывает анализ, вынужденное движение воздуха имеет турбулентный характер, при этом можно пренебречь сжимаемостью воздуха [4] и влиянием пограничного слоя, так как толщина его во много раз меньше размеров любого сечения каналов.

Создание тепловозов серии ТЭ10, 2ТЭ10Л, ТЭП60, ТГ106, ТЭ109, М62 потребовало проведения дальнейших исследований аэродинамических характеристик охлаждающих устройств различных типов и конструкций. Исследования, проведенные на стендах и тепловозах ТГ106, 2ТЭ10Л и М62, позволили оценить влияние различных элементов конструкции воздушного тракта шахты на производительность вентиляторной установки. Было установлено, что основные потери энергии воздушного потока в шахте происходят на входе в коллектор вентиляторной установки.

Исследования показали, что существует неравномерность полей скорости воздушного потока перед радиатором и на входе в шахту охлаждающих

устройств тепловозов. При этом степень неравномерности полей скорости воздуха зависит от относительного положения панелей радиатора и вентиляторов, соотношения высоты и ширины фронта панелей радиатора и других факторов и влияет на аэродинамические характеристики шахты охлаждающего устройства.

Испытания натурных образцов охлаждающих устройств (на стендах и тепловозах) позволили решить задачи создания и доводки охлаждающих устройств тепловозов и накопить некоторые экспериментальные данные для последующего проектирования. Однако они характеризовались значительными трудностями и имели серьезные недостатки. Поэтому многие дальнейшие исследования были проведены на моделях охлаждающих устройств.

В результате исследований на моделях аэродинамических характеристик охлаждающих устройств дизелей тепловозов ТЭЗ, 2ТЭ10Л, 2ТЭ116 и 2ТЭ121 получены рекомендации по их совершенствованию.

Работа, проведенная на моделях и натурных образцах, позволила изучить рабочий процесс и дать определенные рекомендации по выбору рациональной компоновки охлаждающих устройств и первые обобщенные зависимости, необходимые для расчета устройств со всасывающей и нагнетательной аэродинамическими схемами. Работы по дальнейшему изучению рациональных аэродинамических схем и конструкций шахт, вентиляторных установок, жалюзи и других элементов охлаждающих устройств были актуальными и в последние годы проводились с целью определения влияния на аэродинамические характеристики шахт, вентиляторных установок и жалюзи основных элементов и размеров охлаждающих устройств, получения обобщенных зависимостей для коэффициентов сопротивления шахты и жалюзи с учетом специфических условий их работы, разработки методики расчета охлаждающих устройств и в конечном итоге РТМ по расчетам и проектированию тепловозов.

В результате исследований, проведенных с использованием матрицы по методу математического планирования эксперимента, что позволяет сократить число испытываемых вариантов универсальной модели охлаждающего устройства до 25, установлено, что потери энергии в шахте охлаждающих устройств всасывающего типа в основном зависят от геометрических параметров воздушного тракта, определяющих площадь фронта панелей радиатора, степень сужения и угол поворота потока воздуха в шахте [2].

Наибольшие потери в шахте имеют место при сужении потока на входе в вентиляторную установку. Поэтому в охлаждающих устройствах стремятся применять коллектор с плавным входом, который имеет наименьшее аэродинамическое сопротивление и наилучшим образом формирует поток перед вентиляторным колесом. Однако при установке плавного коллектора могут увеличиваться потери энергии, связанные с образованием вихревых зон (так

называемых воздушных мешков) в пространстве между коллектором, радиатором и боковыми стенками кузова. Чем меньше расстояние между коллектором и панелью радиатора, тем меньше доля этих потерь, и эффект от установки коллектора с плавным входом увеличивается.

Испытания моделей шахт, в том числе с перегородкой по продольной плоскости симметрии, показали, что разница полученных результатов не выходит за пределы точности измерений. Поэтому исследование влияния проходящего потока воздуха проводили на моделях, имитирующих половину шахты.

В ходе данной работы было проведено численное исследование шахты охлаждающего устройства тепловоза ТЭП-150. При интегрировании математической модели внутри расчетной области, была получена следующая картина течения.

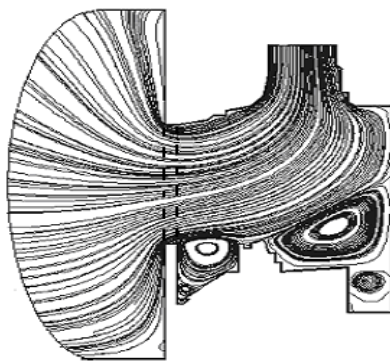


Рис. 1. Линии тока, полученные интегрированием уравнения движения для существующей конструкции шахты охлаждающего устройства

Полученная картина течения является физически непротиворечивой. Адекватность математической модели подтверждена сравнением расчетных и экспериментальных данных расчетное значение критерия Фишера

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2},$$

где

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{n=1}^T (y_n - y)^2}{N-1},$$

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^r (y_i - y_p)^2}{r-1},$$

при доверительной вероятности 0,95 значительно меньше табличного.

Учитывая адекватность математической модели, выполнена пошаговая оптимизация проточной части шахты охлаждающего устройства с точки зрения минимизации потерь давления. В результате проточная часть приняла конфигурацию, приведенную на рис. 2. Такая конструкция снижает потери давления по сравнению со стандартной на 4 %.

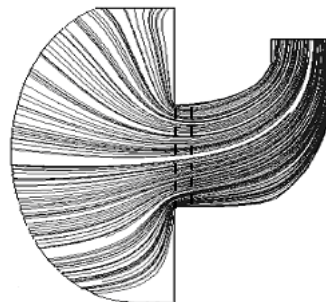


Рис. 2. Линии тока, полученные интегрированием уравнения движения для оптимизированной конструкции шахты охлаждающего устройства

Кроме того, предложенная конструкция проточной части обеспечивает конфузность проточной части шахты с практически постоянным градиентом давления, что существенно уменьшает возможность отрыва потока и образование вихревых зон (рис. 3).

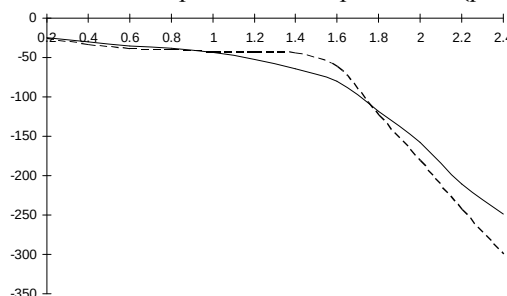


Рис. 3. Изменение давления в потоке в шахте охлаждающего устройства

Параллельно с основной задачей, оптимизацией проточной части, решена задача по влиянию неравномерности профиля скорости охлаждающего воздуха на входе в радиатор на коэффициент теплопередачи.

Показано, что это влияние может быть учтено поправочным коэффициентом, величина которого зависит от степени неравномерности профиля и числа Рейнольдса.

$$Nu = m \cdot Re^n$$

На рисунке 4 приведен профиль скорости охлаждающего воздуха на входе в радиатор тепловоза ТЭП-150.

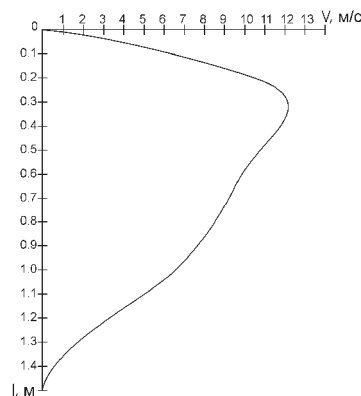
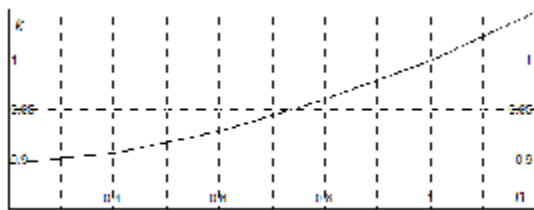


Рис. 4. Профиль скорости охлаждающего воздуха на входе в радиатор тепловоза ТЭП-150

Рис. 5. Зависимость поправочного коэффициента k от n

Полученные данные позволяют уточнить значение коэффициента теплопередачи в ряде случаев до 10 % и, тем самым, повысить точность определения площади теплообмена.

Выводы.

1. Выполнен анализ модели турбулентности, показано, что для рассматриваемого случая наилучшие результаты дает модель длины пути смешения с демпфирующей функцией ван Дриста.

2. Предварительные расчеты показали, что полученная картина течения является физически непротиворечивой. Конструкция проточной части не является аэродинамически оптимальной. При протекании воздуха возникают вихревые зоны, что свидетельствует о значительных потерях давления.

3. Выполнена проверка адекватности математической модели течения газа в проточной части охлаждающего устройства сравнением экспериментальных данных, полученных непосредственно на тепловозе ТЭП-150, с расчетными по приведенной модели.

4. Показано влияние неравномерности поля скорости охлаждающего воздуха на входе в радиатор на коэффициент теплопередачи. Эти данные позволяют уточнить процесс теплопередачи в охлаждающем устройстве тепловоза.

Литература

1. Куликов Ю.А. Системы охлаждения силовых установок тепловозов/ Куликов Ю.А.. – М.: машиностроение, 1988. – 280с.
2. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа/ Л. Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1978. – 735 с.
3. Недопекин Ф.В. Основы механики сплошных сред/ Недопекин Ф.В., Коваленко А.А., Соколов В.И.- – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2010. – 277 с.
4. Осенин Ю.И. Аэродинамика проточной части охлаждающего устройства тепловоза/ Осенин Ю.И., Гусенцова Е.С., Сорока С.И.- Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 162 с.
5. Осенин Ю.И. Адаптивные вентиляционные системы тепловозов/ Осенин Ю.И., Гусенцова Е.С. – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2013. – 135 с.

References

1. Kulikov Ju.A. Sistemy ohlazhdenija silovyh ustanovok teplovozov/ Kulikov Ju.A.. – M.: mashinostroenie, 1988. – 280s.

2. Lojcjanskij L. G. Mehanika zhidkosti i gaza/ L. G. Lojcjanskij. – M.: Nauka, 1978. – 735 s.
3. Nedopekin F.V. Osnovy mehaniki sploshnyh sred/ Nedopekin F.V., Kovalenko A.A., Sokolov V.I.- – Lugansk: izd-vo VNU im. V. Dalja, 2010. – 277 s.
4. Osenin Ju.I. Aerodinamika protochnoj chasti ohlazhdajushhego ustrojstva teplovoza/ Osenin Ju.I., Gusyentsova E.S., Soroka S.I.- Lu-gansk: izd-vo VNU im. V Dalja, 2012. – 162 s.
5. Osenin Ju.I. Adaptivnye ventiljacionnye sistemy teplovozov/ Osenin Ju.I., Gusyentsova E.S.. – Lugansk: izd-vo VNU im. V. Dalja, 2013. – 135 s.

Гусенцова Є.С. Математична модель течії газу в проточній частині охолоджуючого пристрою тепловоза.

Наведено математичну модель течії газу в проточній частині охолоджуючого пристрою тепловоза. Для замикання обрано й обігрунтовано модель турбулентності течії газу. Запропоновано аеродинамічно оптимальна конструкція проточної частини, що дозволяє знизити гідрравлічні втрати і, тим самим, підвищити ефективність роботи енергетичної установки тепловоза. Проведені експерименти на тепловозі підтвердили адекватність математичної моделі, що дозволило отримати розподіл швидкості охолоджуючого повітря на вході в радіатор. Крім того, визначено вплив нерівномірності поля швидкості на процес теплообміну між повітрям і охолоджувальною рідиною шляхом уточнення коефіцієнта тепловіддачі.

Ключові слова: локомотив, охолоджуючий пристрій, модель турбулентності, математична модель.

Gusyentsova E. Mathematical model of gas flow in flow passage of locomotive cooling device.

The mathematical model of gas flow in the flow passage of the diesel locomotive cooling device is developed. The analysis of existing turbulence models is carried out and it is shown that the mixing length model with Van Driest's damping function is the most acceptable in considerable case. The turbulence model of gas flow for closing is chosen and proved. Introductory calculations show that received flow pattern is physically acceptable. As existing design of flow pattern has vortex zones, the aerodynamically optimized design of flow passage is proposed; it helps hydraulic losses reducing and the efficiency of the locomotive power equipment improving. The carried out experiments on the diesel locomotive confirmed the mathematical model adequacy. This allowed us obtaining the velocity distribution of the cooling air at the radiator's inlet. Also, the influence of the velocity field unevenness on the heat exchange process between the air and the coolant by heat transfer coefficient refining is determined.

Keywords: diesel locomotive, cooling device, turbulence model, mathematical model.

Гусенцова Є.С. – асистент кафедри «Гідрогазодинаміка» СНУ ім. В. Даля, e-mail: marlazinge@rambler.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 3.02.2014

УДК 677.017.636

ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ВІТЧИЗНЯНИХ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ КИСЛОТОЗАХИСНОГО ОДЯГУ**Дейнека І.Г., Мичко А.А.****NATIONAL STUDY OF CHEMICAL STABILITY SPECIAL MATERIALS FOR KYSLOTOZAHYSNOHO CLOTHING****Deyneka I.H., Mychko A.A.**

В статті приведені характеристики нормативних документів, згідно яких проводиться оцінка текстильних матеріалів для виготовлення кислотозахисного спеціального одягу. Обґрунтовано, що вивчення хімічної стійкості тканин тільки по відношенню до розчинів сірчаної кислоти без врахування таких мінеральних кислот як соляна, азотна і фосфорна є їх недоліком. В роботі приведені назви зарубіжних фірм і короткий перелік спеціальних матеріалів, які використовуються для указаних потреб, а також дана характеристика кислотозахисним тканинам вітчизняного виробництва

Ключові слова: розчини мінеральних кислот, проби матеріалів, хімічна стійкість, повітропроникність, водотривкість, кислотозахисний одяг

Вступ. Необхідність випуску спеціальних матеріалів для кислотозахисного одягу в нашій державі пов'язане, насамперед, з відродженням хімічної промисловості, що уже нараховує біля 200 підприємств та об'єднань, в яких працює більше 350 тисяч спеціалістів. Це свідчить про те, що значно більша частина засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) повинна бути хімічно стійкою до впливу агресивних середовищ, оскільки підприємства указаної галузі є або виробниками сірчаної, азотної, соляної і фосфорної, або користувачами мінеральних кислот різної концентрації. Так, наприклад, сірчана кислота необхідна в процесі виробництва мінеральних добрив, полімерних матеріалів, хімічних волокон, лакофарбувальної продукції, вибухових речовин, при отриманні інших мінеральних кислот, реактивів тощо. Що ж стосується азотної, соляної і фосфорної кислот та хімічних продуктів на їх основі, то їх перелік і важливість використання слід вважати аналогічним. Тому, в результаті створених умов, особливо гостро піднімаються питання про безпеку та охорону праці робітників, які зайняті вирішенням указаних проблем, пов'язаних із надійними ЗІЗ. Але якщо провести аналіз властивостей спеціальних тканин,

то їх показники в своїй більшості не відповідають установленим нормам, адже основою для вибору матеріалів, з яких необхідно виготовляти спеціальний захисний одяг працівникам указаних підприємств, насамперед, повинна бути інформація про природу і концентрацію агресивного середовища, що пов'язано з їх асортиментом, які використовуються при цьому, а також для унеможливлення повторення тих помилок, що є і в теперішній час, та засвідчені в стандартах, прийнятих для виконання нашою державою. Так, в ГОСТ 12.4.015-76 (ССБТ. Одежда специальная. Классификация) [1] приводиться розподіл спеціального одягу на 15 груп і 36 підгруп, серед яких є група кислотозахисного одягу (14%) від впливу мінеральних кислот для більше як 1500 професій, але перелік агресивних середовищ і їх можлива концентрація в стандарті не передбачені. Часткова інформація з цього приводу зазначена в ГОСТ 11209-85 (Ткани хлопчатобумажные и смешанные для спецодежды) [2] і ГОСТ 16166-80 (Ткани полушерстяные для кислотозащитной спецодежды. Технические условия) [3]. Згідно указаним нормативним документам, спеціальний кислотозахисний одяг розділений на наступні чотири групи: від сірчаної кислоти до 20% концентрації [2] та сірчаної кислоти від 50% концентрації до 93% [3]. Отже, приведена класифікація відображає проблеми, пов'язані з розчинами тільки сірчаної кислоти, а що стосується таких мінеральних кислот, як соляна, азотна і фосфорна, то в указаних нормативних документах інформація про них відсутня. Це на нашу думку, слід віднести до суттєвих недоліків, оскільки працівники підприємств, робота яких пов'язана з фосфорною, соляною і азотною кислотами, використовують спеціальний одяг не за призначенням, що є порушенням законодавчих основ про безпеку і охорону праці. Окрім цього було встановлено, що концентровану азотну кислоту (98%) слід вважати найбільш «сильною» в порівнянні з 35% соляною, 94%

сірчаної та 80% фосфорною кислотами, про що свідчать значення констант дисоціації указаних реагентів. Так, константа дисоціації ($K_{\text{дис}}$) азотної кислоти дорівнює $4,4 \cdot 10^{-7}$; соляної кислоти $K_{\text{дис}} = 1,0 \cdot 10^{-7}$; сірчаної кислоти $K_{\text{дис}} = 1,0 \cdot 10^{-3}$ і ортофосфорної кислоти – $K_{\text{дис}} = 1,52 \cdot 10^{-3}$ [4]. Таким чином, розглянуті агресивні середовища суттєво відрізняються між собою за хімічною активністю, тобто реакційною здатністю по відношенню до спеціальних текстильних матеріалів, а тому їх розробка та обґрунтування оптимального варіанту волокнистого складу тканин для виготовлення кислотозахисних костюмів з універсальними властивостями слід вважати економічно вигідними, а відтак актуальними.

Що стосується зарубіжних підприємств, то фірма «Saurtaulds Carr» (Англія) розробила три варіанти тканин використовуючи лавсанове волокно «vinsel», а японська фірма «Midori Andzen» рекомендує використовувати кислотозахисні костюми, виготовлені із 100% алкалінатрієвого волокна. Фірма «Kirchner» (Германія) для виготовлення кислотозахисного одягу від впливу мінеральних кислот різної концентрації рекомендує тканини на основі 100% поліетилену, а «Alwit» для указаної мети використовує такі волокна, як «номекс», «кевлар» і «таврок». Спеціальні матеріали фірми «Marte» (Франція) для кислотозахисного одягу виготовляються із полівінілхлоридних, поліефірних і поліпропіленових волокон в різних співвідношеннях, а фірма «Uniroyal» (США) розробила захисний одяг із змішаних волокнистих матеріалів на основі бавовни і рейону з двостороннім поліхлорвініловим покриттям, що дає змогу використовувати його від впливу мінеральних

кислот різної природи при низькій температурі.

Таким чином, проведений аналіз свідчить про те, що для виготовлення кислотозахисного одягу, більшість фірм використовують спеціальні тканини на основі лавсану, поліакрилонітрилу, номексу, кевлару тощо. Це, на відміну від асортименту матеріалів, зазначених в стандартах [2, 3] дає змогу розробляти спеціальний одяг з необхідними кислотозахисними властивостями, а відтак покращувати умови і охорону праці. Окрім цього, використання указаних синтетичних волокон з достатньо високими показниками по хемостійкості, унеможливають необґрунтоване створення різноманітного асортименту спеціальних тканин для кислотозахисного одягу, а тому сприяють їх розробці з універсальними експлуатаційними характеристиками.

На сьогодні в Україні теж випускаються кислотозахисні матеріали власного виробництва. До них належать такі підприємства, як ВАТ Богуславська суконна фабрика (м. Богуслав, Київської області), Черкаський шовковий комбінат (АТЗТ «ЧШК») та Херсонський бавовняний комбінат (ВАТ «Херсонський БК»).

Указані підприємства на теперішній час виробляють текстильні матеріали широкого асортименту, але, в основному, спеціального або технічного призначення. Так, наприклад, Богуславська суконна фабрика випускає такий матеріал, як «Хімік» арт. 8В11-Д1/2; «Маяк» арт. 51351-СШ; сукно арт. В26ХА-1; «Захист» арт. В80401 та інші, які рекомендуються використовувати для виготовлення кислотозахисного одягу (табл.1).

Таблиця 1

Характеристика спеціальних тканин для кислотозахисного одягу

Матеріал	Розривальне навантаження (50x100 мм) по основі, Н	Товщина тканини, мм	Поверхнева густина, г/м ²	Волокнистий склад, %	Вид переплетення	Вид просочування
«Хімік», арт.8В11-Д1/2	1813	2,3	600	В-70 Віс-20 ПА-10	полотняне	кислотозах., 80%
«Маяк», арт. 51351-СШ	810	1,9	542	В-50 Віс-30 ПА-20	саржа 2/2	кислотозах., 80%
Сукно, арт. В26ХА-1	405	1,8	503	В-40 Віс-40 ПА-20	полотняне	без просочування
«Факел», арт. В50 ВР/2	642	2,0	558	В-50 Віс-40 ПА-10	саржа 2/2	без просочування
«Захист», арт. В80401	1692	2,1	598	В-65 Віс-25 ПА-10	полотняне	кислотозах., 80%

Примітка: В – волокно вовняне; Віс – волокно віскозне; ПА – волокно поліамідне (капронове).

Приведені характеристики п'яти артикулів спеціальних тканин вітчизняного виробництва свідчать про те, що вони різняться за значеннями розривальних навантажень, товщиною, поверхневою густиною і видом переплетення. Що ж стосується во-

локнистого складу, то для виготовлення указаних зразків використовуються вовняні, віскозні та поліамідні (капронові) волокна в різних співвідношеннях (табл.1). Причому, вовняних волокон в пряжі може бути від 40 до 70%, віскозних волокон від 20

до 40%, а поліамідних – від 10 до 20%. Таким чином очевидно, що розроблені тканини у своєму складі не мають волокон, які були б хімічно стійкими до впливу указаних мінеральних кислот різних концентрацій. Але не зважаючи на це, розробники, згідно ТУУ 05501439004-98, рекомендують їх для виготовлення кислотозахисного одягу до 80% концентрації по сірчаній кислоті без проведення експериментів відносно соляної, азотної та фосфорної кислот. Тому нами були проведені такі дослідження, які пов'язані з вивченням хімічної стійкості «вовно-віскозо-поліамідних» волокнистих систем в залежності від природи агресивного середовища, концентрації та часу експозиції що і є метою указаної роботи. Для цього була рекомендована тканина арт. 8В11-Д1/2 («Хімік»), яка в своєму складі має найбільшу кількість вовняних волокон (70%) та завдяки наявності в них кератину повинна відповідати вимогам до кислотозахисних виробів. Значення концентрацій сірчаної, азотної і фосфорної кислот починалися від 50%, а соляної від 10% (інтервал – 10). Час експозиції 24...120 годин (інтервал – 24). Контролюючими показниками при цьому були вибрані коефіцієнти повітропроникності K_k (дм³/м²·с) та водотривкість B_k (мм вод.ст.) проб, які змінюють свої значення на протязі проведення експериментів, а особливо після 120 годинного контакту зразків з реагентом, нейтралізацією та пранням в мильно-содовому розчині. Так, після 24 годин контакту з 50% розчином сірчаної кислоти K_k збільшився від 189 (вихідне значення) до 208 дм³/м²·с, тобто на 10%, а після впливу 60 і 70% H₂SO₄ – на 17,5% (222 дм³/м²·с) і 26% (238 дм³/м²·с) відповідно (рис.1, 1, 2, 3).

Контакт з указаними розчинами кислоти на протязі 120 годин і після прання в мильно-содовій воді приводить до різкого збільшення K_k . Так, указаний показник по відношенню до 50% H₂SO₄ дорівнює 233 дм³/м²·с (23,3%), до 60% дорівнює 285 дм³/м²·с (50,7%), а до 70% – 318 дм³/м²·с (68,3%). При цьому слід зазначити, що проби матеріалу арт. 8В11-Д1/2 «Хімік» зруйнувалися при контакті з 80% сірчаною кислотою для захисту від якої, згідно ТУУ 05501439004-98, він призначений.

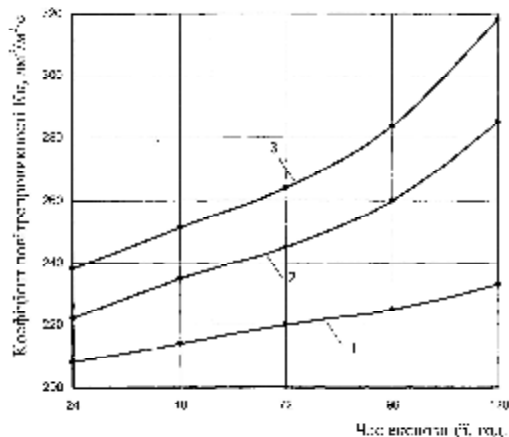


Рис.1. Залежність коефіцієнта повітропроникності проб спеціальних матеріалів арт. 8В11-Д1/2 «Хімік» від часу експозиції H₂SO₄ наступної концентрації: 1 – 50%; 2 – 60%; 3 – 70%

Якщо узагальнювати отримані результати досліджень по відношенню до проб матеріалу арт. 8В11-Д1/2 «Хімік», то за 24 години експозиції 10% соляна кислота приводить до збільшення коефіцієнта повітропроникності від 189 (вихідне значення) до 213 дм³/м²·с (на 12,7%); 20% соляна кислота – до 231 дм³/м²·с (на 22,3%); 30% соляна кислота – до 255 дм³/м²·с (на 35,0%), а в розчині 35% HCl проби матеріалу зруйнувалися. Аналогічні результати були отримані і в усіх інших випадках, що закономірно, оскільки віскозні та поліамідні волокна, які входять до складу тканини не відносяться до хімічно стійких [5-7], які між іншим і вовняні волокна. Тому руйнування проб особливо відчутне після 120 годинного контакту в розчинах соляної кислоти та прання в мильно-содовому розчині. Так, проби, які були оброблені 10% HCl збільшують коефіцієнт повітропроникності від вихідного значення на 28,5% (243 дм³/м²·с), які були оброблені 20% HCl збільшують цей показник на 50,8% (285 дм³/м²·с), а проби, що мали контакт з 30% HCl, практично зруйнувавшись, збільшили контролюючий показник на 82,5% і він став дорівнювати 345 дм³/м²·с (рис.1, 2, 3).

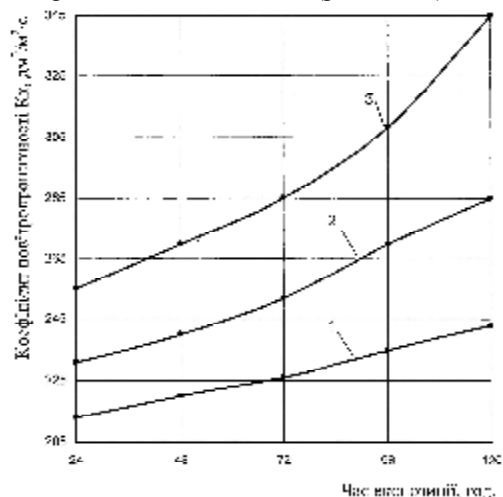


Рис.2. Залежність коефіцієнта повітропроникності проб спеціальних матеріалів арт. 8В11-Д1/2 «Хімік» від часу експозиції HCl наступної концентрації: 1 – 10%; 2 – 20%; 3 – 30%

Що стосується показників водотривкості, то їх значення також залежить як від концентрації агресивних розчинів, так і від часу експозиції. Заміри, проведені на останньому етапі дослідження, тобто після 120 годин контакту в розчинах 10, 20 і 30% HCl та прання, засвідчили про суттєве їх зменшення в порівнянні з вихідним. Так, якщо вихідне значення водотривкості тканини дорівнює 6,7 мм вод.ст., то після обробки 10% соляною кислотою і прання вона стала дорівнювати 4,2 мм вод.ст., зменшившись на 37,3%, а після обробки 20% кислотою і прання показник став дорівнювати 3,4 мм вод.ст., що складає 49,2% від вихідного.

Дослідити зміну водотривкості після контакту зразків з 30% HCl і прання не можливо в зв'язку з руйнуванням їх структури.

Таким чином, проведені експерименти, згідно умов розробленої методики, дають змогу проаналізувати вплив агресивного середовища, в даному випадку розчинів соляної кислоти, на структурно-захисні властивості спеціальної тканини.

Вивчення впливу азотної кислоти різної концентрації показало, що після 120 годин експозиції уже в розчинах 50% HNO_3 проби матеріалу арт. 8B11-Д1/2 «Хімік» практично зруйнувалися, тому подальші дослідження були зупинені. Аналогічні роботи були проведені і з розчинами фосфорної кислоти різної концентрації.

Результати експериментів показали, що характер їх впливу на проби текстильних матеріалів практично не відрізняються від інших мінеральних кислот, а відбувається за схемою: хімічно нестійкі волокна, які входять до складу тканини руйнуються, змінюючи структуру полотна і завдяки цьому значення контролюючих показників (коефіцієнти повітропроникнення, водотривкості) теж змінюється.

Так, при обробці зразків розчинами 50% H_3PO_4 на протязі 24 години, коефіцієнт повітропроникності збільшився від вихідного ($189 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$) до $218,4 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ (на 15,6%). Час експозиції, який постійно зростає, в даному випадку виконує роль основного фактора і уже за 96 годин впливу $K_k = 251,2 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, а за 120 годин безперервної обробки кислотою і пранням проб в мильно-содовому розчині, значення коефіцієнта повітропроникності збільшилось до $262 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, тобто на 38,6% від вихідної величини (рис.3, 1).

При збільшенні концентрації кислоти до 60%, процес руйнування матеріалу посилюється і уже за 24 години контакту K_k став дорівнювати $243,2 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$. За 96 годин впливу показник збільшився від вихідного значення на 50,8% і дорівнює $285 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$. Що ж стосується 120 годин обробки і прання проб, то вони приводять до збільшення коефіцієнта повітропроникності на 62,4% і він стає рівним $307 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ (рис.3, 2).

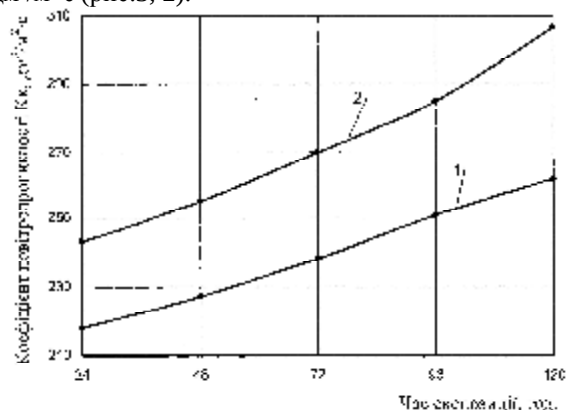


Рис.3. Залежність коефіцієнта повітропроникності проб спеціальних матеріалів арт. 8B11-Д1/2 «Хімік» від часу експозиції H_3PO_4 наступної концентрації: 1 – 50%; 2 – 60%

Отримані результати і їх аналіз свідчать про те, що спеціальний матеріал арт. 8B11-Д1/2 «Хімік» активно руйнується кислотами указаних концентрацій завдяки наявності в його складі 70% вовняних та

20% віскозних волокон. Указані волокна не відносяться до хімічно стійких, а 10% капронових волокон, які теж входять до його складу, не здатні тримати сформовану структуру тканини, що приводить до її повного руйнування особливо в розчинах 70 і 80% концентраціях.

При вимірюванні водотривкості матеріалів, можна зазначити, що обробка матеріалів кислотою різної концентрації приводить до зміни контролюючого показника в порівнянні з вихідним його значенням. Так, якщо проби обробки 50 % H_3PO_4 на протязі 120 годин і випрати в мильно-содовому розчині для видалення продуктів гідролізу із товщини структури, то значення водотривкості зменшиться від 6,7 до 3,7 мм вод.ст., тобто на 44,8%. Коли концентрацію кислоти підвищити до 60%, то показник водотривкості стає рівним 2,2 мм вод.ст., зменшившись від вихідного значення (6,7 мм вод.ст.) на 67,2%.

Висновки. Таким чином, експерименти показують, що указаний матеріал, розроблений на основі вовняних, віскозних і поліамідних волокон непридатний для виготовлення кислотозахисного одягу, про що свідчать отримані залежності.

Література

- ГОСТ 12.4.015-76. ССБТ. Одежда специальная. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 5 с.
- ГОСТ 11209-85. Ткани хлопчатобумажные и синтетические для спецодежды. Введ. 01.07.86. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 13 с.
- ГОСТ 16166-80. Ткани полшерстяные для кислотозащитной спецодежды. Технические условия. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 7 с.
- Моисеев Ю.В. Химическая стойкость полимеров в агрессивных средах / Моисеев Ю.В., Заиков Г.Е. – М.: Химия, 1979. – С. 12-18.
- Садов Ф.И. Химическая технология волокнистых материалов / Садов Ф.И., Корчагин М.В., Матецкий А.И. – М.: Легкая индустрия, 1968. – 784 с.
- Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. Учебное пособие в 3-х томах / Кричевский Г.Е. – М.: Химия, 2001. – 298 с.
- Elod E. Mellind Textilber / Elod E., Fronlich H. – 1949, № 30. – P. 239.

References

- GOST 12.4.015-76. SSBT. Clothing spetsyalnaya. Classification. - Moscow: Standart, 1975. - 5 p.
- GOST 11209-85. Woven and Synthetic хлопчатобумажные for spetsodezhdy. 1.7.86. - Moscow: Standart, 1985. - 13 p.
- GOST 16166-80. Woven полшерстяные for kyslotozaschytnoy spetsodezhdy. Tehnycheskye conditions. 1.1.82. - Moscow: Standart, 1980. - 7 p.
- Moiseev Ju.V. Hymycheskaya stoykost polymers in environments ahressyvnyh / Ju.V. Moiseev, Zaikov G.E. - Moscow: Chemistry, 1979. - P. 12-18.
- Sadov F.I. Chemical technology of fibrous materials / Sadov F.I., Korchagin M.V., Mateckij A.I. - M.: Light industry, 1968. - 784 p.
- Krichevskii G.E. Chemical technology of textiles. Tutorial 3 vols / G.E. Krichevskii - Moscow: Khimiya, 2001. - 298 p.

7. Elod E. Melland Textilber / Elod E., Fronlich H. – 1949, № 30. – P. 239.

Дейнека И.Г., Мычко А.А. Изучение химической стойкости отечественных специальных материалов для кислотозащитной одежды

В статье приведены характеристики нормативных документов, согласно которым проводится оценка текстильных материалов для изготовления кислотозащитной специальной одежды. Обосновано, что изучение химической стойкости тканей только по отношению к растворам серной кислоты без учета таких минеральных кислот как соляная, азотная и фосфорная является их недостатком. В работе приведены названия зарубежных фирм и краткий перечень специальных материалов, которые используются для указанных потребностей, а также дана характеристика кислотозащитным тканям отечественного производства.

Ключевые слова: *растворы минеральных кислот, пробы материалов, химическая стойкость, воздухопроницаемость, водонепроницаемость, кислотозащитная одежда.*

Deyneka I.H., Mychko A.A. National study of chemical stability special materials for kyslotozahysnoho clothing

In the article the characteristics of the regulations under which the assessment of textile materials for manufacturing kyslotozahysnoho special clothing. In this case proved that the

study of the chemical stability of the tissue only to sulfuric acid without mineral acids such as hydrochloric, nitric and phosphoric is their disadvantage. This paper presented the names of foreign firms and a short list of special materials that are used for the specified purposes, and this characteristic kyslotozahysnoho tissues of domestic production. Specified materials (five articles) produces Boguslavsk cloth factory with different content of wool, viscose and nylon. To study the chemical resistance to mineral acids solutions were used sample material art. 8V11 - D1/2 ("Chemist"). Analysis of the research indicates that the coefficient of air permeability and vodotryvkosti significantly change their meaning depending on the nature of the acid, its concentration and the time of explosion.

Keywords: *rastvor myneralnyh acids, samples of materials, hymycheskaya stoykost, vozduhopronytsaemost, vodoupornost, kyslotozaschytnaya cothing.*

Дейнека І.Г. – доктор тех. наук, професор, завідувач кафедри легкої і харчової промисловості Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Мичко А.А. – доктор тех. наук, професор кафедри легкої і харчової промисловості Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Рецензент: Соколов В.І. – д.т.н., професор, декан факультету машинознавства ЧНУ ім. В.Даля

Стаття подана 05.03.2014

УДК 622.212

РОЗПОДІЛ РЕСУРСІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕРВІСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦІ**Доценко Ю.В.****DISTRIBUTION OF RESOURCES FOR ENSURING SERVICE ON THE RAILWAY****Dotsenko Y.**

Розглянуті питання функціонування залізниць в умовах ринку транспортної продукції та послуг, що формується. Приведено математичну модель розподілу ресурсів на полігоні для забезпечення сервісу перевезень. Визначена критеріальна функція оптимального розподілу ресурсів залізниці для забезпечення сервісу перевезень за параметрами (вагонний парк, якій визначено за технічними нормами, послуги вантажовідправникам та вантажоотримувачам). Зроблено висновок про практичне застосування даної моделі у взаємодіючих автоматизованих робочих місцях оперативних працівників для реалізації необхідного рівня сервісу. Подальший розвиток у даному напрямку потребує переходу до моделі вантажовласників та послуг, які надає залізниця у своїй інфраструктурі.

Ключові слова: рівень сервісу, транспортні послуги, розподіл ресурсів, ступень приналежності, нечітка множина.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими завданнями. В даний час конкурентна політика різних видів транспорту більшою мірою визначається рівнем якості наданих послуг. Згідно з Концепцією реструктуризації на залізничному транспорті України здійснення заходів по підвищенню конкурентоспроможності повинно бути направлене на вирішення двох основних завдань: залізничний транспорт має бути розвиненим і гарантувати високий рівень якості послуг, що надаються та забезпечувати його доступність для користувачів [1]. Вивчення попиту на транспортні послуги свідчить, що одним з головних вимог клієнтів до роботи транспорту є своєчасність відправки і доставки вантажів. Зв'язано це з прагненням більшості вантажовласників до скорочення запасів як у сфері виробництва, так і в сфері обертання, оскільки їх витрати на утримання запасів складають по ряду галузей 20% і більше від вартості продукції, що випускається. Відсутність гарантії своєчасної доставки чи відправки необхідного вантажу, можливість відмовлення чи кількаразового відкладання заявки на перевезення були характерними рисами сформованої раніше системи роботи транспорту [2].

У той же час залізничний транспорт здійснював перевезення, не цікавлячись потребами клієнтів в інших послугах. Тому, в транспортному ланцюзі "виробник – перевізник – споживач" мають місце наступні недоліки:

- низький рівень взаємодії між підприємствами транспорту і споживачами їхніх послуг;
- значна роз'єднаність інтересів сторін;
- низький рівень інформаційного зв'язку між учасниками перевізного процесу;
- неможливість інформування споживача про місце перебування відправки і часу прибуття до місця призначення;
- недосконала система документообігу.

Тепер же ринок транспортної продукції і послуг, що активно формується, загострює ряд питань, головні з яких пов'язані з функціонуванням залізниць в умовах, коли кожний перевізник формує своє коло клієнтури і створює найбільш привабливі для нього можливості реалізації продукції транспорту [3]. Тому, для залізниць України, актуальними є питання залучення додаткових вантажопотоків і підвищення ефективності транспортного виробництва за рахунок забезпечення зростаючих вимог вантажовласників до якості й ефективності транспортно-обслуговування.

Основою вирішення проблеми підвищення конкурентоспроможності залізниць є розробка і впровадження таких технологій перевізного процесу, які забезпечать сервіс перевезення вантажів з максимальними вигодами, гарантоване виконання всіх вимог вантажовласників щодо обсягу й якості всіх видів транспортних послуг при можливому мінімумі витрат залізниць на основі системного підходу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [4] автором розглянуті питання вибору варіанта обслуговування вантажовласників залізницями. З використанням теорії статистичних ігор вибір оптимального варіанта доцільно проводити на основі завбачливої стратегії, що забезпечує мінімальні се-

редні збитки залізниці при її тривалому використанні.

Комплексну оцінку якості обслуговування клієнтури можна визначити рівнем ряду показників: ритмічністю перевезень, повнотою задоволення попиту, терміном доставки, транспортною доступністю, схоронністю, безпекою перевезень, комплексністю обслуговування, екологічністю перевезень, транспортною забезпеченістю. Ця робота ще не містить досліджень у даному напрямку. Кожний з цих показників має самостійне значення. А для забезпечення повного обслуговування споживачів транспортних послуг необхідний облік усіх складових якості. Слід зазначити, що невиконання одного з показників, чи зустріч із труднощами при його здійсненні, зведе до результуючого нулю рівень обслуговування, навіть при бездоганному виконанні інших умов. Це, у свою чергу, вплине на конкурентноздатність залізничного транспорту. Необхідність комплексної оцінки ще обумовлена і тим, що для різних груп вантажовласників той самий показник може мати цілком протилежну значимість, що не повною мірою розкрито в роботах [2,3].

Останнім часом велика увага приділяється питанням сервісного обслуговування користувачів залізничного транспорту та його рівня. Спостерігається тенденція виділяти з комплексу показників якості транспортного обслуговування один чи кілька показників і проводити оцінку його впливу на конкурентноздатність транспорту і залучення клієнтів [5]. Однак оцінка рівня обслуговування носить як кількісну, так і якісну сторону. На Донецькій залізниці структура вантажопотоку дуже широка, тобто мають місце різні групи користувачів, що пред'являють ті чи інші вимоги до якості обслуговування. Однак сервісу перевезень приділяється недостатня увага.

Мета статті. Визначити критеріальну функцію оптимального розподілу ресурсів залізниці для забезпечення сервісу перевезень за параметрами (вагонний парк, якій визначено за технічними нормами, послуги вантажовідправникам та вантажоотримувачам).

Основний матеріал дослідження. Реалізація необхідного рівня сервісу може бути заснована на теорії складних систем [6]. Розглянута система розподілу вагонів і послуг на залізниці складається з множини об'єктів K (станції навантаження, вантажовласники). Для забезпечення виконання необхідних умов сервісу мається множина I типів ресурсів (вагонів і послуг), $I = \{1, \dots, n\}$. Позначимо множину типів вагонів, необхідних для s -об'єкта, $I_s; I_s \subset I$. Відомий ресурс i -типу для s -об'єкта (x_i^s). Множина станів i -ої складової s -го об'єкта позначимо C_s^i . Число елементів множини C_s^i дорівнює

$$\text{card } C_s^i = x_i^s + 1, \quad (1)$$

де $C_s^i = \{a_0^{is}, a_1^{is}, \dots, a_{x_i^s}^{is}\}$ та номеру i відповідає задана кількість ресурсу.

Далі задамо відображення $\mu_{\hat{C}_s^i} : C_s^i \rightarrow [0,1]$, що характеризує ступінь приналежності будь-якого стану $a_v^{is} \in C_s^i$ до нечіткої множини "гарних" станів i -ої складової s -го об'єкта $\hat{C}_s^i = \{<a_v^{is}, \mu_{\hat{C}_s^i}(a_v^{is})>\}$.

Для характеристики функціональної придатності об'єктів до виконання цільових задач на множині C_s^i задамо нечітку множину $\tilde{C}_s^i$ "працездатних" станів s -го об'єкта за i -ю складовою

$$\tilde{C}_s^i = \{<a_v^{is}, \mu_{\tilde{C}_s^i}(a_v^{is})>\}, \quad (2)$$

де $\mu_{\tilde{C}_s^i} : C_s^i \rightarrow [0,1]$.

Далі можна визначити ступінь приналежності "кращого" стану s -го об'єкта до множини $\hat{C}_s^i$. Для цього нам необхідно зафіксувати тип ресурсу і за всіма станами провести порівняння ступенів приналежності "гарних" і "працездатних" множин для вибору найменшого з них з метою одержання гарантованого результату. З усіх зафіксованих мінімальних значень обирається максимальний елемент, знайдений стан позначається. Аналогічна операція проводиться за всіма типами параметрів. Кінцеве вираження буде мати наступний вид

$$\mu(a^s) = \min_i \max_v \min\{\mu_{\hat{C}_s^i}(a_v^{is}), \mu_{\tilde{C}_s^i}(a_v^{is})\}, \quad (3)$$

В процесі виконання об'єктами свого цільового призначення в умовах виникнення додаткового впливу зовнішнього середовища відбувається незаплановане споживання ресурсів, тобто відбувається зміна стану об'єктів у бік збитку чи заповнення наявних ресурсів. Тим самим об'єкти переходять з початкового стану за кожною складовою a_v^{is} у стан a_k^{is} , $k \leq v$, $\forall i \in I$, $\forall s \in K$. Такий перехід може бути заданий нечітким відображенням

$$l^{is} : \hat{C}_s^i \rightarrow \hat{C}_s^i \times [0,1], \quad (4)$$

де образ кожного елементу з $\hat{C}_s^i$ виявляє собою нечітка множина.

Тому що кількість ресурсів на будь-якому об'єкті кінцева, то нечітке відображення λ^{is} може бути однозначно визначено нижньою трикутною матрицею L^{is} наступного виду:

$$L^{is} = \begin{bmatrix} \lambda_{11}^{is} & 0 & 0 & \mathbf{K} & 0 \\ \lambda_{21}^{is} & \lambda_{22}^{is} & 0 & \mathbf{K} & 0 \\ \mathbf{K} & \mathbf{K} & \mathbf{K} & \mathbf{K} & \mathbf{K} \\ \lambda_{x_i^s+1,1}^{is} & \mathbf{K} & \mathbf{K} & \mathbf{K} & \lambda_{x_i^s+1, x_i^s+1}^{is} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

де $\lambda_{vk}^{is} = \lambda^{is}(a_k^{is}, a_v^{is})$ характеризує можливість переходу s -го об'єкта за i -ою складовою в стан a_k^{is} , якщо

в початковий момент він був в стані a_v^{is} ; при цьому $k < v$.

Ступінь приналежності $\mu_{\hat{C}_s^i}(a_k^{is})$ a_k^{is} -го стану s -го об'єкта за i -ою складовою до нечіткої множини гарних станів $\hat{C}_s^i$ визначається відповідно до правил нечіткого відображення нечіткої множини $\hat{C}_s^i \rightarrow \hat{C}_s^i$ та визначається за формулою

$$\mu_{\hat{C}_s^i}(a_k^{is}) = \max_v \min \{ \mu_{\hat{C}_s^i}(a_v^{is}), \lambda^{is}(a_v^{is}, a_k^{is}) \}, \quad (6)$$

Далі введемо позначення кількості ресурсу i -го типу в f -й підсистемі l -го рівня δ_i^{lf} . Введемо умовну нечітку множину гарних станів i -ї складової s -го об'єкта при сумарному ресурсі в системі

$$\bar{C}_s^i = \{ \langle a_v^{is}, \mu_{\bar{C}_s^i}(a_v^{is} | \delta_i) \rangle \}, \quad (7)$$

де $\mu_{\bar{C}_s^i} : C_s^i \times \delta_i \rightarrow [0,1]$.

Дана умовність викликається невизначеністю попиту ресурсу на інших об'єктах і, отже, нечіткістю в забезпеченні s -го об'єкта додатковим ресурсом.

Аналогічно (3) ступінь приналежності кращого стану s -го об'єкта при кількості ресурсу в системі резервування δ_i дорівнює

$$\mu(a^s | \delta_i) = \min_i \max_v \min \{ \mu_{\bar{C}_s^i}(a_v^{is}), \mu_{\bar{C}_s^i}(a_v^{is} | \delta_i) \}, \quad (8)$$

Нечітка множина гарних станів усієї системи об'єктів, що резервується при сумарному ресурсі δ_i можна визначити в такий спосіб

$$C = \times_{i=1}^n \times_{s=1}^k \bar{C}_s^i, \quad (9)$$

де k – загальне число об'єктів.

Ступінь приналежності

$$\mu(a | d) = \min_s \min_i \max_v \min \{ \mu_{\bar{C}_s^i}(a_v^{is}), \mu_{\bar{C}_s^i}(a_v^{is} | \delta_i) \}, \quad (10)$$

можна інтерпретувати як ступінь приналежності кращого стану системи об'єктів в цілому і використовувати в якості характеристики її функціональної придатності. Задаючи необхідний рівень

$$\mu(a | \delta) \geq \mu^+, \quad (11)$$

де μ^+ – задане значення, $\mu^+ \in [0,1]$, можна регулювати процес заповнення системи резервування ресурсами.

Введемо множину $R_i^s = \{0,1,K, \chi_i^s\}$, елементи якої дорівнюють можливому попиту ресурсів i -го типу s -м об'єктом, $\forall i \in I_s, \forall s \in K$. На множині R_i^s задамо нечітку множину "доступного" ресурсу для i -ї складової s -го об'єкта при кількості ресурсу в системі резервування δ_i :

$$\hat{R}_i^s(\delta_i) = \{ \langle v, \mu_i^{rs}(v | \delta_i) \rangle \mid v = 0, K, \chi_i^s \}, \quad (12)$$

де $\mu_i^{rs} : R_i^s \times \delta_i \rightarrow [0,1]$.

Значеннями ступеня приналежності множини доступного ресурсу і множини гарних станів s -го об'єкта

однозначно визначаються ступені приналежності умовної нечіткої множини його гарних станів

$$\mu_{\bar{C}_s^i}(a_v^{is} | \delta_i) = 1 - \bigwedge_{j=1}^v \left[(1 - \mu_{\bar{C}_s^i}(a_{\chi_i^s - v + j}^{is})) \wedge \left[\bigwedge_{\varphi=j}^{\chi_i^s} (1 - \mu_i^{rs}(\varphi | \delta_i)) \right] \right], \quad (13)$$

На кожній множині ресурсів i -ї категорії f -ї підсистеми l -го рівня задамо нечітку множину ресурсів, "передбачуваних до залучення" з резерву δ_i :

$$Y_i^{lf}(\delta_i) = \{ \langle y_i^{lf}, \mu_i^{lf}(y_i^{lf} | \delta_i) \rangle \}, \quad (14)$$

$$\text{де } \mu_i^{lf} : \left\{ 0,1,K, \sum_{j \in \chi^{lf}} \chi_i^s - \varepsilon_i^{lf} \right\} \times \delta_i \rightarrow [0,1]$$

Через $\hat{\Omega}_{y_i^{lf}}(\delta_i)$ можна позначити нечітку множину "можливих" комбінацій залучення y_i^{lf} ресурсу i -ї категорії з резерву δ_i^{lf}

$$\hat{\Omega}_{y_i^{lf}}(\delta_i) = \{ \langle \omega_{y_i^{lf}}, \hat{\mu}_i^{lf}(\omega_{y_i^{lf}} | \delta_i) \rangle \}, \quad (15)$$

$$\text{де } \omega_{y_i^{lf}} \in \Omega_{y_i^{lf}}, \hat{\mu}_i^{lf} : \Omega_{y_i^{lf}} \times \delta_i \rightarrow [0,1].$$

Значеннями ступеня приналежності $\mu_{\hat{C}_s^i}(a_v^{is})$ однозначно можна визначити ступінь приналежності множини ресурсів, які передбачувані до залучення, і множини можливих комбінацій залучення ресурсу.

Нечітка множина $Y_i^{lf}(\delta_i)$ описує потреби в додатковому ресурсі f -ї підсистемі l -го рівня в умовах попиту ресурсів множиною об'єктів χ^{lf} . Отже, елемент із $Y_i^{lf}(\delta_i)$ з максимальним ступенем приналежності припустимо інтерпретувати як найбільш очікуване споживання ресурсу i -го типу. Однак максимальний ступінь приналежності може відповідати декільком значенням y_i^{lf} . Виходячи з ідеї гарантованого задоволення попиту, можна обрати максимальне значення y_i^{lf} , внаслідок чого одержимо наступний результат

$$\langle y_i^{*lf}, \mu_i^{*lf}(y_i^{*lf} | \delta_i) \rangle = \underset{y_i^{lf}}{\text{Max}} \underset{\mu_i^{lf}}{\text{Max}} Y_i^{lf}(\delta_i), \quad (16)$$

Нечітка множина $\hat{\Omega}_{y_i^{*lf}}$ містить у собі припустимі комбінації розподілу y_i^{*lf} ресурсу по множині об'єктів χ^{lf} . Якщо обрати комбінацію з максимальною функцією приналежності, то надалі можна розподілити ресурси в системі таким чином, щоб витрати на їхню доставку до пунктів призначення були мінімальними, тобто елемент

$$\langle \omega_i^{*lf}, \hat{\mu}_i^{*lf}(\omega_i^{*lf} | \delta_i) \rangle = \underset{\hat{\mu}_i^{lf}}{\text{Max}} \hat{\Omega}_{y_i^{*lf}}(\delta_i), \quad (17)$$

відповідний найбільш достовірному розподілу ресурсів по об'єктах.

Визначимо критеріальну функцію

$$\Phi(\mu_{C_s}^i, \mu_{C_s}^{*i}, d_i^{lf}, d_{is}^{lf}, \delta_i^{lf}) = \sum_{l=1}^t \sum_{f=1}^m \sum_{i=1}^n \left[d_i^{lf} (\delta_i^{lf} - y_i^{*lf}) + \sum_{s \in \chi^{lf}} y_{is}^{*lf} d_{is}^{lf} \right], \quad (18)$$

де $\sum_{s \in \chi^{lf}} y_{is}^{*lf} d_{is}^{lf} = \omega_{y_i^{*lf}}$ характеризує витрати на утримання надлишків у системі резервування і витрати на доставку ресурсів до пунктів призначення при нечіткому стані об'єктів.

Тепер є всі необхідні дані, щоб сформулювати задачу обґрунтування оптимального розподілу вагонів. Визначимо мінімум критеріальної функції

$$\min_{\{\delta_i^{lf}\}} \Phi(\mu_{C_s}^i, \mu_{C_s}^{*i}, d_i^{lf}, d_{is}^{lf}, \delta_i^{lf}), \quad (19)$$

Вказану вище модель рекомендується застосовувати у взаємодіючих автоматизованих робочих місцях (АРМ) диспетчера-вагонорозподільника служби перевезень залізниці та поїзних диспетчерів вузлів і дільниць. При цьому доцільно враховувати комплексну оцінку якості обслуговування клієнтури.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямку. В існуючих методах та моделях організації перевезень ще недостатньо врахована комплексна оцінка якості обслуговування клієнтури та сервісу. Для реалізації потрібного рівня сервісу доцільно використати модель нечітких множин теорії складних систем за ознаками об'єктів (станцій) та ресурсів (вагонів за їх типом), на підставі якої можливо знайти мінімум критеріальної функції.

На перспективу запропоновану модель слід використовувати у взаємодіючих АРМ вищевказаних оперативних працівників. Подальший розвиток у даному напрямку потребує переходу до моделі вантажовласників та послуг, які надає залізниця у своїй інфраструктурі.

Література

- Концепція та Програма реструктуризації на залізничному транспорті України. – К.: НАБЛА, 1998. – 145 с.
- Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов. / Под общей редакцией Л.Б. Миротина. - М.: Издательство «Экзамен», 2002. - 512 с.
- Терешина Н.П., Кузнецова О.А. Взаимодействие с пользователями транспортных услуг // Железнодорожный транспорт. – 2001. - №8. – с.69-71.
- Кулешов В.М., Доценко Ю.В. Сучасні технології обслуговування вантажовласників на залізницях // Зб.наук.праць / УкрДАЗТ, 2003. – Вип.53. – с.82-85.
- Соколов Ю.И. Ритмичность перевозок как показатель качества транспортного обслуживания // Железнодорожный транспорт. – 2000. - №5. – с.68-69.
- Дмитриев А.К., Мальцев П.А. Основы теории построения и контроля сложных систем. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1988. – 192 с.

References

- Kontsepsiia ta Prohrama restrukturyzatsii na zaliznychnomu transporti Ukrainy. – K.: NABLA, 1998. – 145 s.

- Transportnaja logistika: Uchebnik dlja transportnyh vuzov / Pod obshhej redakciej L.B. Miroitina. - M.: Izdatel'stvo «Jekzamen», 2002. - 512 s.
- Tereshina N.P., Kuznecova O.A. Vzaimodejstvie s pol'zovateljami transportnyh uslug // Zheleznodorozhnyj transport. – 2001. - №8. – s.69-71.
- Kuleshov V.M., Dotsenko Ju.V. Suchasni tekhnologii obsluhovuvannia vantazhovlasnykiv na zaliznytsi // Zb.nauk.prats / UkrDAZT, 2003. – Vyp.53. – s.82-85.
- Sokolov Ju.I. Ritmichnost' perevozk kak pokazatel' kachestva transportnogo obsluzhivaniia // Zheleznodorozhnyj transport. – 2000. - №5. – s.68-69/
- Dmitriev A.K., Mal'cev P.A. Osnovy teorii postroenija i kontrolja slozhnyh sistem. – L.: Jenergoatomizdat, Leningradskoe otdelenie, 1988. – 192 s.

Доценко Ю.В. Распределение ресурсов для обеспечения сервиса перевозок на железной дороге.

Рассмотрены вопросы функционирования железных дорог в условиях формирующегося рынка транспортной продукции и услуг. Приведена математическая модель распределения ресурсов на полигоне для обеспечения сервиса перевозок. Определена критериальная функция оптимального распределения ресурсов железной дороги для обеспечения сервиса перевозок по параметрам (вагонный парк, который определен по техническим нормам, услуги грузоотправителям и грузополучателям). Сделан вывод о практическом применении данной модели во взаимодействующих автоматизированных рабочих местах оперативных работников для реализации необходимого уровня сервиса. Дальнейшее развитие в данном направлении требует перехода к модели грузовладельцев и услуг, которые предоставляет железная дорога в своей инфраструктуре.

Ключевые слова: уровень сервиса, транспортные услуги, распределение ресурсов, степень принадлежности, нечеткое множество.

Dotsenko Y. Distribution of resources for ensuring service on the railway.

The problems of railway operation in conditions of developing market of transport products and services. Were considered in this article the mathematical model of distribution of resources on the testing area for ensuring service of traffic was given. Defined criteria of function of optimal distribution of resources railways for ensuring service of traffic by the parameters (rolling stock, which is defined by technical norms, services to shippers and consignees). The conclusion about practical appliance of given model into cooperated automated working places of operative workers for realization the necessary level of service was made. Further development in this area needs to move to a model of shipper and services provided by the railway in their infrastructure.

Keywords: level of service, transportation, resource allocation, grade of membership, fuzzy set.

Доценко Ю.В. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ДонІЗТ УкрДАЗТ, e-mail: dozentko@mail.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. Чепцов М.М.

Стаття подана 22.02.2013

УДК 629.4.018; 629.018

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА ОСНОВІ БАЗИ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Іванченко Д.А., Матяш В.О.

METHOD FOR DETERMINING THE EXTENT OF TEST OF THE TRACTION ROLLING STOCK BASED ON TECHNICAL SOLUTIONS DATABASE

Ivanchenko D., Matyash V.

У статті розглянуті питання визначення обсягів випробувань нового або модернізованого тягового рухомого складу. Проведений аналіз методів та підходів по підвищенню ефективності проведення натурних випробувань. Приведені положення можуть застосовуватися для різних видів випробувань, у тому числі приймальних. Особливістю запропонованих підходів є використання бази технічних рішень, що формується на основі досвіду розробки, випробувань, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту існуючого парку тягового рухомого складу. Застосування бази технічних рішень дозволить оптимізувати обсяг приймальних випробувань і скоротити витрати на їх проведення.

Ключові слова: тяговий рухомий склад, приймальні випробування, оптимізація, база технічних рішень.

пробуванням, виробництвом, так і експлуатацією, технічним обслуговуванням та ремонтом техніки. Особливо важливо отримання достатньої та достовірної інформації під час проведення випробувань заново побудованого чи модернізованого рухомого складу, оскільки на основі цієї інформації приймається рішення про відповідність його нормативній документації та постановки на виробництво (рис. 1).

Постановка проблеми. Одним із основних завдань випробувань нової чи модернізованої техніки є отримання достовірної, точної інформації про якість в цілому та конкретні технічні параметри і характеристики пов'язані з ефективною експлуатацією, обслуговуванням та подальшим розвитком і модернізацією.

Випробування в такому випадку розуміється як ряд спланованих експериментальних досліджень, направлених на отримання інформації про якість усіх, передбачених технічним завданням, функцій та характеристик.

Вступ. Всі етапи життєвого циклу тягового рухомого складу (ТРС) потребують в оперуванні значної кількості інформації про параметри та характеристики його роботи. На основі цієї інформації приймають рішення, пов'язані як з розробкою, ви-

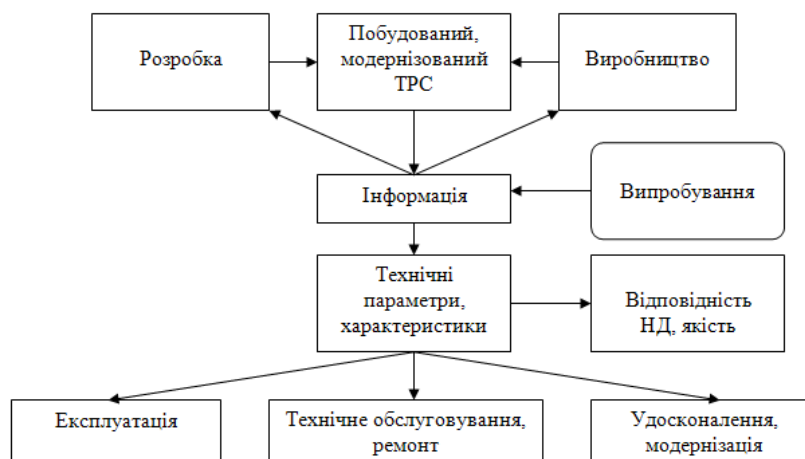


Рис. 1. Місце випробувань у оперуванні інформацією впродовж життєвого циклу ТРС

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В теорії планування експериментів є низка положень по оптимізації програми та обсягів випробувань [3]. Теорія інформації розглядає інструменти оцінки повноти, релевантності, ергономічності інформації, отриманої під час випробувань [1, 2]. Теорія моделювання дає основу для розвитку і застосування методів отримання інформації без коштовних натурних випробувань [4]. Розрахунково-експериментальні методи дозволяють оптимізувати обсяг випробувань використовуючи результати моделювання [5].

Мета статті. Таким чином, необхідно вирішити задачу систематизації теоретичних та експериментальних напрацювань в галузі випробувань ТРС та отримання інформації про його якість як під час прийняття рішень про постановку на виробництво так і під час експлуатації, технічного обслуговування.

Результати досліджень. Існуючі системи ТРС мають множину закладених в них функцій, від якості та надійності виконання яких залежить ефективність роботи та експлуатації в цілому. Усі функції мають різну ступінь важливості і відтворюються під час робочих процесів і станів. Співвідношення значень робочих параметрів і нормативних значень у динаміці складає якість функціонування. Виконання функцій закладено технічним рішенням у відповідний вузол, пристрій, деталь, що складають дану систему. Виконаний аналіз систем нового або модернізованого ТРС, показує наявність аналогічних функцій і подібних у різній ступені технічних рішень. Слід зауважити, що технічні рішення можуть відрізнятися як конструктивним виконанням, так і якістю (технологічністю) його виробництва. Подібність технічних рішень нової розробки ТРС та існуючої дає можливість використовувати накопичену інформацію про якість виконання функцій достатньої для зменшення обсягів експериментів та зниження витрат на проведення приймальних і інших видів випробувань.

Аналіз структури інформації дозволив зробити подальший розвиток методів її оцінки і використання на етапах приймальних та дослідних випробувань ТРС. Крім того, використання інформаційних моделей ідеалізованого аналога одиниці ТРС у порівнян-

ні з новими та модернізованими дає основу для методу визначення технічного рівня ТРС, що заново надходить в експлуатацію на залізницю.

Систематизація інформації представляється у формі бази технічних рішень ТРС (БТР ТРС), яка представляє собою формалізовану інформаційну модель, що динамічно взаємодіє з експлуатаційними показниками, показниками надійності, досвідом експлуатації існуючої серії ТРС з новою серією, що розроблюється, або модернізованими одиницями на етапах випробувань, постановки на виробництво, технічного обслуговування та ремонту (рис. 2).

БТР ТРС відіграє ключову роль у розробці технічного портрету ідеалізованого аналога та нової розробки, представленої у технічному завданні. На її основі також отримуються коефіцієнти подібності технічних рішень (рис. 3).

Так для оцінки та прогнозування таких показників надійності, як ймовірність безвідмовного виконання функцій системами нового чи модернізованого ТРС використовуються коефіцієнти подібності технічних рішень:

$$\|P_{ij}^n(l_{ij})\| = \|P_{ij}^a(l_{ij})\| * \|k_{ij}^p\|, \quad (1)$$

де P_{ij}^n - ймовірність безвідмовного виконання i -ої функції j -ою підсистемою нової одиниці ТРС;

P_{ij}^a - ймовірність безвідмовного виконання i -ої функції j -ою підсистемою аналога ТРС;

l_{ij} - напрацювання i -ої функції j -ої підсистеми;

k_{ij}^p - коефіцієнти подібності технічних рішень.

Основне завдання БТР є прогнозування технічних показників систем заново побудованих чи модернізованих одиниць ТРС на основі вихідної інформації про технічні рішення, прийняті в них.

Висновок. Таким чином розроблена інформаційна модель систематизації напрацювань в галузі випробувань ТРС та досвіду експлуатації, що дозволить скоротити витрати та підвищити ефективність приймальних та дослідних випробувань з використанням сучасних досягнень теорій інформації, подібності, моделювання та планування експерименту.

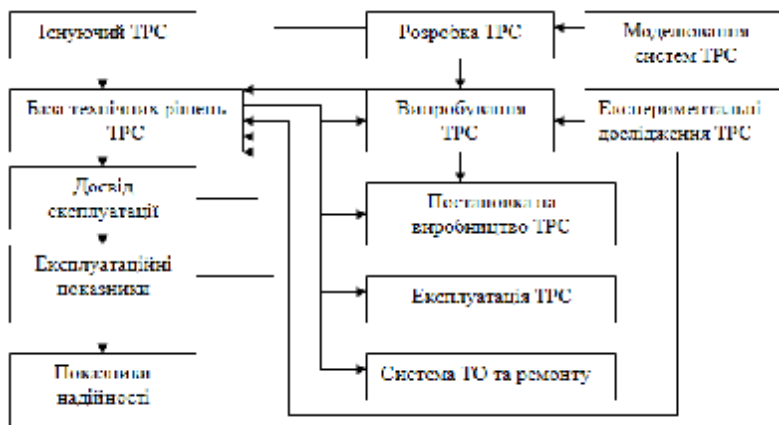


Рис. 2. Схема взаємодії бази технічних рішень з основними етапами життєвого циклу ТРС

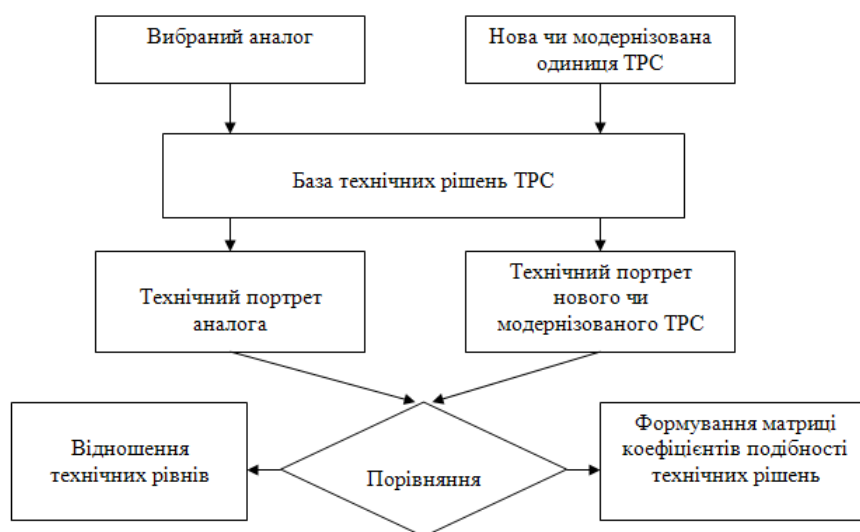


Рис. 3. Формування та використання бази технічних рішень

Література

1. Бриллюэн, Л. Наука и теория информации [Текст]: пер. с англ. / Л. Бриллюэн. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 391 с.
2. Мазур, М. Качественная теория информации [Текст]: пер. с польского / М. Мазур. – М.: Мир, 1974. – 240 с.
3. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст]: пер. с нем. / К. Хартман. – М.: Мир, 1977. – 552 с.
4. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем [Текст] / В.П. Тарасик. – Мн.: Дизайн-ПРО, 2004. – 640 с.
5. Дьомін, Ю.В. Удосконалення системи допуску рухомого складу до експлуатації / Ю.В. Дьомін // Залізничний транспорт України. – 2013. – №2. – С. 5 – 8.

References

1. Brilljujen, L. Nauka i teorija informacii [Tekst]: per. s angl. / L. Brilljujen. – M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury, 1960. – 391 s.
2. Mazur, M. Kachestvennaja teorija informacii [Tekst]: per. s pol'skogo / M. Mazur. – M.: Mir, 1974. – 240 s.
3. Hartman, K. Planirovanie jeksperimenta v issledovanii tehnologicheskikh processov [Tekst]: per. s nem. / K. Hartman. – M.: Mir, 1977. – 552 s.
4. Tarasik, V.P. Matematicheskoe modelirovanie tehnichestikh sistem [Tekst] / V.P. Tarasik. – Mn.: DizajnPRO, 2004. – 640 s.
5. D'omin, Ju.V. Udoskonalennja sistemi dopusku ruhomogo skladu do ekspluatacii / Ju.V. D'omin // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2013. – №2. – S. 5 – 8.

Иванченко Д.А., Матяш В.А. Метод определения объемов испытаний тягового подвижного состава на основе базы технических решений.

В статье рассмотрены вопросы определения объемов испытаний нового или модернизированного тягового подвижного состава. Выполненный анализ методов и подходов по повышению эффективности проведения натурных испытаний. Приведенные положения могут применяться для различных видов испытаний, в том числе при-

емочных. Особенностью предложенных подходов является использование базы технических решений, которая формируется на основе опыта разработки, испытаний, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта существующего парка тягового подвижного состава. Применение базы технических решений позволит оптимизировать объем приемочных испытаний и затраты на их проведение.

Ключевые слова: *тяговый подвижной состав, приемочные испытания, оптимизация, база технических решений.*

Ivanchenko D.A., Matyash V. Method for determining the extent of test of the traction rolling stock based on technical solutions database.

The questions determine the extent of testing new or upgraded traction rolling stock. One of the main objectives of testing technology is to obtain reliable, accurate information. The analysis methods and approaches to improve the efficiency of field test. Shown the position can be used for different types of tests, including acceptance trials. The feature of the proposed approach is the use of a technical solution that is based on experience in the development, testing, operation, maintenance and repair of the existing fleet of traction rolling stock. The use of a technical solution will optimize the amount of acceptance testing and reduce the cost of their implementation. The main objective of the technical solutions database is to predict performance testing of newly constructed or upgraded units traction rolling stock based on the initial information about the technical decisions made by them.

Keywords: *traction rolling stock, testing, optimization, technical solutions database.*

Иванченко Д.А. – асистент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ,
e-mail: ukrsart.erps@gmail.com.
Матяш В.О. – к.т.н., директор ПКТБрл.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 21.02.2014

УДК 658.7.011.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ЛОКОМОТИВОВ В ДЕПО

Калабухин Ю.Е., Ольховская Т.А.

PERFECTION OF THE ORGANIZATION OF MATERIAL SUPPORT AT MAINTENANCE SERVICE AND REPAIR OF LOCOMOTIVES IN DEPOT

Kalabuxin U., Olxovskaya T.

В статье предложена методика определения достаточности запасных частей в локомотивном хозяйстве железных дорог. Классифицированы ситуации и рассмотрены основные структуры обеспечения запасными частями в локомотивных депо, которые наиболее часто используются на практике. Предложена реализация количественного определения запасных частей по каждой выделенной структуре, включающей в себя номенклатуру, интенсивность потока заявок, среднее время восстановления и доставки. Приведенные аналитические зависимости позволяют практически учитывать достаточность объемов запасных частей, их потребления и сроков поставок для повышения качества технического обслуживания и ремонта локомотивов.

Ключевые слова: достаточность, запасные части, запас, обменный фонд, пополнение, ремонтный орган, сервис, снабжение, структура, тепловоз.

Введение. В период глубоких системных преобразований в локомотивном хозяйстве железных дорог Украины стремительно развиваются и углубляются структурные и функциональные взаимозависимости. Это, с одной стороны усложняет, а с другой укрепляет экономические связи, без которых современные локомотивные депо, которые осуществляют обслуживание и ремонт тягового подвижного состава, функционировать и развиваться не может. В особенности это относится к материально-техническому обеспечению, когда в условиях перехода к рыночным отношениям необходима разработка современных информационных методов повышения эффективности связей между поставщиками и потребителями при организации содержания локомотивов.

Постановка проблемы. Запасы запасных частей и материалов являются очень важным материальным ресурсом, без которого невозможна работа ремонтного производства. Существует большое количество моделей пополнения запасов, подходы к

которым могут существенно различаться. Это зависит в первую очередь от вида запасных частей по характеру использования на индивидуальные, для которых точно известно место их установки в оборудовании локомотива, а также групповые, для которых при заказе место установки и время их использования в ремонте неизвестны. Исходя из этого формализация задачи по управлению запасами является актуальной и своевременной.

Анализ последних исследований и публикаций. Формирование теории управления запасами как научной дисциплины началось в середине 1950-х годов. Обстоятельное развитие этого этапа приведен в работах [2,3]. Имеется ряд учебных пособий [1,2,5,6,8,9], где с математической точки зрения раскрывается сущность формирования объема запасов, а также основные закономерности применительно к различным отраслям промышленности. В одной из последних работ [7], на основе обобщения в качестве главного показателя использовано условие обеспечения заданной надежности снабжения. В то же время необходимо отметить, что большинство этих разработок имеют ограниченную применимость из-за неконкретности в определении издержек в результате потери предпочтения, волевого назначения норм запасов, а также отсутствия комплексного подхода к составным частям совокупных запасов на всем пути их движения и их распределению между звеньями исследуемых систем.

Цель статьи. В работе предложена комплексная методика формирования и оценки достаточности запасов запасных частей с учетом основных производственных звеньев при организации обслуживания технологического оборудования локомотивного депо.

Результаты исследований. Как известно пополнение любых запасов $S_{c,+}$ всегда происходит с

некоторой задержкой относительно момента выдачи на него требования [11]. Эти пополнения можно подразделить на:

- мгновенное (задержка поставки очень мала);
- с задержкой на фиксированный срок;
- с задержкой на случайный интервал времени с известным или неизвестным вероятностным распределением;
- экстренное пополнение.

Локомотив представляет собой большой сложный объект. Поэтому можно выделить в нем три основные структурные подсистемы организации снабжения запасными элементами:

- одиночный запас $Z_{3,4}^O$, представляющий количество запасных элементов, которые придаются непосредственно данному локомотиву для обеспечения его работоспособности;
- запас запасных элементов ремонтного органа $Z_{3,4}^{PO}$, представляющий количество запасных элементов, которые придаются только ему, с целью обеспечения его работоспособности. Функционирование ремонтного органа (PO) заключается в устранении отказов в неисправных узлах или деталях оборудования локомотива, которые к нему поступают для их восстановления. Таким образом, ремонтный орган предназначен для восстановления поступивших к нему объектов и должен быть обеспечен своим запасом $Z_{3,4}^O$;

- обменный фонд ремонтного органа $Z_{3,4}^{OF-PO}$, представляющий собой количество более мелких запасных элементов, которые придаются ремонтному органу, который может обслуживать как одиночный запас $Z_{3,4}^O$, так и поступающие в ремонтный орган узлы.

Эти структурные подсистемы могут сочетаться между собой в различных вариантах. Исходя из этого предложено 7 вариантов структур обеспечения обслуживания запасными элементами (СОЗЭ), которые наиболее часто используются на практике. Они представлены на рис. 1.

Первый вариант отражает наиболее распространенную СОЗЭ, в которой запас $Z_{3,4}^O$ пополняется напрямую из внешнего источника. Под этим внешним источником здесь и далее будет пониматься внешний склад, база, завод и т.д., ограниченность которых при пополнении элементов в расчет приниматься не будет. В случае отказа у локомотива, какого либо элемента в запас $Z_{3,4}^O$ поступает заявка, которая немедленно удовлетворяется, если соответствующий запасной элемент там имеется. При отсутствии запасного элемента заявка становится в "очередь" и ждет пока не появиться возможность ее удовлетворить. Длина очереди неудовлетворенных заявок может быть различной и зависит от основных принципов и условий функционирования системы материально-технического снабжения.

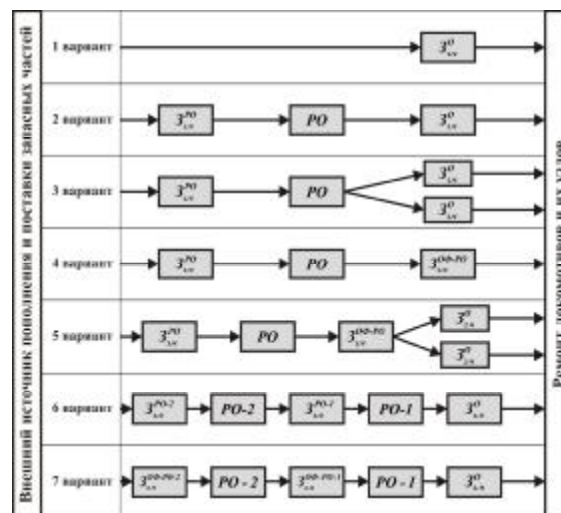


Рис. 1. Варианты пополнения запасов

Таким образом, в первом варианте заявка на запасной элемент, которая поступила от объекта в запас $Z_{3,4}^O$, может быть удовлетворена либо немедленно, либо с некоторой задержкой.

Во втором варианте запас $Z_{3,4}^O$ пополняется из ремонтного органа PO , который в свою очередь имеет свой запас $Z_{3,4}^{PO}$, который пополняется из внешнего источника.

Третий вариант предусматривает, что каждому типу локомотива придан свой запас $Z_{3,4}^O$. Эти запасы пополняются также из ремонтного органа PO , который в свою очередь имеет свой запас $Z_{3,4}^{PO}$ и пополняемый из внешнего источника (как и во втором варианте).

В четвертом варианте для обслуживания придается свой обменный запас элементов $Z_{3,4}^{OF-PO}$, который напрямую пополняется из ремонтного органа PO .

Для пятого варианта устанавливается, что каждый запас $Z_{3,4}^O$ для обслуживания пополняется из своего обменного запаса элементов $Z_{3,4}^{OF-PO}$, который тоже напрямую пополняется из ремонтного органа PO .

В шестом варианте пополнение запаса $Z_{3,4}^O$ для обслуживания предусматривается напрямую от нескольких ремонтных органов $PO-1$ и $PO-2$ в различных сочетаниях.

Седьмой вариант предусматривает пополнение элементов для обслуживания из обменного запаса элементов $Z_{3,4}^{OF-PO}$, который тоже напрямую пополняется из ремонтных органов $PO-1$ и $PO-2$ в различных сочетаниях.

Для оценки достаточности конкретного запаса $Z_{3,4}^O$, необходимы следующие данные.

1. Количество типов сменных элементов N_0 в изде-

2. По каждому типу сменных конструктивных элементов составляется формуляр с исходными данными

$$i \quad \Lambda_{iO} \quad T_{iO} \quad n_{iO} \quad r_{iO} \quad (1)$$

где: i - номер типа элементов по номенклатуре запаса $3_{3,4}^O$; Λ_{iO} - интенсивность потока заявок на элементы i -го типа от изделия в запас $3_{3,4}^O$; T_{iO} - среднее время восстановления одного элемента i -го типа в $3_{3,4}^O$ (т.е. среднее время, которое проходит между изъятием запасного элемента из запаса $3_{3,4}^O$ и поступлением в этот запас аналогичного исправного элемента взамен изъяттого); n_{iO} - начальное количество запасных элементов i -го типа в запасе $3_{3,4}^O$; r_{iO} - максимальная возможная длина очереди неудовлетворенных заявок на элементы i -го типа в $3_{3,4}^O$. (Целое положительное значение r_{iO} соответствует случаям ограниченной очереди неудовлетворенных заявок. При $r_{iO} = 0$ принято, что длина очереди является неограниченной).

Интенсивность Λ_{iO} определяется потоком замен элементов i -го типа в изделиях (не обязательно совпадающим с потоком отказов), а так же потоком отказов элементов i -го типа при хранении в соответствующем запасе $3_{3,4}^O$

$$\Lambda_{iO} = k_{ie} (m_i l_i + l_i l_i) + (1 - k_{ie}) (m_i + l_i) l_{ixp} + n_i l_{ixp} \quad (2)$$

где: m_i - количество основных элементов i -го типа в изделии; l_i - количество резервных элементов i -го типа в изделии; k_{ie} - коэффициент интенсивности эксплуатации изделия; l_i - интенсивность отказов одного основного элемента i -го типа; l_{ixp} - интенсивность отказов одного основного элемента i -го типа при хранении.

Для того чтобы вычислить показатель достаточности $O\Phi - PO$ необходимы следующие начальные данные.

1. $N_{O\Phi}$ - количество типов элементов, на которые могут прийти заявки в $O\Phi - PO$;

2. По каждому из N_{iO} типов элементов задать формуляр исходных данных:

$$i \quad \Lambda_{iO\Phi} \quad T_{iO\Phi} \quad n_{iO\Phi} \quad (3)$$

где: $\Lambda_{iO\Phi}$ - интенсивность потока заявок на запасные элементы i -го типа, поступающих в $O\Phi - PO$ от обслуживаемых образцов объекта или запаса $3_{3,4}^O$, т.е. среднее количество заявок на элементы i -го типа в единицу времени; $T_{iO\Phi}$ - среднее время ремонта одного элемента i -го типа в PO ; $n_{iO\Phi}$ - начальное количество элементов i -го типа в $O\Phi - PO$.

Для того чтобы вычислить значение $\Lambda_{iO\Phi}$ необходимо просуммировать по всем образцам объекта в

группе, которая обслуживается данным PO . Интенсивности потоков замен элементов i -го типа в объекте можно определить как [13]

$$\Lambda_{iO\Phi} = \sum_{K=1}^S \Lambda_{iO\Phi}^K, \quad (4)$$

где: S - количество образцов объектов в группе; $\Lambda_{iO\Phi}^K$ - интенсивность потока замен элемента i -го типа в K -ом образце объекта.

Интенсивность потока замен элемента i -го типа в K -ом образце объекта $\Lambda_{iO\Phi}^K$ определяется как

$$\Lambda_{iO\Phi}^K = k_{ie} (m_i l_i + l_i l_i) + (1 - k_{ie}) (m_i + l_i) l_{ixp} + n_i l_{ixp}, \quad (5)$$

где: m_i - количество основных элементов i -го типа в изделии; l_i - количество резервных элементов i -го типа в изделии; k_{ie} - коэффициент интенсивности эксплуатации изделия; l_i - интенсивность отказов одного основного элемента i -го типа; l_{ixp} - интенсивность отказов одного основного элемента i -го типа при хранении.

Для того чтобы вычислить показатель достаточности $3_{3,4}^O$ для ремонтного органа PO требуются следующие исходные данные.

1. N_{PO} , - количество типов запасных элементов, которые могут потребоваться для работы PO ;

2. По каждому типу запасных элементов задать формуляр исходных данных:

$$j \quad \Lambda_{jPO} \quad a_{jPO} \quad T_{jPO} \quad t_{jPO} \quad n_{jPO} \quad (6)$$

где: j - номер типа элементов по номенклатуре $3_{3,4}^O$; Λ_{jPO} - интенсивность потока заявок на элементы j -го типа, поступающих в $3_{3,4}^{PO}$, т.е. среднее количество заявок на элементы j -го типа в единицу времени; a_{jPO} - тип стратегии пополнения запаса элементов j -го типа в $3_{3,4}^{PO}$. Значение a_{jPO} может принимать значения 1,2,3. При $a_{jPO} = 1$ запас элементов j -го типа пополняется периодически. При $a_{jPO} = 2$ пополнение запаса элементов j -го типа производится с экстренными доставками, т.е., помимо планового периодического восстановления запаса, допускается еще и внеплановое восстановление его до первоначального уровня, если элемент j -го типа требуется для работы PO , а запас элементов j -го типа в $3_{3,4}^{PO}$ отсутствует. При $a_{jPO} = 3$ запас элементов j -го типа в $3_{3,4}^{PO}$ пополняется за счет ремонта отказавших элементов в специальном PO_s (отличном от того PO , которому придан данный $3_{3,4}^{PO}$); T_{jPO} - основной параметр стратегии пополнения запаса элементов j -го типа. При $T_{jPO} = 1$ или $T_{jPO} = 2$ значение a_{jPO} является периодом попол-

нения запаса элементов j -го типа. При $T_{jPO} = 3$ значение a_{jPO} является средним временем ремонта одного элемента j -го типа; t_{jPO} - дополнительный параметр стратегии пополнения запаса элементов. При $t_{jPO} = 1$ или $t_{jPO} = 3$ значение a_{jPO} равно нулю. При $t_{jPO} = 2$ значение a_{jPO} представляет среднюю продолжительность экстренной доставки элементов из внешнего источника пополнения; n_{jPO} - начальное количество элементов j -го типа в $3_{3,4}^{PO}$.

Для решения задачи расчета всего $3_{3,4}^{PO}$ требуются следующие исходные данные.

1. N_{PO} - количество типов запасных элементов, которые могут потребоваться для $3_{3,4}^{PO}$.

2. По каждому типу запасных элементов составляется формуляр начальных данных

$$j \quad \Lambda_{jPO} \quad a_{jPO} \quad T_{jPO} \quad t_{jPO} \quad C_{jPO} \quad (7)$$

где параметры j , Λ_{jPO} , a_{jPO} , T_{jPO} , t_{jPO} имеют тот же смысл, что и в формуляре (6), а C_{jPO} - затраты на 1 элемент j -го типа $3_{3,4}^{PO}$.

Вычисление показателя достаточности $\zeta_{\zeta, \div}^{PI}$ производится по формуле

$$\Delta t_{PO}^{TP} = \frac{\sum_{j=1}^{N_{PO}} \Lambda_{jPO} \Delta t_{jPO}}{\Lambda_{PO}}, \quad (8)$$

где: Δt_{PO}^{TP} - показатель достаточности запаса элементов j -го типа в $3_{3,4}^{PO}$.

В зависимости от стратегии пополнения запаса элементов j -го типа в $\zeta_{\zeta, \div}^{PI}$ (т.е. в зависимости от заданного значения $a_{jPO} = 1, 2, 3$) показатель достаточности элементов j -го типа в $3_{3,4}^{PO}$ может быть определен по следующим формулам.

1. В случае $a_{jPO} = 1$ (когда пополнение запаса элементов j -го типа в $3_{3,4}^{PO}$ происходит периодически) показатель достаточности определяется из выражения

$$\Lambda_{jPO} \Delta_{jPO} = \frac{1}{a_j} e^{-a_j} \sum_{k=1}^{\infty} K \sum_{i=n_{jPO}+K+1}^{\infty} \frac{a_j^i}{i!}, \quad (9)$$

где

$$a_j = \Lambda_{jPO} T_{jPO}. \quad (10)$$

Вычисления по данной формуле производится следующим образом. Первоначально рассчитывается величина

$$e_j = \frac{a_j e_{PO} \Lambda_{PO}}{2 N_{PO}}, \quad (11)$$

где: e_{PO} - заданная точность вычисления показателя достаточности.

По таблицам распределения Пуассона [4]

$$F(n, a) = e^{-a} \sum_{K=n}^{\infty} \frac{a^K}{K!}, \quad (12)$$

отыскиваются расчетные значения $F(n_{jPO} + 2, a_j)$, $F(n_{jPO} + 3, a_j)$, до тех пор, пока в первый раз не выполнится неравенство

$$F(n_{jPO} + K^* + 1, a_j) \leq \frac{e_j}{K^*}. \quad (13)$$

В соответствие с найденными значениями $F(n_{jPO} + K^* + 1, a_j)$, $K = 1, 2, \dots, K^*$ определяется величина

$$\Lambda_{jPO} \Delta t_{jPO} = \frac{1}{a_j} \sum_{K=1}^{K^*} K \cdot F(n_{jPO} + K, a_j). \quad (14)$$

2. В случае $a_{jPO} = 2$ (когда пополнение запаса элементов j -го типа в $3_{3,4}^{PO}$ происходит периодически с экстренными доставками) показатель достаточности определяется из выражения

$$\Lambda_{jPO} \Delta t_{jPO} = \left(\frac{t_{jPO}}{T_{jPO}} \right) w(n_{jPO}, a_j) \left(\frac{1 + \Lambda_{jPO} t_{jPO}}{2} \right), \quad (15)$$

где

$$w(n_{jPO}, a_j) = e^{-a} \sum_{K=1}^{\infty} \sum_{i=K(n_{jPO}+1)}^{\infty} \frac{a_j^i}{i!}, \quad (16)$$

и

$$a_j = \Lambda_{jPO} T_{jPO}. \quad (17)$$

Для того чтобы вычислить значения функции $w(n_{jPO}, a_j)$, заданной суммой бесконечного ряда (16), поступаем следующим образом. По таблицам распределения Пуассона определяем значения $F(n_{jPO} + 1, a_j)$, $F(2n_{jPO} + 2, a_j)$..., до тех пор, пока первый раз не будет выполнено неравенство

$$F(K^* \cdot n + K, a) \leq \frac{e_{PO}}{N_{PO}} \Lambda_{PO}, \quad (18)$$

где: e_{PO} - заданная точность вычисления показателя достаточности.

По найденным значениям $F(K^* \cdot n + K, a)$ определяется

$$w(n, a) = \sum_{K=1}^{K^*} F(K^* \cdot n + K, a). \quad (19)$$

3. В случае $a_{jPO} = 3$ (когда элементы j -го типа в $3_{3,4}^{PO}$ могут быть отремонтированы) показатель достаточности запаса элементов определяется как

$$\Lambda_{jPO} \Delta t_{jPO} = e^{-a_j} \sum_{K=n_{jPO}+1}^{\infty} (K - n_{jPO}) \frac{a_j^K}{K!}, \quad (20)$$

и

$$a_j = \Lambda_{jPO} T_{jPO}. \quad (21)$$

По данной методике была определена достаточность количества запасных частей по каждому варианту их формирования для выполнения обслуживания и ремонта технологического оборудования

локомотивного депо і сформована база даних, которая составляет основу для автоматизированного рабочего места инженера-технолога.

Выводы. На основании проведенных исследований выделено семь основных вариантов формирования запасов запасных частей с учетом пополнения их от внешних источников, а также соответствующих ремонтных подразделений, выполняющих восстановление узлов и деталей локомотивов. Предложена методика определения информационной достаточности сформированных вариантов запасов, которые учитывают как количественные, так и качественные характеристики заявок, интенсивность потока замен деталей, их номенклатуру для конкретного типа локомотива, а также техническую оснащенность ремонтно-восстановительных органов. В настоящее время в опорных депо, на основании данной методики, производится формирование базы данных по информационной оценке производственным персоналом достаточности запасных частей для обслуживания локомотивов.

Л и т е р а т у р а

1. Бродецкий Г.Л. Управление запасами / Г.Л.Бродецкий. – М.: Эксмо, 2008. – 352с.
2. Букан Дж. Научное управление запасами / Букан Дж., Кенигсберг Э. – М.: Наука, 1967. – 424с.
3. Дж. Хедли Анализ систем управления запасами / Дж. Хедли, Т. Уайтин. – М.: Наука, 1969. – 512с.
4. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики / В.С.Лукинский. – М.: "Питер", 2003. – 176с.
5. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами / Ю.И.Рыжиков. – СПб.: "Питер", 2001. – 384с.
6. Сакович В.А. Модели управления запасами / В.А.Сакович. – Минск.: Наука и техника, 1986.-319 с.
7. Тиверовский В.И. Новый этап в развитии транспорта и логистики за рубежом / В.И.Тиверовский // Транспорт: наука, техника, управление. – 2013. - №12. – С.46-51.
8. Фасоляк Н.Д. Экономика, организация и планирование материально -технического снабжения и сбыта / Н.Д.Фасоляк. – М.: Экономика, 1980. — 276 с.
9. Фролов В.А. Организация работы материальных складов железнодорожного транспорта / В.А.Фролов, А.Г.Усов. – М.: Транспорт, 1979. 296 с.
10. Хэнсменн Ф. Применение математических методов в управлении производством и запасами / Хэнсменн Ф. – М.: Прогресс, 1966. - 93 с.
11. Шубников А.К. Экономика и организация материально-технического снабжения железнодорожного транспорта / А.К.Шубников. – М.: Транспорт, 1971.-214с.

R e f e r e n c e s

1. Brodeckiy G.L. Upravlenie zapasami / G.L. Brodeckiy. – M.: Eksmo, 2008. – 352s.
2. Bukan Dg., Kenigsberg E. Nauthnoe upravlenie zapasami / Bukan Dg., Kenigsberg E. – M.: Nauka, 1967. – 424s.
3. Dg. Hedly, T. Yatin. Analiz sistem upravleniya zapasami / Dg. Hedly, T. Yatin. – M.: Nauka, 1969/ - 512s/
4. Lukinsky V.S. Modeli I metody teorii logistici / V.S. Lukinsky. – M.: "Piter", 2003. – 176s.
5. Rygikov U.I. Teoriya otheredey i upravlenie zapasami / U.I. Rygikov. – SPb.: "Piter", 2001. – 384s.
6. Sakovich V.A. Modeli upravleniya zapasami / V.A. Sakovich. – Minsk.: Nauka I tehnika, 1986. – 319s/

7. Tiversky V.I. Novi etap v razvitii transporta i logistiki za rubegem / V.I. Tiversky // Transport: nauka, tehnika, upravlenie. – 2013. - №12. – S.46-51.
8. Fasolyak N.D. Ekonomika, organizaciya i planirovanie materialno-texnicheskogo snabgeniya i zbitya / N.D. Fasolyak. – M.: Ekonomika, 1980. – 276s.
9. Frolov V.A. Organizaciya raboty materialnykh skladov geleznodorognoho transporta / V.A. Frolov. – M.: Transport, 1979. – 296s.
10. Xensmen F. Primenenie matematicheskikh metodov v upravlenii proizvodstvom i zapasami / Xensmen F. – M.: Progres, 1966. – 93s.
11. Hubnikov A.K. Ekonomika i organizaciya materialno-texnicheskogo snabgeniya geleznodorognoho transporta / A.K. Hubnikov. – M.: Transport, 1971. – 214s.

Калабухін Ю.С., Ольховська Т.О. Вдосконалення організації матеріально-технічного забезпечення при технічному обслуговуванні та ремонті локомотивів в депо.

У статті запропонована методика визначення достатності запасних частин у локомотивному господарстві залізниць. Класифіковано ситуації й розглянуті основні структури забезпечення запасними частинами в локомотивних депо, які найбільше часто використовуються на практиці. Запропоновано реалізацію кількісного визначення запасних частин по кожній виділеній структурі, що включає в себе номенклатуру, інтенсивність потоку заявок, середній час відновлення й доставки. Приведені аналітичні залежності дозволяють практично враховувати достатність обсягів запасних частин, їх споживання й термінів постачань для підвищення якості технічного обслуговування й ремонту локомотивів.

Ключові слова: достатність, запасні частини, запас, обмінний фонд, поповнення, ремонтний орган, сервіс, постачання, структура, тепловоз.

Kalabuxin U., Olxovskaya T. Perfection of the organization of material support at maintenance service and repair of locomotives in depot.

In clause the technique of definition of sufficiency of spare parts in a locomotive facilities of railways is offered. Situations are classified and the basic structures of maintenance by spare parts in locomotive depots which are most often used in practice are considered. Realization of quantitative definition of spare parts on each allocated structure including the nomenclature, intensity of a stream of applications, average time of restoration and delivery is offered. The resulted analytical dependences allow to consider practically sufficiency of volumes of spare parts, their consumption and terms of deliveries for improvement of quality of maintenance service and repair of locomotives.

Keywords: sufficiency, spare parts, stock, exchange collection, updating, repair body, service, supply, structure, diesel locomotive.

Калабухін Ю.С. – д.т.н., професор, декан механічного факультету Української державної академії залізничного транспорту, e-mail: kalabuxin-fet@mail.ru.

Ольховська Т.О. – здобувач кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Української державної академії залізничного транспорту.

Рецензент: д.т.н., проф. Жалкін Д.С.

УДК 629.463.001.63

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ОПИСАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МОДУЛЯ КУЗОВА СУЧАСНИХ УНІВЕРСАЛЬНИХ НАПІВВАГОНІВ**Кельріх М.Б., Мороз В.І., Фомін О.В.****STRUCTURALLY-FUNCTIONAL DESCRIPTION OF CONSTRUCTION MODULE BASKET OF THE MODERN FREIGHT GONDOLAS****Kelrykh M., Moroz V., Fomin O.**

В статті представлено запропоноване структурно-функціональне описання модуля кузова гіпотетичного універсального напіввагону, та особливості його розроблення та приклади використання. У вигляді графу наведено модель конструкційних та функціональних зв'язків модуля кузова напіввагонів, його основних складових та вузлів. Також наведено матричне описання структурно-функціональної моделі стіни торцевої напіввагонів моделі 12-9745 вітчизняного виробництва. Розроблене та представлено структурно-функціональне описання (як відображення основних елементів (блоків конструкції) модуля кузова напіввагонів і функціональних зв'язків між ними) доцільно використовувати при застосуванні сучасних наукових та інженерних підходів, творчих і пошукових методів для дослідження існуючих та створення перспективних зразків напіввагонів, в тому числі і при проектуванні інших (окрім модуля кузова) їх модулів. Отримані результати можуть бути використані у якості онови для дослідження процесів функціонування кузовів напіввагонів, розв'язання трудомістких задач з визначенням принципів побудови напіввагонів нового покоління, оцінки очікуваних їх техніко-економічних та експлуатаційних показників, дослідження роботи по сприйняттю та перерозподілу різних видів навантажень, таксономії, підвищення ступеня їх ідеальності.

Ключові слова: напіввагон, несуча система, структурно-функціональне описання.

Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень. Залізничний транспорт є одним із масових видів транспорту як України так і більшості інших країн СНД, відіграє важливу роль як у міждержавному вантажо- та пасажирообороті так і забезпеченні внутрішніх транспортних потреб. У зв'язку із зазначеним до залізничного транспорту висуваються високі вимоги з ефективності та надійності його функціонування. Ефективність та надійність функціонування залізниць безпосередньо залежить від технічного рівня рухомого складу який знаходиться в експлуатації. Тому контроль показни-

ків якості, на всіх етапах життєвого циклу, сучасних вантажних вагонів (як переважаючої частки рухомого складу) та перспектив підвищення їх техніко-економічних і експлуатаційних показників (ТЕЕП) проводить ряд державних установ (наприклад: ДП «ДНДЦ», органи сертифікації, урядові установи та інші.), та регламентовано рядом Державних документів. Наприклад у основних положеннях Державної програми «Український вагон» (затверджена Міністерством інфраструктури України 04 лютого 2011р.) та Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки (затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 року №1259) визначена необхідність підвищення конкурентоспроможності вітчизняного парку напіввагонів (як найбільш масового типу вантажних вагонів) за рахунок глибокої модернізації їх існуючого парку та виготовлення зразків нового покоління. При вирішенні зазначеної проблеми особливої актуальності та важливості набувають науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи спрямовані на поліпшення ТЕЕП їх конструкцій. До того ж проблема створення напіввагонів які б задовольняли сучасним технічним вимогам та характеризувалися зменшеною собівартістю виготовлення визначається існуючою ринковою ситуацією. На сьогоднішній день, у зв'язку із досягненням більше 80-ма відсотками парку напіввагонів призначеного терміну служби, транспортні компанії змушені оновлювати власні парки напіввагонів, але вони готові закуповувати вагони за ціною на 20-30% нижче від ринкової. Зазначена ціна визначена нинішніми відносно низькими тарифними ставками на перевезення (зниження яких і надалі прогнозується) з урахуванням призначеного розрахункового терміну окупності напіввагону. У зв'язку з неможливістю виконання таких вимог більшість виробників напіввагонів зупинили їх виробництво,

що супроводжувалось скороченням персоналу та відрахувань до Державного бюджету, спадом об'ємів замовлень металопродукції та обсягів перевезень. Одним із перспективних шляхів подолання кризи, що утворилася є розроблення нових конструкцій напіввагонів, які будуть задовольняти як технічним так і сучасним економічним вимогам вантажоперевізників. Відомо, що зниження загальної вартості вагону можливе за умови зниження вартості його складових яке можливо досягти шляхом: здешевлення матеріалів чи/та комплектуючих, чи/та розроблення більш економічно-досконалих конструкцій. Останнє особливо стосується модуля кузова напіввагонів (МКН) [1], як найбільш матеріалоемної їх частини. Прикладом перспективності зазначеного напрямку є результати попередніх досліджень впровадження технічних рішень з застосування замість використовуваних у сучасних конструкціях напіввагонів прокатних профілів їх гибочних та/чи зварювальних аналогів [2], що дозволило суттєво (більше ніж на 20%) знизити собівартість виготовлення МКН.

Підсумовуючи вищесказане можна зробити висновки про те, що проблема поліпшення ТЕЕП вітчизняних напіввагонів за рахунок удосконалення їх модуля кузова є важливою, актуальною та такою, що витікає із основних стратегічних задач залізничного транспорту України. При цьому складність проблеми поліпшення МКН пояснюється необхідністю одночасного урахування ряду вимог які у роботах [3-5] було розглянуто та проаналізовано.

На сучасному рівні розвитку науки та техніки для проектування МКН нового покоління чи/та для таких, що глибоко та комплексно модернізуються необхідно застосовувати (розробити та застосувати) інноваційні адаптивні методи наукової і інженерної діяльності на основі системного підходу. Сказане пояснюється тим, що особливістю існуючих методів проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з удосконалення МКН є окреме розглядання їх вузлів та деталей. Тому традиційний підхід не дозволяє враховувати особливості взаємодії складових елементів МКН в процесі експлуатації (в тому числі і на різних етапах їх життєвого циклу), і відповідно зробити точний аналіз функціонування основних елементів відповідних складових блоків. При цьому впровадження принципів системного підходу дозволить представити напіввагон у вигляді ряду взаємопов'язаних і взаємодіючих підсистем, які являють собою сукупність складових, виділених у конструкції вагону, а також з максимальною повнотою врахувати основні фактори їх функціонування: характеристики матеріалу із яких виготовлено основні складові (відбивають основні властивості матеріалу – міцність, корозійну стійкість, зварюваність, пластичність та інш.), технологічні вимоги (враховують енерговитрати і особливості технології виготовлення та ремонту), експлуатаційні умови (враховують особливості експлуатації МКН), та конструкційні властивості (врахо-

вують особливості форми модулів /складових /вузлів /елементів), а також зміну/деградацію їх параметрів на етапах експлуатації (наприклад при визначенні об'ємів ремонтів чи подовженні терміну експлуатації).

При вирішенні вищеописаної проблеми першочерговим завданням є розроблення структурно-функціонального описання (СФО) МКН – відображення його основних елементів (блоків конструкції) і функціональних зв'язків між ними, яке дозволить формалізувати (розширити) описання характеристик функціонування модуля кузова універсальних напіввагонів та відповідних підсистем, а також використовувати при його конструюванні елементи творчих і пошукових методів, які забезпечують отримання нових патентоспроможних технічних рішень. Однак аналіз чисельної, відповідної до профілю досліджуваного питання, науково-технічної та довідкової літератури засвідчив про відсутність інформації з проведення таких робіт.

Вирішення представленого складного науково-технічного завдання обумовлює необхідність розв'язання ряду задач, серед яких можна виділити: створення структурного описання, визначення функцій модулів/складових/вузлів/базових елементів конструкції, відповідних особливих умов та обмежень при яких будуть виконуватись функції. При цьому окремі аспекти вирішення представленого завдання частково були розглянуті у попередніх роботах. Так у роботі [6] запропоновано новий підхід до формалізації структурного описання конструкції залізничних вантажних вагонів, розроблений на основі використання принципів ієрархічності і декомпозиції (блочності), та розроблено блочно-ієрархічне описання конструкцій універсальних напіввагонів. Використання принципу ієрархічності передбачає структурування опису конструкції вагону за ступенем детальності з виділенням окремих ієрархічних рівнів. Застосування принципу декомпозиції забезпечує розділення описів конструкції вагона на кожному ієрархічному рівні на ряд відповідних блоків (конструкційних модулів) з можливостями їхнього роздільного проектування та дослідження. Вищезазначені принципи в повній мірі віддзеркалюються у блочно-ієрархічній моделі залізничного вантажного вагона, яка найбільш часто представляється у вигляді відповідної схеми, яка є основою формалізованого описання (ФО) його конструкції. Працездатність та доцільність застосування розробленої блочно-ієрархічної схеми було підтверджено при проведенні оптимізаційних робіт зі зниження матеріалоемності напіввагонів моделі 12-9745 та при проектуванні напіввагонів моделей 12-9904, 12-9904-01. Поряд із зазначеними вище роботами з ФО структури напіввагонів були у статтях [2, 7] частково розглянуті функції складових МКН, а у роботах [4, 5] були комплексно представлені сучасні вимоги відповідно до напіввагонів та їх модуля кузова. Матеріали із попередніх робіт були використані при системному вирішенні завдання, яке розглядається.

Мета статті та викладення основного матеріалу. Метою статті є представлення запропонованого структурно-функціонального описання модуля кузова гіпотетичного універсального напіввагону, особливостей його розроблення та прикладів використання. У роботі у вигляді графу наведено модель конструкційних та функціональних зв'язків МКН, його основних складових та вузлів. Також наведено матричне описання структурно-функціональної моделі стіни торцевої напіввагонів моделі 12-9745 вітчизняного виробництва.

При розробленні СФО МКН роботи проводились у три етапи. *Перший етап* включає проведення робіт з ФО МКН. Загальні принципи та підходи до розроблення ФО конструкцій залізничних вантажних вагонів детально викладені в роботі [6] та частково представлені вище. У відповідності до них ФО конструкції напіввагону передбачає виділення трьох ієрархічних рівнів. При цьому модуль кузова (B_{11}) розглядається як елемент першого рівня, вузлові елементи якого належать до другого рівня, а елементи, які умовно не підлягають подальшому розділенню складають базові елементи третього рівня. З урахуванням того, що при дослідженні існуючих та створенні нових напіввагонів МКН слід розглядати як їх несучу систему [8-10] виникла необхідність переходу до розроблення ФО його конструкції з виділенням не трьох а чотирьох ієрархічних рівнів [1], що схематизовано на рис.1. Тобто вводиться додатковий (другий) рівень елементами якого є основні складові модуля кузова B_{11} : складова стін бокових та торцевих B_{111} , складова рами B_{112} , складова розвантажувального устаткування B_{113} , які на наступному ієрархічному рівні розділяються на відповідні вузли. Так у якості вузлів складової стін бокових та торцевих B_{111} МКН розглядаються: стіна бокова B_{1111} , стіна торцева B_{1112} , комплекс з'єднання (комплекс посилення та з'єднання стін бокових та торцевих) B_{1113} ; для складової рами B_{112} це: балка хребтова B_{1121} , балка шворнева B_{1122} , балка проміжна B_{1123} та балка кінцева B_{1124} ; а для складової розвантажувального устаткування B_{113} : кришка люка B_{1131} ; устаткування кріплення та запирання кришки люка B_{1132} , устаткування підняття кришки люка B_{1133} . В свою чергу базові декомпозиційні елементи третього ієрархічного рівня утворюють четвертий ієрархічний рівень. Таких елементів (четвертого рівня) МКН налічує понад 100 одиниць, тому (у зв'язку із обмеженнями об'єму публікації) у даній роботі вони детально не розглянуті, а лише аналізуються частково у прикладі.

При розробленні СФО доцільно застосовувати принципи блочності та ієрархічності. У відповідності до яких першочергово визначаються головні функції напіввагону, який є блоком верхнього (нульового) рівня ієрархічної структури. Після визначення головних функцій напіввагону визначаються головні корисні функції та допоміжні супутні функції модулів (перший ієрархічний рівень), які забезпечують виконання головних функцій напіввагону. В пода-

льшому кожний елемент першого ієрархічного рівня розглядається як самостійна технічна система, що дозволяє виділити конструкційні елементи другого рівня та їх головні корисні і допоміжні супутні функції, які забезпечують функціонування елементів першого рівня. Аналогічно проводиться поділ на функціональні елементи третього та четвертого ієрархічних рівнів і їх розгляд. Обмеження розглядаються у відповідності до ієрархії рівнів, тобто обмеження для загальної конструкції висувають вимоги до складових модулів, які в свою чергу обумовлюють обмеження складових, а ті обмеження вузлів, які вже на четвертому рівні формують вимоги до базових елементів. Узагальнено у якості основних обмежень можна виділити: масові вимоги, геометричні/просторові/формові обмеження, обмеження з: енерговитрат, технологічного характеру, уніфікації в ремонті та виготовленні, поверхневої обробки та інш.

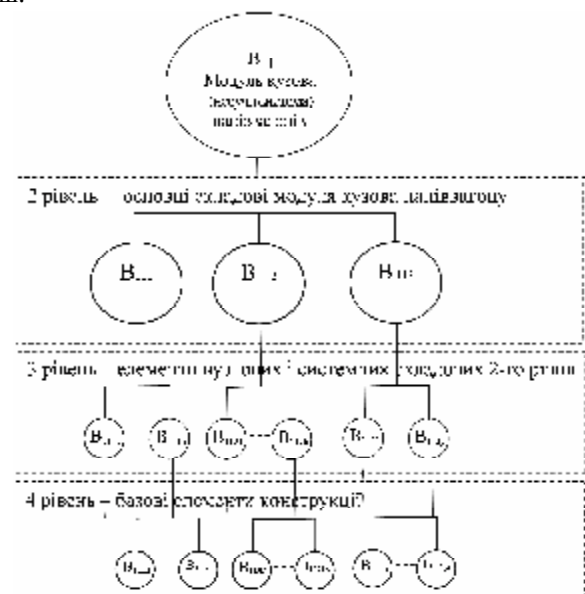


Рис.1. Блочно-ієрархічна схема модуля кузова сучасного напіввагону

На *другому етапі* визначаються функції F кожної з виділених підсистем. Для цього доцільно використовувати наступне описання [11]:

$$F = (D, G, H), \quad (1)$$

де D – дія, яку виконує МКН (або його підсистемна складова), що приводить до бажаного результату;

G – об'єкт, на який направлена дія D ;

H – особливі умови і обмеження, при яких виконується дія D .

Та на *третьому*, завершальному, етапі будуватиметься блочно-ієрархічна модель МКН функціональної взаємодії між складовими.

При виконанні вищеописаної процедури обрано наступні умовні позначення: напіввагон позначено рівнево-позиційним індексом B_0 . Особливі умови і обмеження на виконання дій напіввагону познача-

ються як H_{0i} (де i змінюється в залежності від кількості відповідних напіввагону/ модулю/ складовій/ вузлу/ базовому елементу обмежень). Функції напіввагону – через F_0 . Рівень 1 містить основні модулі конструкції напіввагону, які позначені рівнево-позиційними індексами V_{1x} , для яких $x \in [1; 4]$. Особливі умови і обмеження на виконання дій модулів рівня 1 позначаються як H_{1xi} . Функції цих модулів – через F_{1x} . Рівень 2 містить складові модулі першого рівня, які позначені рівнево-позиційними індексами V_{1xn} (n змінюється в залежності від кількості складових, які входять до складу відповідного модуля. Для МКН $n \in [1; 3]$). Особливі умови і обмеження на виконання дій складових рівня 2 позначаються як H_{1xni} . Функції – відповідно F_{1xn} . Рівень 3 містить вузли складових другого рівня, які позначені рівнево-позиційними індексами V_{1xnl} (l змінюється в залежності від кількості вузлів, які входять до складу відповідної складової). Особливі умови і обмеження на виконання дій вузлів позначаються як $H_{1xnl i}$. Функції – відповідно F_{1xnl} . Рівень 4 містить базові елементи вузлів третього рівня, які позначені рівнево-позиційними індексами V_{1xnlm} (m змінюється в залежності від кількості базових елементів, які входять до складу відповідного вузла). Особливі умови і обмеження на виконання дій базових елементів позначаються як H_{1xnlmi} . Функції – відповідно F_{1xnlm} .

Модулі/складові/вузли/базові елементи конструкції напіввагонів зазвичай виконують декілька функцій ($k > 1$). В таких випадках функції позначені для першого, другого, третього і четвертого рівня відповідно через: $F_{1x}^1 \dots F_{1x}^k$; $F_{1xn}^1 \dots F_{1xn}^k$; $F_{1xnl}^1 \dots F_{1xnl}^k$ і $F_{1xnlm}^1 \dots F_{1xnlm}^k$, де k змінюється в залежності від кількості функцій складового елемента.

У таблиці 1 представлено результати аналізу функцій універсального гіпотетичного напіввагону з вузловою деталізацією модуля кузова.

У зв'язку з тим, що напіввагон та відповідно його модуль кузова на сьогодні є зварювальною суцільно несучою конструкцією то, під взаємодією (див. третій стовбець табл.1) в тому числі, розуміється робота по сприйняттю різних видів навантажень. У якості основних видів навантажень можна виділити наступні: корисне статичне навантаження (вага вантажів, що перевозяться) і тара (власна вага напіввагону); сили взаємодії між вагонами впродовж руху поїзду або при маневровій роботі; сили, що виникають при гальмуванні поїзду; сили інерції, які обумовлені прискореннями при коливанні від нерівності колії та зміною швидкості руху вагону; сили, що виникають при вписуванні вагону в криві та перехідні ділянки колії; сили розпору сипучих та інших навальних вантажів; сили, що виникають при механізованому розвантажуванні (наприклад, з використанням вагоноперекидача); сили, виникнення яких обумовлене різними технологічними факторами (ремонт, обслуговування та ін.).

Таблиця 1
Аналіз функцій універсального гіпотетичного напіввагону з вузловою деталізацією модуля кузова

№ з/п	Напіввагон чи модуль/складова/вузол його конструкції: об'єкт, на який спрямована дія напіввагону/модуля/складової/вузла	Функції напіввагону/модуля/складової/вузла з урахуванням особливих умов і обмежень H
1	2	3
1	V_0 – універсальний напіввагон; G_1 – залізнична колія; G_2 – вантаж; G_3 – інші вагони або локомотив.	$F_0^1 \dots F_0^3$ – перевезення вантажу при забезпеченні відповідного рівня ТЕЕП – при виконанні необхідних умов $H_{01} \dots H_{0i}$ зазначених у [4].
2	V_{11} – модуль кузова; G_2 ; V_{12} ; V_{13} ; V_{14} .	F_{11}^1 – розміщення вантажу; F_{11}^2 – збереження вантажу в процесі перевезення; F_{11}^3 – забезпечення розвантаження під дією гравітаційних сил; F_{11}^4 – взаємодія (в т.ч. робота по сприйняттю та передачі навантажень) з модулями: V_{12} , V_{13} (в т.ч. їх розміщення) та V_{14} , при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11i}$ зазначених у [5].
3	V_{12} – модуль автозчепного пристрою; G_3 ; V_{11} .	F_{12}^1 – забезпечення зчеплення вагона з іншим вагоном або локомотивом, а також сприйняття, передача і амортизація зусиль, що передаються від інших вагонів або локомотиву; F_{12}^2 – взаємодія з модулем V_{11} , з урахуванням вимог $H_{121} \dots H_{12i}$ регламентованих [9].
4	V_{13} – модуль гальмового обладнання; V_{14} ; V_{11} .	F_{13}^1 – створення опору руху при гальмуванні, а також утримання вагону на місці (взаємодія з модулем V_{14}); F_{13}^2 – взаємодія з модулем V_{11} , при забезпеченні умов $H_{131} \dots H_{13i}$ зазначених у [9, відповідних інструкціях].
5	V_{14} – модуль ходової частини; G_1 ; V_{11} ; V_{13} .	F_{14}^1 – забезпечення необхідних характеристик руху напіввагону по рейкам; F_{14}^2 – взаємодія з модулем V_{11} ; F_{14}^3 – взаємодія з модулем V_{13} при виконанні умов і вимог $H_{141} \dots H_{14i}$ зазначених у [9, відповідних ДСТУ/ГОСТax].

1	2	3
6	V_{111} – складова стін бокових та торцевих: $G_2; V_{112}; V_{113}$.	$F^1_{111}=F^1_{11}; F^2_{111}=F^2_{11}; F^3_{111}$ – взаємодія з $V_{112}; F^4_{111}$ – взаємодія з V_{113} при виконанні відповідних умов $H_{1111} \dots H_{111i}$.
7	V_{112} – складова рами: $G_2; V_{12}; V_{13}; V_{14}; V_{111}; V_{113}$.	$F^1_{112}=F^1_{11}; F^2_{112}=F^2_{11}; F^3_{112}$ – розміщення та взаємодія з $V_{12}; F^4_{112}$ – розміщення та взаємодія з $V_{13}; F^5_{112}$ – взаємодія з $V_{14}; F^6_{112}$ – взаємодія з $V_{111}; F^7_{112}$ – взаємодія з V_{113} при виконанні відповідних умов $H_{1121} \dots H_{112i}$.
8	V_{113} – складова розвантажувального устаткування: $G_2; V_{111}; V_{112}$.	$F^1_{113}=F^1_{11}; F^2_{113}=F^2_{11}; F^3_{113}=F^3_{11}; F^4_{113}$ – взаємодія з $V_{111}; F^5_{113}$ – взаємодія з V_{112} при виконанні відповідних умов $H_{1131} \dots H_{113i}$.
9	V_{1111} – стіна бокова: $G_2; V_{1112}; V_{1113}; V_{1122}; V_{1123}; V_{1124}; V_{1132}$.	$F^1_{1111}=F^1_{11}; F^2_{1111}=F^2_{11}; F^3_{1111}$ – взаємодія з V_{1112} та $V_{1113}; F^4_{1111}$ – взаємодія з $V_{1122}; V_{1123}; V_{1124}; F^5_{1111}$ – взаємодія з V_{1132} при виконанні відповідних умов $H_{11111} \dots H_{1111i}$.
10	V_{1112} – стіна торцева: $G_2; V_{1111}; V_{1113}; V_{1124}$.	$F^1_{1112}=F^1_{11}; F^2_{1112}=F^2_{11}; F^3_{1112}$ – взаємодія з V_{1111} та $V_{1113}; F^4_{1112}$ – взаємодія з V_{1124} при виконанні відповідних умов $H_{11121} \dots H_{1112i}$.
11	V_{1113} – комплекс з'єднання (комплекс посилення та з'єднання стін бокових та торцевих): $V_{1111}; V_{1112}$.	F_{1113} – поєднання та взаємодія з V_{1111} та V_{1112} при виконанні відповідних умов $H_{11131} \dots H_{1113i}$.
12	V_{1121} – балка хребтова: $V_{1122}; V_{1123}; V_{1124}; V_{12}; V_{1132}; V_{1133}; V_{12}$.	F^1_{1121} – розміщення та взаємодія з: $V_{1122}; V_{1123}; V_{1124}; F^2_{1121}=F^3_{112}; F^3_{1121}$ – взаємодія з $V_{1132}; F^4_{1121}$ – взаємодія з $V_{1133}; F^5_{1121} = F^4_{112}$ при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11i}$.
13	V_{1122} – балка проміжна: $V_{1121}; V_{1111}; V_{1131}$.	F^1_{1122} – взаємодія з $V_{1121}; F^2_{1122}$ – взаємодія з $V_{1111}; F^3_{1122}$ – взаємодія при розвантаженні вантажу з V_{1131} при виконанні відповідних умов $H_{11221} \dots H_{1122i}$.
14	V_{1123} – балка шворнева: $V_{1121}; V_{1111}; V_{14}; V_{1131}$.	F^1_{1123} – взаємодія з $V_{1121}; F^2_{1123}$ – взаємодія з $V_{1111}; F^3_{1123}=F^5_{112}; F^4_{1123}$ – взаємодія при розвантаженні вантажу з V_{1131} при виконанні відповідних умов $H_{11231} \dots H_{1123i}$.

1	2	3
15	V_{1124} – балка кінцева: $V_{1121}; V_{1112}; V_{1111}; V_{12}; V_{1131}$.	F^1_{1124} – взаємодія з $V_{1121}; F^2_{1124}$ – взаємодія з $V_{1112}; F^3_{1124}$ – взаємодія з $V_{1111}; F^4_{1124}$ – розміщення елементів $V_{12}; F^5_{1124}$ – взаємодія при розвантаженні вантажу з V_{1131} при виконанні відповідних умов $H_{11241} \dots H_{1124i}$.
16	V_{1131} – кришка люка: $G_2; V_{1122}; V_{1123}; V_{1124}; V_{1132}; V_{1133}$.	$F^1_{1131}=F^2_{11}; F^2_{1131}=F^3_{11}; F^3_{1131}$ – взаємодія з $V_{1132}; F^4_{1131}$ – взаємодія при розвантаженні вантажу з $V_{1133}; F^5_{1131}$ – взаємодія з: $V_{1122}; V_{1123}; V_{1124}$ при виконанні відповідних умов $H_{11311} \dots H_{1131i}$.
17	V_{1132} – устаткування кріплення та запирання кришки люка: $V_{1131}; V_{1121}; V_{1111}$.	F^1_{1132} – взаємодія з $V_{1131}; F^2_{1132}$ – взаємодія з $V_{1121}; F^3_{1132}$ – взаємодія з V_{1111} при виконанні відповідних умов $H_{11321} \dots H_{1132i}$.
18	V_{1133} – устаткування підняття кришки люка: $V_{1131}; V_{1121}$.	F^1_{1133} – взаємодія з $V_{1131}; F^2_{1133}$ – взаємодія з V_{1121} при виконанні відповідних умов $H_{11331} \dots H_{1133i}$.

Матеріали, що містяться в табл. 1, дозволили розробити структурно-функціональну модель МКН у вигляді відповідного графа, який наведено на рис.2. Представлення СФО МКН у вигляді графу, де вершини графу відображають відповідні модулі/складові/вузли конструкції, а ребра – структурні та функціональні зв'язки між ними, у порівнянні з блок-схемою є більш компактним, що важливо при описанні складних об'єктів та більш наглядним у порівнянні з матричним (табличним) описанням.

Вершинами представлено на рис.2 графа є: напіввагон, виділені модулі конструкції, складові МКН та їх вузли, а також об'єкти (G_1, G_2, G_3), на які спрямовані дії напіввагону. Конструктивний зв'язок (у вигляді ребер графа) між елементами показано суцільними лініями. Функції елементів представлені у вигляді ребер графа (переривисті лінії). Вони виходять з вершин – елементів, що несуть відповідну функцію і входять до вершин – елементів, на які спрямована дія такої функції. Позначення вершин-елементів, вершин-об'єктів і ребер на графі відповідають прийнятим та наведеним у табл. 1.

З рис.1 видно, що напіввагон взаємодіє (впливає та має зворотній зв'язок) з залізничною колією (G_1); вантажем (G_2); іншими вагонами або локомотивом (G_3). При цьому основні функції напіввагону розподіляються через складові елементи першого ієрархічного рівня (між модулями). Так МКН (V_{11}) безпосередньо взаємодіє з G_2 (функції $F^1_{11}, F^2_{11}, F^3_{11}$) та окрім того виконує функцію F^4_{11} з модулями: V_{12}, V_{13} та V_{14} , при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11i}$. Модуль V_{12} виконує функцію F^1_{12} з G_3 , та функцію F^2_{12} з модулем V_{11} , з урахуванням вимог $H_{121} \dots H_{12i}$. Модуль V_{13} виконує функцію F^1_{13} з модулем V_{14} та функцію F^2_{13} з модулем V_{11} , при забезпе-

ченні умов $H_{131} \dots H_{13i}$. Модуль B_{14} виконує функцію F_{12}^1 з G_1 та функцію F_{12}^2 з модулем B_{11} , з урахуванням вимог $H_{121} \dots H_{12i}$. Таким чином можна зробити висновок про те, що серед модулів конструкції напіввагону

модуль гальмівного обладнання прямо не взаємодіє з об'єктами (G_1, G_2, G_3) а основні його дії спрямовані на модуль B_{14} .

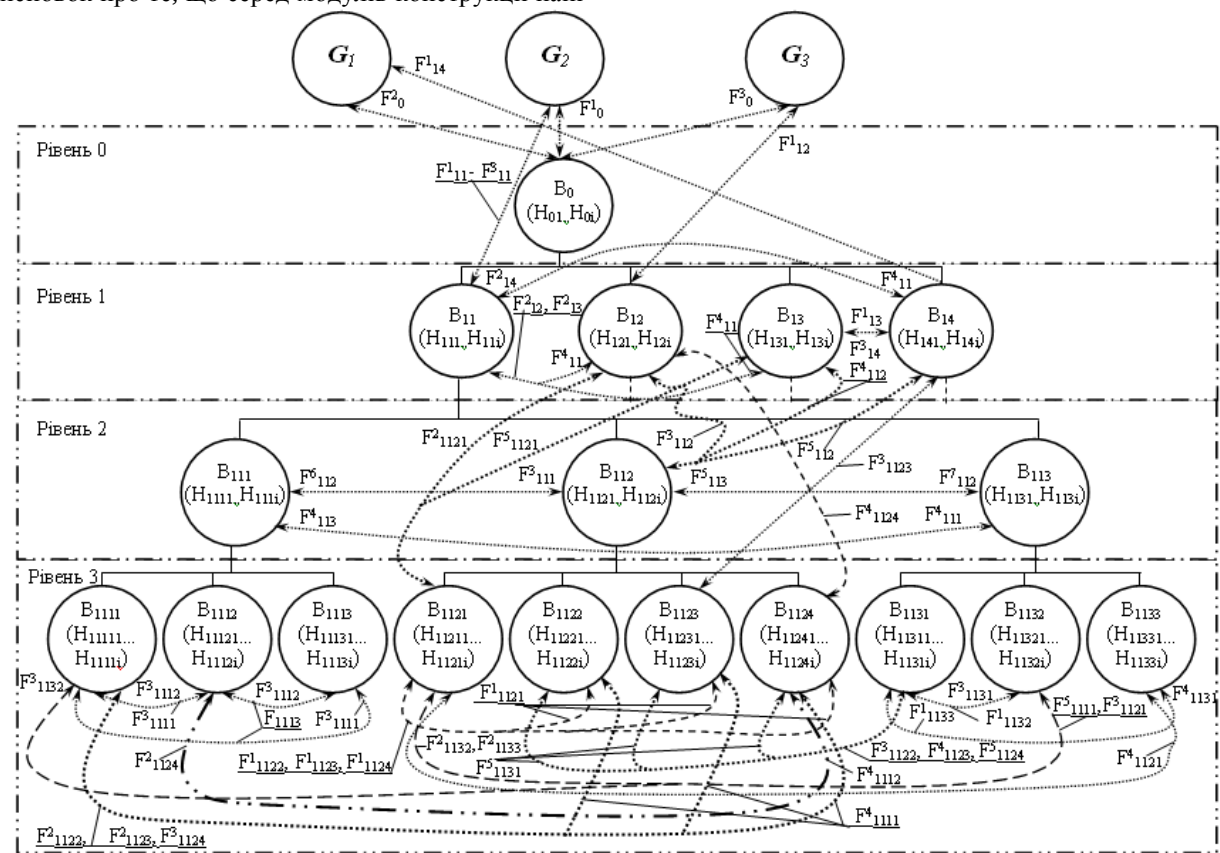


Рис.1 Структурно-функціональна модель модуля кузова сучасного гіпотетичного універсального напіввагону

На другому ієрархічному рівні прослідковуються наступні функції складових МКН. Зі схеми видно, що всі складові МКН ($B_{111}, B_{112}, B_{113}$) взаємодіють між собою. При цьому основні функції МКН з взаємодії з іншими модулями (B_{12}, B_{13}, B_{14}), виконуються складовою рами B_{112} ($F_{112}^3, F_{111}^4, F_{112}^5$). Аналізуючи третій ієрархічний рівень розробленої структурно-функціональної схеми можна надати наступні коментарі. Вузли ($B_{1111}, B_{1112}, B_{1113}$) складової стіни бокових та торцевих (B_{111}) взаємодіють між собою. При цьому стіна бокова (B_{1111}) окрім того взаємодіє (F_{1111}^4) з вузлами: $B_{1122}, B_{1123}, B_{1124}$; а стіна торцева (B_{1112}) взаємодіє (F_{1112}^4) з балкою кінцевою (B_{1124}). Вузол B_{1121} (хребтова балка) розміщує та відповідно взаємодіє з іншими вузлами ($B_{1122}, B_{1123}, B_{1124}$) складової рами (B_{112}). Окрім того він виконує функції розміщення на собі елементів автозчепного устаткування ($F_{1121}^2 = F_{112}^3$) та модуля гальмівного обладнання ($F_{1121}^5 = F_{112}^4$), що з урахуванням роботи по сприйняттю навантажень від модуля ходової частини (B_{14}) через шворневий вузол B_{1123} робить його основним несучим вузлом напіввагону B_0 , від технічного стану якого безпосередньо залежить експлуатаційна придатність загального об'єкту. Балки проміжна (B_{1122}), шворнева (B_{1123}) та кінцева (B_{1124}) розміщуються на балці хребтовій (B_{1121}), взаємодіють (при закритих кришках люків) з стіною боковою

(B_{1111}) та при розвантаженні з кришкою люка (B_{1131}), що свідчить про значну кількість схожих їх функцій. Окрім того через базові елементи шворневої балки (B_{1123}) проходить спирання МНК на елементи модуля ходової частини (B_{14}). І кінцева балка (B_{1124}) взаємодіє з стіною торцевою (B_{1112}). Вузлові елементи ($B_{1131}, B_{1132}, B_{1133}$) складової розвантажувального устаткування (B_{113}) мають між собою функціональні зв'язки окрім B_{1132} та B_{1133} . До того ж B_{1131} взаємодіє (при розвантаженні) з: $B_{1122}; B_{1123}; B_{1124}$ та виконує функцію пола ($F_{1131}^1 = F_{111}^2, F_{1131}^2 = F_{111}^3$) при перевезенні та зберіганні вантажу (G_2). І устаткування кріплення та запирання кришки люка (B_{1132}): взаємодіє ще з: B_{1121} та B_{1111} , а устаткування підняття кришки люка (B_{1133}) з B_{1121} .

Розроблена структурно-функціональна модель дозволяє використовувати при створенні сучасних напіввагонів відомі методи проектування і конструювання. Окрім того запропоноване описання доцільно використовувати як основу для отримання нових технічних рішень, спрямованих на розробку напіввагонів нового покоління.

У зв'язку із обмеженнями сторінок публікації далі, для прикладу СФО рівня базових елементів МКН розглянуто СФО стіни торцевої (B_{1112}) універсальних напіввагонів моделі 12-9745 вітчизняного виробництва. Стіна торцева МКН моделі 12-9745

налічує сімнадцять базових елементів, які наведені (з прийнятими позначеннями) у другому стовбці таблиці 2. До того ж у таблиці 2 наведені функції базових елементів стіни торцевої з урахуванням особливих умов і обмежень Н.

Таблиця 2

**Аналіз функцій базових елементів стіни торцевої модуля
кузова універсальних напіввагонів моделі 12-9745**

№ з/п	Базовий елемент: об'єкт, на який спрямована його дія	Функція базового елемента з урахуванням особливих умов і обмежень Н
1	2	3
1	V_{11121} – обв'язування верхнє: V_{11121} ; V_{11127} ; V_{111213} ; V_{11123} ; V_{111211} ; V_{11129} ; V_{111212} .	F_{11121}^1 – взаємодія з V_{11121} ; F_{11121}^2 – взаємодія з V_{11127} ; F_{11121}^3 – взаємодія з V_{111213} ; F_{11121}^4 – взаємодія з V_{11123} ; F_{11121}^5 – взаємодія з V_{111211} ; F_{11121}^6 – взаємодія з V_{11129} ; F_{11121}^7 – взаємодія з V_{111212} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
2	V_{11122} – обв'язування нижнє: V_{11124} ; V_{11128} ; V_{11123} ; V_{11124} ; V_{111214} ; V_{11129} ;	F_{11122}^1 – взаємодія з V_{11124} ; F_{11122}^2 – взаємодія з V_{11128} ; F_{11122}^3 – взаємодія з V_{11123} ; F_{11122}^4 – взаємодія з V_{11124} ; F_{11122}^5 – взаємодія з V_{111214} ; F_{11122}^6 – взаємодія з V_{11129} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
3	V_{11123} – бокова стійка: V_{11121} ; V_{11125} ; V_{11126} ; V_{11122} ; V_{1111} ; V_{11127} ; V_{11128} ; V_{11124} .	F_{11123}^1 – взаємодія з V_{11121} ; F_{11123}^2 – взаємодія з V_{11125} ; F_{11123}^3 – взаємодія з V_{11126} ; F_{11123}^4 – взаємодія з V_{11122} ; F_{11123}^5 – взаємодія з V_{1111} ; F_{11123}^6 – взаємодія з V_{11127} ; F_{11123}^7 – взаємодія з V_{11128} ; F_{11123}^8 – взаємодія з V_{11124} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
4	V_{11124} – верти- кальна стійка: V_{11126} ; V_{11122} ; V_{11128} ; V_{11124} ; V_{111210} .	F_{11124}^1 – взаємодія з V_{11126} ; F_{11124}^2 – взаємодія з V_{11122} ; F_{11124}^3 – взаємодія з V_{11128} ; F_{11124}^4 – взаємодія з V_{11124} ; F_{11124}^5 – взаємодія з V_{111210} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
5	V_{11125} – горизон- тальний пояс верхній: V_{11123} ; V_{11127} ; V_{11129} .	F_{11125}^1 – взаємодія з V_{11123} ; F_{11125}^2 – взаємодія з V_{11127} ; F_{11125}^3 – взаємодія з V_{11129} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
6	V_{11126} – горизон- тальний пояс нижній: V_{11123} ; V_{11124} ; V_{11127} ; V_{11128} ; V_{11129} .	F_{11126}^1 – взаємодія з V_{11123} ; F_{11126}^2 – взаємодія з V_{11124} ; F_{11126}^3 – взаємодія з V_{11127} ; F_{11126}^4 – взаємодія з V_{11128} ; F_{11126}^5 – взаємодія з V_{11129} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.

7	V_{11127} – верхній лист обшиви: G_2 ; V_{11121} ; V_{11123} ; V_{11125} ; V_{11126} ; V_{111215} ; V_{111217} ; V_{111213} .	F_{11127}^1 – взаємодія з V_{11121} ; F_{11127}^2 – взаємодія з V_{11123} ; F_{11127}^3 – взаємодія з V_{11125} ; F_{11127}^4 – взаємодія з V_{11126} ; F_{11127}^5 – взаємодія з V_{111215} ; F_{11127}^6 – взаємодія з V_{111217} ; F_{11127}^7 – взаємодія з V_{111213} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
8	V_{11128} – нижній лист обшиви: G_2 ; V_{11126} ; V_{11122} ; V_{11123} ; V_{11124} ; V_{111215} ; V_{111217} .	F_{11128}^1 – взаємодія з V_{11126} ; F_{11128}^2 – взаємодія з V_{11122} ; F_{11128}^3 – взаємодія з V_{11123} ; F_{11128}^4 – взаємодія з V_{11124} ; F_{11128}^5 – взаємодія з V_{111215} ; F_{11128}^6 – взаємодія з V_{111217} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
9	V_{11129} – драбина: V_{11121} ; V_{11122} ; V_{11125} ; V_{11126} .	F_{11129}^1 – взаємодія з V_{11121} ; F_{11129}^2 – взаємодія з V_{11122} ; F_{11129}^3 – взаємодія з V_{11125} ; F_{11129}^4 – взаємодія з V_{11126} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
10	V_{111210} – планка: V_{11124} ; V_{11124} .	F_{111210}^1 – взаємодія з V_{11124} ; F_{111210}^2 – взаємодія з V_{11124} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
11	V_{111211} – держав- ка: V_{11121} ; V_{111212} .	F_{111211}^1 – взаємодія з V_{11121} ; F_{111211}^2 – взаємодія з V_{111212} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
12	V_{111212} – скоба: G_2 ; V_{111211} ; V_{11121} .	F_{111212}^1 – взаємодія з V_{111211} ; F_{111212}^2 – взаємодія з V_{11121} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
13	V_{111213} – ребро: V_{11121} ; V_{11127} ;	F_{111213}^1 – взаємодія з V_{11121} ; F_{111213}^2 – взаємодія з V_{11127} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
14	V_{111214} – кільце у'в'язочне: G_2 ; V_{11122} .	F_{111214}^1 – взаємодія з V_{11122} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
15	V_{111215} – коси- нець: V_{11127} ; V_{11128} ; V_{111216} .	F_{111215}^1 – взаємодія з V_{11127} ; F_{111215}^2 – взаємодія з V_{11128} ; F_{111215}^3 – взаємодія з V_{111216} ; при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
16	V_{111216} – ступінь внутрішня: V_{111215} ; V_{11127} ; V_{11128} .	F_{111216}^1 – взаємодія з V_{111215} ; F_{111216}^2 – взаємодія з V_{11127} ; F_{111216}^3 – взаємодія з V_{11128} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.
17	V_{111217} – скоба у'в'язочна: G_2 ; V_{11127} ; V_{11128} .	F_{111217}^1 – взаємодія з V_{11127} ; F_{111217}^2 – взаємодія з V_{11128} при виконанні відповідних умов $H_{111} \dots H_{11r}$.

На основі представлених у таблиці 2 матеріалів нижче сформовано матричне описання внутрішньо-рівневих функціональних зв'язків базових елементів стіни торцевої (V_{1112}) МКН моделі 12-9745 за наступною формулою:

$$F^{B_{112}} = \begin{pmatrix} (\hat{A}_{1121}, \hat{A}_{1121}) & (\hat{A}_{1121}, \hat{A}_{1122}) & \mathbf{L} & (\hat{A}_{1121}, \hat{A}_{1127}) \\ (\hat{A}_{1122}, \hat{A}_{1121}) & (\hat{A}_{1122}, \hat{A}_{1122}) & \mathbf{L} & (\hat{A}_{1122}, \hat{A}_{1127}) \\ \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} \\ (\hat{A}_{1127}, \hat{A}_{1121}) & (\hat{A}_{1127}, \hat{A}_{1122}) & \mathbf{L} & (\hat{A}_{1127}, \hat{A}_{1127}) \end{pmatrix}, (2)$$

де $(B_{1121}, B_{1121})=f_{1-1}^B$, $(B_{1121}, B_{1122})=f_{1-2}^B$, $(B_{1121}, B_{1127})=f_{1-17}^B$ і т.д. – функціональний зв'язок відповідно між базовими елементами B_{1121} та B_{1121} , B_{1121} та B_{1122} , B_{1121} та B_{1127} і т.д.

Умови формування елементів (B_{1121}, B_{1121}) , (B_{1121}, B_{1122}) і т.д. матриці $F^{B_{112}}$ будуть визначатися наступним логічним виразом: $f_{1-1}^B=1$, якщо між

елементами (B_{1121}, B_{1121}) існує функціональний прямий зв'язок і $f_{1-1}^B=0$ у протилежному випадку. Так наприклад між базовими елементами стіни торцевої МКН 12-9745: обв'язування верхнє (B_{1121}) та бокова стійка (B_{1123}) існує функціональний зв'язок і тому $f_{1-3}^B=1$.

З урахуванням вищесказаного у таблиці 3 сформовано матрицю внутрішньорівневих функціональних зв'язків базових елементів стіни торцевої (B_{112}) МКН моделі 12-9745.

Таблиця 3

Матриця суміжності внутрішньорівневих функціональних зв'язків базових елементів стіни торцевої (B_{112}) МКН моделі 12-9745

	B_{1121}	B_{1122}	B_{1123}	B_{1124}	B_{1125}	B_{1126}	B_{1127}	B_{1128}	B_{1129}	B_{11210}	B_{11211}	B_{11212}	B_{11213}	B_{11214}	B_{11215}	B_{11216}	B_{11217}
B_{1121}	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
B_{1122}	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
B_{1123}	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_{1124}	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
B_{1125}	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B_{1126}	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B_{1127}	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
B_{1128}	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
B_{1129}	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_{11210}	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_{11211}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
B_{11212}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B_{11213}	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_{11214}	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_{11215}	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
B_{11216}	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
B_{11217}	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Отримана матриця суміжності може бути використана для дослідження взаємозв'язків відповідних вершин. А у загальному випадку у якості математичної моделі при розв'язанні проектно-конструкторських задач зі створення нових вузлових виконань напіввагонів на основі сучасної методології проектування для її дослідження на ЕОМ з метою одержання необхідних відомостей про несучі системи напіввагонів (характеристик їх функціонування, протікання робочих та динамічних процесів, очікуваних техніко-економічних показників та ін.).

Одним із результатів аналізу вищепредставлених СФО МКН та його стіни торцевої стало з'ясування можливості її виконання без нижнього обв'язування, за рахунок перекладання її основних функцій на додатковий базовий елемент балки кінцевої. Зазначене дозволило досягти економічного ефекту при виготовленні МКН за рахунок відмови від прокатного профілю (кутника 160x100x10-В ГОСТ 8510), який характеризується збільшеними вартістю та масою у порівнянні з запропонованим виконанням додаткового елемента балки кінцевої із листового металу. Таке рішення було впроваджене при проектуванні напіввагонів моделей 12-9904 та 12-9904-01 виробництва ПрАТ «ДМЗ». Окрім того

розроблені СФО МКН дозволили визначити перспективність та особливості реалізації заміни заклепкового з'єднання (у хребтовій балці, кришці люка, нижньому обв'язуванні стіни бокової), що також впроваджене у конструкціях напіввагонів моделей 12-9904(01). Такі рішення дозволили скоротити виробничі витрати за рахунок економії електроенергії та блакитного палива, а також відмови від складного обладнання (свердлувальне, прошивочне, клепальне) та оснастки як при виробництві напіввагонів так і при їх ремонті.

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання. Розроблене та представлене структурно-функціональне описання модуля кузова гіпотетичного універсального напіввагону (як відображення його основних елементів (блоків конструкції) і функціональних зв'язків між ними) доцільно використовувати при застосуванні сучасних наукових та інженерних підходів, творчих і пошукових методів для дослідження існуючих та створення перспективних їх зразків, в тому числі і при проектуванні інших (окрім МКН) їх модулів. СФО може бути використане у якості онови (наприклад для застосування теорії графів) для: дослідження процесів функціонування кузовів напіввагонів, розв'язання трудоміст-

ких задач з визначення принципів побудови напіввагонів нового покоління та ступеня значимості їх робочих органів, оцінки очікуваних їх ТЕЕП, дослідження роботи по сприйняттю та перерозподілу різних видів навантажень, таксономії, підвищення ступеня їх ідеальності, ідентифікації об'єктів, що розглядаються у процесах проектування, дослідження, ремонтів.

Наведений у статті приклад використання розробленого СФО при проведенні економічно спрямованих оптимізаційних проектувальних робіт для вітчизняних моделей напіввагонів засвідчив доцільність його застосування та працездатність. До того ж важливість отриманих та представлених у даній роботі результатів аргументується твердженням про те, що функції елементів визначають їх форму, яка у подальшому коректується з урахуванням структурних особливостей.

Література

14. Фомін, О.В. Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва: монографія/ О.В.Фомін. – Донецьк: ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013 – 251с.
15. Фомін, О.В. Розробка методики впровадження різних профілів в якості складових елементів несучих систем вантажних вагонів [Текст]/ О.В. Фомін// Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків. – 26'2012 С.29-33.
16. Фомін, О.В. Визначення перспективних напрямків проектування несучих систем у вантажному вагонобудуванні [Текст]/ О.В. Фомін// Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків. – №3/7 (57).2012 С.32-35.
17. Фомін, О.В. Сучасні вимоги до конструкцій залізничних напіввагонів, які проектуються чи модернізуються [Текст]/ О.В. Фомін// Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків. – 33'2012 С.3-7.
18. Фомін, О.В. Сучасні вимоги до конструкцій кузовів залізничних універсальних напіввагонів [Текст]/ О.В. Фомін// Международный информационный научно-технический журнал «Вагонный парк». Харків. – № 1(70)/2013 С.48-50.
19. Мороз, В.І. Формалізоване описання конструкції залізничних вантажних вагонів [Текст]/ В.І. Мороз, О.В. Фомін, // 36.наук.праць. - Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 107. – С 173-179.
20. Fomin, O. Funktsionalnyy analysis of universal gondola domestic production (Функціональний аналіз універсальних напіввагонів вітчизняного виробництва) [Текст] / O.V. Fomin та інші / Przemysl, Nauka i studia NR7(75)2013, 2013, P.48-53
21. ГОСТ 26725-97 Полувагоны четырехосные универсальные магистральных железных дорог колеи 1520мм. Общие технические условия [Текст]/ Госстандарт Украины, Киев, 1999г.
22. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 354с.
23. Лукин, В.В. Конструирование и расчет вагонов [Текст]/ учебник для вузов ж.-д. трансп. / В.В.Лукин, Л.А.Шадур, В.Н.Котуранов, А.А.Хохлов, П.С.Анисимов.; под общ. ред. В.В.Лукина. - М.: УМК МПС России, 2000. 731с.
24. Автоматизация поискового конструирования (искусственный интеллект в машинном проектировании) / Под ред. А.И. Половинкина. М.: Ради о и связь , 1981, 344с.

References

1. Fomin, O.V. (2013) *Optimizacijne proektuvannja elementiv kuzoviv napivvagoniv ta organizacija ih virobnictva* [Optimization planning of elements baskets of railway freight gondola and organization of their production]: monograph ISBN 978-966-8707-38-4 //Donetsk:DonIZT UkrDAZT. 251p. [in Ukrainian]
2. Fomin, O.V. Rozrobka metodiki vprovadzhennja riznih profiliv v jakosti skladovih elementiv nesuchih system vantagnih vagonuv/ O.V. Fomin // Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «KHPI». – Kharkiv. – 26 '2012 P.29-33.
3. Fomin, O.V. Viznachenja perspektivnih naprjamkv proektuvanja nesuchih system u vantagnomu vagonobuduvanni/O.V. Fomin// Shidno-Evropejskij gurnal peredovih tehnologij – Kharkiv. – №3/7 (57).2012 P.32-35.
4. Fomin, O.V. Suhcasni vimigi do konstrukcij zaliznichnih napivvagoniv, jaki proektirujutsja ili modernizujutsja/O.V. Fomin// Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «KHPI». – Kharkiv. – 33 '2012 P.3-7.
5. Fomin, O.V. Suhcasni vimigi do konstrukcij kuzoviv zaliznichnih universalnih napivvagoniv/ O.V.Fomin// Vagonnij park. Kharkiv. – № 1(70)/2013 P.48-50.
6. Moroz V.I. Formalizovane opisnnie konstrukcii zaliznichnih vantagnih vagoniv / V.I. Moroz, O.V. Fomin // Zb. nauk. prac.- Kharkiv: UkrDAZT, 2009. - Vip. – P 173-179.
7. Fomin, O. Funktsionalnyy analysis of universal gondola domestic production/ O.V. Fomin/ Przemysl, Nauka i studia NR7(75)2013, 2013, P.48-53
8. GOST 26725-97 Poluvagoni chetirehostnie universalnie magstralnih geleznih dorog kolei 1520mm. Obshie tehicheskie uslovija/ Gosstandart Ukraine, Kiev, 1999.
9. Normi rascheta i proektirovania vagonov geleznih dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnih). M.: GosNIIV-VNIIGT, 1996. – 354 p.
10. Lukin, V.V. Konstruirovanie I raschet vagonov / ucebnc dlja vuzov. / V.V. Lukin, L.A.Shadur, V.N.Koturarov, A.A.Hohlov, P.S.Anisimov.; pod obsch.red.. V.V. Lukin. - M.: UMK MPS Russia, 2000. 731p.
11. Avtomatizacija poiskovogo konstruirovaniya (iskustvennij intelekt v mashinnom proektirovanii) / Pod red. A.I. Polovinkina. M.: Radio i svijaz , 1981, 344p.

Кельрих М.Б., Мороз В.И., Фомин А.В. Структурно-функциональное описание конструкции модуля кузова современных универсальных полувагонов.

В статье представлено предложенное структурно-функциональное описание модуля кузова гипотетического универсального полувагона, особенности его разработки и примеры использования. В виде графа проиллюстрирована модель конструкционных и функциональных связей модуля кузова полувагонов, его основных составляющих и узлов. Также приведено матричное описание структурно-функциональной модели стены торцевой полувагонов модели 12-9745 отечественного производства.

Разработанное и представленное структурно-функциональное описание (как отображение основных элементов (блоков конструкции) модуля кузова полуваго-

нов и функциональных связей между ними) целесообразно использовать при применении современных научных и инженерных подходов, творческих и поисковых методов для исследования существующих и создания перспективных образцов полувагонов, в том числе и при проектировании других (кроме модуля кузова) их модулей. Полученные результаты могут быть использованы в качестве основы для исследования процессов функционирования кузовов полувагонов, решения трудоемких задач по определению принципов построения полувагонов нового поколения, оценки ожидаемых их технико-экономических и эксплуатационных показателей, исследования работы по восприятию и перераспределению разных видов нагрузок, таксономии, повышению степени их идеальности.

Ключевые слова: полувагон, несущая система, структурно-функциональное описание.

Kelrykh M., Fomin O. Structurally-functional description of construction module basket of the modern freight gondolas.

The offered structural-functional description of the module basket of hypothetical universal freight gondolas, features of his development and examples of the use, is presented in the article. As a count the model of construction and functional connections of the module basket freight gondolas, his basic constituents and knots is resulted. Matrix description of structural-functional model wall is also resulted butt-end model freight gondolas 12-9745 domestic production.

It is expedient to use the developed and presented structural-functional description (as a reflection of basic

elements (blocks of construction) of the module basket of freight gondolas and functional connections between them) for application of modern scientific and engineerings approaches, creative and searching methods, for research of existing and creation perspective standards of freight gondolas, including at planning other (except for the module of basket) their modules. Can be drawn on the got results as bases for research of processes functioning baskets freight gondolas, decisions of labour intensive tasks on determination of principles construction freight gondolas of new generation, estimations of expected their tekhniko-ekonomicheskikh and operating indexes, research of work on perception and redistribution of different types loadings, taksonomii, increase of degree their ideality.

Keywords: freight gondolas, bearing system, structural-functional description.

Кельріх М.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту, м. Київ, Україна

Мороз В.І. – д.т.н., проф., зав. Кафедри «Механіка і проектування машин» Української державної академії залізничного транспорту, м. Харків, Україна

Фомін О.В. – к.т.н., Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ, Україна

E-mail: fomin1985@list.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. Тимофеева Л.А.

Стаття подана 10.02.2014

УДК 656.2.073.455(075.8)

АНАЛІЗ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**Коваленко І.М., Ветрович Я.М., Роговий А.С.****THE ANALYSIS OF RAIL TRANSPORTATION OF PERISHABLE CARGOES WITH USE OF SPECIALIZED VEHICLES****Kovalenko I.N., Vetrovich Ya.N., Rogovoy A.**

На основі виконаного аналізу залізничних перевезень швидкопсувних вантажів з використанням спеціалізованих транспортних засобів, що представляють собою складні енергетичні системи, сформульовані теплотехнічні й екологічні вимоги до них з метою розробки комплексу технічних і технологічних рішень, використання яких може дозволити створити перспективні енергетичні системи для залізничних перевезень харчових продуктів. Розглянуто технічні рішення, що дозволяють підвищити екологічну безпеку й ефективність експлуатаційної роботи енергетичного устаткування спеціалізованих транспортних засобів шляхом заміни екологічно небезпечного холодоагенту.

Ключові слова: залізничні перевезення, швидкопсувні вантажі, спеціалізовані транспортні засоби, екологічна безпека

Постановка проблеми. На сьогоднішній день залізниці є стратегічним перевізником продовольчих товарів у країні, від якості яких залежить продовольча безпека будь-якої країни. Складні кліматичні умови й особливості підтримки температури вантажу зажадали від залізниць створення спеціальної інфраструктури, що включає в себе рефрижераторні вагонні депо, заводи з ремонту ізотермічних вагонів і пункти технічного обслуговування й екіпірування рефрижераторного рухомого складу [3, 11]. Для перевезень швидкопсувних вантажів використовуються складні енергетичні системи, оснащені холодительно-опалювальним і вентиляційним устаткуванням. Моральна й фізична зношеність рефрижераторного рухомого складу привела до того, що частина обсягу перевезень переходить до більш коштовного автомобільного транспорту, з відповідним збільшенням вартості доставки продовольчих товарів населенню [4-6].

Сформована ситуація на залізничному ринку перевезень швидкопсувних продуктів визначила необхідність дослідження якості спеціалізованих тран-

спортних засобів, підвищення їхньої екологічної безпеки й ефективності роботи, з розробкою та оцінкою можливості використання малотоннажних контейнерних систем й удосконалюванням у зв'язку із цим залізничної інфраструктури [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розробки спеціалізованих транспортних засобів і перевезень у них присвячені роботи Е.Т. Бартоша [1], В.К. Мироненко [5], М.Н. Тертерова [10], І.П. Єкимовського [2], В.І. Панферова [3], Н.С. Теймуразова [8], С.Н. Науменко [6-8, 12] й ін.

Згідно вимог, пропонованих до спеціалізованого рухомого складу [6, 9, 11] всі спеціалізовані транспортні засоби повинні проходити контроль перед здачею їх в експлуатацію, а також періодично, не рідше ніж один раз у шість років на відповідність наступним основним критеріям:

- якість теплотехнічних властивостей кузова, що характеризується, головним чином, величиною коефіцієнта теплопередачі – K ($\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$) (для допущення до перевезення харчових продуктів K кузовів спеціалізованого транспортного засобу, що оснащено енергетичним устаткуванням, не повинен перевищувати $0,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ та бути не вищим $0,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – у кузовів, що не мають енергетичного устаткування);
- ефективність роботи холодительно-опалювальних установок та обов'язкова наявність у них екологічно безпечних холодоагентів з мінімальними значеннями потенціалів: ODP (вичерпання озонного шару відносно R11) і GWP (глобального потепління відносно CO₂) (актуальність цих критеріїв зросла після 2000р., з моменту закриття в країні промислових підприємств з випуску хладагону 12 (R12) відповідно до рішень країн-учасниць Монреальського протоколу щодо речовин, що руйнують озоновий шар.

Після розпаду СРСР структура перевезень швидкокопсувних вантажів залізницею сильно змінилася: стали затребувані відправлення масою до 25 т, і стали збільшуватися перевезення термосопридатних вантажів, що не потребують вентилування. Навпроти, перевезення продуктів, що вимагають вентилування стали щорічно знижуватися (рис. 1), що привело до значного збільшення необхідності використання одиночних вагонів-термосів, кількість яких збільшували шляхом переустаткування вагонів інших типів [6]. До теперішнього часу це привело до морального й фізичного зношування вагонів, використовуваних для перевезення швидкокопсувних вантажів, внаслідок того, що закупівлі нових вагонів практично не здійснювалися.

Середній вік вагонів, побудованих ще в часи СРСР, становить більше 20 років. Залежно від року випуску щорічне їх вибуття по строку служби визначається в середньому тисячами одиниць. Поповнення експлуатаційного парку новими вагонами припинено в 1993 році. Вагонобудівні заводи Німеччини й Росії, що раніше випускали спеціалізований рухомий склад для залізниць, на даний час перефільовані. Як показали дослідження ситуація, що виникла здатна привести до практично повної втрати спеціалізованих транспортних засобів у найближчі п'ять років [6].

Таким чином, структурні зміни в парку транспортних засобів для перевезення швидкокопсувних вантажів надалі приведуть до того, що найближчим часом вони не зможуть задовольняти необхідні потреби, і повній втраті спеціалізованих транспортних засобів для перевезень швидкокопсувних вантажів [4-7].

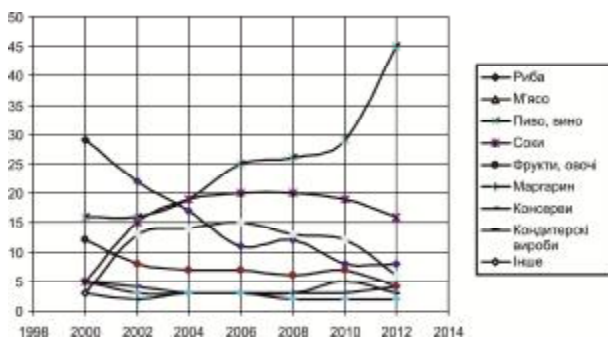


Рис.1. Структура перевезень швидкокопсувних вантажів в спеціалізованому рухомому складі

Очевидно, що якість перевезень у значній мірі залежить від термоізоляції кузова, і здатності установок підтримувати необхідний температурний режим, тому перевірка відповідності параметрів необхідним значенням потрібно робити регулярно, що виробляється не завжди, а частіше вибірково на заводах-виготовлювачах, що може приводити до погіршення температурного режиму перевезень у процесі експлуатації спеціалізованого рухомого складу. Крім того, негативний вплив робить застосування як холодоагенту контрафактних продуктів сумнівної

якості. Таким чином, можна зробити висновок про те, що вагони, що перебувають в експлуатації, не відповідають сучасним екологічним вимогам, а якість ізоtermічних властивостей їхніх кузовів не визначається, насамперед, через відсутність експрес-методів визначення коефіцієнта теплопередачі.

Мета. Метою роботи є аналіз залізничних перевезень швидкокопсувних вантажів з використанням спеціалізованих транспортних засобів в умовах сучасної ринкової ситуації.

Результати досліджень.

Невідповідність вагонного парку вимогам ринкової економіки, необхідність використання малотоннажних транспортних засобів, привела до розгляду питання про впровадження спеціалізованих контейнерів, що у свою чергу вимагає обґрунтування основних технічних положень концепції переходу до спеціалізованих контейнерних комплексів, аналізу відповідності залізничної інфраструктури здійсненню перевезень у термоізованих контейнерах [6, 11].

На даний момент приватні компанії освоюють перевезення швидкокопсувних вантажів у великотоннажних контейнерах вантажопідйомністю в 24-30 т, але, у силу того, що в нашій країні вони не виробляються їх закуповують на вторинному ринку, внаслідок чого обмежений їх строк служби. Ці контейнери, здебільшого не пристосовані для використання на мережі «УЗ» через діючі динамічні навантаження й різкі перепади температур, вони мають високий ступінь зношеності теплоізоляції й холодильно-опалювальних установок.

Слід зазначити, що конструктивна невідповідність закордонних типів контейнерів особливостям залізничної інфраструктури обмежує полігон їхнього обігу. На мережі залізниць є велика кількість станцій, відкритих для роботи зі швидкокопсувними вантажами. Вони обладнані складськими приміщеннями, що передбачають виконання вантажно-розвантажувальних робіт через бічні двері вагонів, і не пристосовані для роботи з контейнерами, що мають торцеві двері. Для роботи з найпоширенішими у світі 40-футовими контейнерами на мережі залізниць є тільки обмежене число контейнерних майданчиків, з яких лише одиниці пристосовані для використання великотоннажних рефрижераторних контейнерів [7]. Все це приводить до стримування освоєння перевезень швидкокопсувних вантажів контейнерними відправленнями.

Технологія перевезень великотоннажних рефрижераторних контейнерів повинна базуватися на доставці контейнерів по залізницю спеціально обладнаними зчепами, що складаються з електрифікованих фітінгових платформ й енергогенеруючого вагона в супроводі бригади механіків, що виконують технічне обслуговування контейнерів на всьому шляху проходження.

У роботі [6] для реалізації позначених напрямків у якості перспективних технічних рішень розроблені варіанти виконання контейнерів і систем енергопостачання: контейнер-термос із підігрівом, кон-

тейнер-термос із вентиляванням, універсальний контейнер-термос й ін., системи енергопостачання від дизель-генератора, розташованого в міжвізковому просторі, від підвагонного генератора в комбінації з повітряною холодильною установкою й ін. Результати випробувань контейнера з установкою регулювання газового середовища в складі контейнерного зчепи показали його функціональну працездатність. Разом з тим, технологія перевезення швидкопсувних вантажів в умовах реальної експлуатації в силу ряду обставин відпрацьована не була. Так само в роботі показано, що стає економічно обґрунтованим переведення експлуатаційного парку групового рефрижераторного рухомого складу, відповідно до технології підвищення екологічної безпеки, на холодоагент С10М1.

В роботах [6-8, 12] розроблено експрес-методи оцінки якості теплоізоляційних властивостей кузовів спеціалізованих транспортних засобів, що виключають тривалі й трудомісткі процедури проведення відповідних випробувань. Застосування на вагоноремонтних підприємствах експрес-методів уможливило скоротити час проведення випробувань в 3...5 разів й, завдяки забезпеченню суцільного контролю теплоізоляційних властивостей, оптимізувати експлуатаційні режими роботи енергетичного встаткування спеціалізованих транспортних засобів у процесі перевезень швидкопсувних вантажів. Розроблено й впроваджено технологію використання спеціального модифікатора, що захищає металеві поверхні теплообміну елементів холодильно-опалювальної системи рефрижераторного рухомого складу від забруднень, що привело до збільшення коефіцієнтів теплопередачі для цих поверхонь, зменшенню на 6...8% витрат палива при експлуатації дизель-генераторних установок й, відповідно, зниженню шкідливих викидів у навколишнє середовище. Використання, описаних в цих роботах методів дозволяє збільшити ефективність залізничних перевезень швидкопсувних вантажів у спеціалізованому рухомому складі та підвищити їх конкурентоспроможність.

Згідно розрахунків, проведених в [6], перевезення двох контейнерів по залізниці на відстань 1500 км нижче автомобільної в 3,4 рази - із застосуванням платформ загального парку й практично в 4 рази - при використанні платформ власних, або орендованих. Що дозволяє залізничним відправленням конкурувати із широко розповсюдженими на автомобільному транспорті сидельними автопоїздами-контейнеровозами, які здатні перевозити один 20-футовий контейнер повною припустимою масою 26 тонн і висотою 2438 мм.

Висновки.

1. На основі виконаного аналізу залізничних перевезень швидкопсувних вантажів з використанням спеціалізованих транспортних засобів, що представляють собою складні енергетичні системи, сформульовані теплотехнічні й екологічні вимоги до них з метою розробки комплексу технічних і техно-

логічних рішень, використання яких може дозволити створити перспективні енергетичні системи для залізничних перевезень харчових продуктів.

2. Розглянуто технічні рішення, що дозволяють підвищити екологічну безпеку й ефективність експлуатаційної роботи енергетичного встаткування спеціалізованих транспортних засобів шляхом заміни екологічно небезпечного холодоагенту R12 озонобезпечним аналогом з обліком його термодинамічних характеристик.

3. Згідно попередніх розрахунків, строк окупності вкладень в організацію виробництва термоконтейнерних енергетичних комплексів становить не більше 3-х років.

4. Перевезення швидкопсувних вантажів на відстань в 1500 км за допомогою рефрижераторних контейнерів і контейнерів-термосів, розміщених на фітінгових платформах, є приблизно в 3-4 рази менш витратними в порівнянні з автомобільними.

Література

7. Бартош Е.Т. Энергетика изотермического подвижного состава. М., "Транспорт", 1976, 303 с.
8. Екимовский, И.П. Эксплуатация и техническое обслуживание рефрижераторного подвижного состава : учеб. для ПТУ / И.П. Екимовский. – М. : Транспорт, 1983. – 192 с.
9. Панферов, В.И. Оптимизация режима прерывистого отопления / В.И. Панферов, А.Н. Нагорная, Е.Ю. Пашнина // Проблемы теплоэнергетики: материалы Всероссийской науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. -Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – С. 31-32.
10. Каехтина Р.И. Технология перевозки скоропортящихся грузов: Учеб. пос. – М.: РГОТУПС, 2001. –108 с.
11. Мироненко В. К. Вплив кількості груп призначень місцевих вагонів у складах поїздів на розміри передавального руху та терміни доставки вантажів [Текст] / В. К. Мироненко, В. І. Мацюк // Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте : материалы Второй Международной науч.-практ. конф. – Т. 1. — Киев, 2007. – С. 210–211.
12. Науменко, Сергей Николаевич. Разработка и исследование энергетических систем для железнодорожных перевозок скоропортящихся грузов : диссертация ... доктора технических наук : 05.14.01 / Науменко Сергей Николаевич; [Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) МПС РФ].- Москва, 2008.- 271 с.
13. Науменко С. Н., Теймуразов Н. С. Актуальные проблемы развития хладотранспорта //Железнодорожный транспорт. – 2008. – №. 4. – С. 88-91.
14. Науменко С. Н., Постников И. В., Теймуразов Н. С. Система контроля расхода топлива и температурного режима перевозки грузов в рефрижераторном подвижном составе //Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2009. – №. 4.
15. Перевозка скоропортящихся грузов: Справочник/ А. П. Леонтьев, В. Д. Ткачев, И. И. Батраков и др. – М.: Транспорт, 1986, – 304 с.
16. Тертеров М.Н., Лысенко Н.Е., Панферов В.Н. Железнодорожный хладотранспорт. - М.: Транспорт, 1987. - 255 с.
17. Тертеров М. Н. Доставка скоропортящихся грузов. – М.: Транспорт, 1992. – 167 с.

18. S. Naumenko, V. Panferov, Konštrukčne materiály a možnosti nových železničných termických kontajnerov pre Ruské Železnice, Zborník prednášok XVI medzinárodnej konferencie «Súčasnè problémy v koľajových vozidlách», Diel II, Žilina 8.-10.10.2003, SLOVENSKO, 135-141.

References

1. Bartosh E.T. Jenergetika izotermicheskogo podvizhnogo sostava. M., "Transport", 1976, 303 s.
2. Ekimovskij, I.P. Jekspluatacija i tehničeskoe obsluživanje refrizheratornogo podvizhnogo sostava : ucheb. dlja PTU / I.P. Ekimovskij. – M. : Transport, 1983. – 192 s.
3. Panferov, V.I. Optimizacija rezhima preryvistogo otopenija / V.I. Panferov, A.N. Nagornaja, E.Ju. Pašnina // Problemy teplojenergetiki: materialy Vserossijskoj nauch.-tehn. konf. studentov, aspirantov i molodyh učenyh. -Cheljabinsk: Izd-vo JuUrGU, 2006. – S. 31-32.
4. Kaehina R.I. Tehnologija perevozki skoroportjashhihsja Грузов: Ucheb. pos. – M.: RGOTUPS, 2001. –108 s.
5. Mironenko V. K. Vpliv kil'kosti grup priznachen' miscevih vagoniv u skladah poizdiv na rozmiri peredavalnogo ruhu ta termini dostavki vantazhiv [Tekst] / V. K. Mironenko, V. I. Macjuk // Problemy jekonomiki i upravlenija na zheleznodorozhnom transporte : materi-aly Vtoroj Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. – T. 1. — Kiev, 2007. – S. 210–211.
6. Naumenko, Sergej Nikolaevich. Razrabotka i issledovanie jenergeticheskijh sistem dlja zheleznodorozhnyh perevozok skoroportjashhihsja Грузов : dissertacija ... doktora tehničeskijh nauk : 05.14.01 / Naumenko Sergej Nikolaevich; [Mosk. gos. un-t putej soobshh. (MIIT) MPS RF].- Moskva, 2008.- 271 s.
7. Naumenko S. N., Tejmurazov N. S. Aktual'nye problemy razvitija hladotransporta //Zheleznodorozhnyj transport. – 2008. – №. 4. – S. 88-91.
8. Naumenko S. N., Postnikov I. V., Tejmurazov N. S. Sistema kontrolja rashoda topliva i temperaturnogo rezhima perevozki Грузов v refrizheratornom podvizhnom sostave //Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. – 2009. – №. 4.
9. Perevozka skoroportjashhihsja Грузов: Spravochnik/ A. P. Leont'ev, V. D. Tkachev, I. I. Batrakov i dr. – M.: Transport, 1986, – 304 s.
10. Terterov M.N., Lysenko N.E., Panferov V.N. Zheleznodorozhnyj hladotransport. - M.: Transport, 1987. - 255 s.
11. Terterov M. N. Dostavka skoroportjashhihsja Грузов. –M.: Transport, 1992. – 167 s.
12. S. Naumenko, V. Panferov, Konštrukčne materiály a možnosti nových železničných termických kontajnerov pre Ruské Železnice, Zborník prednášok XVI medzinárodnej konferencie «Súčasnè problémy v koľajových vozidlách», Diel II, Žilina 8.-10.10.2003, SLOVENSKO, 135-141.

Коваленко И.Н., Ветрович Я.Н., Роговой А.С. Анализ железнодорожных перевозок скоропортящихся грузов с использованием специализированных транспортных средств.

На основе выполненного анализа железнодорожных перевозок скоропортящихся грузов с использованием специализированных транспортных средств, представляющих собой сложные энергетические системы, сформулированы теплотехнические и экологические требования к ним с целью разработки комплекса технических и технологических решений, использование которых может позволить создать перспективные энергетические системы для железнодорожных перевозок пищевых продуктов. Рассмотрены технические решения, позволяющие повысить экологическую безопасность и эффективность эксплуатационной работы энергетического оборудования специализированных транспортных средств путем замены экологически опасного хладагента.

Ключевые слова: железнодорожные перевозки, скоропортящиеся грузы, специализированные транспортные средства, экологическая безопасность.

Kovalenko I.N., Vetrovich Ya.N., Rogovoy A.S. The analysis of rail transportation of perishable cargoes with use of specialized vehicles.

On the basis of the executed analysis of rail transportation of perishable cargoes with use of the specialized vehicles representing difficult power systems, are formulated heat engineering and ecological requirements to them for the purpose of working out of the technical and technological decisions complex which use presumes to create perspective power systems for rail transportation of foodstuff. The technical decisions are considered, allowing to raise ecological safety and efficiency of operational work of the specialized vehicles power equipment by replacement of ecologically dangerous coolant R12 ozone-proof analogue taking into account its thermodynamic characteristics. According to predesigns, the time of outlay of investments recovery in the organization of thermocontainer power complexes manufacture makes no more than 3th years.

Keywords: rail transportation, perishable cargoes, specialised vehicles, ecological safety.

Коваленко І.М. – магістрант кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна.

Ветрович Я.М. – магістрант кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна.

Роговий А.С. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: asrogovoy@ukr.net

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.03.2014

УДК 330.101.80(331.107.5)

ЕКОНОМІЧНА КОНКУРЕНЦІЯ І ВЗАЄМОДІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТІВ НА РИНКУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**Колодязна Л.Г.****ECONOMIC COMPETITION AND INTERACTION OF MOTOR AND RAILWAY TRANSPORT IN THE MARKET OF CARGO TRANSPORTATIONS****Kolodyazhnaya L.**

У статті проаналізовано партнерські відносини між автомобільним та залізничним видами транспорту на ринку вантажних перевезень. Розглянуто умови існування партнерських відносин між різними видами транспорту. Доведено, що партнерські відносини існують на основі економічної вигідності суб'єктів господарювання. Розглянуто різні типи поведінки між автомобільним та залізничним транспортом у конкурентній боротьбі на ринку вантажних перевезень. Встановлена можливість переходу від конкурентних до партнерських відносин на економічній основі взаємної вигідності перевезення вантажів.

Ключові слова: партнерство, конкуренція, вантажні перевезення, автомобільний транспорт, агресивна поведінка, автомобільно-залізничні перевезення.

Постановка проблеми. В процесі трансформації економіки України на засадах ринку як специфічної форми економічних взаємовідносин. Ринкові відносини розвиваються у всіх галузях економіки. Це відноситься і до транспорту, який є однією з найважливіших галузей економіки, в якій провідне місце займає залізничний транспорт [1-5].

Ринок має свої характерні риси, структуру та функції, різні форми економічної свободи. Одна з характерних рис сучасного ринку – конкуренція, бо в ринкових умовах чим займається один із господарюючих суб'єктів, можуть вільно займатися інші [6].

Ринкові умови господарювання вимагають від господарюючих суб'єктів, в тому числі і від залізничного транспорту, адаптуватися до ринкових відносин [7]. Складовою властивістю ринкової економіки та механізму її саморегулювання є конкуренція [8]. Суб'єкти господарювання повинні прагнути до постійного підвищення ефективності виробництва, інакше їхні витрати на виробництво будуть вищими, ніж суспільно необхідні: вони будуть неконкурентоспроможними, стануть банкрутами. Конкуренція та боротьба за лідерство притаманні для більшості ри-

нків товарів та послуг в тому числі і для залізничних перевезень[9].

За останні роки різко знизився попит на транспортні послуги вантажних перевезень залізницями України [10]. Залізничний транспорт України орієнтований на перевезення масових вантажів. В умовах зміни попиту на таку продукцію виникають значні коливання об'ємів перевезення вантажів. Крім того в конкурентній боротьбі з автомобільним транспортом залізницями України втрачено ринки перевезень тарних, продовольчих, швидкопсувних та багато інших вантажів. Ці втрати зумовлені високою вартістю доставки «від дверей до дверей» за рахунок витрат пов'язаних з перевантаженням з автомобільного на залізничний транспорт і навпаки [11]. Зростання обсягів вантажних перевезень автомобільним транспортом відбулося за останні роки в країнах Центральної і Східної Європи [12]. Тому перед залізничним транспортом стоїть задача збереження і нарощування об'ємів перевезень на транспортному ринку. Для цього необхідно вирішити задачі підвищення конкурентоспроможності залізниць України на ринку вантажних перевезень. Тому дослідження питань конкуренції на ринку вантажних перевезень залізничним транспортом є необхідними і актуальними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В роботі [13] у вітчизняній та закордонній літературі. Теоретичні підходи до визначення сутності конкуренції досліджено в [14]. В роботі зазначено, що сучасне конкурентне середовище продовжує відігравати провідну роль, щодо суб'єктів ринку, в той же час економічні умови реалізації конкурентної стратегії змінилися. Дослідження теорії конкуренції в умовах розвитку ринку і становлення ринкових відносин виконано в [15]. В роботі показано, що в умовах, коли Україна рухається до ринкових відносин, особливо важливим є значення конкуренції як основної ознаки ринку і яка надає можливість підприємству вижити в умовах ринку. Ефективність господар-

ської діяльності підприємства може бути забезпечена лише його конкурентними перевагами, які формують спроможність адаптуватися до змін зовнішнього середовища, та забезпечити при цьому певний рівень конкурентних переваг, що набувають вирішального значення і визначається як конкурентоспроможність.

Особливості конкуренції в епоху глобалізації економічних відносин представлено в [16]. Визначено, що під впливом глобалізації змінюється структура конкуренції, виробництво високотехнологічних товарів, вартість деяких розробок зростає настільки, що їх окупність забезпечується лише в разі виходу на глобальний ринок. Інновації, інформаційні технології як фактори конкурентоспроможності визначено в [17-21].

В сучасних наукових економічних публікаціях надаються матеріали досліджень з питань забезпечення та підвищення конкурентоспроможності залізниць України на ринку вантажних перевезень. Так в [22] проаналізовано протиріччя, що виникли на ринку вантажних перевезень між залізницями та іншими господарюючими суб'єктами. В роботі виявлено функціонуючої на теперішній час парадигми забезпечення конкурентоспроможності залізниць на ринку транспортних перевезень виконано методом дисциплінарної матриці. Структура парадигми вивчалася як цілісна система на основі побудови дисциплінарної матриці – компонентного складу з чотирьох нормативних підсистем: загально визнані разки, концептуальні моделі, символічні узагальнення, ціннісні установки. На теперішній час парадигма організаційного розвитку та трансформації форм власності не може забезпечити необхідний рівень конкурентоспроможності залізниць на ринку вантажних перевезень, оскільки вона не сприяє розв'язанню низки протиріч. Протиріччя негативно відбиваються на конкурентоспроможності залізниць, а також стримують розвиток конкурентного середовища на ринку вантажних перевезень. Обґрунтовано необхідність реалізації відворювально-організаційної парадигми забезпечення конкурентоспроможності залізниць на ринку вантажних перевезень. В роботі також розглянуті потреби вантажовласників на теперішній час. Визначені стратегічні цінності залізниць у системі підвищення їхньої конкурентоспроможності на ринку вантажних перевезень. Зазначено, що в процесі конкурентних відносин між суб'єктами ринку вантажних перевезень найбільшої важливості набувають економічні цінності. Обґрунтована система базисних стратегічних цінностей залізниць у системі підвищення конкурентоспроможності на ринку вантажних перевезень, яка складається з організаційних, економічних, технічних, технологічних, нормативно-правових, психологічних та професійно-кваліфікаційних цінностей. Визначені та обґрунтовані стратегічні цінності дозволяють сформувати конкурентні переваги, реалізація яких забезпечить підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту на ринку вантажних перевезень. Дослі-

дження принципів забезпечення конкурентних переваг залізниць України на ринку вантажних перевезень, обґрунтовані загальні та специфічні принципи забезпечення конкретних переваг залізничного транспорту на ринку вантажних перевезень. В статті [23] розглянуті типи конкурентної поведінки залізниць на ринку вантажних перевезень. Зазначено, що вибір відповідної конкурентної поведінки як способу забезпечення конкурентних переваг залізниць на ринку вантажних перевезень пов'язано з взаємозалежністю ефективності економічної діяльності залізниць, властивостей вантажних вагонів, вантажовласників тощо. Обґрунтування підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту ведуться на основі конкуренції та взаємодії. Так в [23] розглядається можливість корпоративної поведінки у вигляді співробітництва із залізницями сусідніх країн, власниками вагонів, вантажовласниками і обґрунтовано це як об'єктивною необхідністю для забезпечення конкурентних переваг на ринку вантажних перевезень. Агресивну поведінку розглядають по відношенню залізниці до автотранспортних підприємств. Та як показало життя залізниця не може забезпечити самостійно без автомобільного транспорту перевезення «від дверей до дверей».

Мета роботи. Метою роботи є обґрунтування розвитку взаємодії та конкуренції залізничного та автомобільного транспорту для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту на ринку вантажних перевезень.

Виклад основного матеріалу. В Україні функціонують різні види транспорту: наземний, водний, повітряний та трубопровідний. В науковій економічній літературі можна зустріти розгляд всіх видів транспорту України як комплекс [24] і як систему [25]. Сучасні економічні енциклопедії тлумачать систему, як комплекс елементів та їхніх властивостей, взаємодія між якими зумовлює появу якісно нової цілісності. Тобто система це комплекс взаємодіючих елементів.

Господарюючі суб'єкти кожного виду транспорту є самостійними, але вони функціонують в єдиному економічному просторі і для задоволення потреб вантажовласників і пасажирів взаємодіють, бо ці потреби кожен окремо виконати в необхідній формі не може.

На теперішній час на ринку вантажних перевезень провідна роль належить залізничному транспорту. Та залізничний транспорт втрачає ринки вантажних перевезень в конкурентній боротьбі з автомобільним транспортом. Це відноситься не тільки до України, але й до європейських країн.

Таким чином на транспортному ринку вантажних перевезень діють два види транспорту: залізничний та автомобільний. Встановлено, що тим, чим займається залізничний транспорт вільно займається і автомобільний, а це і означає в загальному розумінні конкуренцію.

Залізничний транспорт втрачає перевезення вантажів в контейнерах. Твердження, що залізничний

транспорт більш конкурентоспроможний по відношенню до автомобільного тільки на відстані більше 450 км, підтверджено порівняльними розрахунками вартості перевезень 40 футових контейнерів. Конкретні переваги доставки контейнерів автотранспортом зумовлені швидкістю, пристосованістю інфраструктури для вивезення контейнерів з порту автотранспортом. Технологія митного оформлення передбачає обов'язково доставку вантажів у контейнерах автотранспортом до пункту митного оформлення, можливості перевезення «від дверей до дверей» [26]. Крім того частина пунктів відправлення і призначення доступна лише для автотранспорту.

Залізничним перевезенням загрожує широке впровадження мегавантажівок на далекі відстані, що призведе до збільшення пропускну здатності автошляхів.

З метою переключення вантажопотоків з автомобільного на залізничний транспорт залізниці повинні застосовувати агресивну конкурентну поведінку. На конкурентному ринку залізниці можуть використовувати різні методи боротьби. Основою цих методів повинні стати недоліки перевезень вантажів автотранспортом.

Так залізниці витрачають менше енергоресурсів на 1 тону перевезеного вантажу, ніж підприємства автотранспорту. Збереження енергоресурсів є однією з ключових умов створення конкурентоспроможності економіки. Зменшення витрат енергоресурсів сприяє покращенню екологічної ситуації. Як зазначено в [27] одним із найефективніших напрямів вирішення екологічних проблем є розвиток менш енерго- та ресурсоемних видів економічної діяльності.

Як зазначено в [28] більша частина (80-90%) шкідливих викидів від транспорту генерується безрейковим транспортом. При транспортуванні вантажів залізницею виробляється лише 20% викидів від загального обсягу викидів всього транспортного сектора.

Транспортна безпека – одна із фундаментальних переваг залізничного транспорту. Великі вантажівки на автострадах збільшують рівень небезпеки в дорожніх аваріях: ризики при обгонах, безпека на залізничних переїздах, інтенсивне зношування автошляхів. Залізничний транспорт має свої переваги: працює при будь-якій погоді, надійність і можливість планування перевезень.

Та конкурентні відносини з автоперевізниками, що ґрунтуються на вищезазначених перевагах залізничного транспорту забезпечують перевезення «від дверей до дверей» значній частини вантажовласників, бо вони доступні лише автоперевізникам. Транспортування вантажів на початковому і кінцевому шляху залишається за автомобільним транспортом. Повернення втрачених перевезень вантажів, збільшення їх обсягів залізничним транспортом можливо за умови використання перевезень за змішаними автомобільно-залізничними схемами. А це можливо, якщо це буде вигідно обома сторонам господарюючих суб'єктів і при переході від конкурентних відно-

син до партнерських. Партнерство – це взаємодія партнерів для отримання економічної вигоди обов'язковою для кожного учасника взаємодії. Партнерство існує доки є вигода і розпадається щойно зникає вигода учасників взаємодії. Партнерство породжене вимушеною колективністю і реалізується до того моменту поки існує пряма вигода від партнерських взаємовідносин. За відсутністю вигоди руйнуються сформовані партнерством колективність, взаємодопомога і планованість [29].

Підвищення ефективності змішаних перевезень можливе за умов належного використання наявного транспорту, розвинутої мережі транспортних сполучень і терміналів. Змішані автомобільно-залізничні перевезення на основі їх взаємодії привносять нову логістичну концепцію, яка стає чинником подальшого розвитку транспорту.

Висновки. 1. Встановлено, що одним із чинників подальшого зростання економічної ефективності діяльності залізничного транспорту та транспортної системи України є подальший розвиток взаємодії та конкуренції залізничного транспорту з автомобільним. 2. Виявлено, що для забезпечення конкурентних переваг на ринку вантажних перевезень підприємства залізниць мають застосувати по відношенню до автотранспортних підприємств агресивну конкурентну поведінку на основі обґрунтованих переваг залізниць. 3. Встановлено умови існування партнерських відносин між конкуруючими видами транспорту. Доведено, що для розширення функціонування залізниць України на ринку вантажних перевезень по технології «від дверей до дверей» необхідно подальший розвиток партнерських відносин між залізничним і автомобільним транспортом у змішаних вантажних перевезеннях. 4. Доведено, що основою партнерських відносин є економічна взаємна вигідність у перевезеннях вантажів.

Література

1. Брайковська А. Дослідження особливостей формування ринку транспортних послуг як середовища функціонування підприємств транспорту / А. Брайковська // Економіст . – 2012. – №9. – С. 50-54.
2. Шевченко С. Ю. Забезпечення реалізації пріоритетних напрямів розвитку залізничного транспорту на основі активізації інвестиційної діяльності / С.Ю. Шевченко // Формування ринкових відносин в Україні. – 2010. – №4(107). – С. 156-159.
3. Пашенко Ю.Е. Інфраструктура економіки України: транспорт та зв'язок / Ю.Е. Пашенко // Формування ринкових відносин в Україні. – 2008. – №10(89). – С. 104-111.
4. Цветов М. Розвиток транспорту в умовах ринкової трансформації економіки України / М. Цветов // Економіст . – 2013. – №7. – С. 44-46.
5. Великодний В.В. Розширення функціональних можливостей АСК ВП Укрзалізниці / В.В. Великодний, М.Д. Кацман, О.І. Коліков, С.В. Юхимчук // Залізничний транспорт України. – 2009. – №1. – С. 21-23. Чепурна-Кос І.В. Проблеми та напрями реформування залізничного транспорту України / І.В. Чепурна-Кос // Економіка та держава. – 2011. – №7. – С. 98-100.

6. Базилевич В.Д. Економічна теорія: Політекономія: Підручник / за ред. В.Д. Базилевича. –К.: Знання-Прес, 2008. – 719 с.
7. Широкова О.М. Основні проблеми адаптації залізничного транспорту до ринкових умов господарювання / О.М. Широкова // Економіка, фінанси, право. – 2011. – №7. – С. 17-20.
8. Рибалкін В.О. Політична економія. Навчальний посібник / за ред. В.О. Рибалкіна, В.Г. Бодрова. –К.: Академвидав, 2007. – 672 с.
9. Басманова О.Е. Изучение процессов конкуренции и монополизации на рынке железнодорожных перевозок / О.Е. Басманова // Економіка, фінанси, право. – 2013. – №5. – С. 7-9.
10. Селецький В.С. Застосування математичного апарату мереж Петрі на залізничному транспорті / В.С. Селецький // Залізничний транспорт України. – 2009. – №2. – С. 3-6.
11. Пшінько О.М. Бімодальні технології – ключ до нових сегментів транспортного ринку / О.М. Пшінько, С.В. Мямлін, Р.Г. Коробйова, Д.М. Козаченко, Ч. Фоскетт // Залізничний транспорт України. – 2009. – №5. – С. 20-22.
12. Костюк М.Д. Техніко-технологічне забезпечення інтегральних та інтероперабельних перевезень / М.Д. Костюк, Ю.В. Дьомін // Залізничний транспорт України. – 2009. – №3. – С. 3-7.
13. Вертель С.П. Загальні положення про поняття «конкуренція» та «конкурентоспроможність» / С.П. Вертель // Інвестиції: практика та досвід. – 2012. – №19. – С. 55-57.
14. Грецький Р.П. Теоретичні підходи до визначення природи і сутності конкуренції / Р.П. Грецький // Формування ринкових відносин в Україні. – 2007. – №12(79). – С. 35-38.
15. Маркіна І.А. Генеза теорії конкуренції в умовах розвитку ринку і становлення ринкових відносин / І.А. Маркіна, С.В. Острянина // Формування ринкових відносин в Україні. – 2009. – №5(96). – С. 41-44.
16. Хитрова О.А. Особливості конкуренції в епоху глобалізації економічних відносин / О.А. Хитрова // Інвестиції: практика та досвід. – 2013. – №12. – С. 78-83.
17. Круп'як Т.П. Основні риси конкуренції в умовах становлення інформаційної економіки / Т.П. Круп'як // Формування ринкових відносин в Україні. – 2007. – №1(68). – С. 57-60.
18. Новак В.О. Інформатизація як конкурентна перевага підприємства / В.О. Новак, Ю.Г. Симоненко, М.Г. Луцький // Формування ринкових відносин в Україні. – 2007. – №2(69). – С. 36-39.
19. Радева М.М. Інформаційно-технологічна складова трансформації конкурентного середовища корпорації в умовах глобалізації / М.М. Радева // Економіка та держава. – 2010. – №11. – С. 47-49.
20. Базь М.О. Підходи до оцінювання конкурентоспроможності інноваційного продукту / М.О. Базь // Економіка та держава. – 2011. – №9. – С. 66-69.
21. Калапа Т.В. Абсорбції інновацій як ключовий фактор міжнародної конкурентоспроможності підприємств / Т.В. Калапа // Формування ринкових відносин в Україні. – 2007. – №2 (69). – С. 61-65.
22. Чорний В. В. Сучасна парадигма забезпечення конкурентоспроможності залізниць України на ринку вантажних перевезень / В.В. Чорний // Формування ринкових відносин в Україні. – 2012. – №11(138). – С. 124-127.
23. Чорний В. В. Принципи забезпечення конкурентних переваг залізниць України на ринку вантажних перевезень / В.В. Чорний // Формування ринкових відносин в Україні. – 2012. – №9 (136). – С. 123-127.
24. Един А. Экономико-технологические рычаги повышения эффективности работы транспортного комплекса государства / А. Един, В. Гурнак // Экономика Украины. – 2005. – №4. – С. 29-35.
25. Прейгер Д. Транспортная инфраструктура Украины: состояние и проблемы посткризисного развития / Д. Прейгер // Экономика Украины. – 2011. – №5. – С. 23-31.
26. Підлісний П.І. Підвищення ефективності змішаних вантажних перевезень шляхом впровадження мультимодальних технологій / П.І. Підлісний, А.М. Брайковська // Формування ринкових відносин в Україні. – 2013. – №2(141). – 67-74.
27. Яценко Л.Д. Шляхи екологізації національної економіки / Л.Д. Яценко // Стратегічні пріоритети. – 2012. – №1(22). – С. 99-104.
28. Мукмінова Т.А. Комбінований залізничний транспорт: сучасні виклики / Т.А. Мукмінова // Залізничний транспорт України. – 2007. – №5. – С. 24-30.
29. Гош О. Про економічну сутність понять «співробітництво» і «партнерство» / О. Гош // Економіка України. – 2012. – №5. – С. 91-95.

References

1. Brajkov'ska A. Doslidzhennja osoblivostej formuvannja rinku transportnih poslug jak seredovishha funkcionuvannja pidpriemstv transportu / A. Brajkov'ska // Ekonomist. – 2012. – №9. – S. 50-54.
2. Shevchenko S. Ju. Zabezpechennja realizacii prioritetnih naprjamiv rozvitku zaliznizhnogo transportu na osnovi aktivizacii investicijnoi dijal'nosti / S. Ju. Shevchenko // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2010. – №4(107). – S. 156-159.
3. Pashhenko Ju.E. Infrastruktura ekonomiki Ukraïni: transport ta zv'jazok / Ju.E. Pashhenko // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2008. – №10(89). – S. 104-111.
4. Cvetov M. Rozvitok transportu v umovah rinkovoï transformacii ekonomiki Ukraïni / M. Cvetov // Ekonomist. – 2013. – №7. – S. 44-46.
5. Velikodnij V.V. Rozshirennja funkcional'nih mozhlivostej ASK VP Ukrzaliznici / V.V. Velikodnij, M.D. Kacman, O.I. Kolikov, S.V. Juhimchuk // Zaliznizhnij transport Ukraïni. – 2009. – №1. – S. 21-23. Chepurna-Kos I.V. Problemi ta naprjami reformuvannja zaliznizhnogo transportu Ukraïni / I.V. Chepurna-Kos // Ekonomika ta derzhava. – 2011. – №7. – S. 98-100.
6. Bazilevich V.D. Ekonomichna teorija: Politekonomija: Pidruchnik / za red. V.D. Bazilevicha. –K.: Znannja-Pris, 2008. – 719 s.
7. Shirokova O.M. Osnovni problemi adaptacii zaliznizhnogo transportu do rinkovih umov gospodarjuvannja / O.M. Shirokova // Ekonomika, finans, pravo. – 2011. – №7. – S. 17-20.
8. Ribalkin V.O. Politichna ekonomija. Navchal'nij posibnik / za red. V.O. Ribalkina, V.G. Bodrova. –K.: Akademvidav, 2007. – 672 s.
9. Basmanova O.E. Izuchenie processov konkurencii i monopolizacii na rynke zheleznodorozhnyh perezovozok / O.E. Basmanova // Ekonomika, finans, pravo. – 2013. – №5. – S. 7-9.

10. Selec'kij V.S. Zastosuvannja matematichnogo aparatu mrezh Petri na zaliznichnomu transporti / V.S. Sele-c'kij // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2009. – №2. – S. 3-6.
11. Pshin'ko O.M. Bimodal'ni tehnologii – ključ do novih segmentiv transportnogo rinku / O.M. Pshin'ko, S.V. Mjamlin, R.G. Korobjova, D.M. Kozachenko, Ch. Foskett // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2009. – №5. – S. 20-22.
12. Kostjuk M.D. Tehniko-tehnologichne zabezpečennja intermodal'nih ta interoperabel'nih perevezen' / M.D. Kostjuk, Ju.V. D'omin // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2009. – №3. – S. 3-7.
13. Vertel' S.P. Zagal'ni polozhennja pro ponjattja «konkurencija» ta «konkurentospromozhnist'» / S.P. Vertel' // Investicii: praktika ta dosvid. – 2012. – №19. – S. 55-57.
14. Grec'kij R.P. Teoretichni pidhodi do viznachennja prirodi i sutnosti konkurencii / R.P. Grec'kij // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2007. – №12(79). – S. 35-38.
15. Markina I.A. Geneza teorii konkurencii v umovah rozvitku rinku i stanovlennja rinkovih vidnosin / I.A. Markina, S.V. Ostrjanina // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2009. – №5(96). – S. 41-44.
16. Hitrova O.A. Osoblivosti konkurencii v epohu globalizacii ekonomichnih vidnosin / O.A. Hitrova // Investicii: praktika ta dosvid. – 2013. – №12. – S. 78-83.
17. Krup'jak T.P. Osnovni risi konkurencii v umovah stanovlennja informacijnoi ekonomiki / T.P. Krup'jak // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2007. – №1(68). – S. 57-60.
18. Novak V.O. Informatizacija jak konkurentna perevaga pidpriemstva / V.O. Novak, Ju.G. Simonenko, M.G. Luc'kij // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2007. – №2(69). – S. 36-39.
19. Radeva M.M. Informacijno-tehnologichna skladova transformacii konkurentnogo seredovishha korporacii v umovah globalizacii / M.M. Radeva // Ekonomika ta derzhava. – 2010. – №11. – S. 47-49.
20. Baz' M.O. Pidhodi do ocinjuvannja konkurentospromozhnosti innovacijnogo produktu / M.O. Baz' // Ekonomika ta derzhava. – 2011. – №9. – S. 66-69.
21. Kalapa T.V. Absorbicii innovacij jak ključovij faktor mizhnarodnoi konkurentospromozhnosti pidpriemstv / T.V. Kalapa // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2007. – №2 (69). – S. 61-65.
22. Chornij V. V. Suchasna paradigma zabezpečennja konkurentospromozhnosti zaliznic' Ukraïni na rinku van-tazhnih perevezen' / V.V. Chornij // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2012. – №11(138). – S. 124-127.
23. Chornij V. V. Principi zabezpečennja konkurentnih perevaz zaliznic' Ukraïni na rinku vantazhnih perevezen' / V.V. Chornij // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2012. – №9 (136). – S. 123-127.
24. Edin A. Jekonomiko-tehnologicheskie ryčhagi povyšennja jeffektivnosti raboty transportnogo kompleksa gosudarstva / A. Edin, V. Gurnak // Jekonomika Ukrainy. – 2005. – №4. – S. 29-35.
25. Prejger D. Transportnaja infrastruktura Ukrainy: sostojanie i problemy postkrisisnogo razvitija / D. Prejger // Jekonomika Ukrainy. – 2011. – №5. – S. 23-31.
26. Pidlisnij P.I. Pidvishhennja efektnosti zmishanij vantazhnih perevezen' shljahom vprovadzhennja mul'timodal'nih tehnologij / P.I. Pidlisnij, A.M. Brajkovs'ka // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2013. – №2(141). – 67-74.
27. Jacenko L.D. Shljahi ekologizacii nacional'noi ekonomiki / L.D. Jacenko // Strategichni prioriteti. – 2012. – №1(22). – S. 99-104.
28. Mukminova T.A. Kombinovanij zaliznichnij transport: suchasni vikliki / T.A. Mukminova // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2007. – №5. – S. 24-30.
29. Gosh O. Pro ekonomichnu sutnist' ponjat' «spivrobitnictvo» i «partnerstvo» / O. Gosh // Ekonomika Ukraïni. – 2012. – №5. – S. 91-95.

Колодяжная Л.Г. Экономическая конкуренция и взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта на рынке грузовых перевозок.

В статье проанализировано партнерские отношения между автомобильным и железнодорожным видами транспорта на рынке грузовых перевозок. Рассмотрены условия возникновения партнерских отношений между разными видами транспорта. Доказано, что сотрудничество и партнерские отношения строятся на основе экономической выгоды субъектов ведения хозяйства. Рассмотрены различные виды поведения между автомобильным и железнодорожным транспортом на рынке грузовых перевозок. Установлена возможность перехода от конкурентных к партнерским отношениям на экономической основе взаимной выгоды перевозки грузов.

Ключевые слова: партнерство, конкуренция, грузовые перевозки, автомобильный транспорт, агрессивное поведение, автомобильно-железнодорожные перевозки.

Kolodyazhnaya L. Economic competition and interaction of motor and railway transport in the market of cargo transportations.

In the article was given the analysis of partnership relations between motor and railway transport in the market of cargo transportations. Also was examined the conditions for the initiation of partnership relations between different modes of transport. The paper describes the types of competitive behavior of railways in the transport market. Was established that competitive behavior depends on the behavior of competitors in the transport market. Under intensification of competition in the transport market railway transport must proceed to aggressive behavior towards competitors in order to preserve and return of the lost transport sector. Was proved that partnership relations are established on the basis of economic expediency of the subjects of economy. Also was considered various behaviors between motor and railway transport in the market of cargo transportations. Was ascertain the possibility of change from competitive to partnership relations on the basis of economic mutual advantages of cargo transportation.

Keywords: partnership, competition, cargo transportations, motor transport, aggressive behavior, motor and railway transportation.

Колодяжна Л.Г. – к.т. н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ЧНУ ім. В. Даля.

Рецензент: Соколов В.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 27.02.2014

УДК 656.2.003.12:656.2.071.11.

**ПРИНЦИП СИНЕРГІЗМУ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ЗАЛІЗНИЦЬ
УКРАЇНИ НА РИНКУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ****Колодяжна Л.Г.****THE PRINCIPLE OF SYNERGISM IN ENSURING OF COMPETITIVE ADVANTAGES OF
UKRAINE RAILWAYS IN THE MARKET OF CARGO TRANSPORTATIONS****Kolodyazhnaya L.**

В статті обґрунтовано загальні та специфічні принципи забезпечення конкурентних переваг залізничного транспорту на ринку вантажних перевезень. Здійснено аналіз ефектів синергії. Визначено особливості ефекту синергії у вітчизняній практиці. Проаналізовано причини відсутності синергії. Запропоновано рекомендації для забезпечення прояву ефекту синергії від взаємодії видів транспорту. Встановлено, що досягнення синергійного ефекту при взаємодії залізничного транспорту з іншими видами транспорту відбувається шляхом створення системної взаємодії на основі визначення сумісних домовленостей, договорів, нормативних документів, розробленості технічного, технологічного та інформаційного забезпечення.

Ключові слова: ефект синергізму, конкурентні переваги, конкурентоспроможність, конкуренція, специфічні принципи забезпечення конкурентних переваг

Постановка проблеми. В результаті трансформації економіки на засадах ринку у всіх галузях економіки отримують розвиток ринкові відносини [1]. Транспортний комплекс України є важливою складовою в структурі економіки України, провідна роль в якому належить залізничному транспорту [2-7]. Сучасна ринкова економіка характеризується економічною свободою, конкуренцією, мобільністю ресурсів, автономністю дій учасників ринку, поінформованістю суб'єктів господарювання, соціалізацією та глобалізацією зв'язків. Економічна свобода та конкуренція означають, що чим займається один господарюючий суб'єкт, вільно можуть займатися і інші господарюючі суб'єкти. Форми і методи конкурентної боротьби між суб'єктами ринку різноманітні і значною мірою обумовлюють дію ринкових законів [8]. В умовах переходу економіки України до ринкових відносин та формування конкурентного середовища, в тому числі й залізничного транспорту, суб'єкти господарювання повинні адаптуватися до нових умов господарювання [9]. Зміна економічних обставин та перехід до ринкових відносин, попит на транспортні послуги вантажних перевезень залізниць України значно знизився. Обсяг вантажних перевезень автомобільним транспортом зріс. В цій ситуації стає актуальною задачею рішення

по збереженню і нарощуванню вантажних перевезень за участю залізничного транспорту. Необхідні якісно нові підходи.

Перехід до ринкової економіки змінюють відносини між вантажовласниками і залізницею. Відбувається зміщення їх акцентів у економічну площину, вантажовласники посилюють вимоги до вчасності доставки вантажів [10].

В сучасних економічних умовах залізничний транспорт не в повній мірі задовольняє потреби економіки та пріоритетні вимоги власників вантажів. Це поперше із-за наявності проблем зношеності рухомого складу, по-друге невідповідності інфраструктури та технологій перевезення сучасним реаліям. В ринкових умовах більш важливими стають вимоги суб'єктів господарювання до якості транспортного обслуговування [11]. В умовах ринкових відносин відбувається конкуренція за рахунок суперництва суб'єктів господарювання з метою реалізації власних інтересів шляхом набуття економічних конкурентних переваг. Конкурентоспроможність – це володіння властивостями, що створюють певні переваги для суб'єкта економічної конкуренції. Під конкурентоспроможністю транспортної організації розуміють її здатність організовувати і здійснювати перевезення, які по своїй якості, вартості та інших характеристикам є привабливішими для клієнтури, ніж перевезення і послуги, які пропонуються конкурентом [12]. Гостра конкурентна боротьба в умовах функціонування ринку вантажних перевезень ставить перед залізничним транспортом вимоги підвищення конкурентоспроможності. Тому дослідження питань забезпечення конкурентних переваг залізниць України на ринку вантажних перевезень в сучасних умовах є необхідним і актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В [13] досліджено роль і місце конкуренції як інструменту ринкових регуляторів та основного елемента при формуванні ринкових відносин. Конкуренцію як економічну категорію визначено як боротьбу або суперництво між виробниками за найбільш ефективні умови

й результати вкладення ресурсів у процесі виробництва і збуту товару, а також залучення споживачів і задоволення їх потреб. Зазначено, що ефективність господарської діяльності підприємства може бути забезпечена його конкурентними перевагами, які у комплексі формують динамічну характеристику спроможності підприємства адаптуватися до змін зовнішнього середовища та забезпечувати при цьому певний рівень конкурентних переваг, що визначається як конкурентоспроможність. Близькими такому визначенню конкурентоспроможності є висновки дослідження загальних положень про поняття «конкуренція», та «конкурентоспроможність», в яких зазначено, що конкурентоспроможність є найбільш узагальнюючим показником ефективності економічного суб'єкта, що визначає його потенціал у конкурентній боротьбі [14].

Виникає необхідність підприємця підготувати всі інструменти для конкурентної боротьби, розробити свою стратегію забезпечення конкурентоспроможності – конкурентну стратегію, яка дозволить одержати відповідні переваги на діючому чи потенційному ринку. В [15] викладено підходи до формування конкурентного потенціалу підприємства, обґрунтовано необхідність стратегічної орієнтації управління конкурентоспроможним потенціалом підприємств на підставі подальшого розвитку теорії стратегічного менеджменту. В [16] викладені результати досліджень економічних інтересів вантажовласників та визначення стратегічних цінностей залізниць. Необхідно створити конкурентні переваги, реалізація яких забезпечить високий рівень конкурентоспроможності залізничному транспорту на ринку вантажних перевезень. В роботі базисні стратегічні цінності розглядаються як система з організаційних, економічних, технічних, технологічних, нормативно-правових, психологічних та професійно-кваліфікаційних цінностей. Цінності визначаються з потреб вантажовласників.

Необхідність переходу залізниць України до більш сучасної парадигми забезпечення конкурентоспроможності обґрунтована в [17]. Зазначено, що на теперішній час в забезпеченні конкурентоспроможності залізниць на ринку вантажних перевезень виникли протиріччя, розв'язання яких потребує переходу до нової парадигми. Обґрунтовано необхідність впровадження для забезпечення конкурентоспроможності залізниць нової, більш прогресивної відтворювально-оптимізаційної парадигми, сутність якої полягає в оптимізації технолого-економічних відносин залізниць України з залізницями СНД та Балтії, між операторами перевезень, власниками вантажних вагонів, переходу від звуженого до розширеного відтворення продуктивних сил, техніко-економічних відносин, організаційно-економічних відносин, відносин економічної власності та господарського механізму залізниць.

Обґрунтування загальних та специфічних принципів забезпечення конкурентних переваг залізничного транспорту на ринку вантажних перевезень, які враховують реалії сьогодення розглядається в [18]. В роботі зазначено, що умови підвищення конкурентоспроможності залізниць та застосовані залізницями типи

конкурентної боротьби зумовлюють загальні та специфічні принципи забезпечення конкурентних переваг залізниць на ринку вантажних перевезень. В роботі виділено наступні принципи: системності, ефективності, історизму, науковості, фінансової підтримки, інноваційності, правового забезпечення, інформованості, розвитку, прогностичності. В роботі як загальні так і специфічні принципи забезпечення конкурентних переваг на ринку вантажних перевезень в основному визначені та обґрунтовані в загальній формі. Так розгляд принципу синергізму в забезпеченні переваг залізниць над конкурентами на ринку вантажних перевезень обмежується наведенням його обумовленості можливості досягнення системного ефекту емерджентності завдяки підвищеній результативності спільної дії суб'єктів зазначеного ринку. В публікаціях наукових досліджень концепції стратегічного розвитку залізничного транспорту відсутні різнобічні та глибокі дослідження принципів забезпечення конкурентних переваг залізниць України на ринку вантажних перевезень, в тому числі принципу синергізму.

Мета роботи. Метою роботи є обґрунтування принципу синергізму в забезпеченні конкурентних переваг залізниць України на ринку вантажних перевезень.

Викладання основного матеріалу. При формуванні та втіленні залізницями України заходів на одержання конкурентних переваг на ринку вантажних перевезень та їх реалізації для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту необхідно дотримуватись основних принципів, які зумовлені реаліями теперішнього часу. Одним з таких принципів є принцип синергізму. Синергізм – це поява нових джерел розвитку підвищення ефективності діяльності в результаті поєднання окремих частин, елементів, факторів в єдину систему. Комплекс цих складових та їхніх властивостей, взаємодія між якими зумовлює появу в системі емерджентних властивостей, які не властиві складовим системи і не є формальним наслідком властивостей окремих складових.

Синергізм як економічний феномен розглядається в діловій літературі і відомий як ефект «2+2=5». Це означає, що об'єднання різних компаній відбувається для того, щоб результати їх спільної діяльності значно перевищували їх окремі досягнення [19]. Результати дослідження питань синергізму публікуються в сучасних економічних наукових журналах. Заходи, які можуть бути покладені в основу програм економічного розвитку регіону, реалізація яких дозволить отримати синергетичний ефект розглянуто в [20]. В [21] побудована теоретико-правова модель для взаємодії підприємств під час спільної інноваційної діяльності. В [22] запропонована методика оцінювання потенціалу синергізму. При злитті, поглинанні та іншій взаємодії підприємств для досягнення ефекту синергізму необхідним є визначення його можливих джерел. Звичайно можна орієнтуватися при взаємодії на потенційні переваги взаємодії, але які не є джерелом отримання синергізму. При взаємодії необхідно формувати умови для створення ефекту синергії. Синергійний ефект формується

рівновагою Неша, коли кожне підприємство при взаємодії розглядає іншого як «можливого партнера», але при цьому не забуває про свою власну вигоду. Конкуренція різних видів транспорту на ринку вантажних перевезень призвела до втрат залізничним транспортом перевезень вантажів. Найбільш активно на ринку вантажних перевезень конкурують залізничний і автомобільний транспорт. Зняття між ними конкурентних відносин і перехід до партнерських відносин дасть можливість сформувати синергійний підхід за рівновагою Неша. Це дасть можливість перейти до перевезення вантажів «від дверей до дверей», що значно підвищить виконання запитів власників вантажів. Досягнення синергійного ефекту при взаємодії залізничного транспорту з іншими видами транспорту відбувається не шляхом злиття та поглинання, а шляхом створення системної взаємодії на основі визначення сумісних домовленостей, договорів, нормативних документів, розробленості технічного, технологічного та інформаційного забезпечення. Така форма взаємодії має ознаки системи, бо це комплекс елементів та їх властивостей які взаємодіють між собою з появою визначеної цілісності. Взаємодія різних видів транспорту дає можливість створенню сумісних логістичних центрів, якісної доставки вантажів у необхідному напрямку. Ця властивість є результатом ефекту синергізму, бо кожний вид транспорту окремо або не може виконати цю доставку, або зі значно більшими витратами.

Висновки. 1. Обґрунтовано загальні та специфічні принципи забезпечення конкурентних переваг залізничного транспорту на ринку вантажних перевезень. 2. Встановлено, що досягнення ефекту синергізму при взаємодії залізничного транспорту з іншими видами транспорту відбувається шляхом створення системної взаємодії на основі визначення сумісних домовленостей, договорів, нормативних документів, розробленості технічного, технологічного та інформаційного забезпечення. 3. Доведено, що комплексне використання логістичних принципів та прогресивних транспортних технологій є результатом ефекту синергізму.

Л і т е р а т у р а

- Брайковська А. Дослідження особливостей формування ринку транспортних послуг як середовища функціонування підприємств транспорту / А. Брайковська // Економіст. – 2012. – №9. – С. 51-54.
- Един А. Экономико-технологические рычаги повышения эффективности работы транспортного комплекса / А. Един, В. Гурнак // Экономика Украины. – 2005. – №4. – С. 29-35.
- Великодний В.В. Розширення функціональних можливостей АСК ВП Укрзалізниці / В.В. Великодний, М.Д. Кау-ман, О.І. Коліков, С.В. Юхимчук // Залізничний транспорт України. – 2009. – №1. – С. 21-23.
- Богомаз А.В. Особенное и общее транспортного производства, как одного из видов производственной деятельности для оценки его эффективности / А.В. Богомаз // Залізничний транспорт України. – 2009. – №5. – С. 35-36.
- Яновський П.О. Загальні принципи стратегічного розвитку мережі залізниць України / П.О. Яновський // Залізничний транспорт України. – 2008. – №5. – С. 11-13.
- Ейтутіс Д.Г. Збереження вантажів на залізничному транспорті – запорука якості комерційної роботи / Д.Г. Ейтутіс

// Залізничний транспорт України. – 2008. – №4. – С. 38-40.

- Цветов М. Розвиток транспорту в умовах ринкової трансформації економіки України / М. Цветов // Економіст. – 2013. – №7. – С. 44-46.
- Політична економія. Навч. посіб. / За ред. В.О. Рибалкіна, В.Г. Бодрова. – К.: Академвидав. – 2007. – 672 с.
- Широкова О.М. Основні проблеми адаптації залізничного транспорту до ринкових умов господарювання / О.М. Широкова // Економіка, політика, фінанси, право. – 2011. – №7. – С. 17-20.
- Яновський П.О. Методика визначення тривалості знаходження вагонів на технічних станціях в умовах автоматизованої системи моделювання та аналізу експлуатаційної роботи залізниць / П.О. Яновський // Залізничний транспорт України. – 2008. – №2. – С. 25-28.
- Яновський П.О. Сучасні вимоги до перспективних технологій перевезень / П.О. Яновський // Залізничний транспорт України. – 2009. – №3. – С. 23-26.
- Кудрицька Н.В. Методологічні підходи визначення рівня конкурентоспроможності транспортних організацій / Н.В. Кудрицька // Залізничний транспорт України. – 2009. – №2. – С. 47-50.
- Маркіна І.А. Генеза теорії конкуренції в умовах розвитку ринку і становлення ринкових відносин / І.А. Маркіна // Формування ринкових відносин в Україні. – 2009. – №5 (96). – С. 41-44.
- Вертіль С.П. Загальні положення про поняття «конкуренція» та «конкурентоспроможність» / С.П. Вертіль // Інвестиції: практика та досвід. – 2012. – №19. – С. 55-57.
- Воронкова А. Конкуренція управління конкурентоспроможним потенціалом підприємства / А. Воронкова // Економіст. – 2007. – №8. – С. 14-17.
- Чорний В.В. Стратегічні цінності національних залізниць у системі підвищення конкурентоспроможності / В.В. Чорний // Формування ринкових відносин в Україні. – 2012. – №12 (139). – С. 107-110.
- Чорний В.В. Сучасна парадигма забезпечення конкурентоспроможності залізниць України на ринку вантажних перевезень / В.В. Чорний // Формування ринкових відносин в Україні. – 2012. – №11 (138). – С. 124-127.
- Якименко Н.В. Нові принципи управління вітчизняною залізничною транспортною системою в умовах конкуренції на ринках перевезень / Н.В. Якименко // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті. – 2012. – №38. – С. 109-120.
- Саммерс Лачс. Стратегический синергизм. СПб.: Питер. – 2004. – 416 с.
- Романова Т.В. Програма розвитку інвестиційного потенціалу регіону як складова досягнення синергетичного ефекту / Т.В. Романова // Інвестиції: практика та досвід. – 2012. – №9. – С. 11-13.
- Драбанич А.В. Формування умов для створення ефекту синергії при інноваційній діяльності підприємств в умовах України / А.В. Драбанич // Формування ринкових відносин в Україні. – 2013. – №8. – С. 60-63.
- Балан В.Г. Методика оцінювання потенціалу синергізму угод злиття та поглинання / В.Г. Балан // Інвестиції: практика та досвід. – 2013. – №8. – С. 34-40.

References

- Braykovska A. Doslidzhennja osoblivostej formuvannja rinku transportnih poslug jak seredovishha funkcionuvannja pidpriemstv transportu / A. Braykovska // Ekonomist. – 2012. – №9. – С. 51-54.

2. Edin A. Jekonomiko-tehnologicheskie ryhagi povysheniya jeffektivnosti raboty transportnogo kompleksa / A. Edin, V. Gumak // Jekonomika Ukrainy. – 2005. – №4. – S. 29-35.
3. Velikodnij V.V. Rozshirennja funkcional'nih mozhlivostej ASK VP Ukrzaliznici / V.V. Velikodnij, M.D. Kauman, O.I. Kolikov, S.V. Juhimchuk // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2009. – №1. – S. 21-23.
4. Bogomaz A.V. Osobennoe i obshhee transportnogo proizvodstva, kak odnogo iz vidov proizvodstvennoj dejatel'nosti dlja ocenki ego jeffektivnosti / A.V. Bogomaz // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2009. – №5. – S. 35-36.
5. Janovs'kij P.O. Zagal'ni principi strategichnogo rozvitku mrezhki zaliznic' Ukraïni / P.O. Janovs'kij // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2008. – №5. – S. 11-13.
6. Ejtutis D.G. Zberezhennja vantazhiv na zaliznichnomu transporti – zaporuka yakosti komercijnoi roboti / D.G. Ejtutis // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2008. – №4. – S. 38-40.
7. Cvetov M. Rozvitok transportu v umovah rinkovoï transformacii ekonomiki Ukraïni / M. Cvetov // Ekonomist. – 2013. – №7. – S. 44-46.
8. Politichna ekonomija. Navch. posib. / Za red.. V.O. Ribalkina, V.G. Bodrova. – K.: Akademvidav. – 2007. – 672 s.
9. Shirokova O.M. Osnovni problemi adaptacii zaliznchnogo transportu do rinkovih umov gospodarjuvannja / O.M. Shirokova // Ekonomika, politika, finans, pravo. – 2011. – №7. – S. 17-20.
10. Janovs'kij P.O. Metodika viznachennja trivalosti znahodzhennja vagoniv na tehnicnih stancijah v umovah avtomatizovanoï sistemi modeljuvannja ta analizu ekspluatacijnoi roboti zaliznic' / P.O. Janovs'kij // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2008. – №2. – S. 25-28.
11. Janovs'kij P.O. Suchasni vimogi do perspektivnih tehnologij perevezan' / P.O. Janovs'kij // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2009. – №3. – S. 23-26.
12. Kudric'ka N.V. Metodologichni pidhodi viznachennja rivnja konkurentospromozhnosti transportnih organizacij / N.V. Kudric'ka // Zaliznichnij transport Ukraïni. – 2009. – №2. – S. 47-50.
13. Markina I.A. Geneza teorii konkurencii v umovah rozvitku rinku i stanovlennja rinkovih vidnosin / I.A. Markina // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2009. – №5 (96). – S. 41-44.
14. Vertil' S.P. Zagal'ni polozhennja pro ponjattja «konkurencija» ta «konkurentospromozhnist» / S.P. Vertel' // Investicii: praktika ta dosvid. – 2012. – №19. – S. 55-57.
15. Voronkova A. Konkurencija upravlinnja konkurentospromozhnim potencialom pidpriemstva / A. Voronkova // Ekonomist. – 2007. – №8. – S. 14-17.
16. Chornij V.V. Strategichni cinnosti nacional'nih zaliznic' u sistemi pidvishhennja konkurentospromozhnosti / V.V. Chornij // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2012. – №12 (139). – S. 107-110.
17. Chornij V.V. Suchasna paradigma zabezpechennja konkurentospromozhnosti zaliznic' Ukraïni na rinku vantazhnih perevezan' / V.V. Chornij // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2012. – №11 (138). – S. 124-127.
18. Jakimenko N.V. Novi principi upravlinnja vitciznjanuju zaliznchnuju transportnuju sistemoju v umovah konkurencii na rinkah perevezan' / N.V. Jakimenko // Rozvitok metodiv upravlinnja ta gospodarjuvannja na transporti. – 2012. – №38. – S. 109-120.
19. Sammers Lachs. Strategicheskij sinergizm. SPb.: Piter. – 2004. – 416 s.
20. Romanova T.V. Programa rozvitku investicijnogo potencialu regionu jak skladova dosjagnennja sinergetichnogo efektu / T.V. Romanova // Investicii: praktika ta dosvid. – 2012. – №9. – S. 11-13.
21. Drabanich A.V. Formuvannja umov dlja stvorennja efektu sinergii pri innovacijnij dijal'nosti pidpriemstv v umovah Ukraïni / A.V. Drabanich // Formuvannja rinkovih vidnosin v Ukraïni. – 2013. – №8. – S. 60-63.
22. Balan V.G. Metodika ocinjuvannja potencialu sinergizmu ugod zlittja ta poglinannja / V.G. Balan // Investicii: praktika ta dosvid. – 2013. – №8. – S. 34-40.

Колодяжная Л.Г. Принцип синергизма в обеспечении конкурентных преимуществ железных дорог Украины на рынке грузовых перевозок.

В статье обоснованы общие и специфические принципы обеспечения конкурентных преимуществ железнодорожного транспорта на рынке грузовых перевозок. Осуществлен анализ эффектов синергии. Определены особенности эффекта синергии в отечественной практике. Проанализированы причины отсутствия синергии. Предложены рекомендации для обеспечения проявления эффекта синергии от взаимодействия видов транспорта. Установлено, что достижение эффекта синергизма при взаимодействии железнодорожного транспорта с другими видами транспорта происходит путем создания системного взаимодействия на основе определения совместимых договоренностей, договоров, нормативных документов, разработанности технического, технологического и информационного обеспечения.

Ключевые слова: эффект синергизма, конкурентные преимущества, конкурентоспособность, конкуренция, специфические принципы обеспечения конкурентных преимуществ.

Kolodyazhnaya L.G. The principle of synergism in ensuring of competitive advantages of Ukraine railways in the market of cargo transportations

In the article are given the general and specific principles of competitive advantages of railways in the market of cargo transportations. The basic approaches for interpretation of term "synergy", basic forms and sources of providing of synergy are appraised. The analysis of effects of synergy is carried out, the specific features of effect of synergy in comparison to mergers and acquisitions in domestic practice are defined, reasons of absence of synergy from mergers and acquisitions are analyzed, recommendations for providing of effect of synergy are offered. Was established that achieving a synergistic effect while interaction modes between railways and other modes of transport occurs by creating a system of interaction based on determination of the joint agreements, contracts, legal documents, elaboration of technical, technological and information support.

Also was proved that complex using of logistic principles and progressive transport technologies is a result of the synergism effect

Keywords: the effect of synergism, competitive advantages, competitive, competition, specific principles of ensuring competitive advantages

Колодяжна Л.Г. – к.т. н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СНУ ім. В. Даля.

Рецензент Соколов В.И., д.т.н., проф.

Статья представлена 14.02.2014

УДК 539.261:539.373

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОНАПРЯЖЕНИЙ В СТАЛИ 45ХН ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ЛОКОМОТИВОВ ПОСЛЕ УПРОЧНЯЮЩЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ

Колодяжный П.В.

ELABORATION OF THE METHODS FOR DETERMINING MICRO-STRAINS IN 45CN STEEL OF LOCOMOTIVE GEAR WHEELS AFTER STRENGTHENING ULTRASONIC TREATMENT

Kolodyazhny P.V.

В настоящей работе разработан экспериментально-расчетный метод, который позволяет определять распределение остаточных напряжений по глубине упрочненного поверхностного слоя после ультразвуковой обработки стали 45ХН. На основе разработанной методики выявлен характер распределения остаточных микронапряжений в упрочненном слое после ультразвуковой обработки. Методом послойного рентгенографического анализа исследованы микронапряжения в слоях образцов стали 45ХН после ультразвуковой упрочняющей обработки. Экспериментально установлена зависимость локализации максимальных остаточных микронапряжений от такого параметра как произведение статической силы прижима инструмента и амплитуды ультразвуковых колебаний. Доказана эффективность ультразвуковой упрочняющей обработки для устранения растягивающих напряжений.

Ключевые слова: эффект упрочнения, микронапряжения, глубина упрочненного поверхностного слоя, метод послойного рентгенографического анализа, распределение остаточных напряжений по глубине упрочненного поверхностного слоя

Постановка проблемы. Тяговая зубчатая передача является наиболее нагруженным элементом привода. Характерными условиями ее работы являются большие ударные и реверсивные нагрузки, циклические окружные скорости, перекос осей зубчатых колес. Зубчатые передачи, используемые в тяговых редукторах локомотивов из-за разрушений и повреждений рабочих поверхностей зубьев имеют в 3 раза меньший ресурс от требуемого. Технологии изготовления зубчатых передач базируются на точности требуемых геометрических параметров, которые не гарантируют обеспечение эксплуатационных характеристик. В работе [1] радиусы переходных кривых у основания зубьев зубчатых колес существенно влияют на предел выносливости зубьев при изгибе. О влиянии радиуса переходной кривой на концентрацию напряжений у основания зуба доказывается в работе [2]. В работе [3] установлено, что закалка термической и термохимической обра-

боткой впадины зубчатого колеса приводит к снижению прочности изгиба на 30-40%, а отсутствие закалки дна впадины приводит к возникновению растягивающих напряжений, которые снижают прочность по изгибу.

Развитие и совершенствование подвижного состава неразрывно связано с ростом мощности и скорости движения, что требует совершенствования технологии изготовления ответственных тяговых зубчатых передач локомотивов. Эксплуатационные свойства зубчатых колес во многом зависят от состояния поверхностного слоя [4, 5]. Такие свойства как прочность, износостойкость, коррозионная стойкость определяется состоянием слоя, с которого начинается разрушение. Толщина упрочненного слоя после термической и химико-термической обработки строго регламентируется [6], однако по вопросу остаточных напряжений такие требования отсутствуют. По данным работы [7] с увеличением толщины пластически деформированного слоя происходит повышение сопротивления усталости упрочненных деталей. Установлено, что при толщине упрочненного слоя 2,75 мм прекращается дальнейшее сопротивление усталости. Ряд исследователей [8-10] предлагает определять характер распределения напряжений по толщине упрочненного поверхностного слоя детали после упрочняющих технологий с целью выявления наиболее ослабленных слоев. По мнению других исследователей [11] основное значение приобретает не характер распределения напряжений по толщине поверхностного слоя, а величина и знак напряжений на поверхности, так как при циклических нагрузках наиболее напряжен именно поверхностный слой. Представляет практический интерес определение остаточных напряжений в слоях после упрочняющих операций изготовления зубчатых колес. В силу этого необходима разработка методики определения остаточных напряжений в отдельных слоях, которая позволит углубить представления, как о физической сущности процессов упрочнения, так и самого механизма упрочнения.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованиями отечественных и зарубежных учёных убедительно показаны широкие возможности поверхностного пластического деформирования (ППД), как высокоэффективного метода повышения эксплуатационной надёжности и долговечности широкой номенклатуры ответственных деталей и узлов, работающих в условиях повышенного изнашивания.

Авторы работы [12] утверждают, что деформационная неоднородность упрочнения связана со структурной неоднородностью упрочняемых сталей. По данным работы [13] слабо упрочняется в процессе циклического упругопластического деформирования несвязанный феррит. Так в работе [14] установлено формирование модифицированного градиентного слоя в колесной и рельсовой стали после ультразвуковой поверхностной обработки сталей. Авторы работы связывают увеличение твердости в зоне глубиной до 250 мкм с возникновением упругих напряжений и частичной модификацией структуры за счет ферритной составляющей. По их мнению, максимальные напряжения при деформации возникают на границах зерен, а падение напряжений происходит в слоях феррита. По мнению автора работы [15] перед границей зерна возникает градиент пластической деформации, который определяется стохастическим характером вовлечения локальных объемов в деформационный процесс. Пластическая деформация в отдельных кристаллах происходит неравномерно так как деформируемость одного и того же кристаллита по разным направлениям различна. Релаксация моментных напряжений достигается за счет кристаллографических разворотов структурных элементов деформации.

Изменить физико-механические свойства конструкционных материалов можно за счет поверхностного пластического деформирования. Наиболее эффективной является ультразвуковая технология упрочнения, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами поверхностной пластической деформации [16-18].

Вопрос ультразвукового упрочнения зубчатых колес ещё не получил достаточного освещения. Так отсутствует сколько-нибудь определённая теория поведения металла при ультразвуковом воздействии на переходную область зубчатых колес. Недостаточно освещены вопросы по определению режимов обработки (скорости обработки и подачи обрабатываемого инструмента, геометрии рабочего инструмента и впадины зубьев зубчатых колес, режимов обработки). В силу этого изучение механического поведения сталей при деформации на различных масштабных уровнях является актуальными проблемами современности.

Цель и постановка задачи. Целью работы является разработка методики определения остаточных напряжений II рода в поверхностных слоях после ультразвуковой упрочняющей обработки стали 45ХН зубчатых колес локомотивов.

Для реализации поставленной цели в работе нашло решение следующих задач: 1. Обосновать выбор методики рентгенографического измерения остаточных напряжений II рода по глубине упрочненного по-

верхностного слоя после ультразвуковой обработки. 3. На основе разработанной методики выполнить измерения остаточных напряжений II рода после различных технологических операций с целью выявления их эффективности.

Материал и методы исследований. Послойное измерение напряжений в образцах, вырезанных из зубчатых колес стали 45ХН проводился на основе рентгеновского метода. Химический состав образцов и характер распределения химических элементов исследовался на масс-спектрометре. Для определения остаточных напряжений II рода использовались отожженные и упрочненные образцы. Упрочнение образцов осуществлялось на специально разработанной ультразвуковой установке. Рентгенодифрактометрические измерения остаточных напряжений до и после ультразвукового упрочнения образцов выполнялось на дифрактометре ДРОН-4-07.

Результаты исследований. В настоящее время для определения остаточных напряжений широко применяются два метода – рентгеновский и метод стравливания поверхности [19]. Для неразрушающего контроля наибольшее распространение в мире получили дифракционные методы измерения остаточных напряжений, в частности рентгенографический метод. В рентгеновском методе определения микронапряжений II рода используется способность рентгеновского излучения проникать на различную глубину поверхностного слоя. Так как глубина проникновения рентгеновского пучка зависит от химического состава, то для ее определения необходимо определить химический состав стали 45ХН. Результаты исследований по определению химического состава стали 45ХН зубчатых колес приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав стали 45ХН							
Эле- мент	Содержание элементов в образце №1,						сред- нее
	%						
	0,40		0,44	0,44	0,39		0,414
C	2	0,427	2	2	8	0,391	
Mn	0,68	0,674	0,689	0,717	0,712	0,782	0,709
Si	0,261	0,246	0,264	0,236	0,227	0,26	0,249
S	0,01	0,007	0,012	0,015	0,009	0,026	0,013
P	0,033	0,026	0,034	0,033	0,026	0,052	0,034
Cr	0,549	0,545	0,553	0,529	0,524	0,571	0,545
Ni	0,989	0,958	0,978	0,966	0,933	0,957	0,964
Cu	0,137	0,128	0,133	0,123	0,129	0,139	0,131
Al	0,041	0,042	0,042	0,045	0,044	0,043	0,043
V	0,016	0,014	0,015	0,01	0,011	0,016	0,014
Ti	0,025	0,026	0,032	0,02	0,019	0,036	0,026
Mo	0,036	0,033	0,037	0,032	0,03	0,036	0,034
W	0,04	0,033	0,037	0,017	0,022	0,05	0,033
Nb	0,006	0,01	0,17	0	0	0	0,006
As	0,000	0,014	0,018	0,000	0,008	0,008	0,008
Fev	4,628	4,643	4,532	4,250	4,508	4,625	4,531
Fe2	95,73	96,16	96,18	96,25	95,96	95,70	96,00

В качестве параметров для анализа ультразвукового упрочнения образцов из стали 45ХН зубчатых колес локомотивов величины и знак остаточных

напряжений в тонких слоях. Так как микронапряжения уравниваются в объемах отдельных кристаллов и блоков, то их можно определить по уширению интерференционных линий на рентгенограмме [20]. Рентгенографическое измерение остаточных напряжений выполнялось с использованием излучений от рентгеновских трубок с медным анодом. В качестве линий монокроматического излучения были выбраны CuK_α .

Для оценки глубины проникновения рентгеновского пучка использовалась формула [21]:

$$I_x = I_0 \cdot \exp(-m_x \cdot c), \quad (1)$$

где m_x – линейный коэффициент поглощения рентгеновских лучей.

Так как сталь 45ХН является сложным многокомпонентным сплавом, то линейный коэффициент поглощения m_x рассчитывали по формуле [22]:

$$m_x = \sum M_i' \cdot r_i \cdot C_i, \quad (2)$$

где M_i – массовый коэффициент ослабления излучения химическим элементом стали;

r_i – плотность химического элемента;

C_i – массовая доля химического элемента в составе стали.

Значения массового коэффициента ослабления излучений для $\text{Fe} = 308 \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1}$; $\text{Cr} = 253 \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1}$; $\text{Ni} = 48,5 \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1}$ взяты из [23].

Решая уравнение (1) относительно c , находим:

$$c = \frac{\ln(I_0 / I_x)}{m_x}, \quad (3)$$

Результаты вычислений по формулам (2) и (1) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Глубина поглощения рентгеновского пучка сталью

Материал анода	$m_m = \frac{m}{r}, \text{см}^2 / \text{г}$	$m, \text{см}^{-1}$	$C, \text{мкм}$
Cu	148,074	1157,94	19,86

Режимы ультразвуковой обработки указаны в табл.3. Результаты измерений остаточных напряжений II рода на различную глубину до и после ультразвуковой обработки приведены в табл. 4.

Таблица 3

Режимы ультразвуковой обработки образцов стали 45ХН

№ образца	Частота, кГц	$x_m, \text{мкм}$	$F_N, \text{МПа}$	$V_{\text{прод.}}, \text{мм/с}$
1.	22	30	50	0,5
2.			100	0,5
3.			150	0,5

Таблица 4

Результаты дифрактометрических измерений остаточных микронапряжений стали 45ХН

Режим обработки образцов	Глубина, мкм	$(s_1 + s_2)$, измеренные в продольном направлении, МПа		
До отжига	20	274	683	64,89
После отжига в течение 2 часов при $t = 600^\circ \text{C}$	20	10	17	12
После ультразвуковой упрочняющей обработки	образец			
		№1	№2	№3
	0	-916	-1059	-796
	20	-990	-905	-791
	40	-825	-944	-745
	60	-848	-956	-1121
	80	-1081	-1155	-1013
	100	-1292	-1952	-785
	120	-1799	-1019	-973

Экспериментально установлена зависимость локализации максимальных остаточных микронапряжений от такого параметра как $F_N \cdot x_m$.

Выводы. 1. Разработан экспериментально-расчетный метод, который позволяет определять распределение остаточных напряжений по глубине упрочненного поверхностного слоя после ультразвуковой обработки стали 45 ХН. Данный метод позволит снизить затраты на определение оптимальных режимов упрочнения. 2. На основе предложенной методики выявлен характер распределения остаточных микронапряжений в упрочненном слое после ультразвуковой обработки. 3. На основе разработанной методики экспериментально доказана эффективность ультразвуковой упрочняющей обработки по сравнению с термической обработкой с целью устранения растягивающих напряжений в поверхностных слоях стали 45ХН.

Л и т е р а т у р а

1. Веселивский К.Д. Разработка технологии упрочнения зубчатых колес обкатыванием их роликами / К.Д. Веселивский, Б.И. Бутаков // Тези доповідей студентів та магістрантів на II Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції "Підвищення надійності машин і обладнання" 10 квітня 2008 року. – Кіровоград: КДТУ, 2008. – С. 21-25.
2. Слонь А.С. Упрочнение зубчатых колес обкатыванием их роликами / А.С. Слонь, Б.И. Бутаков // Збірник тез доповідей за підсумками студентських, магістрантських, аспірантських наукових досліджень та наукових досліджень викладачів за підсумками IV Всеукраїнської науково-практичної конференції: "Підвищення надійності машин і обладнання" 6-8 квітня 2011 року. – Кіровоград: КДТУ, 2011. – С. 98-102.
3. Бутаков Б.И. Упрочнение деталей с помощью ППД с целью повышения их контактной прочности и износостойкости // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2006. – №4. – С.28-30.
4. Романов А.Н. Влияние структуры на развитие деформационных процессов при циклическом нагружении конс-

- струкционных материалов / А.Н. Романов, Филимонова // *Материалы V Международной конференции «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов»* М.: ИМЕТ РАН 26-29 ноября 2013.
5. Бочкарев Н.А. Повышение работоспособности тяговых зубчатых передач поверхностным пластическим деформированием / Н.А. Бочкарев, А.П. Корнауков, О.М. Тарасевич // *Приводная техника*. – 2002. – №3. – 181.
 6. ISO 3754:1976. Определение эффективной глубины закалки после пламенной или индукционной закалки.
 7. Кравчук В.С. Опір деформуванню та руйнуванню поверхнево-змінених деталей машин та елементів конструкцій. Монографія. – Одеса: Астропринт. – 2000. – 160с.
 8. Нечаев Л.Н. Влияние ультразвуковой обработки на физико-механические свойства борированного слоя / Л.М. Нечаев, Н.Б. Фомичева, И.Ю. Канунникова, Е.В. Маркова // *Современные наукоемкие технологии*. – 2008. – №9. – С. 16-19.
 9. Вакулюк В.С. Исследование влияния толщины упрочненного слоя на остаточные напряжения во впадине концентратора методом первоначальных деформаций / В.С. Вакулюк // *Вестник Самарского государственного технологического университета*. – 2010. – №1(20). – С. 222-225.
 10. Вакулюк В.С. Влияние глубины залегания сжимающих остаточных напряжений на предел выносливости в условиях концентрации напряжений / В.С. Вакулюк, В.К. Шадрин, Е.А. Денискина, А.П. Морозов, М.О. Перфильева // *Усталость и термоусталость материалов и элементов конструкций. Тезисы докладов международной научно-технической конференции*. – Киев. – 2013. – С. 55-56.
 11. Седов А.А. Моделирование повреждаемости при нестационарном циклическом нагружении / А.А. Седов // *Сборник материалов VII Российской ежегодной конференции молодых научных сотрудников технология неорганических материалов*. М.: ИМЕТ РАН 8-11 ноября 2010 г.
 12. Ножницкий Ю.А. Разработка и применение новых методов упрочнения деталей ГДТ, основанных на пластическом деформировании поверхностных слоев / Ю.А. Ножницкий, Т. Фишгойт, Р.И. Ткаченко, С.В. Теплова // *Вестник двигателестроения*. – 2000. – №2.
 13. Дудников А.А. Обеспечение качества поверхностного слоя деталей при обработке поверхностным пластическим деформированием / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.А. Келемаш // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2012. – №1(3). – С. 22-25.
 14. Клименков В.А. Ультразвуковая поверхностная обработка – перспективный способ повышения ресурса работы деталей железнодорожного транспорта / В.А. Клименков, Ж.Г. Ковалевская, П.П. Каминский, Ю.П. Шаркеев, А.И. Лотков // *Вестник СХУ им. В. Даля*. – 2010. Т.152. – №10. – С. 117-121.
 15. Марков П.В. Моделирование неоднородной пластической деформации с учетом зарождения локализованных пластических сдвигов на границах раздела / П.В. Марков, В.А. Романова, Р.Р. Балохов // *Физическая мезомеханика*. – 2001. – №4. – С. 29-39.
 16. Казанцев В.Ф. Ультразвуковое поверхностное пластическое деформирование / В.Ф. Казанцев, Б.А. Кудряшов, Р.И. Нигметзянов, В.М. Приходько, Д.С. Фатюхин // *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. – 2009. – Вып. №46.
 17. Палаев А.Г. Ультразвуковая упрочняющая финишная обработка металлов, контроль шероховатости и упрочнения обработанной поверхности / А.Г. Палаев, А.И. Потапов, А.В. Килистач // *Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию СЗГУ «Системы и процессы управления и обработки информации»* 25-27 мая 2010. – Т. 2.
 18. Алехин В.П. Влияние на дефектную структуру и свойства конструкционных и инструментальных сталей ударного воздействия с ультразвуковой частотой / В.П. Алехин, О.В. Алехин, Е.В. Крылова // *Материалы 51-й Международной конференции «Актуальные проблемы прочности»* 16-20 мая 2011, Харьков.
 19. Трофимов В.В. Применение портативного рентгеновского тензометра для контроля напряженно-деформированного состояния в бурильных трубах / В.В. Трофимов, В.В. Чижиков, Р.У. Ильясов, П.П. Панов // *Современное машиностроение. Наука и образование: Материалы 2-й Международной научно-практической конференции* / Под ред. М.М. Радкевича и А.Н. Евграфова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2012. С. 763 – 768.
 20. Боуэн Д.К. Выходящая рентгеновская дифрактометрия и топография. М.: Наука, 2002. – 274с.
 21. Миркин Л.И. Рентгеноструктурный контроль машиностроительных материалов. Справочник / Л.И. Миркин. – М.: Машиностроение, 1979. – 132с.
 22. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л.И. Миркин. – М.: Физматгиз, 1961. – 863с.
 23. Блохин М.А. Рентгеноспектральный справочник / М.А. Блохин. – М.: Наука, 1982. – 376с.

References

1. Veselivskij K.D. Razrabotka tehnologii uprochnenija zubchatykh koles obkатыvaniem ih rolіkami / K.D. Veselivskij, B.I. Butakov // *Tezi dopovidej studentiv ta magistrantiv na II Vseukraїnskij students'kij naukovo-praktichnij konferencії "Pidvishhennja nadijnosti mashin i obladnannja"* 10 kvitnja 2008 roku. – Kirovograd: KDTU, 2008. – S. 21-25.
2. Slon' A.S. Uprochnenie zubchatykh koles obkатыvaniem ih rolіkami / A.S. Slon', B.I. Butakov // *Zbіrnik tez dopovidej za pidsumkami students'kih, magistrants'kih, aspirants'kih naukovih doslidzen' ta naukovih doslidzen' vkladachiv za pidsumkami IV Vseukraїnsk'koї naukovo-praktichnoї konferencії: "Pidvishhennja nadijnosti mashin i obladnannja"* 6-8 kvitnja 2011 roku. – Kirovograd: KDTU, 2011. – S. 98-102.
3. Butakov B.I. Uprochnenie detalej s pomoshh'ju PPD s cel'ju povyshenija ih kontaktnoj prochnosti i iznosostojkosti // *Visnik Poltav's'koї derzhavnoї agrarnої akademії*. – 2006. – №4. – S. 28-30.
4. Romanov A.N. Vlijanie struktury na razvitie deformacionnyh processov pri ciklicheskom nagruženii konstrukcionnyh materialov / A.N. Romanov, Filimonova // *Materialy V Mezhdunarodnoj konferencії «Deformacija i razrushenie materialov i nanomaterialov»* М.: ИМЕТ РАН 26-29 nojabrja 2013.
5. Bochkarev N.A. Povyshenie rabotosposobnosti tјagovykh zubchatykh peredach poverhnostnym plasticheskim deformirovanіem / N.A. Bochkarev, A.P. Kornauhov, O.M. Tarasevich // *Privodnaja tehnika*. – 2002. – №3. – 181.
6. ISO 3754:1976. Opredelenie jeffektivnoj glubiny zakalki posle plamennoj ili indukcionnoj zakalki.
7. Kravchuk V.S. Opir deformuvannju ta rujnuvannju poverhnevo-zmicnenih detalej mashin ta elementiv konstrukcij. Monografija. – Odesa: Astroprint. – 2000. – 160s.
8. Nechaev L.N. Vlijanie ul'trazvukovoj obrabotki na fiziko-mehaničeskie svojstva borirovannogo sloja / L.M. Nechaev, N.B. Fomicheva, I.Ju. Kanunnikova, E.V. Markova // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2008. – №9. – S. 16-19.
9. Vakuljuk V.S. Issledovanie vlijanija tolshhiny uprochnennogo sloja na ostatocnye naprjazhenija vo vpadine koncentratora

- metodom pervonachal'nyh deformacij / V.S. Vakuljuk // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. – 2010. – №1(20). – S. 222-225.
10. Vakuljuk V.S. Vlijanie glubiny zaleganiya szhimajushhih ostatocnyh naprjazhenij na predel vynoslivosti v uslovijah. koncentracii naprjazhenij / V.S. Vakuljuk, V.K. Shadrin, E.A. Deniskina, A.P. Morozov, M.O. Perfil'eva // Ustalost' i termoustalost' materialov i jelementov konstrukcij. Tezisy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. – Kiev. – 2013. – S. 55-56.
 11. Sedov A.A. Modelirovanie povrezhdaemosti pri nestacionarnom ciklicheskom nagruzenii /A.A. Sedov // Sbornik materialov VII Rossijskaja ezhegodnaja konferencija molodyh nauchnyh sotrudnikov tehnologija neorganicheskikh materialov. M.: IMET RAN 8-11 nojabrja 2010 g.
 12. Nozhnickij Ju.A. Razrabotka i primenenie novyh metodov uprochnenija detalej GDT, osnovannyh na plasticheskom deformirovanii poverhnostnyh slov / Ju.A. Nozhnickij, T. Fishgojt, R.I. Tkachenko, S.V. Teplova // Vestnik dvigatelestroenija. – 2000. – №2.
 13. Dudnikov A.A. Obespechenie kachestva poverhnostnogo sloja detalej pri obrabotke poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem / A.A. Dudnikov, A.I. Belovod, A.A. Kelemash // Tehnologicheskij audit i rezervy proizvodstva. – 2012. – №1(3). – 22-25.
 14. Klimenkov V.A. Ul'trazvukovaja poverhnostnaja obrabotka – perspektivnyj sposob povyshenija resursa raboty detalej zheleznodorozhnogo transporta / V.A. Klimenkov, Zh.G. Kovalevskaja, P.P. Kaminskij, Ju.P. Sharkeev, A.I. Lotkov // Vestnik SNU im. V. Dajla. – 2010. T.152. – №10. – S. 117-121.
 15. Markov P.V. Modelirovanie neodnorodnoj plasticheskoy deformacii s uchetom zarozhdenija lokalizovannyh plasticheskikh sdvigov na granicah razdela / P.V. Markov, V.A. Romanova, R.R. Balohonov // Fizicheskaja mezomehanika. – 2001. – №4. – S. 29-39.
 16. Kazancev V.F. Ul'trazvukovoe poverhnostnoe plasticheskoe deformirovanie / V.F. Kazancev, B.A. Kudrjashov, R.I. Nigmatzjanov, V.M. Prihod'ko, D.S. Fatjuhin // Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. – 2009. – Vyp. №46.
 17. Palaev A.G. Ul'trazvukovaja uprochnajushhee finishnaja obrabotka metallov, kontrol' sherohovatosti i uprochnenija obrabotannoju poverhnosti /A.G. Palaev, A.I. Potapov, A.V. Kilistach // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhennoj 80-letiju SZGU «Sistemy i processy upravlenija i obrabotki informacii» 25-27 maja 2010 .
 18. Alehin V.P. Vlijanie na defektuju strukturu i svojstva konstrukcionnyh i instrumental'nyh stalej udarnogo vozdejstvija s ul'trazvukovoj chastotoj /V.P. Alehin, O.V. Alehin, E.V. Krylova// Materialy 51-j Mezhdunarodnoj konferencii «Aktual'nye problemy prochnosti» 16-20 maja 2011, Har'kov.
 19. Trofimov V.V. Primenenie portativnogo rentgenovskogo tenzometra dlja kontrolja naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija v buril'nyh trubah / V.V. Trofimov, V.V. Chizhikov, R.U. Il'jasov, P.P. Panov // Sovremennoe mashinostroenie. Nauka i obrazovanie: Materialy 2-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Pod red. M.M. Radkevicha i A.N. Evgrafova. – SPb.: Izd-vo Politehn. un-ta. 2012. S. 763 - 768.
 20. Boujen D.K. Vysokorazreshajushhaja rentgenovskaja difraktometrija i topografija. M.: Nauka, 2002. – 274s.
 21. Mirkin L.I. Rentgenostrukturnyj kontrol' mashinostroitel'nyh materialov. Spravochnik / L.I. Mirkin. – M.: Mashinostroenie, 1979. – 132s.
 22. Mirkin L.I. Spravochnik po rentgenostrukturnomu analizu polikristallov / L.I. Mirkin. – M.: Fizmatgiz, 1961. – 863s.
 23. Blohin M.A. Rentgenospektral'nyj spravochnik / M.A. Blohin. – M.: Nauka, 1982. – 376s.
- Колодяжний П. В. Розробка методики визначення мікронапруг в сталі 45ХН зубчастих коліс локомотивів після зміцнюючої ультразвукової обробки**
- У роботі розроблено експериментально-розрахунковий метод, який дозволяє визначати розподіл залишкової напруги по глибині зміцненого поверхневого шару після ультразвукової обробки сталі 45ХН. Методом пошарового рентгенографічного аналізу досліджено мікронапруги в шарах зразків сталі 45ХН після ультразвукової зміцнюючої обробки. Експериментально встановлена залежність локалізації максимальних залишкових мікронапруг від таких параметрів, як статична сила притиску інструменту та амплітуда ультразвукових коливань. Розроблений метод дозволить визначити оптимальні режими зміцнення зубчастих коліс локомотивів.*
- Ключові слова:** ефект зміцнення, мікронапруги, глибина зміцненого поверхневого шару, метод пошарового рентгенографічного аналізу, розподіл залишкової напруги по глибині зміцненого поверхневого шару
- Kolodyazhny P.V. Elaboration of the methods for determining micro-strains in 45CN steel of locomotive gear wheels after strengthening ultrasonic treatment.**
- An experimental-computational method that allows to determine the distribution of residual stresses along the depth of the hardened layer after ultrasonic treatment of 45 CN steel is elaborated in this paper. Based on the technique developed, the nature of residual micro-strains in the strengthened layer after ultrasonic treatment has been revealed. The micro-strains in the layers of locomotive gear wheel samples have been studied with X-ray diffraction method. The dependence between localization of maximum residual micro-strains and such parameter as the product of tool pressing static force and the amplitude of ultrasonic vibrations has been deducted from experiments. It has been detected that as the clamping force equals 150N and the oscillation amplitude equals 30 microns, the localization depth of maximum compressive stress is 60 microns. When the clamping force is reduced to 50N localization depth of compressive stress increases and equals 120 microns. The elaborated method for determining the nature of residual stress distribution in the depth of strengthened layer will enable to determine the optimal modes of strengthening. The efficiency of ultrasonic strengthening treatment for elimination of tensile strains and production of compressive strains after ultrasonic strengthening treatment of locomotive gears made of 45XH steel has been proved.*
- Keywords:** reinforcement effect, micro-strains, depth of hardened surface layer, layer by layer X-ray diffraction method, the distribution of residual stresses along the depth of the hardened layer.
- Колодяжний П.В.** – аспірант кафедри «Метрологія», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.
- Рецензент: Соколов В.И., д.т.н., проф.
- Статья представлена 14.02.2014

УДК 629.463.63

ОБґРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

Кравченко К.О., Вовк І.В., Литвиненко М.М.

THE RATIONALE ORGANIZATION OF COMBINED TRANSPORT ON RAILWAYS OF UKRAINE

Kravchenko C., Vovk I., Litvinenko M.

У статті наведені статистичні дані вантажних перевезень за 2002-2013 року. Проведено аналіз недоліків автомобільного й залізничного видів транспорту. Виконано класифікацію способів розвантаження автомобільного рухомого складу, які перевозяться на залізничних платформах. Запропоновано цільову функцію для оцінки ефективності контрейлерних перевезень, фізичний зміст якої полягає в прагненні до мінімуму матеріальних витрат, обсягів шкідливих викидів, витрат часу, аеродинамічного опору, забруднення перевезеного автомобільного рухомого складу обсягів викраденого вантажу. Удосконалено конструкцію залізничної платформи, що дозволило підвищити схоронність, знизити забруднення перевезеного вантажу й знизити аеродинамічний опір залізничного рухомого складу.

Ключові слова: статистика, вантажні перевезення, контрейлерні перевезення, цільова функція, розбірний каркас, ребра жорсткості, тент.

Постановка проблеми. Для реалізації свого призначення транспорт має розвинену інфраструктуру, яка складається зі специфічних інфраструктур окремих видів транспорту. При перевезеннях на великі відстані часто використовують послідовно декілька видів транспорту. Розвиток змішаних перевезень пов'язаний з передачею вантажних перевезень з автомобільного транспорту на більш ресурсозберігаючий та екологічно безпечний залізничний транспорт.

Згідно з даними Державної служби статистики України (рис. 1) [1], основна частина вантажів перевозиться залізничним транспортом. Однією з основних причин малого об'єму транзитних перевезень вантажів автомобільним транспортом є недоробка митного кодексу України, що викликає значну затримку вантажів при перевірці їх на прикордонних пунктах.

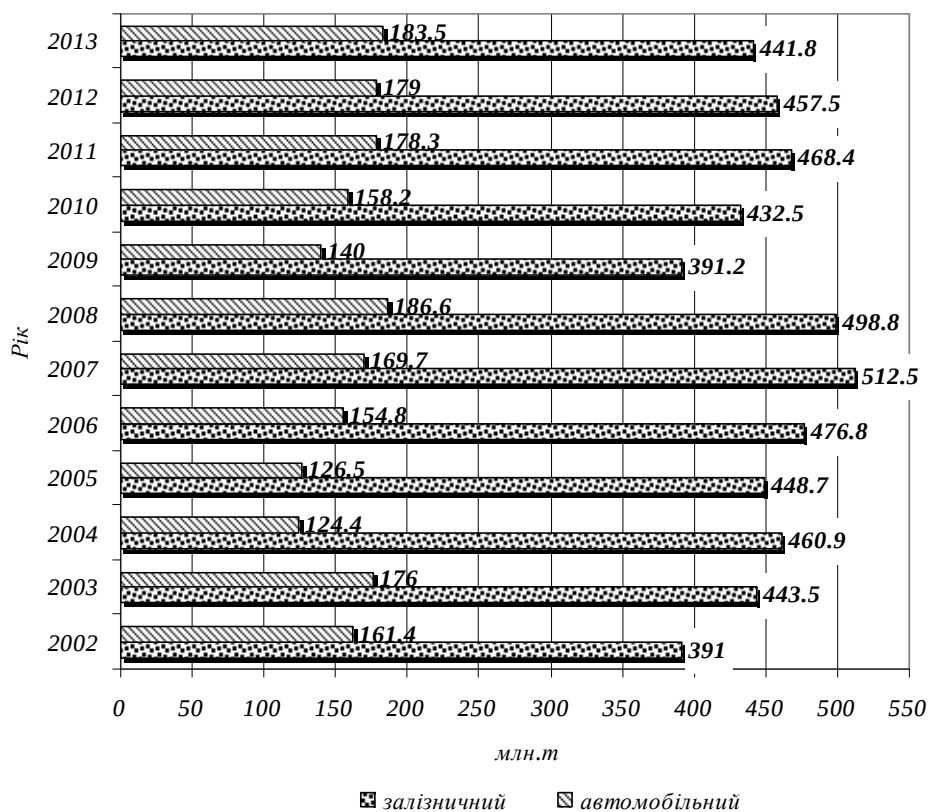
Використання змішаних перевезень потребує оцінки їх ефективності та вдосконалення деяких конструктивних особливостей.

Аналіз попередніх досліджень. Із усіх видів транспорту тільки автомобільний транспорт здатний доставляти вантажі «від дверей до дверей», забезпечуючи гнучкі технології обслуговування власників вантажів. Проте для нього характерні і суттєві недо-

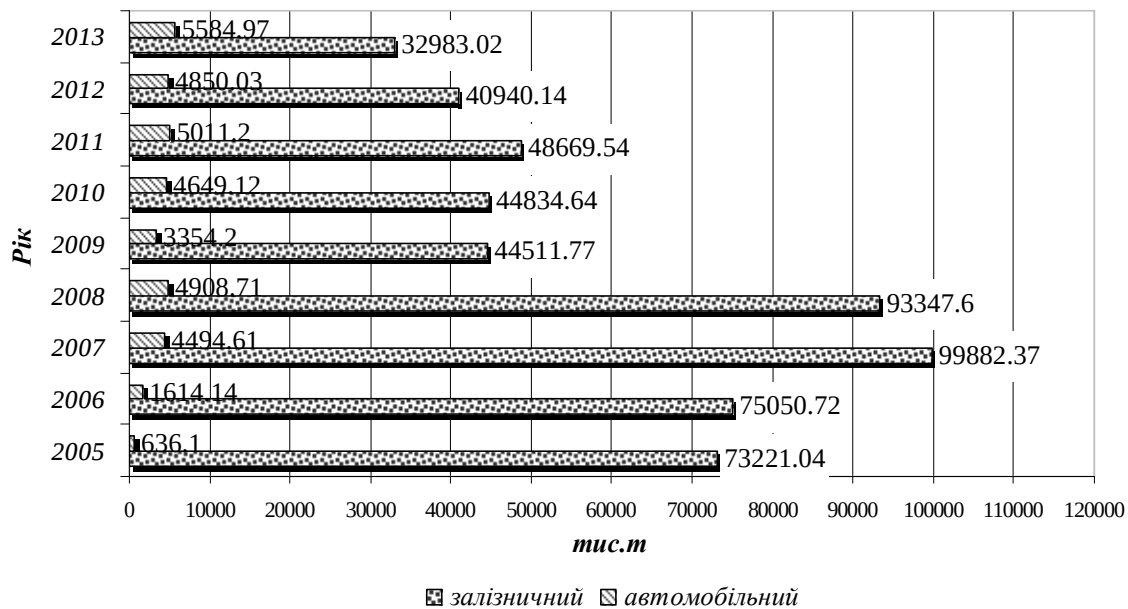
ліки: низька середня дальність маршрутів у внутрішніх сполученнях (приблизно 23 км), високі тарифи, значний рівень забруднення довкілля і низька продуктивність. Автомобільний транспорт є основним джерелом забруднення довкілля, відпрацьовані гази його містять біля 20 канцерогенних речовин і біля 120 токсичних з'єднань. Крім цього щорічно в дорожньо-транспортних пригодах гине у світі біля одного млн. населення та більше 10 млн. – отримують травми. З цих причин рух важкого автотранспорту (вантажних модулів) обмежено, або ж зовсім заборонено в європейських державах, які піклуються про здоров'я своїх громадян. До переваг автомобільного транспорту слід віднести – високу маневреність і швидкість доставки вантажів, для залізничного – висока провізна і пропускна здатність, відносно низька собівартість [2]. Саме тому, актуальним питанням для України є ефективне об'єднання двох видів транспорту для мінімізації витрат, шкідливих викидів та забезпечення доставки вантажів «від дверей до дверей». Цього можна досягнути розвитком контрейлерних перевезень [3], які представляють собою комбіновані залізнично-автомобільні перевезення причепів, напівпричепів, трейлерів на залізничних платформах.

Технологічний процес контрейлерних перевезень виконується наступним чином (рис. 2) [4]:

- ▼ завантаження контрейлера у вантажовідправника;
- ▼ перевезення контрейлера на залізничну станцію автомобільним тягачем;
- ▼ установка контрейлера на залізничну платформу;
- ▼ транспортування контрейлера по залізниці до станції призначення;
- ▼ зняття контрейлера з платформи;
- ▼ транспортування його до вантажоодержувача автомобільним тягачем;
- ▼ вивантаження контрейлера у вантажоодержувача.



а)



б)

Рис. 1. Статистика перевезень за період 2002-2013 рр.:
а – вантажні перевезення; б – транзитні перевезення

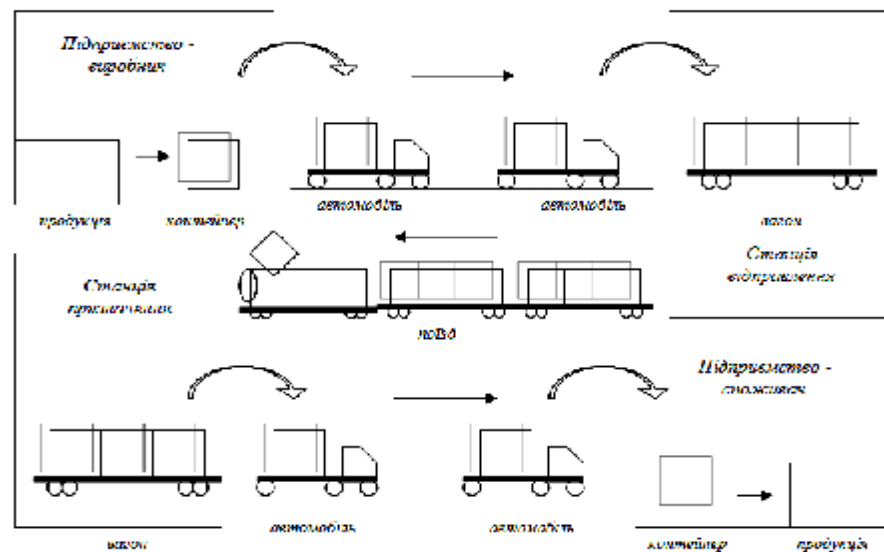


Рис. 2. Схема контрейлерних перевезень залізничним транспортом

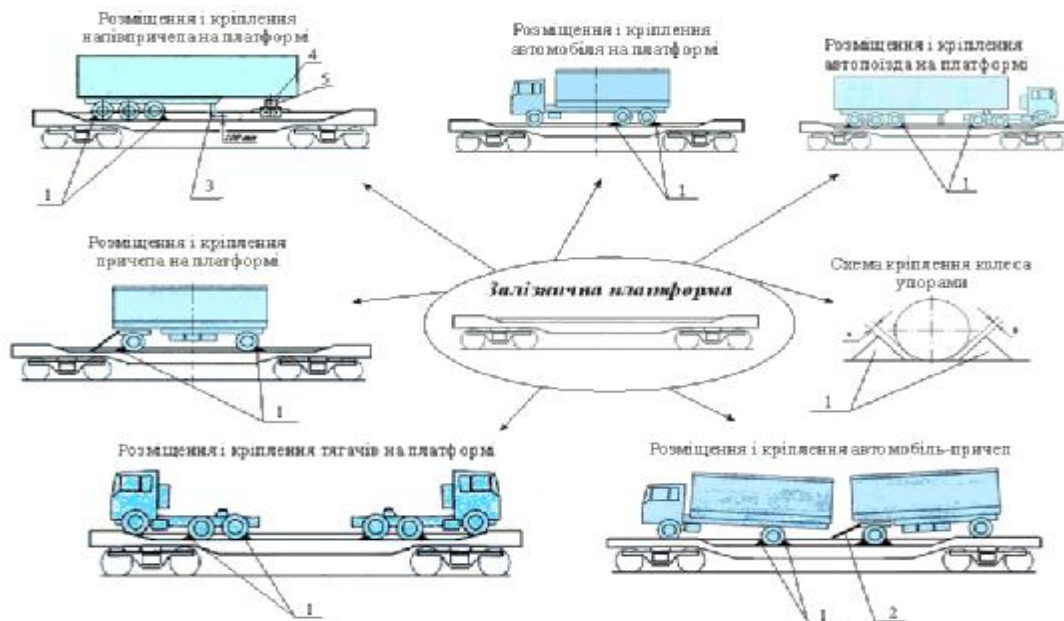


Рис. 3. Способи розташування автомобільних транспортних одиниць, які перевозяться на залізничних платформах:

- 1 – колісний упор; 2 – зчіпний пристрій (дишло); 3 – опорна стійка напівпричепа;
4 – зчіпний шворінь напівпричепа; 5 – опорна балка платформи

Навантаження (вивантаження) на залізничні платформи автопоїздів, автомобілів, тягачів, причепів та напівпричепів здійснюється самоз'їдом (самовиїздом), а напівпричепів та знімних автомобільних кузовів - механізованим способом за допомогою захватних пристосувань (рис. 2) [4].

Кріплення знімного автомобільного рухомого складу проводиться в наступному порядку: під колеса автопоїзда (автомобіля, тягача, причепа) з одного боку встановлюють колісні упори; до встановлених упорів впритул пересувають автопоїзд (автомобіль, тягач, причеп); потім під колеса автопоїзда (автомобіля, тягача, причепа) з протилежного боку встановлюють колісні упори.

Варіанти установки колісних упорів наведені на рис. 3 [5].

Допускається установка упорів під колеса автопоїзда, автомобіля, тягача, причепа, напівпричепа з зазорами, сумарна величина яких для кожної пари упорів не повинна перевищувати 100 мм ($a + b \leq 100$ мм).

Для розрахунків тарифів на контрейлерні перевезення слід враховувати вагу різних видів контрейлерів, яка представлена в табл. 1 [4].

Перевага контрейлерних перевезень підтверджується даними латвійської Асоціації автоперевезень, згідно яких у 2011 році середній час очікування митних процедур для автомобільних перевізників займав 40 годин. В той самий час, коли поїзд «Вікінг» на проходження білорусько-литовської границі витратив 30 хвилин [6].

Таблиця 1

Технічні параметри контрейлерів

Вид контрейлера	Найбільша до- вжина, м	Число осей	Маса, т		
			тари	вантаж	брутто
Автомобіль	12,3	2, 3	7,3-9,8	5,8-24,8	13,1-34,6
Причін	10,2	2, 3	2,6-6,0	6,0-18,5	8,6-24,5
Тягач	8,9	2, 3	3,8-10,5	–	3,8-10,5
Напівпричін	9,7	1, 2, 3	2,7-9,2	6,8-28,0	9,5-37,2
Автопоїзд (автомо- біль + причін)	22,5	4, 5, 6	9,9-15,8	11,8-43,3	21,7-59,1
Автопоїзд (тягач + напівпричін)	16,5	3, 4, 5, 6	6,5-19,7	6,8-28,0	13,4-41,8

Матеріал досліджень. Для оцінки ефективності контрейлерних перевезень авторами була розроблена цільова функція. Фізичне значення якої полягає в наступному: час проходження вантажу від відправника до одержувача, вартість доставки вантажу, а також об'єм шкідливих викидів, опір руху, забруднення рухомого складу, який перевозиться, коефіцієнт розкрадання вантажу, який перевозиться повинні наближатися до мінімуму [7]:

Витрати часу:

$$T = f(t_{н-р}; t_a; t_3; t_m);$$

Витрати на доставку вантажу:

$$P(t) = f[P_{н-р}(t); P_a(t); P_3(t)];$$

Об'єм шкідливих викидів:

$$V(t) = f[V_{ш.в.а}(t); V_{ш.в.з}(t)];$$

Коефіцієнт аеродинамічного опору:

$$C_x;$$

Коефіцієнт забруднення

рухомого складу:

$$h_3;$$

Коефіцієнт розкрадання вантажу:

$$V_p;$$

де t – час;

$t_{н-р}$ – час навантажувально-розвантажувальних робіт; t_a – час руху автомобільним транспортом;

t_3 – час руху залізничним транспортом;

t_m – час, витрачений на митне оформлення вантажу і стоянку на прикордонних станціях;

$P_{н-р}(t)$ – вартість навантажувально-розвантажувальних робіт в залежності від часу їх виконання;

$P_a(t)$ – вартість переміщення вантажу автомобільним транспортом в залежності від часу, який витрачається на перевезення;

$P_3(t)$ – вартість переміщення вантажу залізничним транспортом в залежності від часу, який витрачається на перевезення;

$V_{ш.в.а}(t)$ – об'єм шкідливих викидів від роботи автомобільного транспортного засобу в залежності від часу;

$V_{ш.в.з}(t)$ – об'єм шкідливих викидів від роботи залізничного транспортного засобу в залежності від часу.

З формули видно, що зниження часу доставки вантажу здійснюється за рахунок скорочення часу на митні операції, а також скорочення часу руху. Собівартість перевезення і обсяг шкідливих викидів залізничного транспортом нижче, ніж автомобільного, за рахунок цього досягається зниження шкідливих викидів і грошових витрат.

Вдосконалення конструкції залізничної платформи. Переміщення вантажу з використанням контрейлерних перевезень супроводжується рядом проблем, таких як аеродинамічний опір руху поїзда, забрудненість автомобільного рухомого складу, який перевозиться, а також рівень збереження вантажу при перевезенні.

Відомо, що сила аеродинамічного опору пропорційна коефіцієнту опору (обтічності), площі поперечного перерізу поїзда і квадрату швидкості руху. За даними [8], близько 75 % тягової потужності пасажирського поїзда при його максимальній технічній швидкості витрачається на подолання аеродинамічного опору. Для вантажних поїздів ця частка також буде суттєвою, враховуючи гірші аеродинамічні якості. Для України завдання зниження аеродинамічного опору поїздів стає досить актуальною, так як необхідність підвищення швидкостей руху викликається потребами розвитку народного господарства і збільшення пропускної здатності доріг. У зв'язку з цим необхідні технічні рішення щодо зниження аеродинамічного опору поїздів, особливо вантажних, з метою зменшення енерговитрат на транспортну роботу. Аеродинамічний опір поїзда може бути знижено за рахунок додання кращої обтічності локомотиву, вагонам, оптимального розташування великогабаритних вантажів і контейнерів на залізничних платформах, закриття просівів між вагонами і т.п. На цей опір впливає також стан вагонів (ві-

дкриті двері, зламані стінки тощо), а також складовою поїзда (різномісність вагонів). Якщо орієнтуватися на дослідні дані щодо зниження аеродинамічного опору вантажних автомобілів і автопоїздів, то виграш в паливній економічності від поліпшення обтікання повітрям поїздів на швидкостях 60-110 км/год може скласти 3-10 % (друга цифра відповідає підвищеним швидкостям руху) [8].

Одним з вимог до якості послуг, які надаються перевізниками є схоронність перевезених вантажів [9]. Причиною тому є розкрадання вантажів, що перевозяться у вантажних вагонах, по всьому маршруту руху поїздів. Крадіжка відбувається, як правило, на полустанках, під час пропуску зустрічних поїздів і на стоянках поїздів перед входними світлофорами станцій. При здійсненні контейнерних перевезень це дуже актуальне питання, викликане тим, що для перевезення автомобільного рухомого складу використовують залізничні платформи, які повністю відкриті. Це забезпечує легкий доступ до вантажу зацікавлених осіб.

Відповідно до довідки УНІАН [10] за підсумками 2006 року загальна сума, виплачена залізницями за претензіями та позовами вантажовідправників, склала близько 5 млн. грн. Розкрадання вантажів на залізничному транспорті залишається однією з найбільших проблем для залізниць України.

Для усунення крадіжок при виконанні контейнерних перевезень слід вдосконалювати конструкцію залізничних платформ, для захисту вантажу, який на них перевозиться.

Існує ще один недолік контейнерних перевезень – забруднення автомобільного рухомого складу, що викладає необхідність додаткових матеріальних ресурсів для його очищення.

Для усунення перерахованих недоліків пропонується технічне рішення удосконалення залізничної платформи за рахунок впровадження в її конструкцію нових елементів: знімний (розбірний) каркас, ребра жорсткості, тент (рис. 4).

Для вдосконалення за основу взята залізнична платформа описана в патенті РФ № 2126337 [11]. Із нововведеннями навантаження автомобільного рухомого складу на платформу здійснюється наступним чином. За допомогою підйомного крана кузов 2 знімається з залізничної платформи 1 (рис. 4) і ставиться на землю, як показано на рис. 5, а. Автомобільний тягач разом із підключеним до нього напівпричепом 4 подається заднім ходом, як показано на рис. 5, а, до тих пір поки колеса напівпричепа 4 не торкнуться задньої відбортки 5 кузова 2.

У цьому положенні напівпричеп 4 підклинюється опорою 9 і від'єднується від автомобільного тягача, як показано на рис. 5, б. Потім до вушок 7 гаками під'єднуються стропувальні троси 8, після чого кузов 2 підіймається за допомогою підйомного крана разом з напівпричепом 4 (рис. 5, в) і знову опускається на залізничну платформу 1 до надійного встановлення її у проріз останньої, як показано на рис. 5, г.

Подальше регулювання положення напівпричепа 4 можливе за допомогою поворотної опори 10 залізничної платформи 1.

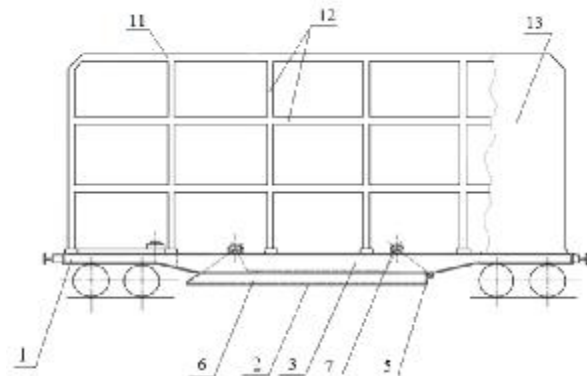


Рис. 4. Залізнична платформа із розбірним каркасом

Після установки напівпричепа 4 на залізничну платформу 1 встановлюється розбірний каркас 11. Далі, для підвищення міцності конструкції, встановлюються вертикальні та горизонтальні ребра жорсткості 12 (рис. 4). На розбірний каркас натягується тент 13 (рис. 4). Після цього конструкція готова до експлуатації.

Слід зазначити, що вищенаведена конструкція знімного каркасу 11 з тентом 13 може використовуватися для будь-якої залізничної платформи.

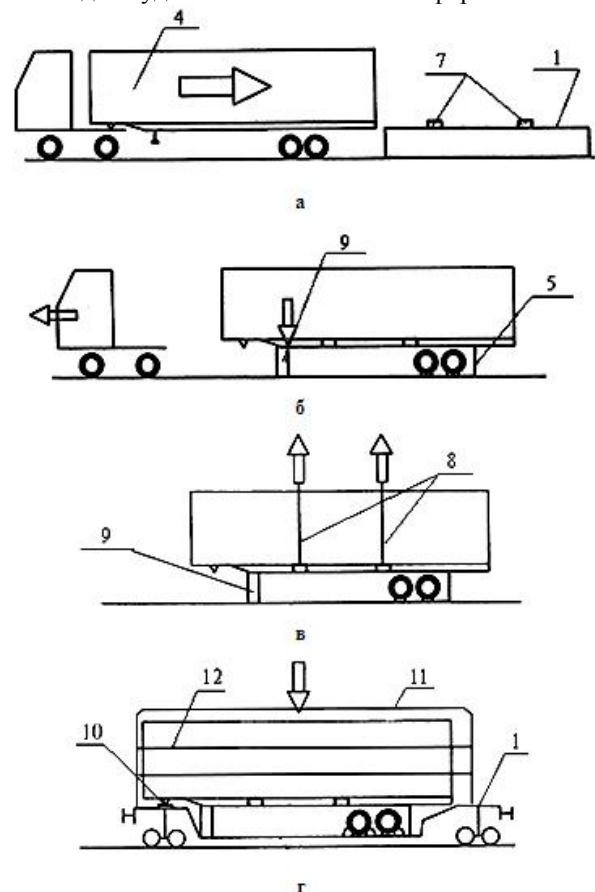


Рис. 5. Навантаження напівпричепа на кузовну платформу

Висновки. Впровадження системи контейнерних перевезень на ринок транспортних послуг України є актуальним завданням. Даний вид перевезення слід розглядати як закономірне подолання конкурентних відносин між автомобільним і залізничним транспортом і переходу до співпраці. Однак відсутність дотацій з боку держави, пільг і преференцій по залізничних тарифах з метою заохочення автоперевізників до цього виду перевезень істотно знижує попит на нього. Розвиток контейнерних перевезень стає можливим тільки при доопрацюванні Закону України «Про змішані (комбіновані) перевезення», спрощенні процедури оформлення документів і контролю на кордоні, державну підтримку контейнерних перевезень, в ім'я захисту навколишнього середовища та екологічного захисту громадян, а також для того, щоб підтримувати конкурентний розвиток у сфері вантажних перевезень. Для зниження аеродинамічного опору руху залізничного рухомого складу, зменшення забруднень автомобільного рухомого складу, який перевозиться залізничною платформою та вірогідності розкрадання вантажу слід на залізничній платформі використовувати змінний, оббікаємий каркас с тентом.

1. Державна служба статистики України. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Котенко А. Ефективність контрейлерних перевезень на залізницях України /А. Котенко, П. Шилаєв // 36. наук. праць / ДЕГУТ. Серія “Транспортні системи і технології», 2009. - Вип. 15. – С. 201 – 207.
3. Дьомін Ю.В., Кіппа Г.М. «Технічне забезпечення контрейлерних перевезень міжнародними коридорами України». Залізничний транспорт України. – 1997, № 1. – С. 28-32.
4. Контейнерні і контрейлерні перевезення. Режим доступу: <http://vkjournal.ru/doc/3261>
5. Соглашения о международном железнодорожном грузовом сообщении / Режим доступу - http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MU51001A.html
6. Котенко А.М. Підвищення ефективності контрейлерних перевезень вантажів //А.М. Котенко, П.С. Шилаєв, А.В. Світлична// Вісник національного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. №33. 2012. – С. 87 – 95.
7. Кравченко К. Оцінка контрейлерних перевезень та підвищення їх ефективності // К. Кравченко, І. Вовк, М. Литвіненко / Матеріали III Міжнародної конференції молодих вчених “ENGINEERING MECHANICS & TRANSPORT 2013” (EMT-2013) (21 – 23 листопада, Львів). – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013 – С. 34 – 37.
8. Снижение аэродинамического сопротивления на поездах / Режим доступу - <http://naftopro.ru/?p=275>
9. Реали безопасности. Сложно, но можно. Информационно-аналитический журнал BEST OF SECURITY («Лучшее о безопасности»): №22 (ноябрь). Донецк. 2007. – Режим доступу: http://www.bos.dn.ua/view_article.php?id_article=559

10. Придніпровська залізнична дорога на прошлій тижні понесла із-за крадіжки майже 300 тис. грн. збитків. УНІАН. Транспорт. №49 (049). Київ – С. 12 – 13.
11. Патент Росії № 2126337. Железнодорожная платформа с кузовом для перевозки полуприцепов.
12. Заявка на видачу патенту України - Залізнична платформа для перевезення напівприцепів / Кравченко О.П., Кравченко К.О., Вовк І.В., Літвіненко М.М.

1. Derzhavna sluzhba statistiki Ukraïni. Rezhim dostupu: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Kotenko A. Efektivnist' kontrejlnih pereve-zen' na zaliznicjah Ukraïni //A. Kotenko, P. Shi-lacv // Zb. nauk. prac' / DETUT. Serija "Transpo-rtni sistemi i tehnologii", 2009. - Vip. 15. – S. 201 – 207.
3. D'omin Ju.V., Kirpa G.M. «Tehnichne zabezpechennja kontrejlnih perevezen' mizhnarodnimi kori-dorami Ukraïni». Zaliznicnij transport Ukraïni. – 1997, № 1. – S. 28-32.
4. Kontejnerni i kontrejlni perevezennja. Rezhim dostupu: <http://vkjournal.ru/doc/3261>.
5. Soglashenija o mezhdunarodnom zheleznodorozhnom gruzovom soobshhenii / Rezhim dostupu - http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MU51001A.html
6. Kotenko A.M. Pidvishhennja efekтивности kont-rejlnih perevezen' vantazhiv //A.M. Kotenko, P.S. Shilacv, A.V. Svitlichna// Visnik naciona-l'nogo universitetu «HPI». Serija: Novi rishennja u suchasni tehnologijah. №33. 2012. – S. 87 – 95.
7. Kravchenko K. Ocinka kontrejlnih perevezen' ta pidvishhennja ih efekтивности // K. Kravchenko, I. Vovk, M. Litvinenko / Materiali III Mizhnarodnoï konferencii molodih vchenih "ENGINEERING MECHANICS & TRANSPORT 2013" (EMT-2013) (21 – 23 listopada, L'viv). – L'viv: Vidavnicтво L'vivs'koï politehniki, 2013 – S. 34 – 37.
8. Snizhenie ajerodinamicheskogo soprotivlenija na poezdah / Rezhim dostupu - <http://naftopro.ru/?p=275>
9. Realii bezopasnosti. Slozhno, no možhno. In-formacionno-analiticheskij zhurnal BEST OF SECURITY («Luchshee o bezopasnosti»): №22 (nojabr'). Doneck. 2007. – Rezhim dostupa: http://www.bos.dn.ua/view_article.php?id_article=559
10. Pridneprovskaja zheleznaia doroga na proshloj neделе ponesla iz-za krazh pochtі 300 tys. gm. ubytkov. UNIAN. Transport. №49 (049). Kiev – S. 12 – 13.
11. Patent Rossii № 2126337. Zheleznodorozhnaja platforma s kuzovom dlja perevozki poluprice-pov.
12. Zajavka na vidachu patentu Ukraïni - Zaliz-nichna platforma dlja perevezennja napivv-richepiv / Kravchenko O.P., Kravchenko K.O., Vovk I.V., Litvinenko M.M.

В статье приведены статистические данные грузовых перевозок за 2002-2013 года. Проведен анализ недостатков автомобильного и железнодорожного видов транспорта. Выполнена классификация способов разгрузки автомобильного подвижного состава, которые перевозятся на железнодорожных платформах. Предложена целевая функция для оценки эффективности контрейлерных перевозок, физический смысл которой заключается в стремлении к минимуму материальных затрат, объёмов вредных выбросов, затрат времени, аэродинамического сопротивления, загрязнения перевозимого автомобильно-

го подвижного состава объёмов похищенного груза. Усовершенствована конструкция железнодорожной платформы, что позволило повысить сохранность, снизить загрязнение перевозимого груза и снизить аэродинамическое сопротивление железнодорожного подвижного состава.

Ключевые слова: статистика, грузовые перевозки, контейнерные перевозки, целевая функция, разборный каркас, ребра жесткости, тент.

Kravchenko C., Vovk I., Litvinenko M. The rationale organization of combined transport on railways of Ukraine.

Transport has a developed infrastructure, which is made with specific individual modes of transport infrastructures. Transportation over long distances often used successively several modes of transport. The effectiveness of such transport can be achieved to reach the development piggyback. The article presents statistics of freight transportation for the years 2002-2013. Held the analysis of the shortcomings of road and rail transport modes. Performed classification methods unloading automotive vehicles, which are transported on railway platforms. Proposed objective function for

evaluating the effectiveness of a piggyback, the physical meaning of which is to try to minimize material costs, harmful emissions, time, drag, dirt carried by road rolling, volumes of stolen goods. Improved design of the railway platform, thus improving safety, reduce pollution carried by car rolling stock and reduce the aerodynamic drag of rolling stock.

Keywords: statistics, freight transportation, piggyback, the objective function, folding frame, ribs, awning.

Кравченко К.О. – к.т.н., доцент кафедри організації перевезень та управління на залізничному транспорті, СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: kkatherina@ukr.net.

Вовк І.В. – студент кафедри організації перевезень та управління на залізничному транспорті, СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Літвіненко М.М. – студент кафедри автотехніки і управління на транспорті, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.03.2014

УДК 656.2

РИСКИ В РАБОТЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ РАБОТНИКОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Красникова Н.Е.

RISKS IN THE RELIABILITY AND PROFESSIONAL EMPLOYEES OF RAILWAYS

Krasnikova N.

В статье рассмотрено, что такое риск - особое понятие, специфический предмет для научного исследования профессиональная надежность железнодорожных операторов локомотивных бригад и оперативного диспетчерского персонала, которая в огромной мере определяет безопасность транспортного процесса. Вклад человеческого капитала в создаваемую стоимость выше, чем вклад таких факторов как производственные, нематериальные активы или финансовые ресурсы. То есть, не снижая роль этих факторов в развитии транспортной системы, все же необходимо отметить исключительное значение человеческого фактора, при отсутствии которого невозможно ее дальнейшее развитие.

Ключевые слова: управление, железнодорожный транспорт, персонал, безопасность, риски, развитие.

Введение. Деятельность железнодорожного транспорта, как части единой транспортной системы нашей страны, способствует нормальному функционированию всех отраслей экономики и укреплению обороноспособности государства, являются важными факторами при поступлении в Европейской зоны торговли.

Современные тенденции развития мировой транспортной системы свидетельствуют о росте товаропотоков из Азии в Европу. В этих условиях Украина должна воспользоваться своим географическим местоположением и, развивая транспортную сеть, создать условия улучшения конкурентоспособности отечественного транспортного комплекса и товаропроизводителей, их продукции и услуг на европейском рынке товаров и услуг.

Привлечение на территорию Украины дополнительных транспортных потоков возможно при условии создания совокупности элементов транспортной и логистической инфраструктуры. При этом эффективная организация их функционирования определяется наличием высококвалифицированных кадров.

Профессиональная надежность железнодорожных операторов (ЖДО) - работников локомотивных бригад и оперативного диспетчерского персонала, в огромной мере определяет безопасность транспорт-

ного процесса. Она является сложной многокомпонентной величиной, при этом главной составляющей ее является т.н. функциональная надежность (ФН), которая определяется как «свойство функциональных систем человека-оператора обеспечивать его динамическую устойчивость в выполнении профессиональной задачи в течение определенного времени и с заданным качеством». В свою очередь, ФН также состоит из ряда составляющих, различающихся по временным характеристикам, базовой (долговременной) части, включающей медленно меняющиеся составляющие (уровень здоровья и биологический возраст) и текущей, включающей функциональное состояние. Указанные факторы невозможно выдержать без обеспечения безопасности движения на ж.д. транспорте.

Постановка проблемы. Безопасность движения на железнодорожном транспорте тесно связана с защитой жизни и здоровья пассажиров, обеспечением сохранности грузов, охраной окружающей природной среды. Целью обеспечения безопасности движения является надежность функционирования транспортного комплекса, защита жизненно важных интересов общества и государства в транспортном комплексе, объектов и субъектов транспортной инфраструктуры, потребителей транспортных услуг. В общем случае под риском понимается возможность наступления нежелательной ситуации. Особое значение его исследование имеют железные дороги, поскольку печальная статистика железнодорожных событий (ЖС), инцидентов, катастроф постоянно напоминает о нерешенные проблемы риска. Именно поэтому на железной дороге был основан и развит соответствующий направление научных исследований с обобщенным названием «безопасность движения поездов» (БРП).

Учитывая указанное, актуальными являются до-исследования, направленные на повышение эффективности работы железнодорожного транспорта Украины. Одним из направлений решения этих вопросов является проведение анализа обеспечения без-

опасности движения поездов на железных дорогах Украины.

Анализ последних исследований и публикаций. Последние исследования безопасности железнодорожных систем наиболее полно и всесторонне были обобщены в монографии. Эта работа посвящена дальнейшему развитию ее основных положений, особенно в части, касающейся соответствующих рисков влияния человеческого фактора (ЧФ) на БД. Это имеет особую актуальность еще и потому, что надежность железнодорожной техники (ЖТ) в настоящее время является несравненно выше, чем, скажем, она была 60-70 лет назад, однако влияние ЧФ на БД практически не изменился и является «традиционно» высоким. Так, по неутешительным прогнозам экспертов фирмы Boeing, если ситуация кардинально не изменится, то в недалеком будущем ожидается одна катастрофа (ЖП, инцидент т.д.) на неделю именно за причинами негативного влияния ЧФ. Исследованием текущего состояния и ключевых проблем развития железнодорожной отрасли занимаются такие ученые, как Бараш Ю., Дикань В., Ейтутю Г., Зорша О., Кирдина А. и другие. Отдавая должное научной и практической значимости работ названных ученых, следует отметить, что в отечественной литературе и практике хозяйствования предприятий железнодорожного транспорта недостаточно исследованы важные вопросы управления персоналом в условиях трансформационных процессов отрасли в контексте необходимости ее социально-экономической модернизации.

Цель статьи. При разработке системы контроля уровня профессиональной надежности одной из проблем является оценка базовой части уровня ФН. Сложность состоит в том, что она состоит из качественно разнородных величин, а необходима единая оценка. Построение такой оценки является целью данной работы.

Результаты исследований. Понятие риск известно с древних времен, когда человек оценивал свои возможности в достижении определенной цели в опасных отраслях: в войне, в азартной игре, в спортивных соревнованиях, в завоевании новых рынков и источников сырья и др. Риск - особое понятие, специфический предмет для научного исследования, поэтому соответствующая наука получила название рискология и занимается именно вопросами выявления законов и закономерности возможных полей риска. При этом под полем риска, понимается множество рисков, оказались и реализовывались; а также системно организованные сведения о возможных рисках. Рискология призвана анализировать, диагностировать, прогнозировать, программировать и планировать риски в любой области человеческой деятельности.

Знания о риске особенно нужны на железнодорожном субъектам, непосредственно занимающиеся деятельностью операторского профиля (машинист, диспетчер). Тем более, что профессиональная деятельность этих операторов «переднего края» может рассматриваться как непрерывная цепь решений, которые

производятся и осуществляются в языках риска стохастического и нестохастического характера.

Вообще понятие риска целесообразно рассматривать только в системе отношений между субъектами и объектами управления риском, где объектом управления является именно риск, а субъектом - отдельный человек или группа людей (локомотивная бригада, диспетчер), которые посредством различных приемов и способов осуществления целенаправленного воздействия на объект управления. Таким образом, система управления рисками представляет собой совокупность системно-организованных процедур для обеспечения невыхода величины риска за определенные пределы.

Риск скорее всего относится к уровню определенности, которая влияет на уверенность прогнозирования результата деятельности.

На сегодня наличие риска в управленческой деятельности рассматривается в основном в научных трудах по экономике, освещающих также методы управления, сущность которых состоит в использовании передовых достижений теории менеджмента в практическом управлении рисками. В частности и понятие «риск тейкер» (risk - taker) - человек, склонный к риску, и легко идет на риск, чаще встречается в источниках именно экономической направленности.

Необходимо отметить, что существование железнодорожной транспортной системы (ЖТС) напрямую связано с риском (рис. 1).



Рис.1 Риски в железнодорожной системе

Тем более рискованным является профессиональная деятельность машинистов, поездных диспетчеров, потому что она всегда связана с возможностью возникновения побочных эффектов, неблагоприятных результатов, которые, в свою очередь, являются последствиями событий стохастического и не стохастического характеров. Поэтому железнодорожники специалисты, которые принимают и реализуют решения, должны уметь разрабатывать средства, с помощью которых можно либо уменьшить возможность появления рисков, или локализовать их негативные последствия. Такого рода действия называются системой менеджмента риска или управлением риском.

В ближайшем будущем вряд ли стихнут споры по поводу определения понятия риска. И пожалуй, и бессмысленно пытаться давать такое определение в надежде, что оно окажется полезным во всех возможных ситуациях. Чтобы получить содержательное понятие, полезно заранее ограничить область

его применения. Мы ограничимся здесь областью принятия решений (ИР) с железнодорожниками условиях риска.

Вывод. С учетом перечисленных выше факторов, а также рекомендаций международных нормативных актов можно сформулировать следующие направления к совершенствованию процесса управления безопасностью перевозок на железных дорогах Украины:

1) применение для оценки уровня безопасности перевозок количественных вероятностных показателей и установка их нормативных значений;

2) применение вероятностных показателей безопасности функционирования технических средств и персонала, а также установления их нормативных значений, при которых обеспечивались бы нормативные значения показателей безопасности перевозок пассажиров и грузов в целом;

3) установление взаимосвязи между значением вероятностного показателя безопасности функционирования технического средства и его функциональными характеристиками и техническими параметрами.

Л и т е р а т у р а

1. Дикань В.Л. Забезпечення ефективності інноваційної діяльності підприємств залізничного транспорту: монографія В.Л. Дикань, В.О. Зубенко. — Х.: УкГДАЗТ, 2008. — 194 с.
2. Бараш Ю.С. Роль залізничного транспорту України в забезпеченні сталого розвитку суспільства // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — 2008. — Вип. 24. — С 201—206.
3. Бабак В.П. Безпека авіації/В. П. Бабак, В.П.Харченко, В.О. Максимов та ін.; За ред. В.П. Бабака. — К.: Техніка, 2004. — 584 с.
4. Буянов В.П. Рискология (управление рисками) / В.П. Буянов, А. Кирсанов, Л.М. Михайлов. — М.: «Экзамен», 2003. — 384 с.
5. Егорова Е.Е. Еще раз о сущности риска и системном подходе // Управление риском. — № 2. — 2002. — С. 9—12.
6. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. — М.: Знание, 104.—С. 3—49.
7. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ. Н.И. Ринго / Под ред. Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского. — М.: Мир, 1976. — 1(55 с.)
8. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор: Сборник материалов № 7. — Циркуляр ИКАО 240-AN/144. — Монреаль, Канада, 1993. — 76с.

R e f e r e n c e s

1. Dykan V.L. Ensuring the effectiveness of the innovation activity of the enterprises of a railway transportation: monograph V.L. Dykan, ACTING Zubenko. - X.: GMC - SART., 2008. - 194 C.
2. Barash YU.S. Roly of railway transport of Ukraine in ensuring sustainable development of the society // Bulletin of the Dnepropetrovsk national University of railway transport named after academician Century Lazaryan. - 2008. - Vol. 24. With 201 to 206.

3. Babak VP aviation Safety. P. Marmot, academic rams, Professor, ACTING Maksimov and others; edited VP Groundhog. - Candidate of Engineering, 2004. - 584 C
4. Buyanov, P. risk-science (risk management) / V.P. Buyanov, A. Kirsanov, L. Mikhailov. - M: «Examination», 2003. -384 C.
5. Egorova Э.Э. again about the nature of the risk and the system approach to Managing risk. - № 2. - 2002. - С. 9-12.
6. Zadeh L.A. Basis of a new approach to the analysis of complex systems and decision-making processes // Mathematics today. - M: Knowledge, 104.-С. 3-49.
7. Zade HP Concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions: Per. from English. N.I. Ringo / Under the CEF. N.N. Moses, S.A. Orlovsky. - M: Mir, 1976. - 1(55 C.)
8. Study of the role of human factors in accidents and incidents // the Human factor: the Collection of materials № 7. - ICAO circular 240-AN/144. - Montreal, Canada, 1993. - 76с.

Краснікова Н.Є. Ризики в роботі і професійна надійність працівників.

У статті розглянуто, що таке ризик - особливе поняття, специфічний предмет наукового дослідження професійна надійність залізничних операторів локомотивних бригад і оперативного диспетчерського персоналу, яка у величезній мірі визначає безпеку транспортного процесу. Внесок людського капіталу в створювану вартість вище, ніж внесок таких факторів як виробничі, нематеріальні активи чи фінансові ресурси. Тобто, не знижуючи роль цих чинників у розвитку транспортної системи, все ж необхідно зазначити виняткове значення людського фактору, при відсутності якого неможливий її подальший розвиток.

Ключові слова: управління, залізничний транспорт, персонал, безпека, ризики, розвиток.

Krasnikova N. Risks in the reliability and professional employees of railways.

In the article it is considered that this risk is a special concept, a specific subject of scientific research for professional reliability of rail operators locomotive crews and operational dispatch personnel, which greatly determines the safety of the transport process. The contribution of human capital in the created value is higher than the contribution of such factors as production, intangible assets or financial resources. That is, reducing the role of these factors in the development of the transport system, all the same it is necessary to note the exceptional importance of the human factor, without which it is impossible to further development of transport system of Ukraine is impossible not to take into account its human component. This determines the urgency of the problem of personnel management, including railway transport enterprises.

Keywords: management, railway transport, personnel, security, risks to development.

Краснікова Н.Є. – викладач спеціальних дисциплін спеціальності «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті». Кіровоградський транспортний технікум, [e-mail:krasnikova_25@ukr.net](mailto:krasnikova_25@ukr.net)

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 28.02.20

УДК 001.92:37

СОЦІОКУЛЬТУРНИЙ ПОРТРЕТ СУЧАСНОГО СТУДЕНТСТВА

Крохмальова О.Г.

SOCIOCULTURAL PORTRAIT OF MODERN STUDENTS

Krokhmalova O.

У статті розглянуті і проаналізовані роботи вчених з дослідження соціокультурного портрету сучасного студентства та проблем формування моральної культури особистості. Поставлена загальна задача морального виховання. Звернено увагу на провідні тенденції сучасної світової педагогічної науки, які пов'язані з формуванням ціннісної свідомості у підростаючих поколіннях. Наведено результати дослідження проблем, які стосуються виховання духовно-моральних ціннісних орієнтацій особистості, духовних цінностей як основи ціннісної моральної свідомості студентської молоді.

Ключові слова: моральна свідомість, сучасний студент, духовна культура суспільства, моральні ідеали, ціннісні орієнтації, вища освіта, культурні цінності.

Постановка проблеми. Процес формування моральної свідомості в класичному університеті являє собою організовану цілісну організаційно-педагогічну систему, спрямовану на органічну взаємодію інтелектуально-пізнавальної діяльності студентів і виховання їх духовно-морального образу як ціннісної особистості. Основна концептуальна ідея, на якій базується організаційно-педагогічна система, полягає в осмисленні сучасного навчально-виховного процесу університету, який виконує функцію перетворення інформації – знання в інформацію – ціннісне сучасного класичного університету відношення до навколишньої дійсності та до наукових фактів.

Особливість сучасного класичного університету в тому, що він органічно поєднує технічні, природничо-наукові та гуманітарні знання і цим сприяє органічному взаємовпливу і взаємодії логічного та образного мислення і значно підвищує рівень розвитку творчого потенціалу особистості майбутнього фахівця. Сучасний класичний університет як центр науки, культури, духовно-морального досвіду є ціннісною основою формування моральної свідомості студентської молоді. Але, на жаль, сьогодні наявні протиріччя між значущістю моральної свідомості студентської молоді в процесах оновлення економіки, духовної культури суспільства і падінням престижу моральних ідеалів, що веде до знецінення загальноприйнятих моральних норм людського існування. Ці тенденції й обумовили актуальність обраної теми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі ціннісного відношення об'єктивний моральний зміст перетворюється в суб'єктивний моральний зміст особистості, що значно впливає на активізацію моральної інформації, яка міститься в наукових знаннях (В. Смирнов). Здійснюється не лише раціональне розуміння наукового змісту, але й виникають переживання, емоційні оцінки моральної інформації, що зосереджена в наукових фактах. Завдяки цьому знання стають ціннісно значущими для особистості, а отже, здійснюється взаємозв'язок між пізнавальним і ціннісним відношенням людини до наукової інформації (Л. Рувинський).

Проблемою дослідження цінностей молоді, її ціннісних орієнтацій зацікавлені зараз багато вчених. Пояснюється це тим, що рівень моральної свідомості студентства, стрижневим компонентом якого являються цінності, є показником рівня розвитку нашого суспільства як на сьогоднішній, так й в майбутньому. Саме студентський вік є сензитивним для становлення моральної свідомості, самосвідомості, визначення пріоритетів, спрямованості на цінності, моделі поведінки та життєвої стратегії. Н. Гончаром названі причини, які, на його думку, підтверджують важливість дослідження динаміки ціннісної свідомості саме молоді студентського віку: 1) студенти належать до соціальної групи, яка згодом приєднається до інтелігенції, що складає еліту суспільства та є двигуном його прогресу; 2) високий рівень організованості студентської спільноти, що дозволяє залучити її в різні політичні та ідеологічні ігри, які мають не завжди ціннісну спрямованість; 3) студентство відноситься до найбільш ресурсомістких суспільних груп, це вік найбільш сприятливий для інтелектуального розвитку [2].

На відміну від старшого покоління сьогоднішнім молодим людям приходится жити в дуже складних умовах, коли стара система цінностей зазнала трансформації, а нова ще не відбудована і студентській молоді приходится приймати участь у її виробі. Зміни в соціально-економічному устрої породили кризу ціннісної свідомості. Представники старшого покоління мало чим можуть допомогти молоді, бо вони жили в інших умовах і мали за життєву основу інші цінності. «Молодим доводиться самим вирішувати, що цінніше – збагачення будь-якими

засобами або придбання високої кваліфікації, що забезпечує здатність адаптуватися до нових умов, заперечення колишніх моральних норм або гнучкість, пристосовність до нової дійсності, безмежна свобода міжособистісних, міжстатевих стосунків або родина як запорука успішного існування» [6, с. 99].

В. Філіповським проведено цікаве дослідження «Сучасний студент: особистість чи деградуєчий елемент?». Автор зазначає, що негативні зміни в суспільстві позначилися на уявленнях молоді про мораль, її значенні в регулюванні людських стосунків та виконанні певної діяльності в суспільстві. Відсутність межі між добром і злом, справедливістю та несправедливістю, благодійністю та жорстокістю дізорієнтовувало молодих людей та спричинило виникнення своєрідної молодіжної моралі, яка має ряд недоліків [10].

Метою статті є проведення аналізу літератури й дослідження соціокультурного портрету сучасного студентства.

Виклад основного матеріалу. Слід особливо акцентувати увагу на одній із провідних тенденцій сучасної світової педагогічної науки, яка пов'язана з формуванням ціннісної свідомості у підростаючих поколіннях, що значно актуалізує дослідження проблем, які стосуються виховання духовно-моральних ціннісних орієнтацій особистості, духовних цінностей (духовно-моральних, художньо-естетичних, інтелектуально-пізнавальних), які є основою ціннісної моральної свідомості студентської молоді.

У студентів минулого часу превалує орієнтація на творчий підхід до справи, тактовність, ввічливість, ініціативність; тоді як досягнення високого положення в суспільстві, прагнення до кар'єрного росту є мало вираженими цінностями.

У першому поколінні незалежності України відбуваються різкі зміни в системі цінностей студентства. На передній план виходять такі цінності як незалежність у судженнях і діях, особиста свобода, матеріальне благополуччя, повноцінний відпочинок і цікаві розваги. Друге покоління незалежності проявляє такі цінності як можливість саморозвитку та самореалізації, економічна незалежність, толерантність [2].

На думку В. Філіповського ядром моральної системи сучасного студентства є егоцентризм, який викликаний розвитком індивідуалізму в особистості. Уявлення молоді про співпрацю розглядається крізь призму меркантильності, що ніяк не сприяє розвитку колективу, організації, суспільства. Ще однією з ознак моральної системи студентства є ситуативність – відсутність стратегічного мислення, передбачення наслідків діяльності. Сучасна молодь занадто зловживає принципом виживання, керуючись у житті не завжди тими моральними нормами та принципами, що були встановленими попередніми поколіннями. В. Філіповський відмічає, що спостерігається криза дуалістичної моралі, яка полягає у своєму трактуванні молоддю етичних понять (добро, зло, справедливість тощо). Як зазначає автор, це

призводить до підвищення рівня хаотичності в молодіжному середовищі та самосуду у вирішенні моральних дилем. Сучасній молоді властива незалежність і свобода. Однак, як підкреслює дослідник, процес отримання незалежності та свободи в багатьох випадках супроводжується девіантною поведінкою, відсутністю відповідального ставлення до життя та різних видів діяльності [10].

На сьогоднішній день в свідомості молодіжної групи спостерігаються тенденції ігнорування законів (більш, ніж кожна п'ята молода людина його ігнорує). Невтішні дані говорять про зміни в самій моралі, а точніше ставлення молоді до неї й дотримання її основних постулатів: молодь спокійно ставиться до дошлюбних стосунків, проституції (2,9%), вживання легких наркотиків (2,2%), водіння автомобіля в нетверезому стані (2,0%). Тільки 3% студентів вважають совість першочерговою умовою досягнення щастя в житті, а от 28,2% вважають, що щастя треба досягати за будь-яку ціну. Відбувається різке зниження рівня довіри між людьми (з 2000 до 2003 року він зменшився на 10%) [8, с. 208].

Дослідження соціологів не заперечують важливості та значущості для молоді отримання вищої освіти, однак змінилися мотиви в порівнянні з попередніми поколіннями. Пріоритетним став мотив «досягнення успіху в житті». Сучасний студент став більш практичний, за допомогою вищої освіти він прагне якомога краще влаштуватися у житті, досягти високого соціального положення [8, с. 208].

Ще 20-25 років тому у вищі поступали юнаки та дівчата, які добре навчалися в загальноосвітній школі та мали творчі здатності до певного виду діяльності. Треба було пройти серйозні конкурси випробування перш ніж стати студентом вищого навчального закладу. Вищі навчальні заклади сприймалися суспільством як осередок культури, місцем, в якому виховують майбутню «еліту», фахівців вищої кваліфікації, здатних до управлінської та винахідницької діяльності. Вища освіта не була масовою, на рівні держави відбувалося чітке регулювання кількості фахівців різних галузей виробництва.

З побудовою ринкових відносин з'явилися так звані «модні», престижні професії та спеціальності та відповідно й престижні факультети. До них на сьогоднішній день відносяться економічні, юридичні, медичні факультети. Кількість фахівців, що випускаються українськими вищими навчальними закладами за такими «модними» спеціальностями значно перевищують потребу в них. До того ж з виникненням ринкових відносин, у вищій школі з'явилась можливість надавати платні освітні послуги, що відбилося на рівні компетентності випускника та взагалі на якості вищої освіти. На престижні факультети кинулися поступати випускники шкіл з низьким рівнем знань, скориставшись контрактною формою навчання. У самих батьків та їх дітей виникло ілюзорне уявлення про великі та швидкі заробітки з «престижним» дипломом. У результаті наше суспільство отримує юристів, медиків, економістів, про-

фесійна діяльність яких спрямована не на служіння людям, розвиток професії та самовдосконалення в ній, а на «відбивання» грошей, витрачених на освіту та подальше швидке збагачення. Велика кількість талановитих дітей, маючи здатності до професії, навчання якої їх батькам не по кишені, змушені поступати на ті спеціальності, до яких немає здатностей або де сплата значно менше.

Однак, нажалю, сучасна студентська молодь сприймає навчання у ВНЗ не головним своїм заняттям. Велика кількість студентів мають працювати поряд з навчанням, навіть при денній формі отримання вищої освіти. Майже третина студентів ВНЗ працюють, бо в них відсутня матеріальна підтримка з боку батьків, друга третина працює з метою визначення себе у професії, яку обрали, остання третина працюючи, намагається забезпечити собі в майбутньому місце працевлаштування. Нічого поганого в цьому немає, але на роботу йде дуже багато часу, що відбивається на якості навчання студентів [4]. До того ж така молодь не приймає активну участь у житті свого студентського колективу та навчального закладу. Якщо студенти попередніх років колективно вирішували проблеми різного характеру, організовували культурні походи, спортивні змагання, конкурси, будівельні загони, свята тощо, то сучасні студенти схилиються до індивідуалізму як у вирішенні навчальних завдань, так і дозвілєвого плану. Зникає дух колективізму, що позначається на свідомості молодих людей, їх здатності до роботи в колективі на благо суспільства.

У нашому суспільстві існує так званий парадокс. Кількість студентів, що одночасно працюють і навчаються збільшується з кожним роком, а от цінність праці як такої знижується. Це пояснюється тим, що у молоді користується попитом робота, що приносить значний матеріальний достаток. Щоб якось компенсувати втрату задоволеності від улюбленої професійної справи, молоді люди шукають веселощів, які пропонує сучасна індустрія розваг (нічні клуби, дискотеки, розважальні шоу тощо). Цінність праці, особливо фізичної, підмінюється розважальними цінностями, що істотно впливає на моральну свідомість молодого людини.

Поряд з існуючим у свідомості молодого покоління ціннісним ставленням до вищої освіти, спостерігається падіння престижу наукової діяльності. Очевидно, студентська молодь вже навчаючись у вищій школі, спрямовує свої зусилля на більш швидке збагачення по закінченню ВНЗ, а наукова діяльність поки що в нашому суспільстві швидкого матеріального забезпечення людині не приносить.

Щодо участі в суспільному житті, то й в цьому напрямі теж відбуваються зміни. На першому курсі великого значення громадській роботі надають 21% студентів, а на четвертому – лише 8,4%. Майже половина четвертокурсників не мають жодного доручення, а ті хто мають, з зацікавленням і захопленням їх виконують лише 4,2% студентів [7]. Небажання студентської молоді приймати участь у житті свого

навчального закладу, в громадських справах пояснюється такою статистикою: кожний четвертий студент України прагне назавжди покинути свою країну [5].

Поряд з виявленням важливості вищої освіти для сучасної молоді проявляється й падіння престижу такої цінності як робота. На вищі місця в шкалі ціннісних орієнтацій підіймаються такі цінності як «заробіток» і «службова кар'єра». Це ще раз підтверджує той факт, що робота стала для молодого покоління більшою мірою джерелом заробітку, а не джерелом розвитку, вдосконалення та творчої реалізації. У молоді домінуючими рисами характеру стають заздрість, егоїстичність, корисливість, прагматизм.

Щодо художньо-естетичної орієнтації української студентської молоді, то спостерігається зниження уваги до мистецтва. Читання художньої літератури не є культом серед студентів, а якщо й читають, то в основному це такий жанр як фантастика та детективи. Такі форми дозвілля як відвідування театру, прослуховування класичної музики, участь у художній самодіяльності втратили свою цінність і актуальність у сучасній молоді. Молоді люди майже не читають суспільно-політичну літературу, інформація стосовно суспільних проблем надходить до свідомості людини вже в облегшеному вигляді з екранів телебачення. Такий домінуючий інформативний канал не дає можливість розмірковувати молодій людині та робити власні висновки. Молодь «поступово втрачає смак до «повільного» читання й здатність проникати в ту «діалектику душі», яка була відмітною рисою класичної літератури» [1].

Щодо культурних цінностей, то й вони втрачають минулу значимість для молодого покоління. Культура споживання витісняє класичну культуру. Духовний світ молоді формується під впливом ЗМІ: для 1/3 молодих людей перегляд телевізора став у житті основною розвагою. До того ж проявляється інтерес не до культурних передач, а до сцен жорстокості, насилля та сексу. «Тільки кожний: 6-й займається спортом, 10-й у вільний час відвідує студії, кружки, кожний 16-й займається самоосвітою, проте переважна більшість відпочивають у колі друзів чи біля телевізора. В результаті такого підходу відбувається тотальне викорінення із культурного обігу цілого пласту культури, мистецтва, науки. Народна культура (традиції, звичаї, обряди, фольклор) сприймається більшою частиною молодих як анахронізм (непотрібний пережиток)» [3, с. 29].

На свідомість сучасної української молоді впливають й ті зміни, що відбуваються в системі вищої освіти. Згідно зі статистичними даними щороку відбувається збільшення кількості вищих навчальних закладів та їх абітурієнтів. Вища освіта перестала бути елітною, вона стала масовою. Так, наприклад, у 1996 році в Україні навчалось 922,8 тисяч студентів у вищих навчальних закладах III і IV рівня акредитації, а у 2008-2009 навчальному році в Україні вже навчається 3163205 юнаків і дівчат.

Навчальні заклади I-II рівнів акредитації не користуються у молоді таким попитом, там відбувається зниження кількості абітурієнтів. За зазначені роки їх кількість зменшилась майже вдвічі [11]. У такій ситуації ми не маємо фахівців високої кваліфікації з вищою та середньою освітою й добре підготовлених фахівців з початковою освітою. Престижність робочих професій настільки знизилась, що в нашій країні спостерігається дефіцит висококваліфікованих токарів, теслярів, металургів, слюсарів тощо.

Слід відмити, що один з важливих показників рівня розвитку країни є інвестиції в освіту. На жаль, в Україні фінансова підтримка державою вищих навчальних закладів складає у порівнянні з розвинутими країнами Європи катастрофічно малу цифру. Так, наприклад, у ФРН в 2008 році на освіту було виділено 142,9 млрд. євро, а в Україні – 11,31 млрд. гривень, що майже в 89 разів менше. [9].

Значну роль у формуванні в студентів ВНЗ моральної свідомості відіграє особистість педагога, його культурний рівень і педагогічна майстерність. Тільки моральна свідомість може сформувати моральну свідомість. В структурі моральної свідомості присутній емоційний компонент, що містить у собі моральні почуття: любов, сором, провину, вдячність, обов'язок, справедливість, гідність, совість, відповідальність. Наявність таких почуттів у педагога вищої школи, безперечно, позитивно впливає на процес формування в студентській молоді моральної свідомості. Придання навчально-виховному процесу емоційно забарвленого фону сприяє формуванню в студентів прекрасних почуттів.

Любов педагога вищої школи до своїх вихованців є тією основою на якій базуються їх взаємостосунки, вона є основою виховання. Без цього почуття неможливо побудувати взаємодовірі стосунки, спільне співробітництво та траєкторію професійно-особистісного розвитку студента. Любов до вихованців проявляється у визнанні цінності людини, її позитивних якостей, увазі до її життєвих проблем і співчутті.

Завдяки сформованій системі моральній цінностей, педагог спрямовує свою професійну діяльність, розглядає та вирішує професійні задачі на основі своїх моральних переконань і принципів.

На сьогодні роль викладача вищої школи зміщується з позиції транслятора навчальної інформації до позиції режисера, менеджера, фасилітатора, психотерапевта. Виконання зазначених ролей вимагає від педагога вищої школи не тільки високого рівня знань зі своєї дисципліни, а й знання з педагогіки, психології, соціології тощо. Він має слідувати за розвитком зазначених наук, знайомитися з інноваціями, що пропонують науковці цих галузей, опановувати новітніми психолого-педагогічними технологіями та вміло впроваджувати їх у педагогічну діяльність.

Впровадження у вищу освіту положень Болонського процесу ставить перед викладачами нові завдання: допомогти адаптуватися до нових умов на-

вчання, створити сприятливі умови для самоосвіти та саморозвитку. Впровадження в практику вищої школи кредитно-модульної системи передбачає відведення на самостійну роботу студента більше половини часу, що призначено на вивчення тієї чи іншої дисципліни. В таких умовах, дійсно змінюється місія викладача, йому потрібно організувати навчально-виховний процес так, щоб якість результатів не була нижче попередніх років. Це дуже складна ситуація, бо вимагає від педагога вищої школи високого рівня організаторських здібностей.

Ще однією проблемою, з якою зіштовхується вища школа, і яка впливає на ефективність процесу формування моральної свідомості, є низький рівень освоєння викладачами новітніх педагогічних технологій навчання та виховання. Кожні 5 років відбувається навчання викладачів на курсах підвищення кваліфікації. Однак, частіше це відбувається в тому з самому навчальному закладі, в якому працює викладач і силами своїх колег. Сучасний педагог вищої школи не має можливостей прослуховувати лекції відомих педагогів і психологів як України, так і зарубіжжя, що було звичайним явищем у радянські часи. Ускладнюється і процес реальної участі українських науково-педагогічних кадрів у конференціях міжнародного масштабу. У кожного педагогічного працівника є цікаві власні розробки в напрямі підвищення ефективності навчально-виховного процесу, однак, обмінятися досвідом зі своїми зарубіжними колегами, в більшості випадків, вдається в основному через публікацію наукових статей.

Великого значення в освітньому просторі вищої школи набувають інформаційно-телекомунікаційні технології, застосування яких сприятиме підвищенню якості навчальних занять, ефективній організації спільної діяльності викладача та студента, якісної організації підготовки до занять як педагогів, так і студентів.

Професійно-освітній компонент забезпечує включення студентів у різноманітні професійні проекти, створення та реалізацію індивідуальних планів з професійного та особистісного зростання.

Міжособистісне ділове спілкування як компонент культурно-освітнього середовища вищої школи забезпечує формування у майбутніх фахівців навичок спілкування на основі взаєморозуміння та взаємодії партнерів, можливостей обміном інформацією та емпатійного ставлення один до одного.

Професійно-творчий компонент забезпечує розвиток креативного мислення у студентів ВНЗ, професійної культури та творчої самореалізації.

Висновки. На підставі проведеного аналізу літератури та дослідження ми можемо представити наступний портрет сучасного українського студентства:

більша частина сучасної молоді орієнтується на західний образ життя, їх цінності, що культивують, перш за все, задоволення власних потреб. Такі якості як раціоналізм, прагматизм, свобода, незалежність, упевненість, мобільність відтіснили на другий

план моральні якості: доброту, відповідальність, милосердя, порядність, чесність тощо;

відбувається переорієнтація з колективних на індивідуальні цінності. Матеріальні цінності преважують над духовними. Молодь прагне до швидкого збагачення, стабільного матеріального достатку;

втрачає значення така цінність як «праця», молодь бажає досягти успіху в житті, але не завжди засобом досягнення цього успіху вважає відповідальну працю, в пошані такий лозунг як «успіх за всяку ціну»;

цінність вищої освіти не втратила свого значення, однак отримання професійних знань розглядається як засіб задоволення власних матеріальних потреб, а не шлях до розвитку та творчої реалізації;

сім'я як соціальний інститут й одна з важливіших цінностей в житті людини теж не втратила свого значення, однак ті зміни (дошлюбні стосунки, виникнення й пропаганда нетрадиційних видів шлюбу тощо), що відбуваються в реальному житті ніяк не сприяють збереженню сім'ї як соціального інституту;

відмічається тенденція зниження уваги молоді до громадського життя та політики;

відбувається зниження уваги до естетичних цінностей, класична культура витісняється масовою;

зазнає змін національна свідомість студентської молоді, більше половини не бачать своєї соціальної перспективи в Україні.

Однак, поряд з такими негативними тенденціями, вчені відмічають, що сучасна молодь має великий потенціал, вона ще не втратила здатності розмірковувати та приймати рішення, самостійно вирішувати складні завдання. Більшість учених висловлює надію на те, що внутрішній світ студентської молоді, її моральну свідомість можливо духовно збагатити за умов створення системи морального виховання на державному рівні, залученню молоді до суспільного життя країни, розвитку її творчого потенціалу та створення сприятливих умов реалізації як у період навчання у ВНЗ, так і в продовж становлення як професіонала.

Л і т е р а т у р а

1. Андреев А. Л. Культурное пространство студента / А. Л. Андреев // Педагогика. – 2003. – № 10. – С. 55–65.
2. Гончар Н. Ціннісна свідомість українського студентства [Електронний ресурс] / Н. Гончар. – Режим доступу: <http://www.ji.lviv.ua/n38texts/honchar-nat.htm>.
3. Драч С. В. Ціннісні орієнтації студентської молоді українського суспільства: сутність та динаміка / С. В. Драч // Збірник наукових праць Хмельницького інституту соціальних технологій Університету „Україна”. – № 2. – 2010. – С. 26–30.
4. Ісаєнков О. О. Соціальний портрет сучасного студента / О. О. Ісаєнков, К. О. Ісаєнков // Філософсько-педагогічні аспекти формування свідомості технічної інтелігенції Матеріали міжвузівської науково-практичної конференції (14 березня 2013 рік) – Кrasnoarmijsk: КІІ ДонНТУ, 2013. – С. 129–131.

5. Кіпень В. Українське студентство: на що орієнтуємося і що цінуємо? / В. Кіпень // Управління освітою. – 2001. – № 22. – С. 10.
6. Лисовский В. Т. Динамика социальных изменений: опыт сравнительных социологических исследований российской молодежи / В. Т. Лисовский // Социологические науки. – 1998. – №5. – С. 98–104.
7. Мальцева О. В. Особливості освітньої діяльності в умовах карнавалізації соціокультурного простору / О. В. Мальцева // Філософсько-педагогічні аспекти формування свідомості технічної інтелігенції: Матеріали міжвузівської науково-практичної конференції (10 березня 2011 рік). – Кrasnoarmijsk, КІІ ДонНТУ, 2013. – С. 58–65.
8. Молодиченко В. В. Ціннісний контекст духовного світу сучасної студентської молоді / В. В. Молодиченко // Мультиверсум. Філософський альманах. – 2009. – Вип. 80. – С. 207–217.
9. Сучасні проблеми вищої освіти України в контексті інтеграції до європейського освітнього простору: матеріали науково-методичної конференції, м. Суми, 6–7 жовтня 2010 р. / за ред. О. В. Прокопенко. – Суми: Сумський державний університет, 2010. – 196 с.
10. Філіповський В. Сучасний студент: особистість чи деградуєчий елемент? [Електронний ресурс] / В. Філіповський. – Режим доступу <http://h.ua/story/277234/>.
11. Чопей В. С. Місце і роль соціології у вивченні стану та перспектив розвитку сучасної студентської молоді / В. С. Чопей // Гілея: науковий Вісник. – Вип. № 28. – 2009. – С. 343–351.

References

1. Andreev A.L. Kul'turnoe prostranstvo studenta / A.L. Andreev // Pedagogika. – 2003. – № 10. – S. 55–65.
2. Gonchar N. Cinnisna svidomist' ukrains'kogo studentstva [Elektronnij resurs] / N. Gonchar. – Rezhim dostupu: <http://www.ji.lviv.ua/n38texts/honchar-nat.htm>.
3. Drach S.V. Cinnisni orientacii students'koï molodi ukrains'kogo suspil'stva: sutnist' ta dinamika / S.V. Drach // Zbirnik naukovih prac' Hmel'nic'kogo institutu social'nih tehnologij Universitetu „Ukraïna”. – № 2. – 2010. – S. 26–30.
4. Isaenkov O.O. Social'nij portret suchasnogo studenta / O.O. Isaenkov, K.O. Isaenkov // Filosofo'ko-pedagogichni aspekti formuvannja svidomosti tehnicnoï inteligencii Materiali mizhvuzivs'koï naukovoprakticnoï konferencii (14 bereznja 2013 rik) – Krasnoarmijsk: KII DonNTU, 2013. – S. 129–131.
5. Kipen' V. Ukraïns'ke studentstvo: na shho orientuemosja i shho cinuemo? / V. Kipeč' // Upravlinnja osvitoju. – 2001. – № 22. – S. 10.
6. Lisovskij V.T. Dinamika social'nyh izmenenij: opyt sravnitel'nyh sociologicheskikh issledovanij rossijskoj molodezhi / V.T. Lisovskij // Sociologicheskie nauki. – 1998. – №5. – S. 98–104.
7. Mal'ceva O.V. Osoblivosti osvitm'oï dijalnosti v umovah karnavalizacii sociokul'turnogo prostoru / O.V. Mal'ceva // Filosofo'ko-pedagogichni aspekti formuvannja svidomosti tehnicnoï inteligencii: Materiali mizhvuzivs'koï naukovoprakticnoï konferencii (10 bereznja 2011 rik). – Krasnoarmijsk, KII DonNTU, 2013. – S. 58–65.
8. Molodichenko V.V. Cinnisnij kontekst duhovnogo svitu suchasnoï students'koï molodi / V. V. Molodichenko // Mul'tiversum. Filosofo'kij al'manah. – 2009. – Vip. 80. – S. 207–217.

9. Suchasni problemi vishhoї osviti Ukraїni v konteksti integracїi do evropejs'kogo osvıtn'ogo prostoru: materiali naukovo-metodichnoї konferencїi, m. Sumi, 6–7 zhovtnja 2010 r. / za red. O. V. Prokopenko. – Sumi: Sums'kij derzhavnij universitet, 2010. – 196 s.
10. Filipov'skij V. Suchasnij student: osobistist' chi degradujuchij element? [Elektronnyj resurs] / V. Filipov'skij. – Rezhim dostupa <http://h.ua/story/277234/>.
11. Chopej V. S. Misce i rol' sociologії u vivchenni stanu ta perspektiv rozvitku suchasnoї students'koї molodi / V.S. Chopej // Gileja: naukovij Visnik. – Vip. № 28. – 2009. – S. 343–351.

Крохмалева Е.Г. Социокультурный портрет современного студенчества.

В статье рассмотрены и проанализированы работы ученых по исследованию социокультурного портрета современного студенчества и проблем формирования нравственной культуры личности. Поставлена общая задача нравственного воспитания. Обращено внимание на ведущие тенденции современной мировой педагогической науки, которые связаны с формированием ценностного сознания у подрастающих поколений. Приведены результаты исследования проблем, касающихся воспитания духовно-нравственных ценностных ориентаций личности, духовных ценностей как основы ценностного нравственного сознания студенческой молодежи.

Ключевые слова: моральное сознание, современный студент, духовная культура общества, нравственные

идеалы, ценностные ориентации, высшее образование, культурные ценности.

Krohmaleva E.G., Savchenko I.V. Sociocultural portrait of modern students.

The article describes and analyzes the work of scientists on the study of socio-cultural portrait of the modern student and problems the formation of moral culture of personality. The overall task of moral education posed. Attention to leading the trends of the modern world pedagogical science associated with the formation the value consciousness of future generations was focused. Attention to the role on Higher school of information and telecommunication technologies which will improve the quality of training sessions, efficient organization of joint activity of teacher and student, quality of organization training sessions teachers and students is drawn. The results of the study of problems associated with the education of spiritual and moral value orientations of the personality and spiritual values as the basis of the moral consciousness of the young students are shown.

Keywords: moral consciousness, modern student, spiritual culture of society, moral ideals, value orientations, higher education, cultural values.

Крохмальова Олена Георгіївна, к.пед.н., доцент кафедри промислового транспорту АФГТ ЧНУ ім. В. Даля, м. Антрацит, Україна, e-mail: lenochka_kroha@mail.ru.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.

Стаття подана 28.02.2014

УДК 621.09

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ СТАНОЧНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ НА СКРЕЩИВАЮЩИХСЯ ВАЛАХ**Кузьменко Н.Н.****MODERN STATE OF THE MACHINE-TOOL GEARING ON CROSSING BILLOWS****Kuzmenko N.**

Рассмотрены способы изготовления зубчатых передач на скрещающихся валах. Проведен анализ существующих методов изготовления зубьев глобоидных зубчатых колес. Такие передачи имеют несущую способность больше, чем обычные червячные передачи с цилиндрическим червяком. Они имеют очень большие передаточные отношения, в которых реализован линейный характер касания. Но есть большое количество машин и механизмов, где применяются зубчатые передачи на скрещающихся валах с малыми передаточными отношениями, у них реализован точечный характер касания. Предложен метод повышения точности изготовления зубьев для глобоидной зубчатой передачи при небольшом передаточном отношении ($u \leq 8$) и линейным контактом касания заменой глобоидного колеса на квазиглобоидное колесо, а глобоидного червяка на квазиглобоидный червяк.

Ключевые слова: квазиглобоидное зубчатое колесо, инструментальное колесо, зубчатая передача, передаточное отношение.

Постановка проблемы. Любое техническое решение характеризуется некоторыми предельно достижимыми показателями его работоспособности. Реализуются они не сразу, а по мере последовательного усовершенствования, установления выявленных недостатков технического решения. Происходит эволюционное, т. е. осуществляемое постепенно, развитие технической идеи. Причем чем ближе достигнутые показатели к некоторым предельно достижимым, тем все больше требуется затрат и усилий, хотя показатели работоспособности, т. е. достигаемые результаты, повышаются все меньше. Такая общая диалектическая картина развития свидетельствует о том, что данное техническое решение достигло своего предельного состояния и что дальнейшие количественные изменения экономически нецелесообразны; необходимо внесение качественных, т. е. принципиально новых, изменений, позволяющих осуществить скачок в показателях работоспособности относительно ранее достигнутых.

Анализ последних исследований и публикаций. Первое описание глобоидной червячной передачи было в работе проф. М. Н. Берлова [1]. Исследования и описание зацепления классической глобоидной червячной передачи содержатся в работах Я. И. Дикера, П. С. Зака, Н. И. Колчина, Л. И. Сагина, В. А. Шишкова и др. Наиболее полное, с учетом более ранних исследований, описание этого вида зацепления глобоидной червячной передачи приводится в книгах П. С. Зака [3] и Ф. Л. Литвина [6]. Исследования глобоидной передачи с исходным цилиндрическим колесом выполнил В. А. Павлов, они повторяют в основных чертах исследования, ранее выполненные в ФРГ. Исследования глобоидной передачи с прямозубым цилиндрическим колесом, имеющим плоские рабочие поверхности зубьев, выполнены С. Н. Шахотиным и В. Н. Щербаковым.

Цель. Перед исследователями стоит задача при малом передаточном отношении заменить глобоидный червяк в глобоидной передаче на квазиглобоидный червяк или квазиглобоидное колесо, получив, при этом линейный контакт.

Результаты исследований. Общим случаем зубчатой передачи между скрещающимися валами является гиперболоидная передача (рис.1), состоящая из двух гиперболоидных колес, начальные поверхности которых образованы вращением их общей прямолинейной касательной относительно скрещающихся в пространстве осей колес.



Рис. 1. Гиперболоидная зубчатая передача

Зубья таких колес между собой имеют линейный контакт. Однако в настоящее время в промышленности всего мира не удается осуществить изготовление зубьев на однополостных гиперболоидах. Поэтому гиперболоидные передачи в чистом виде вследствие отсутствия метода изготовления зубьев на однополостных гиперболоидах не применяются. Поэтому практически приходится использовать лишь приближенные модификации гиперболоидных передач:

а) станочные винтовые зубчатые передачи, получающиеся в горловине гиперболоидов, поверхности которых приближенно заменяют цилиндрические поверхности. В этом случае получается ярко выраженный точечный характер касания, приводящий к высоким контактным напряжениям, что при значительных нагрузках и неизбежном скольжении приводит к интенсивному износу и заеданию рабочих поверхностей зубьев. Поэтому винтовые зубчатые передачи малоприменимы в качестве силовых, но конструктивно очень удобны как кинематические передачи в приборах, распределительных механизмах, устройствах автоматики. Линейный контакт зубьев в винтовой зубчатой передаче можно обеспечить лишь в том случае, когда одно цилиндрическое колесо пары заменить на рейку или червяк, когда передаточное число будет в пределах $u \geq 10$ т. е. получить зубчато-реечную или зубчато-червячную, получившую название червячной передачи.

б) гипоидные зубчатые передачи (рис. 2), получающиеся в результате замены гиперболоидных поверхностей, удаленных от горловин, коническими. В результате получают точечный характер касания, что приводит к недостаточной прочности передачи. Для получения у таких передач линейного контакта приходится прибегать к непростым специальным приемам нарезания зубьев.

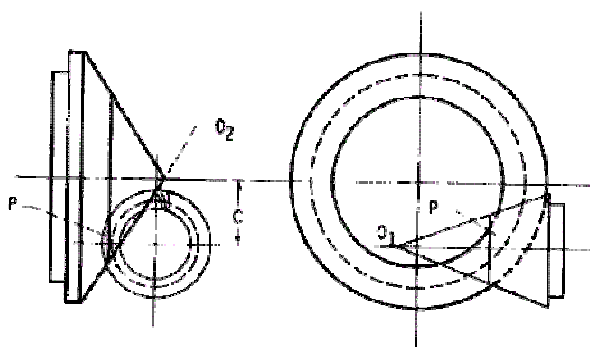


Рис. 2. Гипоидная зубчатая передача

в) глобоидные червячные передачи (рис. 3) с глобоидным червяком имеют несущую способность больше, чем обычные червячные передачи с цилиндрическим червяком. При этом передаточное число должно быть в пределах $u \geq 10$.

Первым побудительным мотивом применения глобоидных передач были недостатки цилиндрических червячных передач: применение глобоидных червяков отвечало новому качеству – значительно

увеличенному коэффициенту перекрытия и повышению несущей способности.

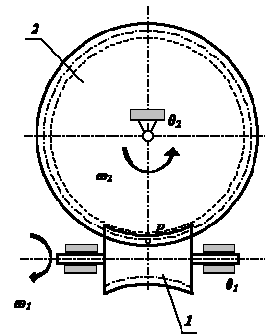


Рис. 3. Глобоидная зубчатая передача

Одновременно со значительно увеличенным коэффициентом перекрытия было установлено особое, отличное от цилиндрических червячных передач, расположение контактных линий между зацепляющимися поверхностями глобоидной передачи: по направлению от основания к вершине зуба, создающее более благоприятные условия для возникновения устойчивой смазочной пленки и для отвода тепла.

Эти два качества зацепления, отвечающие новым потребностям развития техники, способствовали интенсивному исследованию и внедрению в промышленное производство глобоидных червячных передач.

Поскольку на первом этапе применения глобоидных червячных передач основным методом воспроизведения винтовой поверхности являлся резец, глобоидный червяк был образован резцом с наиболее простой его формой – прямолинейной режущей кромкой (рис. 4)

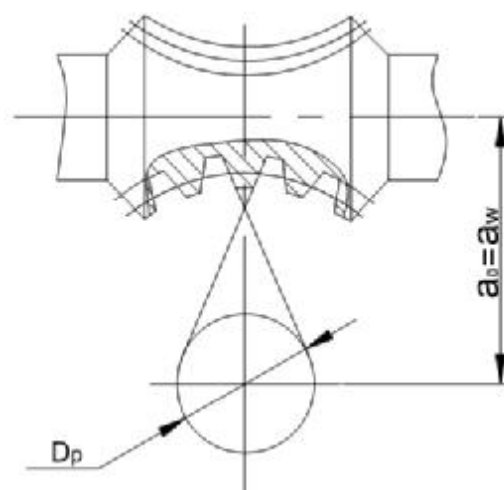


Рис. 4. Схема образования классического глобоидного червяка

D_p – диаметр окружности.

Данный вид глобоидной червячной передачи называют классической или глобоидной червячной

передачей Кона, а по терминологии ГОСТ 18498-89 – базовой глобоидной червячной передачей.

Зацепление поверхностей классической глобоидной червячной передачи, наряду с ее преимуществами (повышенный коэффициент перекрытия и благоприятное расположение линий контакта), характеризуется недостатками. Контактное взаимодействие витка червяка с зубом колеса происходит по линии перелома. Кроме этого постоянного контакта осуществляется еще периодический контакт входного ребра витка (первой кромки) с подрезной поверхностью зуба колеса. Подробное описание этих особенностей контактирования классической глобоидной червячной передачи дано в книге П. С. Зака [3].

Контактирование поверхностей классической глобоидной червячной передачи по линии перелома зуба и режущее действие входной кромки витка глобоидного червяка не допускают передачи больших нагрузок, приводят к интенсивному нагреву и износу классической глобоидной передачи.

Для устранения этих недостатков поверхности классической глобоидной червячной передачи модифицируют.

Для этого технического решения, червяк нарезают за два прохода.

Первый проход по технологии нарезания витка классического червяка (рис. 4): резец устанавливают в средней осевой плоскости червяка и вращают вокруг оси колеса при межосевом расстоянии передачи $a_0 = a_w$, при этом заготовка червяка и резец вращаются с тем же передаточным отношением, что и у глобоидной передачи, то есть $u_0 = u_{21}$.

Второй проход осуществляют тем же резцом, подвинутым радиально на небольшую величину Da в направлении межосевого расстояния (рис.5) $a_0 = a_w + Da$. Происходит дополнительное срезание материала тела витка – преимущественно на участках, удаленных от середины червяка; рабочие стороны витка модифицируются по шагу. Зубья колеса нарезают фрезой, обработанной точно также, как и червяк.

Идентичность поверхностей червяка и производящей поверхности фрезы не гарантирует непосредственно благоприятных условий зацепления, для достижения которых требуется тщательная обработка глобоидной передачи под нагрузкой.

Зубья колеса передачи Лоренца нарезаются двумя резцами (рис.6). Нарезание осуществляют при постепенном уменьшении станочного межосевого расстояния до его значения $a_0 = a_w$ и станочном передаточном отношении $u_0 = u_{21}$.

Витки червяка нарезаются резцом с прямолинейной режущей кромкой. Модифицирующие поверхность витка движение резца выполняют посредством специального устройства, содержащего дуговой сегмент и две стальные ленты, скатывающиеся по этому сегменту и соединенные с резцом.

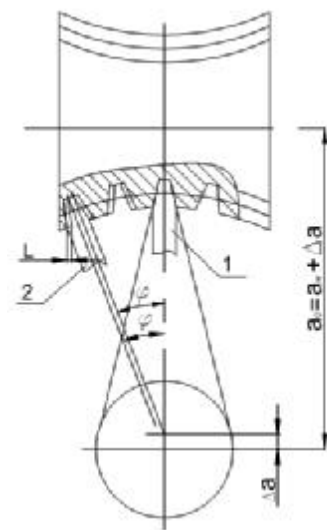


Рис. 5. Схема модификации поверхности витка в глобоидной передаче Хинделя

1 – положение резца в средней торцевой плоскости червяка, при котором поверхность витка не модифицируется; 2 – положение резца, при котором рабочая поверхность витка модифицируется; L – глубина модификации витка

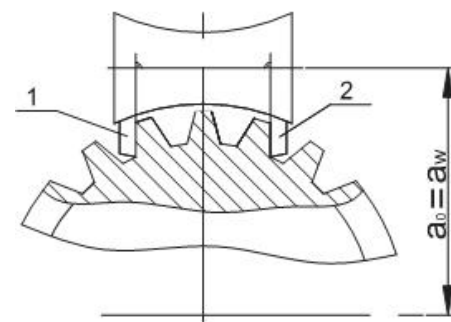


Рис. 6. Схема нарезания зубьев колеса передачи Лоренца двумя односторонними резцами

1, 2 – односторонние резцы; a_w – межосевое расстояние глобоидной передачи; a_0 – межосевое станочное расстояние

Способ нарезания зубьев по методу Лоренца разработан в Германии (патент № 114211, кл. 49 d – 6). По данным, приведенным в книге проф. Берлова [1], обобщающей, в частности, результаты зарубежных исследователей по глобоидным передачам, теоретически правильного зацепления глобоидной передачи при нарезании зубьев колеса по методу Лоренца получить нельзя; условия зацепления такой передачи менее совершенны, чем при цилиндрических червяках, а испытания, выполненные Моогом, показали примерно такие же результаты, как и для червячной передачи.

К такому же выводу – о нецелесообразности применения метода нарезания зубьев колеса двумя боковыми резцами несколько позже пришел В. Л. Журавлев [2].

На рис. 1.6 показана схема глобоидной передачи, разработанной в США [7]. Особенность этой передачи состоит в том, что она составлена из глобоидного червяка и обычного цилиндрического колеса. Ее основные технологические преимущества таковы:

1. Для изготовления передачи не требуется глобоидная фреза;
2. Как червяк, так и колесо могут быть нарезаны более точно, чем глобоидные передачи других видов;
3. Передача нечувствительна к ошибкам осевого положения колеса, поэтому ее сборка более легка и точна чем сборка других видов глобоидных передач;
4. Передача характеризуется повышенным коэффициентом перекрытия, что в сочетании с повышенной ее точностью обеспечивает меньшие, чем у других видов глобоидных передач, удельные нагрузки на каждый зуб;

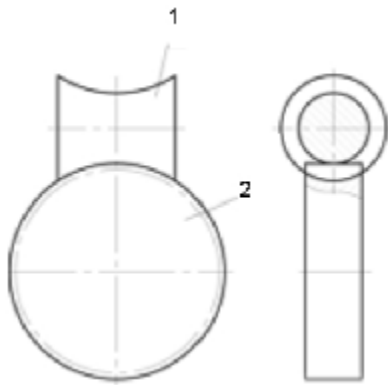


Рис. 7. Схема глобоидной передачи с цилиндрическим колесом
1 – червяк; 2 – цилиндрическое колесо

Колесо передачи изготавливается по технологии нарезания обычных цилиндрических колес, а червяк нарезается долбяком, воспроизводящим в его относительном движении производящую поверхность цилиндрического колеса [8].

Идея глобоидной червячной передачи с исходным цилиндрическим колесом оказалась весьма плодотворной для ее дальнейшего усовершенствования. Последовательные усовершенствования, разработанные в США, в ФРГ, во Франции, в Японии способствовали обеспечению устойчивого эксплуатационного превосходства глобоидной передачи с исходным производящим цилиндрическим колесом по сравнению с другими видами глобоидных передач.

Например, сравнение данных, приведенных в каталоге фирмы Pektun, с данными для модифицированных глобоидных передач, ранее производимых в Советском Союзе, свидетельствует о том, что применение глобоидной передачи с исходным цилиндрическим колесом обеспечивает передаваемый момент, в среднем, в три раза более высокий, чем

предельный момент, передаваемый модифицированной глобоидной передачей.

Выводы. Глобоидные червячные передачи с глобоидным червяком имеют несущую способность больше, чем обычные червячные передачи с цилиндрическим червяком. Они имеют очень большие передаточные отношения, в которых реализован линейный характер касания и находят широкое применение в различных силовых машинах.

Но есть большое количество машин и механизмов, где применяются зубчатые передачи на скрещивающихся валах с малыми передаточными отношениями. Они, к сожалению, имеют точечный характер касания. Реализация линейного контакта и высокая нагрузочная способность в таких передачах может быть достигнута только при замене глобоидного колеса на квазиглобоидное колесо, а глобоидный червяк на квазиглобоидный червяк.

Л и т е р а т у р а

1. Берлов М. Н. Детали машин. Вып. 5 Зубчатые колеса. Часть II. Передачи между скрещивающимися валами. Передачи гиперболическими и винтовыми колесами. Червячные передачи. – 3-е доп. изд. – М.: Гос. тех. изд-во, 1999. – 121 с.
2. Журавлев В. Л. Технология изготовления глобоидных передач. – М.: Машиностроение, 1995.
3. Зак П. С. Глобоидная передача. – М.: Mashgiz, 1992. – 256 с.
4. Кириченко И.А. Гиперболическая зубчатая передача, полученная цилиндрической производящей поверхностью: 3б. научных праць.- Краматорськ: Вид-цтво ДДМА, вип.№11, 2001.- С.129-133.
5. Кириченко И.А., Витренко В.А., Витренко А.В. Зубчатые передачи на скрещивающихся валах // Международный сборник научных трудов "Прогрессивные технологии и системы машиностроения". – Донецк: ДГТУ.- 2002.-Выпуск №19.- С. 83-88.
6. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука, 1998. – 584 с.
7. Патент № 1.980.237, кл. 74-427, автор Nikola Trobojevich.
8. Патент США № 1.972.544, кл. 90-4.
9. Патент 1819196. В.А. Витренко. Способ изготовления гиперболических зубчатых колес

R e f e r e n c e s

1. Berlov M.N. Machine parts. MY. 5 Gears. Part II. Transfer between crossing my-Contracting shafts. Transmission and screw hyperboloidal wheels. Worm gear. - 3rd ext. ed. - Moscow, 1999. - 121.
2. Zhuravlev V.L. Technology of globo-idnyh gear. - M.: Mechanical Engineering, 1995.
3. Zak P.S. Globoid gear. - M.: Mashgiz, 1992. – 256
4. Kirichenko I. A. Hyperboloid gear transmiss-ion obtained producing cylindrical surface: SC. scientific works. - Crum-torsk: Type-tstvo DDMA, VIP. № 11, 2001. - P.129-133.
5. Kirichenko I.A., Vitrenko V. A., Vitrenko A.V., Gears on the shafts of mating // International collection of scientific papers "of progressive technologies and systems engineering industry." - Donetsk: DSTU. - 2002.- № 19. - P. 83-88.
6. Litvin F. L. Theory of gearing. - Moscow: Nauka, 1998. - 584 p.

7. Patent № 1.980.237, Cl. 74-427, author of Nikola Trobojevich
8. U.S. Patent № 1.972.544, Cl. 90-4.
9. Patent 1819196. V.A. Vitrenko. Way fabrication of hyperboloid gears

Кузьменко Н.М. Сучасний стан проблеми верстатних зубчастих передач на перехресних валах

Розглянуто способи виготовлення зубчастих передач на перехресних валах. Проведено аналіз існуючих методів виготовлення зубів глобоїдних зубчастих коліс. Такі передачі мають здатність, що несе, більше, ніж звичайні черв'ячні передачі з циліндричним черв'яком. Вони мають дуже великі передатні відношення, в яких реалізований лінійний характер торкання. Але є велика кількість машин і механізмів, де застосовуються зубчасті передачі на валах, що схреціються, з малими передатними стосунками, у них реалізований точковий характер торкання. В результаті їх виготовити неможливо. Запропоновано метод підвищення точності виготовлення зубів для глобоїдної зубчастої передачі при невеликому передавальному відношенні ($u \leq 8$) і лінійним контактом торкання заміною глобоїдного колеса на квазіглобоїдне колесо, а глобоїдного черв'яка на квазіглобоїдний черв'як.

Ключові слова: квазіглобоїдне зубчасте колесо, інструментальне колесо, зубчаста передача, передавальне відношення.

Kuzmenko N. Modern state of the machine-tool gearing on crossing billows.

The methods of making of gearing are considered on crossing billows. The analysis of existent methods of making of points of globoid gear-wheels is conducted. Such transmissions have bearing strength more than ordinary worm-gears with a cylindrical worm. They have very large transmission relations linear character of touch is realized in that. But there is plenty of machines and mechanisms, where gearing are used on crossing billows with small transmission relations, for them point character of touch is realized. As a result of them making is impossible. The method of increase of exactness of making of points offers for the globoid gearing at a small transmission relation ($u \leq 8$) and by the linear contact of touch replacement of globoid wheel on an almost globoid wheel, and hour-glass worm on almost hour-glass worm. Estimation of precision of globoid teeth wheels treatment by the suggested method of shape formation has been investigated in comparison with existing shape formation schemes.

Keywords: globoid gear-wheel, instrumental wheel, gearing, transmission relation

Кузьменко Н.М. – к.т.н., доцент кафедри метрології, ЧНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.03.2014

УДК 667.64.021.(031)

**АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ
ОКРАШЕННЫХ ЛОКОМОТИВОВ****Кущенко А.В., Капустин Д.А.****ANALYTICAL STUDY OF HEAT TRANSFER DURING DRYING COLOURED
LOCOMOTIVES****Kushchenko A.V., Kapustin D.A.**

Представлены постановка задачи, вывод и результаты решения нестационарных дифференциальных уравнений, описывающих процессы теплообмена, связанные с высыханием растворителя лакокрасочного покрытия, нанесенного на тонколистовые детали продукции транспортного машиностроения. Представлены результаты аналитических исследований процесса испарения растворителя краски при ее высыхании на окрашенных поверхностях транспортных средств. Показан вывод уравнений и результирующие расчетные соотношения, позволяющие определять тепловую мощность, которую целесообразно подводить к осушаемой поверхности в текущий момент времени, что необходимо для получения качественного лакокрасочного покрытия. Полученные зависимости рекомендуется использовать для алгоритмизации интенсивности теплоподдачи к осушаемым поверхностям.

Ключевые слова: транспортное средство, окраска поверхностей, растворитель, сушка, энергопотребление, продолжительность, нестационарный режим.

Постановка проблемы. Процесс нанесения лакокрасочных покрытий на наружные поверхности транспортных средств длится минуты, но сушка происходит очень медленно. Естественная сушка продолжается больше суток, конвективная — несколько часов. Такая производительность затрудняет организацию поточного производства. Поэтому ускоренная сушка лакокрасочных покрытий приобретает очень большое значение.

Анализ последних исследований и публикаций. Существующие методы расчета [1,2] сушильных камер характеризуются следующими недостатками: не учтен нестационарный характер процесса высыхания лакокрасочного покрытия, что снижает достоверность расчета, а также не учтен нестационарный характер потребной текущей мощности для конкретного момента времени процесса сушки, что необходимо для исключения пересушивания лакокрасочного покрытия и рационального снижения энергозатрат на осушение.

Целью статьи является получение аналитических расчетных зависимостей для расчета продолжительности процесса сушки лакокрасочных покрытий с учетом его нестационарности.

Материалы и результаты исследований. Плотность теплового потока, расходуемого на испарение растворителя, на теплообмен между подложкой и корпусом автомобиля, а также на конвективный теплообмен с воздухом сушильной камеры, должна быть равна плотности поступающего к осушаемой поверхности теплового потока.

$$q_{\text{лчп}} = q_{\text{црк}} + q_{\text{мн}} + q_{\text{к}}, \quad (1)$$

где $q_{\text{црк}}$ — удельная плотность теплового потока, расходуемого на испарение растворителя лакокрасочного покрытия, Вт/м²;

$q_{\text{мн}}$ — удельная плотность теплового потока, циркулирующего между подложкой и корпусом автомобиля;

$q_{\text{к}}$ — удельная плотность теплового потока, отводимого в окружающий воздух (воздух камеры).

Для количественной оценки данной суммы найдем ее первое слагаемое, поскольку удельная теплота фазового перехода на 1,5-2,5 порядка выше в сравнении с теплопроводной и конвективной составляющими теплообмена.

Характерные параметры испарительной компоненты теплообмена, обусловленной массообменом посредством паров растворителя лакокрасочного покрытия между ним и окружающим воздухом камеры, являются существенно нестационарными вследствие конечности его количества в краске на окрашенной поверхности и зависимости интенсивности данного теплообменного процесса от относительного содержания испаряющегося вещества.

Для исследования данного процесса применим метод дифференциальных уравнений математической физики.

Переходя к дифференциалам, запишем испарительную компоненту (в расчете на 1 м^2) теплообмена в дифференциальной форме:

$$q_{\text{ирк}} = r_{\text{рк}} \frac{dM_{\text{рк}}}{dt}, \quad (2)$$

где $M_{\text{рк}}$ [кг] – количество растворителя на окрашенной поверхности;

$r_{\text{рк}}$ – удельная теплота парообразования растворителя.

Для определения производной в правой части воспользуемся законом Фика (в расчете на площадь 1 м^2)

$$\Delta M_{\text{рк}} = -D \cdot \Delta t \cdot \Delta r / \Delta l,$$

где D [$\text{м}^2/\text{с}$] – коэффициент диффузии – масса вещества, продиффундировавшего через поверхность площадью 1 м^2 за время 1 с при градиенте плотности $\Delta \rho / \Delta l$, равном $1 \text{ кг}/\text{м}^4$ в направлении, перпендикулярном поверхности;

$\Delta \rho / \Delta l$ [$\text{кг}/\text{м}^4$] – градиент плотности, равный отношению разности плотностей вещества между двумя точками, к расстоянию между ними;

Δt – промежуток времени (с).

Учитывая, что в пристенном слое воздуха вблизи окрашенной поверхности плотность паров растворителя $r_{\text{рж}}$ максимальна и соответствует атмосферному давлению (принимается нормальным) и температуре данной воздушной прослойки (принимается равной температуре поверхности) и в пределах пограничного слоя линейно уменьшается до предельно допустимой с точки зрения пожаровзрывобезопасной концентрации (с учетом литературных данных может быть принята равной 2-м весовым процентам), преобразуем закон Фика к виду

$$\left. \frac{\Delta M_{\text{рк}}}{\Delta t} \right|_x = -D \frac{(r_{\text{рж}} - 0,02 r_{\text{рж}})}{d_n(x)}, \quad (3)$$

где $d_n(x) = 6 \cdot \sqrt{\frac{n}{u}} \sqrt{x}$ [м] – локальная (местная) толщина пограничного слоя на удалении x от входной кромки [3];

x – текущая координата точки в направлении вдоль потока, м.

Для определенности усредним толщину пограничного слоя, используя теорему о среднем:

$$\bar{d} = \frac{6 \cdot \sqrt{\frac{n}{u}} \cdot \int_0^{L_a} x^{\frac{1}{2}} \cdot dx}{L_a} = 4 \cdot \sqrt{\frac{n}{u}} \cdot L_a,$$

где L_a – длина осушаемой поверхности по ходу воздуха, м.

Таким образом, уравнение (3) преобразуется к виду

$$\frac{\Delta M_{\text{рк}}(t)}{\Delta t} = -D \frac{(r_{\text{рж}} - 0,02 r_{\text{рж}})}{\bar{d}_n}. \quad (4)$$

Определим приращение $r_{\text{рж}}$ за время Δt , преобразуя (4) и пренебрегая вычитаемым высшего порядка малости в числителе:

$$r_{\text{рж}2} = r_{\text{рж}1} - D \frac{r_{\text{рж}}}{\bar{d}_n^2} \Delta t,$$

откуда

$$\Delta r_{\text{рж}} = r_{\text{рж}2} - r_{\text{рж}1} = -D \frac{r_{\text{рж}}}{\bar{d}_n^2} \Delta t.$$

Переходя к дифференциалам и одновременно разделяя переменные имеем

$$\frac{dr_{\text{рж}}}{r_{\text{рж}}} = -D \frac{dt}{\bar{d}_n^2}.$$

Интегрируя данное выражение, получим

$$\ln r_{\text{рж}} + C = -D \frac{t}{\bar{d}_n^2}. \quad (5)$$

Постоянную интегрирования C получим из начальных условий: при $t = 0$ $r_{\text{рж}} = r_{\text{рж}0}$, т.е. при условиях, принятых выше. Таким образом

$$C = -\ln r_{\text{рж}0}.$$

Потенцируя далее (5) с учетом полученного выражения, имеем

$$r_{\text{рж}}(t) = r_{\text{рж}0} \cdot e^{-D \frac{t}{\bar{d}_n^2}}. \quad (6)$$

Найдем среднедействующее значение $r_{\text{рж}}(t)$ за период Δt . В соответствии с теоремой о среднем

$$\overline{r_{\text{рж}}(t)} = \frac{r_{\text{рж}0}}{\Delta t} \cdot \int_0^{\Delta t} e^{-D \frac{t}{\bar{d}_n^2}} dt = \frac{r_{\text{рж}0} \cdot \bar{d}_n^2}{D \cdot \Delta t} (1 - e^{-D \frac{\Delta t}{\bar{d}_n^2}}).$$

Подставляя (6) в исходное выражение для закона Фика, получим

$$\Delta M_{\text{рк}} = r_{\text{рж}0} \cdot \bar{d}_n (1 - e^{-D \frac{\Delta t}{\bar{d}_n^2}}). \quad (7)$$

Поскольку левая часть уравнения легко делима [3], находим промежуток времени, необходимый для испарения растворителя:

$$e^{-D \frac{\Delta t}{d_n^2}} = \left(1 - \frac{\Delta M_{pk}}{d_n \cdot r_{pж0}}\right).$$

После потенцирования имеем

$$\Delta t = -\frac{d_n^2}{D} \ln\left(1 - \frac{\Delta M_{pk}}{d_n \cdot r_{pж0}}\right). \quad (8)$$

Поскольку коэффициент диффузии пропорционален температуре, при которой протекает соответствующий процесс [3] $D = D(T) = (kT_{оп} + b)$, выражение (8) целесообразно представить в виде

$$\Delta t = -\frac{d_n^2}{[k(T_{оп} - 273) + b]} \ln\left(1 - \frac{\Delta M_{pk}}{d_n \cdot r_{pж0}}\right), \quad (9)$$

где k и b соответственно - угловой коэффициент и свободный член уравнения прямой, отражающей зависимость коэффициента диффузии от температуры для данного типа растворителя.

Полученное уравнение позволяет определить время, необходимое для сушки окрашенных поверхностей кузова и оперения автомобиля в зависимости от типа растворителя, толщины слоя краски, скорости движения воздуха, а также температуры слоя лакокрасочного покрытия при сушке.

В случае сушки софитами инфракрасного излучения с черной поверхностью излучения реализация полученной зависимости (9) свидетельствует о нелинейном характере продолжительности сушки при повышении температуры поверхности нагревателя. Учитывая значительные энергозатраты, связанные с повышением температуры, а также, то обстоятельство, что кривая приобретает более пологий характер в диапазоне значений 375 – 450K представляется нецелесообразным увеличивать температуру поверхности нагревателя более 380K, тем более что, для ускоренной сушки характерно снижение прочности высушенного лакокрасочного слоя [1].

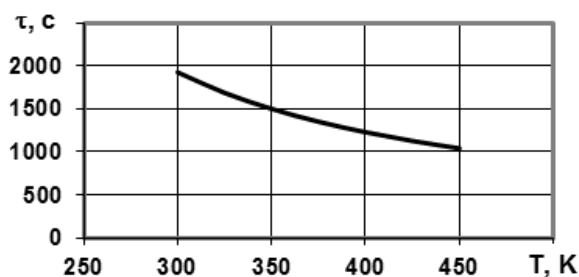


Рис. 1. Зависимость продолжительности сушки от температуры поверхности нагревателя

Естественно, что плотность теплового потока, расходуемого на испарение растворителя, на теплообмен между подложкой и корпусом автомобиля, а также на конвективный теплообмен с воздухом сушильной камеры (см. уравнение теплового баланса (1), должна быть равна левой части $q_{лпн}$. Для количественной оценки данной суммы оценим ее первое слагаемое, продифференцировав полученное ранее выражение (3) по времени и домножив его на удельную теплоту парообразования растворителя:

$$q_{лпн} = r_{pk} M'_{pk}(t) = r_{pk} \frac{dM_{pk}}{dt} = 2 \cdot r_{pk} \cdot r_{pж0} \cdot d_n \left(1 - e^{-D \frac{\Delta t}{d_n^2}}\right) = 2 \cdot r_{pk} \cdot r_{pж0} \cdot \frac{D}{d_n} \cdot e^{-D \frac{\Delta t}{d_n^2}}. \quad (10)$$

Данное выражение позволяет оценить испарительную компоненту теплового баланса для произвольного момента времени.

Выводы. Получена аналитическая зависимость продолжительности сушки окрашенных поверхностей термическими источниками, необходимая для обеспечения рациональных параметров процесса сушки окрашенных наружных поверхностей транспортных средств. Полученная зависимость учитывает нестационарность процесса, что позволяет использовать ее для алгоритмизации подачи тепловой энергии к осушаемой поверхности в процессе ее сушки.

Литература

1. Лакокрасочные покрытия в машиностроении. Справочник. Под ред. М.М. Гольдберга. М.: Машиностроение. - 1984. - 576 с.
2. Ильин М.С. Кузовные работы: рихтовка, сварка, покраска, антикоррозийная обработка. Учебное пособие. М.: Изд-во Эксмо, 2005. - 370 с.
3. Гинзбург И.П. Теория сопротивления и теплопередачи. - Ленинград: изд-во ЛГК им. А.А. Жданова. - 1970. - 375 с.

References

1. Lakokrasochnye pokrytija v mashinostroenii. Spravochnik. Pod red. M.M. Gol'dberga. M.: Mashinostroyeniye. - 1984. - 576 s.
2. Il'in M.S. Kuzovnye raboty: rihtovka, svarka, pokraska, antikorrozijnaja obrabotka. Uchebnoe posobie. M.: Izd-vo Jeksmo, 2005. - 370 s.
3. Ginzburg I.P. Teorija soprotivlenija i teplope-redachi. - Leningrad: izd-vo LGK im. A.A. Zhdanova. - 1970. - 375 s.

Кущенко О.В., Капустін Д.О. Аналітичні дослідження теплообміну у процесі сушки пофарбованих локомотивів.

Представлені постановка задачі, висновок і результати вирішення нестационарних диференціальних рівнянь, що описують процеси тепломасообміну, пов'язані з висиханням розчинника лакофарбового покриття, нанесеного на тонколистові деталі продукції транспортного машинобудування. Представлені результати аналітичних досліджень процесу випаровування розчинника фарби при її висиханні на по фарбованих поверхнях транспортних

засобів. Показаний вивід рівнянь і результуючі розрахункові співвідношення, що дозволяють визначати теплову потужність, яку доцільно підводити до зневоднюваної поверхні в поточний момент часу, що необхідно для отримання якісного лакофарбового покриття. Отримані залежності рекомендується використовувати для алгоритмізації інтенсивності теплоподачі до осушуваних поверхнях.

Ключові слова: транспортний засіб, забарвлення поверхонь, розчинник, сушка, енергонадходження, тривалість, нестационарний режим.

Kushchenko A.V., Kapustin D.A. Analytical study of heat transfer during drying coloured locomotives.

Formulation of the problem presented, the conclusion and results of non-stationary solutions of differential equations describing heat and mass transfer processes associated with the drying of solvent paint coating on the light-gage product details transport engineering. The results of analytical studies of the process of evaporation of the solvent in the paint dries it on painted surfaces of vehicles. Shows the derivation of the equations and the resulting design formulas for defining the thermal power, which is advisable to supply drained surface at the current time, it is necessary to

get a good refinishing. The analytical dependence of the drying of the painted surfaces by thermal sources, necessary to ensure the rational parameters of the drying process painted exterior vehicle surfaces. The resulting dependence takes into account non-stationary processes, which allows its use for algorithmization supplying thermal energy to the drained surface during drying. Obtained depending recommended for algorithmization intensity to teplopodachi drained surfaces.

Keywords: vehicle, painting on surfaces, solvent drying, energopostuplenie, duration, transient mode.

Кущенко О.В. – к.т.н., доц. Кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Капустін Д.О. – к.т.н., доц. Кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна,
e-mail: kap-kapchik@mail.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 03.03.2014

УДК 656.2.073

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТЕЙНЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Мандрыкина А.Ф., Чернецкая-Белецкая Н.Б.

IMPROVEMENT OF RAIL TRANSPORT CONTAINER BASED SELECTION OF OPTIMAL PLACEMENT CONTAINER TERMINALS

Mandrykina A., Chernetskaya N.

В статье проведён анализ системы контейнерных перевозок. Приведена статистика объёмов железнодорожных контейнерных перевозок в мире, а также загрузки контейнеров на территории Украины. Рассмотрены методы определения оптимального местонахождения терминалов. Более подробно рассмотрено определение места расположения базового контейнерного терминала «методом подвижной точки», который основан на методе половинного деления (дихотомии). Приведены основные его преимущества.

Ключевые слова: контейнерные терминалы, объём загрузки, конкурентноспособность, генеральные грузы, крупнотоннажные контейнеры, среднетоннажные контейнеры, транспортный рынок.

Введение. На транспортном рынке постоянно усиливается конкуренция, и предприятия-грузоотправители все чаще отдают предпочтения другим видам транспорта, проводя анализ выбора на основе современных логистических принципов. Однако, мощнейший технический потенциал и рекордную провозную способность у железных дорог никто не отнимет. Исходя из слов специалистов в этой области - ставку делать нужно на комбинированные перевозки, за счёт колоссального развития которых, железнодорожный транспорт выигрывает по многим факторам и побеждает в конкурентной борьбе.

Одним из логистических принципов является доставка грузов «от двери до двери», а в международном сообщении в современном мире такая доставка немыслима без использования контейнеров. Около половины генеральных грузов в мировой внешней торговле перевозится в контейнерах, что особенно характерно для товаров экономически развитых стран.

Сегодня более 90 % мировых грузоперевозок генеральных грузов (грузов, транспортируемых в упаковке) осуществляется в контейнерах. В послед-

ние десятилетия контейнерные перевозки заслужили репутацию самого безопасного и удобного способа доставки грузов различного профиля. Прочность стенок контейнера обеспечивает полную сохранность перевозимой продукции, товара или имущества - это особенно важно, когда транспортируется компьютерная техника и особо ценные грузы. За счет большой вместимости контейнера доставка обходится дешевле и не требует дополнительных затрат, механизация погрузочно-разгрузочных работ также ускоряет и удешевляет эту услугу.

Постановка проблемы. В современных условиях конкуренции с другими видами транспорта происходит перераспределение объемов контейнерных перевозок, часть которых осваивается автомобильным, морским и речным транспортом, что привело к снижению доходов железнодорожных перевозчиков, а, следовательно, к снижению востребованности средств железнодорожного транспорта и т.п. Это обстоятельство диктует перевозчикам на железнодорожном транспорте проведение гибкой тарифной политики и приспособление к меняющимся требованиям потребителей транспортных услуг.

Поэтому важными для перевозчиков задачами на железнодорожном транспорте стали повышение конкурентоспособности контейнерных перевозок на основе выбора оптимального варианта размещения контейнерного терминала относительно потребителей и тем самым привлечение дополнительных объемов грузов для контейнерных перевозок железнодорожным транспортом.

Анализ исследований и публикаций. Определению оптимального местонахождения терминала посвящены работы специалистов-транспортников В.Е. Николайчука, В.С. Лукинского, В.М. Курганова, А.М. Гаджинского, В.А. Персианова и др. Авторами предложены теоретические методы, дающие

оптимальное (в математическом смысле) решение либо близкое к оптимальному.

Цель статьи. Проведение анализа системы контейнерных перевозок и выбор оптимального числа контейнерных пунктов, а также оптимального размещения базового контейнерного терминала относительно уже существующих.

Анализ. Перевозка грузов в составе ускоренных контейнерных поездов имеет ряд важных преимуществ. Основные из них - это сокращение времени транспортировки, наличие четкого расписания, а значит получение возможности и планирования грузопотоков; снижение ставки; привлечение дополнительных сборов за счет улучшения сервиса; сохранность груза, которая обеспечивается эффективным отслеживанием движения поездов. По мнению экспертов, будущее грузоперевозок зависит от развития и совершенствования транспортировки грузов в контейнерах.

Основными проблемами, с которыми сталкиваются в настоящее время перевозчики, являются нехватка подвижного состава, недостаток крупнотоннажных контейнеров и неоптимальное размещение существующих контейнерных терминалов. Также одним из серьезных факторов, тормозящих развитие контейнерных железнодорожных перевозок, остается недостаточное оснащение части контейнерных терминалов.

Согласно данным статистики, в январе 2013 года на железных дорогах Украины загружено 2524 контейнера, что на 16% больше по сравнению с объемами загрузки контейнеров на станциях Украины за январь 2012 года.

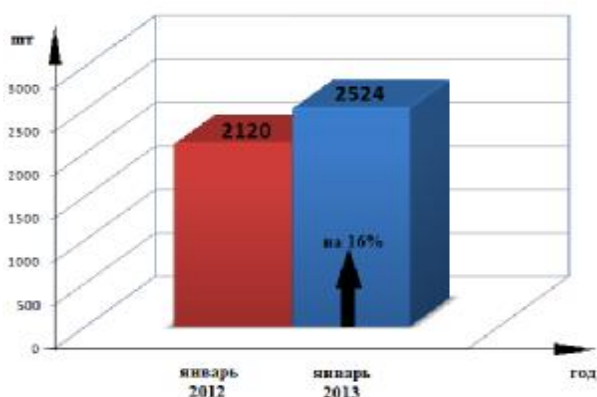


Рис.1. Динамика изменения загрузки контейнеров на станциях Украины

Объем перевезенных грузов (в тоннах) в контейнерах за январь 2013 г. вырос на 16% по сравнению с соответствующим периодом прошлого года, хотя во всех видах сообщений перевезено 13845 контейнеров, что на 5% меньше, чем в январе 2012 года. Это свидетельствует о более эффективном использовании контейнеров: загрузка их до максимальной грузоподъемности.

В мире объемы железнодорожных контейнерных перевозок ежегодно увеличиваются на 8-10%. В

случае же решения ряда проблем (ликвидация дефицита подвижного состава и развитие терминальной инфраструктуры), а также при усовершенствовании фитинговых платформ и модернизации парка контейнеров, можно смело говорить о положительной ежегодной динамике в 20-25%.

Проанализировав динамику изменения объемов перевозки грузов в контейнерах, можно сказать, что объем перевозок растёт, следовательно, это направление нуждается в повышенном внимании.

Тенденция изменения доли объемов перевозки грузов в контейнерах иногда требует корректировки количества контейнерных терминалов по работе с контейнерами. На данный момент в Украине действует 71 станция, открытая для операций со среднетоннажными контейнерами, 67 станций, открытых для операций с крупнотоннажными контейнерами, а также открыто 6 пограничных станций для перегрузки. Возможно существующее количество контейнерных терминалов где-то больше, чем необходимо, а где-то возможно их недостаток.

К теоретическим методам определения оптимального местонахождения терминала относится «метод определения центра тяжести» системы распределения, который может быть использован в очень ограниченном числе случаев. Распределительная система должна иметь только один распределительный центр, все его клиенты должны быть равнодоступны, что предполагает наличие в обслуживаемом районе развитой автодорожной сети.

Ограниченное применение на практике имеет и другой метод, называемый «методом пробной точки». Имеются два ограничения: наличие развитой транспортной сети и прямоугольная форма обслуживания области.

Рассмотрим подробнее определение места расположения базового контейнерного терминала «методом подвижной точки», который основан на методе половинного деления (дихотомии).

Суть метода состоит в следующем.

Пусть даны координаты потребителей (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ..., (x_n, y_n) и месячные объемы завоза (вывоза) грузов $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$.

Определим координату распределительного центра по оси абсцисс.

Для этого необходимо упорядочить исходные данные в порядке возрастания. Пусть $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n$. Введем обозначения $x_1 = a_0$, $x_n = b_0$

Пусть d_0 – середина отрезка $[a_0, b_0]$

$$d_0 = \frac{a_0 + b_0}{2}.$$

Если $Q_i(d_0)$ – завоз потребителям, расположенным слева от точки d_0 , равен $Q_i(d_0)$ – завозу потребителям, расположенным справа от точки d_0 , то задача решена (однако вероятность такого «точного попадания» невелика):

$$Q_l(d_0) = \sum_{i=1}^k z_i,$$

$$Q_r(d_0) = \sum_{i=k+1}^k z_i,$$

где $d_0 \in [k, k+1]$, т. е. k – округление d_0 с недостатком; $k+1$ – с избытком.

Если $Q_l(d_0) \neq Q_r(d_0)$, необходимо рассмотреть два варианта:

- 1) $Q_l(d_0) > Q_r(d_0)$ – положим $a_1 = a_0$, $b_1 = d_0$;
- 2) $Q_l(d_0) < Q_r(d_0)$ – положим $a_1 = d_0$, $b_1 = b_0$.

Затем возьмем среднюю точку отрезка $[a_1, b_1]$:

$$d_1 = \frac{a_1 + b_1}{2}.$$

Если $Q_l(d_1) = Q_r(d_1)$, то задача решена. Если вновь $Q_l(d_1) \neq Q_r(d_1)$, снова рассмотрим два отрезка $[a_1, d_1]$ и $[d_1, b_1]$ и снова выберем тот, для которого $Q_l(d_1) > Q_r(d_1)$. Выбранный отрезок обозначим $[a_2, b_2]$.

Если продолжать этот процесс, то он либо оборвется на некотором шаге n из-за того, что выполнится условие $Q_l(d_n) = Q_r(d_n)$, либо $Q_l(d_n) = Q_l(d_{n-1})$.

В этом случае расчеты останавливаются и принимается:

$$X_c = \frac{a_n + b_n}{2} = d_n.$$

Расчет второй координаты распределительного центра Y_c производится аналогично.

Точка $[X_c, Y_c]$ принадлежит оптимальной области. Для того чтобы определить границы области, необходимо найти абсциссы двух соседних потребителей X^* и X^* , между которыми лежит значение X_c , и ординаты двух соседних потребителей (возможно, других), между которыми лежит значение Y_c . Прямоугольник $[X^*, X^*] \times [Y^*, Y^*]$ и будет являться оптимальной областью с точки зрения «метода подвижной точки».

Внутри оптимальной области выбирается место для размещения базового контейнерного терминала исходя из развитости инфраструктуры предоставления услуг грузовладельцам с учетом тарифов на перевозку грузов. Также можно применять метод экспертных оценок.

Рассчитанные по первому и второму методам, находятся внутри оптимальной области и «жестко» привязаны к местности, но преимущество расчета по третьему методу дает оптимальную область, в которой на основании мнения экспертов и при соблюдении требований по защите окружающей среды можно разместить распределительный базовый центр.

«Метод подвижной точки» может быть использован на практике для решения задач по определению оптимального местонахождения распределительного (базового) центра по работе не только с контейнерами, но и с другими транспортными единицами.

Преимуществом этого метода перед другими является отсутствие зависимости полученного результата от таких факторов, как развитость дорожных сетей, геометрия формы обслуживаемой территории, тариф на перевозку груза. Поэтому данный метод доступен для различных областей и применим не только к железным дорогам.

Вывод. Таким образом, основной тенденцией в развитии отечественного и мирового транспорта является быстрый рост контейнерных перевозок, которые в максимальной степени отвечают требованиям рыночной экономики. Они становятся неотъемлемой частью товаросопроводительной распределительно-складской системы, обеспечивающей бесперебойную доставку продукции в торговую сеть, а также грузов производственно-технического назначения в отрасль промышленного производства.

Предложенный метод определения места расположения базового контейнерного терминала «метод подвижной точки» дает оптимальную область, в которой на основании мнения экспертов и при соблюдении требований по защите окружающей среды можно разместить распределительный базовый центр наиболее оптимально.

Л и т е р а т у р а

1. «Контейнерные перевозки на железнодорожном транспорте» - А.А.Абрамов, Учеб.пос. – М.: РГОТУПС, 2004 г.
2. Логистический подход к моделированию работы контейнерного терминала [Текст] / А.М. Поспелов // Соискатель. 2005. №3. С. 72–75.
3. Железные дороги: Общий курс (Под ред. М. М. Уздина) . – М.: Транспорт, 1991.
4. И. Я. Аксенов. Единая транспортная система: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1991.

R e f e r e n c e s

1. «Containernye perevozki na zheleznodorozhnom transporte» - A.A. Abramov, Ucheb.pos. – M. RGOTUPS, 2004 g.
2. Logisticheskii podhod k modelirovaniu raboti konteiner-nogo terminala [Tekst] / A.M. Pospelov // Soiskatel. 2005. №3. S.72-75.
3. Zheleznie dorogi: Obzhchii kurs (Pod red. M.M. Uzdina). – M.: Transport, 1991.
4. I.Ya. Aksenov. Edinaya transportnaya sistema: Uchebnik dlya vuzov. – M.: Visshaya shkola, 1991.

Мандрикіна А.Ф., Чернецька-Білецька Н.Б. Вдосконалення системи контейнерних перевезень на основі вибору оптимального розміщення контейнерних терміналів.

У статті проведено аналіз системи контейнерних перевезень. Наведена статистика обсягів залізничних контейнерних перевезень у світі, а також завантаження контейнерів на території України. Розглянуто методи визначення оптимального місцезнаходження терміналів. Більш докладно розглянуто визначення місця розташування базового контейнерного терміналу «методом ру-

хомий точки», який заснований на методі половинного ділення (дихотомії). Наведено основні його переваги.

Ключові слова: контейнерні термінали, обсяг завантаження, конкурентноздатність, генеральні вантажі, великотоннажні контейнери, середньотонажні контейнери, транспортний ринок.

Mandrykina A.F., Chernetskaya N. Improvement of rail transport container based selection of optimal placement container terminals.

Important tasks for the carriers on rail steel improving the competitiveness of container transport on the basis of choosing the best option with respect to placement of a container terminal consumers and thereby attract additional cargo volumes for container transport by rail. Analyzing the dynamics of changes in the volume of containerized cargo, we can say that the volume of traffic increases, therefore this area needs attention. The article analyzes the container transport system. The statistics in rail container traffic in the world, as well as loading containers on the territory of Ukraine. The methods of determining the optimal location of terminals. Discussed in more detail the definition of the location of the base

of the container terminal "by moving point" which is based on the method of bisection (dichotomy). The main advantages of its. The proposed method for determining the location of the base of the container terminal "fixed point method" gives the optimal area in which on the basis of expert opinions and subject to the requirements of environmental protection can be placed distribution center base optimally.

Keywords: container terminals, the volume per load, competitive pricing, general cargo, heavy containers, medium transport the containers market.

Мандрикiна А.Ф. – студентка кафедри «Органiзацiя перевезень i управлiння на залiзничному транспортi» СХУ iм. В. Даля, e-mail: nasya1407@mail.ru.

Чернецька-Бiлецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Органiзацiя перевезень i управлiння на залiзничному транспортi» СХУ iм. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 22.02.2013

УДК 621.382.001.

ВЫРАЩИВАНИЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК Ge НА ПОДЛОЖКЕ Si (111) ЖИДКОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИЕЙ, ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ МОРФОЛОГИИ**Марончук И.И., Бондарец С.В., Быковский С.Ю., Саникович Д.Д.****GROWING Ge QUANTUM DOTS ON THE SUBSTRATE Si (111) LIQUID-PHASE EPITAXY, A STUDY OF THEIR MORPHOLOGY****Maronchuk I., Bondarec S., Bykovskiy S., Sanikovich D.**

В результате работы проведены процессы получения открытых квантовых точек германия на буферных кремниевых слоях, на исходной подложке кремния с кристаллографической ориентацией (111) при различных технологических условиях методом жидкофазной эпитаксии с импульсным охлаждением подложки. На различных подложках выращены открытые квантовые точки при 1, 3, 5, 7 и 10 импульсах холода с разницей температур между теплопоглотителем и подложкой $\Delta T_F = 5^\circ$. Морфология полученных структур с открытыми квантовыми точками германия исследовалась методом атомно-силовой микроскопии на мультимикроскопе СММ-2000. Выявлены морфология, шероховатость поверхности, линейные размеры квантовых точек и плотность их высева на полученных структурах.

Ключевые слова: жидкофазная эпитаксия, наногетероэпитаксиальные структуры, квантовые точки, германий, кремний, подложка, солнечный элемент.

Введение. Мировой рынок солнечной фотоэнергетики растет с 2005г. в среднем на 40% в год. Что значительно превышает темпы развития какой-либо другой отрасли промышленности. Кристаллические солнечные элементы (СЭ) и модули сейчас изготавливают на 213 заводах в 33 странах мира, а тонкопленочные на 68 заводах в 17 странах мира [1].

По пессимистическим оценкам до 2017г. ежегодное производство СЭ достигнет 40 GW, а по оптимистическим - 90 GW. Ожидается, что в ближайшие 20 лет солнечная фотоэнергетика, создаст более 2 млн. рабочих мест, сократит выбросы парниковых газов в атмосферу на 350 млн.т. CO₂, что эквивалентно остановке 140 угольных электростанций. Общая мощность солнечной фотоэнергетики к 2030г. превысит 650 GW [2].

Ежегодно в мире увеличивается использование СЭ на железнодорожном транспорте. СЭ размещают как на элементах конструкций вокзалов, построек и подвижных составов, так и вдоль путей сообщения. Это позволяет не только обеспечить электроэнергией

перемещение поездов, но также инфраструктуру железных дорог. Например бельгийская компания Enfinity реализовала проект, согласно которому на коробке туннеля установили 16 тыс. фотоэлектрических панелей. 50 тыс. кв.м. По словам представителя компании Enfinity, таким образом, удастся сократить ежегодный выброс CO₂ в атмосферу более чем на 20 тыс. т.

Постановка проблемы. В настоящее время 80% СЭ, превращающие прямое (не концентрированное) солнечное излучение с эффективностью в пределах от 12% до 22% изготавливают из монокристаллического, поликристаллического или аморфного кремния. При условии роста фотоэнергетики на 30% в год до 2030г. потребность в кремнии возрастает более чем в 200 раз, что представляет проблему, как технологическую, так и экологическую.

В связи с этим увеличение интенсивности развития фотоэнергетики возможно путем преобразования концентрированного солнечного излучения с помощью высокоэффективных концентраторных СЭ на основе наногетероэпитаксиальных структур (НГЭС), содержащих массивы квантовых точек (КТ), которые дают возможность дальнейшего увеличения эффективности преобразования солнечного излучения.

Сотрудник NREL (США) Артур Нозик в 1990-х годах постулировал возможность получения нескольких электронно-дырочных пар КТ узкозонных полупроводников, облученного квантами коротковолнового спектра солнечного излучения. В 2006 году экспериментально было установлено, что при облучении ультрафиолетовым излучением КТ PbSe один фотон порождает семь электронов, а в 2007 году, что один фотон излучения с длиной волны $\lambda = 0,48$ мкм порождает 2 электрона в КТ кремния. Теоретический анализ показывает, что утилизация длинноволновой и коротковолновой части спектра солнечного излучения с помощью КТ позволяет

достичь эффективности солнечного элемента близкой к термодинамической границе (до 84 %) [3].

Попытка создания методами MBE и MOCVD высокоэффективных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) на основе НГЭС с КТ, где в качестве матричного материала использовали GaAs, а материала для КТ InAs не увенчалась успехом, так как введение КТ не увеличивали, а уменьшали квантовую эффективность ФЭП, причем с увеличением количества массивов КТ эффективность ФЭП уменьшалась. Авторы связывают это с наличием в НГЭС деформированных напряженно «смачивающих» слоев узкозонных полупроводников, образующихся между КТ, в которых создаются генерационно-рекомбинационные центры, ответственные за безызлучательные каналы рекомбинации [4].

Используемый нами метод выращивания НГЭС в процессе жидкофазной эпитаксии при импульсном охлаждении подложки [5] позволяет получать массивы КТ не содержащих упруго - напряженные «смачивающие» слои в промежутках между КТ, что позволяет осуществлять процесс формирования квантовых точек в условиях близких к равновесным и, тем самым, выращивать структуры с минимальными генерационно - рекомбинационными токами, а это способствует возможности получения высокоэффективных ФЭП с эффективностью более 35%.

В последнее время, все больше внимания уделяется наногетероструктур на основе кремния с КТ германия, которые становятся новым классом материалов для фотоэлектрического преобразования. В различных научных центрах начаты исследования таких структур с целью применения их в солнечных батареях и теплофотогенераторах [6]. Поэтому, в нашей исследовательской работе мы использовали данные материалы для получения НГЭС с КТ.

Цель статьи. Целью работы являлось исследование зависимости размера квантовой точки от технологических параметров ее выращивания методом жидкофазной эпитаксии с импульсным охлаждением подложки, изучение и характеристики морфологии поверхности полученных наногетероэпитаксиальных структур и структур с открытыми квантовыми точками методом атомно-силовой микроскопии.

Основные задачи данной работы заключались в решении научно - исследовательских проблем связанных с изучением процессов получения массивов квантовых точек разных размеров узкозонного полупроводникового материала на подложке широкозонного полупроводникового материала от технологических параметров их выращивания методом жидкофазной эпитаксии с импульсным охлаждением подложки на примере кремния - подложка и германия - квантовая точка. Научно-исследовательские работы по характеристике нанообразований, включали определение морфологии поверхности структур с открытыми квантовыми точками германия в матрице кремния, выращенных методом жидкофазной эпитаксии с импульсным охлаждением подложки

ки при различных технологических условиях, определении размеров квантовых точек.

Результаты исследований. В работе мы проводили процессы выращивания открытых квантовых точек германия на буферном кремневом слое, выращенном на исходной кремниевой подложке с кристаллографической ориентацией (111). Процессы проводили по оригинальной технологической схеме, на разработанном нами оборудовании методом жидкофазной эпитаксии с импульсным охлаждением подложки [7], процесс выращивания можно выразить циклограммой, приведенной на рис. 1. Подготовка основных и вспомогательных материалов к процессам выращивания осуществлялась по разработанным нами методикам [7]. Нами было выращено по две структуры, с 1, 3, 5, 7 и 10 импульсами. Количество импульсов холода позволяет создавать образования различных размеров. В проводимых нами процессах разность температуры на теплопоглотителе и подложке составляла $\Delta T_F = 5^\circ\text{C}$ температура в рабочей зоне при процессе выращивания составляла $T_{пр} = 600^\circ\text{C}$. Остатки олова на полученных структурах удаляли путем отмывания в слабом водном растворе азотной кислоты. Наличие олова на подложке проверяли методом рентгенофлуоресцентного анализа. При наличии остатков олова, операцию отмывания повторяли.



Рис.1. Циклограмма процесса выращивания буферного кремниевого слоя и открытых квантовых точек на подложке кремния с оловянных растворов - расплавов

Визуальный контроль качества, а также разметку пластин с целью изготовления образцов для исследований на атомно-силовом микроскопе осуществляли с помощью интерференционного микроскопа МИИ-4. Каждый конкретный фрагмент подложки визировали и результаты фиксировали в рабочем журнале, на тыльной стороне подложки обозначали порядковый номер фрагмента. По окончании исследования структуры на МИИ-4 размеченные фрагменты разделяли на образцы.

Полученные образцы исследовали с помощью зондовой микроскопии на микроскопе СММ-2000 в режиме атомно-силовой микроскопии (АСМ) [8].

Обработав информацию с полученных изображений мы определили линейные размеры выращенных квантовых точек. Шероховатость поверхности структуры на всех снимках не превышает $1 \div 5$ Ангс-

трема. Изображения показывают, что образования, полученные при одном и трех импульсах очень малы и четкой огранки КТ в соответствии с кристаллографической ориентации исходной кремниевой подложки еще не видно, высота КТ составила в среднем около 5 нм и 10 нм, а ширина в среднем около 50 нм и 70 нм, соответственно. На рис. 2 показан типичный двухмерный кадр, а на рис. 3 трехмерное изображение выращенных КТ германия после добавления трех импульсов холода теплопоглотителем. На рис. 4 анализ изображения профиля КТ германия с рис. 2.

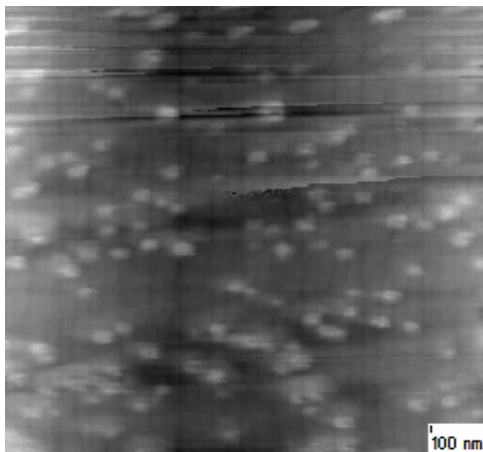


Рис. 2. Двухмерный кадр КТ германия на кремниевом буферном слое на подложке кремния с ориентацией (111). Три импульса

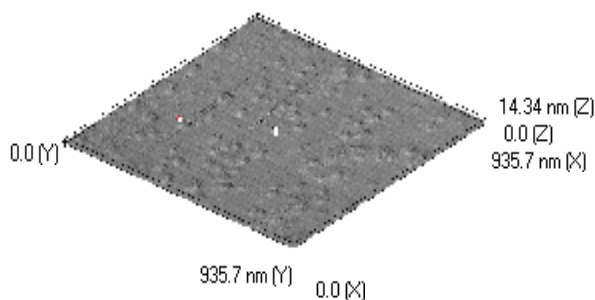


Рис. 3. Трехмерный кадр КТ германия на кремниевом буферном слое на подложке кремния с ориентацией (111). Три импульса

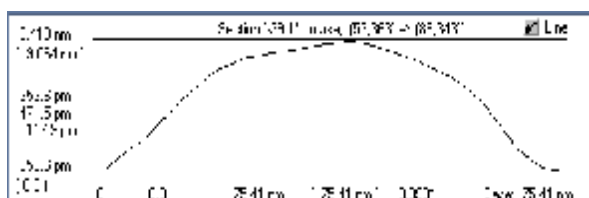


Рис. 4. Профиль КТ германия на кремниевом буферном слое на подложке кремния с ориентацией (111). Три импульса

При пяти и десяти импульсах образования значительно увеличились в размерах, имеют форму близкую к пирамидальной, разброс по размерам об-

разований очень значителен, их размеры в среднем составили 70 нм и 150 нм по высоте, а по ширине 190 нм и 250 нм, соответственно. На рис. 5 показан типичный двухмерный кадр, а на рис. 6 трехмерное изображение выращенных КТ германия после добавления пяти импульсов холода теплопоглотителем. На рис. 7 анализ изображения профиля КТ германия с рис. 5.

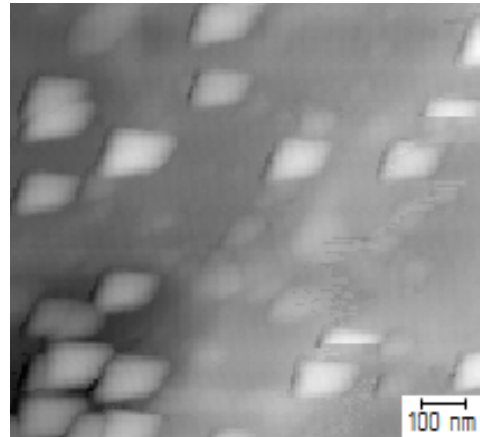


Рис. 5. Двухмерный кадр КТ германия на кремниевом буферном слое на подложке кремния с ориентацией (111). Пять импульсов

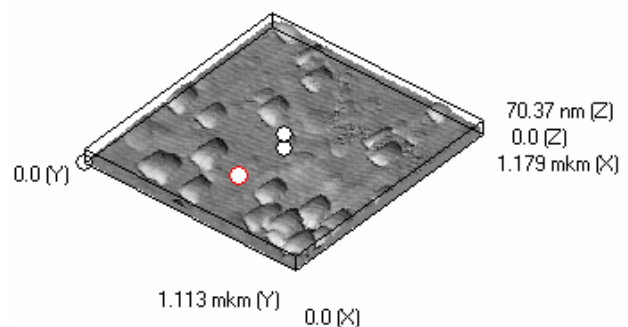


Рис. 6. Трехмерный кадр КТ германия на кремниевом буферном слое на подложке кремния с ориентацией (111). Пять импульсов

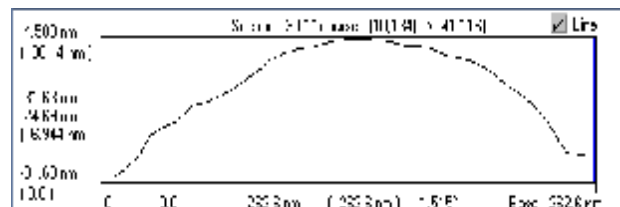


Рис. 7. Профиль КТ германия на кремниевом буферном слое на подложке кремния с ориентацией (111). Пять импульсов

Образцы с семью импульсами холода кардинально отличаются от других приведенных в этой работе экспериментов. Образования по сравнению с пятью и десятью импульсами четкой огранки КТ не имеют, высота их резко уменьшилась, они имеют форму растекшейся капли, но со смещенной верши-

ной, наклоненной на всех образованиях в одну сторону. Нам кажется, что подобная форма связана с тем, что на подложке не произошло эпитаксиального роста в связи с наличием окислов на буферном слое. Размеры образований составляли около 15 нм по высоте, а по ширине в среднем около 150 нм. На рис. 8 показан двухмерный кадр, а на рис. 9 изображения профиля КТ германия после добавления семи импульсов холода теплопоглотителем.

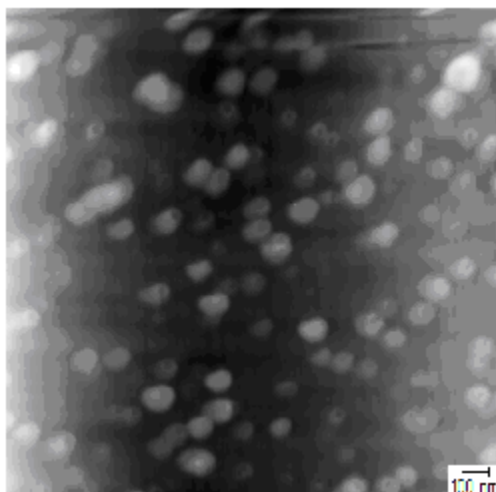


Рис. 8. Двухмерный кадр КТ германия на кремниевом буферном слое на подложке кремния с ориентацией (111). Семь импульсов

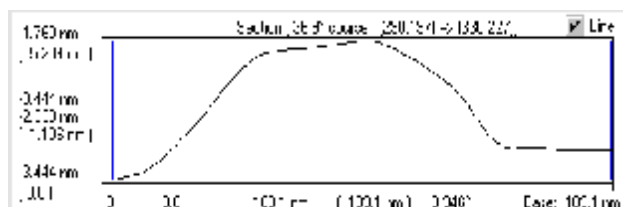


Рис. 9. Профиль КТ германия на кремниевом буферном слое на подложке кремния с ориентацией (111). Семь импульсов

Полученные результаты, описанные в данной работе, по выращиванию открытых квантовых точек германия на кремниевых пластинах сведены в таблицу № 1.

Таблица 1

Данные по исследованию открытых квантовых точек германия на кремниевом буферном слое, подложка кремния с ориентацией (111)

Количество импульсов холода (шт)	Средний линейный размер КТ (нм)	Средняя высота КТ (нм)	Разброс по размерам КТ в (%)	Плотность высева КТ ($\times 10^{10} \text{ см}^{-2}$)
1	48	4,65	20	2,0
3	72	10,76	30	2,0
5	196	69,27	35	2,0
7	162	16,56	20	1,5
10	245	150	35	1,0

Исходя из вышеописанного можно сказать, что размеры полученных КТ не всегда соответствуют

размерам, проведенных нами в теоретических расчетах [7].

Прежде всего, это можно объяснить тем, что:

- толщина реального теплопоглотителя намного отличается от той модели, которая была использована в теоретических расчетах;

- возможны некоторые погрешности при измерении температур на теплопоглотителе в реальных условиях;

- из-за ручного позиционирования слайдеров и теплопоглотителя на кассете и ее размещение в реальной установке могут возникать некоторые несоответствия и рассогласования.

Более четкое проведение как процесса выращивания, так и доведение теоретической модели будут выполнены нами в дальнейшей работе. В настоящее время нами активно ведутся работы по совершенствованию ростового оборудования, что, как нам кажется, должно заметно сблизить наши экспериментальные работы с теоретическими.

Вывод. Проведены работы по получению открытых квантовых точек германия на буферных кремниевых слоях исходной подложки кремния при различных технологических условиях методом жидкофазной эпитаксии с импульсным охлаждением подложки. Выращены квантовые точки при 1, 3, 5, 7 и 10 импульсах холода теплопоглотителя при $\Delta T_F = 5^\circ$. Проведены исследования полученных структур с открытыми квантовыми точками методом атомно-силовой микроскопии на мультимикроскопе СММ-2000, выявлены морфология, шероховатость поверхности, линейные размеры квантовых точек и плотность их высева на структурах полученных при различных технологических условиях.

Л и т е р а т у р а

1. Jeger-Waldau A. PV Status Report 2012 / A. Jeger-Waldau – Luxembourg: Publications Office of the European Union – 2012 – 45 pp. EUR – Scientific and Policy Report series – ISSN 1018-5593
2. Jeger-Waldau A. PV Status Report 2013 / A. Jeger-Waldau – Luxembourg: Publications Office of the European Union – 2013 – 58 pp. EUR – Scientific and Technical Research series – ISSN 1831-4155
3. Nozik A. Believes quantum-dot solar power could boost output in cheap photovoltaics / A. Nozik // N. – Y.: Technology Review, 2007. – 49 p.
4. Алферов Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур / Ж.И. Алферов // ФТП. – 1998. – Т. 32. – Вып. 1. – С. 3-18.
5. Патент України UA № 94699 Кл. С 30В 19/00, С 30В 29/00, Н 01L 21/20 Спосіб вирощування епітаксійних наногетероструктур з масивами квантових точок / І.Є. Марончук, Т.Ф. Кулюткіна, І.І. Марончук.; замовник та правовласник І.Є. Марончук, Т.Ф. Кулюткіна, І.І. Марончук.; замов. 20.09.2010; опуб. 10.06.2011, Бюл. №5
6. Пчеляков О.П. Наногетероструктуры Si-Ge-GaAs для фотоэлектрических преобразователей / О.П. Пчеляков // Физика твердого тела. – 2005. – Т. 47, - № 1. - С.63-66.
7. Наногетероэпитаксиальные структуры с квантовыми точками для высокоэффективных солнечных элемен-

тов (выращивание и характеристика): отчет о НИР / Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности ; рук. Марончук И.И. – Севастополь, 2012. – 110 с. – исполн.: Бондарец С.В., Быковский С.Ю., Марончук И.И., Петраш А.Н., Смирнов С.Б. – Библиограф.: с. 107 – 110.

8. Логинов Б.А. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия: пособие по работе на микроскопе СММ-2000 / Б.А. Логинов – М.: ГОУ МИФИ (ГУ). – 2006. – 92 с.

References

1. Jeger-Waldau A. PV Status Report 2012 / A. Jeger-Waldau – Luxembourg: Publications Office of the European Union – 2012 – 45 pp. EUR – Scientific and Policy Report series – ISSN 1018-5593
2. Jeger-Waldau A. PV Status Report 2013 / A. Jeger-Waldau – Luxembourg: Publications Office of the European Union – 2013 – 58 pp. EUR – Scientific and Technical Research series – ISSN 1831-4155
3. Nozik A. Believes quantum-dot solar power could boost output in cheap photovoltaics / A. Nozik // N. – Y.: Technology Review, 2007. – 49 p.
4. Alferov G. I. Istoriya i budushee poluprovodnikovih geterostruktur / G.I. Alferov // FTP. – 1998. – V. 32. – Vip. 1. – S. 3-18
5. Patent Ukraini UA № 94699 Kl. C 30B 19/00, C 30B 29/00, H 01L 21/20 Sposib viroshuvannya epitaksial'nih nanogeterostruktur z masivami kvantovih tochok / I.E. Maronchuk, T.F. Kulytkina, I.I. Maronchuk.; zamov. 20.09.2010; opub. 10.06.2011, Byl. №5
6. Pchelyakov O.P. Nanogeterostrukturi Si-Ge-GaAs dlya fotoelektricheskikh preobrazovatelei / O.P. Pchelyakov // Fizika tverdogo tela. – 2005. – T. 47, - № 1. - S.63-66.
7. Nanogeteroepitaksial'nie strukturi s kvantovimi tochkami dlya visokoeffektivnih solnechnih elementov (virashivanie i karakterizatsiya): otchet o NIR / Sevastopol'skii nacional'nii universitet yadernoi energii i promishlennosti ; ruk. Maronchuk I.I. – Sevastopol', 2012. – 110 s. ispoln.: Bondarec S.V., Bikovskii S.Y., Petrash A.N., Smirnov S.B. – Bibliograf.: S.107 – 110.
8. Loginov B.A. Skaniyushaya tunel'naya i atomno-silovaya mikroskopiya: posobie po rabote na microscope SMM-2000 / B.A. Loginov. – M.: GOU MIFI (GU). – 2006. – 92 s.

Марончук И.И., Бондарец С.В., Быковский С.Ю., Санников Д.Д. Вирощування квантових точок Ge на підкладці Si (111) рідиннофазної епітаксії, дослідження їх морфології.

В результаті роботи проведені процеси отримання відкритих квантових точок германію на буферних кремнієвих шарах, на вихідній підкладці кремнію з кристалографічною орієнтацією (111) при різних технологічних умовах методом рідиннофазної епітаксії з імпульсним охолодженням підкладки. На різних підкладках вирошені відкриті квантові точки при 1, 3, 5, 7 і 10 імпульсах холоду з

різницею температур між теплопоглиначем і підкладкою $\Delta T_F = 5^\circ$. Морфологія отриманих структур з відкритими квантовими точками германію досліджувалася методом атомно-силової мікроскопії на мультимікроскопі СММ - 2000. Виявлено морфологія, шорсткість поверхні, лінійні розміри квантових точок і щільність їх висіву на отриманих структурах.

Ключові слова: рідиннофазна епітаксія, наногетероепітаксальні структури, квантові точки, германій, кремній, підкладка, сонячний елемент.

Maronchuk I., Bondarec S., Bykovskiy S., Sanikovich D. Growing Ge quantum dots on the substrate Si (111) liquid-phase epitaxy, a study of their morphology.

As a result of the processes of obtaining held open germanium quantum dots on silicon buffer layers on the silicon substrate with the initial crystallographic orientation (111) at different process liquid phase epitaxy with pulse cooling substrate. Processes performed by the original flowsheet, designed and manufactured by us and snap hardware. Grown on different substrates open quantum dots of 1, 3, 5, 7 and 10 with pulses of cold temperature difference between the heat sink and the substrate $\Delta T_F = 5^\circ$. The number of pulses of cold allows you to create quantum dots of different sizes. Visual quality control, as well as marking plates for the purpose of preparing samples for research on atomic force microscope was carried out using interference microscope MII-4. The morphology of the structures with open germanium quantum dots studied by atomic force microscopy multimikroskope SMM -2000. Identified morphology, surface roughness, the linear dimensions of quantum dots and their seeding density on the resultant structure. Results obtained are compared with previously conducted theoretical calculations.

Keywords: liquid phase epitaxy, nanoheteroepitaxial structures, quantum dots, germanium, silicon substrate, solar cell.

Марончук І.І. – к.т.н., завідувач НДІ «Прикладної фізики та нанотехнологій в енергетиці», Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості, e-mail: igimar@mail.ru.

Бондарець С.В. – науковий співробітник НДІ «Прикладної фізики та нанотехнологій в енергетиці», Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості.

Быковский С.Ю. – науковий співробітник НДІ «Прикладної фізики та нанотехнологій в енергетиці», Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості.

Санников Д.Д. – науковий співробітник НДІ «Прикладної фізики та нанотехнологій в енергетиці», Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості.

Рецензент: д.т.н., проф. Гутько Ю.І.

Стаття подана 22.02.2014

УДК 629.4.027.11

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗДВОЄНОГО КАСЕТНОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО ПІДШИПНИКА БУКСОВОГО ВУЗЛА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА**Мартинів І.Е., Труфанова А.В., Ільчишин В.М., Шовкун В.О.****THE ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF A DUAL CYLINDRICAL BEARING UNIT AXLE-BOX OF FREIGHT CARS****Martynov I., Trufanova A., Ilchysyn V., Shovkun V.**

В роботі виконаний аналіз напружено-деформованого стану буксового вузла вантажного вагона. Побудована комп'ютерна модель буксового вузла вантажного вагона. Запропонована модель дозволяє проводити розрахунок напружено-деформованого стану буксового вузла з урахуванням дії радіальної та осьової навантаження в різних поєднаннях. Проаналізовано отримані епюри розподілу напружень вздовж твірної ролика, а також розподіл радіальних і осьових зусиль. Встановлено, що контактні напруження вздовж твірної ролика розподілені нерівномірно і досягають максимальних значень у зоні переходу від твірної до торця ролика, тобто має місце "крайовий ефект".

Ключові слова: буксовий вузол, напружено-деформований стан, контактні напруження.

Вступ. Залізничний транспорт є головною транспортною артерією України. В той же час це один з найбезпечніших способів переміщення вантажів та пасажирів як в середині України, так і за її межами. Це досягається великим комплексом заходів по забезпеченню безпеки руху поїздів, серед яких значну роль відіграє надійний рухомий склад. Однак, як показує практика експлуатації, незважаючи на постійне вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту, значна частина життєвого циклу вагонів витрачається на непродуктивне перебування в ремонтах різних видів.

Аналіз причин надходження вантажних вагонів у позаплановий ремонт свідчить, що однією з основних причин є відмови буксових вузлів, основною складовою яких є підшипники. Вони працюють в складних умовах. Навіть при якісному виготовленні підшипників, їх характеристики можуть виявитися незадовільними і станеться раптова відмова. Крім того, для підшипників, що застосовуються у буксах рухомого складу залізниць, критеріями відмови можуть бути зростання температури вище допустимих значень, розрив сепаратора, викликаний силами йо-

го взаємодії з тілами кочення, втомне вищерблення доріжок кочення, бічних поверхонь роликів, зношування торців роликів і робочих поверхонь бортиків кілець, відколи бортиків під дією осьового навантаження.

Забезпечення довговічності підшипника, що працює в умовах динамічного радіального і осьового навантаження є досить складним завданням. У зв'язку з цим у практиці і теорії вагонобудування як раніше, так і зараз актуальною є проблема удосконалення буксових вузлів вантажних вагонів.

Аналіз попередніх досліджень Аналізуючи попередні роботи в цьому напрямку [3-5], можна зробити висновок, що методи розрахунку надійності та довговічності буксових вузлів не повною мірою враховують імовірнісну природу дії навантажень, прикладених до елементів буксового підшипникового вузла.

При розрахунку на міцність елементів конструкції буксових вузлів найчастіше використовуються спрощені розрахункові схеми, які не повністю враховують ряд діючих чинників. Наприклад, сумісна дія радіального та осьового навантаження значною мірою впливає на довговічність підшипникового вузла, тому потрібен більш детальний аналіз розподілення навантажень між роликами підшипника з урахуванням можливостей сучасної обчислювальної техніки.

Мета роботи. Розробка моделі та аналіз результатів напружено деформованого стану елементів буксового вузла.

Виклад основного матеріалу. З метою дослідження напружено-деформованого стану буксового вузла, розроблено комп'ютерну 3D модель буксового підшипникового вузла вантажного вагона, яка включає корпус, здвоєний касетний підшипник з короткими циліндричними роликами, та частину осі колісної пари. Побудова геометричної моделі, бук-

сового вузла виконувалася у програмному середовищі «ANSYS Mechanical APDL» (рис.1).

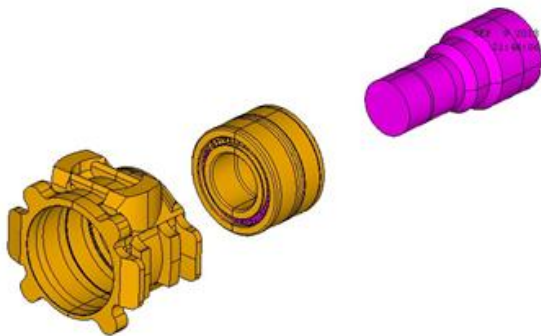


Рис. 1. Геометрична модель буксового вузла

3D модель буксового вузла перетворювалась у скінчено-елементну. Для моделювання об'ємів твердих тіл використовувалися 10-вузлові скінченні елементи тетраедрального типу Solid92.

Елемент визначається десятьма вузлами, що мають три степені свободи в кожному вузлі: переміщення у напрямі осей X, Y, Z в системі координат вузла. Саме такі елементи найкраще підходять для моделювання машинобудівних конструкцій відносно малих розмірів, але складної форми.

Розроблена скінченно-елементна модель складається з 477925 скінченних елементів та 1402726 вузлів.

Для моделювання контактної поверхні роликів використовувалися скінчені елементи Targe 170, для контактної поверхні зовнішнього, та внутрішнього кілець підшипника, використовувалися скінчені елементи Conta174. Контактні елементи мають ті ж самі геометричні розміри та загальний набір геометричних характеристик, що і пов'язані з ними реальні об'ємні елементи. ANSYS створює два різні типи контактних елементів: «цільові» на поверхні, яка має більшу жорсткість (у нашому випадку це ролики). Ці елементи вдавлюються в «контактну» поверхню, яка має меншу жорсткість (поверхні кочення зовнішнього та внутрішнього кілець).

Аналіз отриманих результатів. Були отримані контактні напруження, що виникають в зоні контакту ролика і доріжок кілець зведеного касетного підшипника CBU під дією радіальних та осьових навантажень, а також епюри розподілу радіальних зусиль на ролику в процесі обертання.

Розрахунки показали, що напруження які виникають уздовж утворюючої ролика розподілені нерівномірно (рис. 2), та при навантаженні 235 кН на вісь, досягають максимальних значень 2390 МПа в зоні переходу від утворюючої ролика до його торця (має місце так званий "крайковий" ефект) (рис. 3).

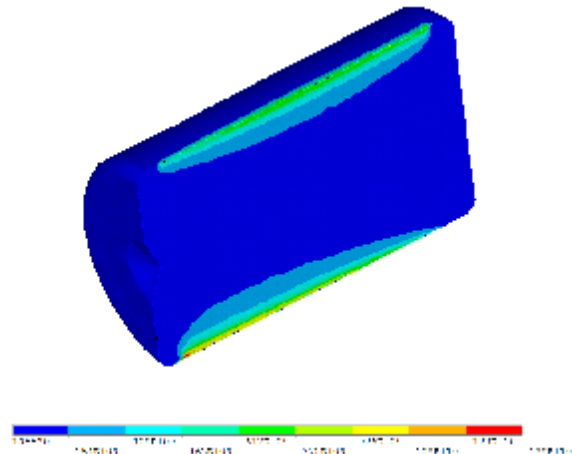


Рис. 2. Напруження які виникають уздовж утворюючої ролика

Він найбільш виражено виділений в задньому підшипнику при контакті ролика з внутрішнім кільцем.

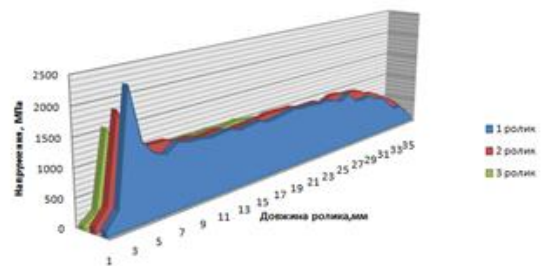


Рис. 3. Графік розподілу максимальних контактних напружень

В ході дослідження також проведений розрахунок максимального еквівалентного навантаження, що діє на ролики заднього та переднього підшипника.

Аналізуючи розподілення максимальних контактних напружень, виникаючих в зоні контакту роликів та доріжок кочення кілець, а також розподілу еквівалентного навантаження між роликами, можна побачити, що максимальні значення навантажень досягаються не на центральному ролику, а відповідно на останньому та передостанньому. Це призводить до того, що ролик проходить декілька піків навантажень, що негативно позначається на надійності підшипникового вузла.

Очевидно, що зі збільшенням радіального навантаження, максимальні контактні напруження на першому ролику зменшуються, та збільшуються на сусідніх (рис. 4). Це обумовлено схемою передачі навантаження на буксу через приливи на корпусі, що вказує на недосконалість корпусу буксового вузла.

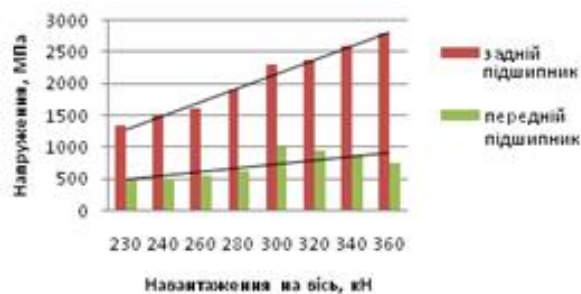


Рис.4. Графік залежності зміни максимальних контактних напружень

Використання при розрахунку складної геометричної моделі, яка включає частину осі колісної пари, дозволило побачити різницю радіальних зусиль, що діють на задній та передній підшипник буксового вузла. З графіку розподілу максимальних контактних напружень, можна визначити, те що на задній підшипник букси діють значно більші радіальні навантаження ніж на передній. Що підтверджується в експлуатації найбільш частим виходом з ладу саме заднього підшипника букси.

Максимальні напруження викликані осьовим навантаженням зосереджені в зоні контакту торців ролика та буртів зовнішнього та внутрішнього кільця підшипника. Найбільших значень вони досягають на роликах, які проходять нижній сектор підшипника. А так, як ролики в цьому секторі практично не навантажені радіальним зусиллям, та через пружну деформацію корпусу підшипникового вузла мають умовно збільшений радіальний зазор. А тому ймовірно виникнення перекосів роликів, що може сприяти виникненню різного типу пошкоджень підшипникового вузла.

Моделювання та розрахунки показали, що з появою та збільшенням осьового навантаження, зростає інтенсивність еквівалентного навантаження що діє на ролики підшипника.

Висновки. Математичне моделювання показало, що зусилля, сприймане роликами підшипників, а отже їх довговічність істотно залежать від конструктивних особливостей передачі зусиль на підшипник буксового вузла. Визначено, що контактні напруження уздовж утворюючої ролика, як і розподілення радіальних зусиль між переднім та заднім підшипниками не є рівномірним. До того ж очевидно, що в зоні контакту тіл кочення з зовнішнім кільцем найбільші напруження мають місце в зоні центрального (першого) ролика. В той же час в зоні контакту роликів з внутрішнім кільцем максимальні напруження досягаються в зоні наступного (другого) ролика, а тому викликає декілька піків навантаження, що в свою чергу негативно впливає на довговічність підшипника. Можна зробити висновок, що конструкція буксового вузла має деякі недоліки і потребує певних доопрацювань.

Література

1. Перель Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор [Текст]: Справочник. / Л.Я. Перель.- М. 1983.-543 с., ил.
2. Басов К.А. ANSYS [Текст]: справочник пользователя/ К.А. Басов.- М.:ДМК Пресс,2011.- 640 с.,ил.
3. Мартинов І. Е. Дослідження напруженого стану конічних роликотпідшипників [Текст]/ І. Е. Мартинов // УкрДАЗТ. Зб. наук. праць. – Харків, 2007. – Вип. 81. – С. 83-86.
4. Морчиладзе І.Г. Совершенствование и модернизация буксовых узлов грузовых вагонов [Текст] / І.Г. Морчиладзе, А.М. Соколов // Железные дороги мира. 2006.- №10- с.59-64.
5. Слушкин І. В. Разработка рациональных конструкций корпусов букс подвижного состава на роликовых подшипниках [Текст] / І. В. Слушкин // Вопросы перевода подвижного состава на роликовые подшипники. Труды ВНИИЖТ. –М.: Транспорт, 1961. – Вып. 221. – С. 110-136.

References

1. Perel L.Y. Podshpniki kacheniya: raschet, proektirovaniye i obsluginaniye opor [Text]: Spravochnik. / L.Y. Perel.- M. 1983.-543 p., Il.
2. Basov K.A. ANSYS [Text]: Spravochnikpolzovatelya/ K.A. Bass.- M:DMK Press,2011.- 640 p.,Il.
3. Martinov I. E. Doslidjenya naprujenogo stanu konichnih rolikopodshpnikov [Text] / I. E. Martinov // UkrDAZT. Zb. nauk. prac. - Kharkiv, 2007. - Vip. 81. - p. 83-86.
4. Morchiladze I.G. Soverchenstvovanie I modernizaciy buksovih uzlov gruzovih vagonov. [Text] / I.G.Morchiladze, A.M. Sokolov // Geleznie dorogi mira. 2006.- №10 - p.59-64.
5. Slushkin I.V. Razrabotka raczionalnyh konstrukcij korpusov bucs podvighnogo sostava na rolikovih podsipnikah [Text] / I.V. Slushkin // Voprosy perevoda podvighnogo sostava na rolikoviye podsipniki. Trudi VNIIZhT. -M: Transport, 1961. - Vol. 221. - C. 110-136.

Мартинов І.Э., Труфанова А.В., Ильчишин В.М., Шовкун В.О. Анализ напряженно-деформированного состояния сдвоенного кассетного цилиндрического подшипника буксового узла грузового вагона.

В работе выполнен анализ напряженно деформированного состояния буксового узла грузового вагона. Построена компьютерная модель буксового узла грузового вагона, включающая корпус буксы, сдвоенный двухрядный подшипник кассетного типа (СВУ), часть оси колесной пары. Предложенная модель позволяет производить расчет напряженно-деформированного состояния буксового узла с учетом действия радиальной и осевой нагрузки, в различных сочетаниях. Проведен компьютерный анализ напряженно-деформированного состояния элементов буксового узла, с использованием расчетных программных комплексов МКЕ анализа. Проанализированы полученные эпюры распределения контактных напряжений вдоль образующей ролика, а также распределение радиальных усилий между роликами подшипника при действии радиальных и осевых сил.

Установлено, что контактные напряжения вдоль образующей ролика распределены неравномерно и достигают максимальных значений в зоне перехода от образующей к торцу ролика, т.е. имеет место "краевой эф-

фект". Сделан вывод, о необходимости дальнейшей доработки конструкции буксового узла.

Ключевые слова: буксовый узел, напряженно-деформированное состояние, контактные напряжения.

Martynov I, Trufanova A., Ilchyshyn V., Shovkun V.
The analysis of stress-strain state of a dual cylindrical bearing unit axle-box of freight cars.

This report presented an analysis of the stress-strain state of the axle-box of freight car. Built a computer model of the axle-box host of freight cars, including body parts, dual-row cylindrical bearing cassette type (CBU), a part of the axis of the wheelset. The proposed model allows calculation of stress-strain state of the axle-box site taking into account the effect of radial and axial loads in various combinations. Conducted a computer analysis of stress-deformed state of elements of the axle-box node using the calculation software systems MFE analysis. Analyzed received plots of the distribution of contact stresses the generatrix of the movie, as well as the distribution of the radial forces between the rollers bearing under the action of radial and axial forces.

It is established that the contact stresses the generatrix of the roller are distributed unevenly and reach maximum values in the transition zone from forming to the end of the clip, so the "edge effect". Conclusion on the necessity of further Refine the design of the axle-box site.

Keywords: axle box units, stress-strain state, contact stresses.

Мартинов І.Е. – д.т.н., професор, завідувач кафедри вагони, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна,
e-mail: martynov.hiit@rambler.ru

Труфанова А. В. – к.т.н., доцент кафедри вагони, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна.

Ільчишин В.М. – здобувач кафедри вагони, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна..

Шовкун В.О. – аспірант кафедри вагони, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна, e-mail: vadim_shovkun@mail.ru

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

Стаття подана 10.02.2014

УДК 656.22

ДИСПЕТЧЕРСЬКЕ УПРАВЛІННЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ**Марушевський С.О., Капустін Д.О., Дмитрисенко Д.С., Кущенко О.В.****SUPERVISORY CONTROL ON RAILWAYS OF UKRAINE****Marushevsky S., Kapustin, D., Dmytryenko D., Kushenko O.**

Стаття присвячена впровадженню диспетчерської централізації на залізницях України і проблемам, пов'язаним з формуванням нової транспортної інфраструктури. Викладені ключові принципи організації диспетчерського централізованого управління та його структури. Проаналізовано та визначено перешкоди, пов'язані з впровадженням нових систем управління рухом. Зазначено попередній розподіл залізниць України по диспетчерських центрах, їх кількість і розташування. Представлені основні переваги та перспективи впровадження нових систем автоматизації для залізничних перевезень. Виявлено ряд основних проблем, що перешкоджають широкому впровадженню диспетчерської централізації та автоматичного управління рухом.

Ключові слова: диспетчер, централізація, дільниця, рух, поїзд, сигналізація, управління.

Постановка проблеми. Диспетчерське управління рухом поїздів ґрунтується на принципі управління рухом поїздів на дільниці, (полігоні) одним диспетчером, суворому виконанні технологічних норм і нормативів, що містяться у графіку руху поїздів, плану формування поїздів, технологічних процесів і технічних норм експлуатаційної роботи, забезпеченні безпеки руху поїздів і охорони праці працівників.

Диспетчерський персонал на всіх рівнях управління приймає рішення на основі графіка руху поїздів і плану формування поїздів, плану - графіка надання «вікон для ремонту інфраструктури з урахуванням експлуатаційної обстановки»: коливань обсягів перевезень і завантаження технічних пристроїв, наявності та стану тягових і навантажувальних ресурсів, обмежень швидкості руху, відмов технічних засобів, планових та позапланових перерв у русі, затримок поїздів на міждержавних стикових пунктах і місцях перевантаження на інші види транспорту.

Рухом поїздів на диспетчерському ділянці керує одноосібно поїзний диспетчер.

У процесі роботи диспетчери повинні використовувати види зв'язку, встановлені нормативними документами. Не допускається знаходження і засто-

сування на робочому місці диспетчера засобів зв'язку та електронних приладів, не передбачених інструкціями.

Диспетчерське управління рухом поїздів передбачає [2, 3]:

- концентрацію функцій організації та управління перевізним процесом по всій вертикалі управління перевезеннями;
- організацію поїзної роботи єдиним парком поїзних локомотивів на подовжених полігонах обігу;
- уніфікацію ваги і довжини вантажних поїздів на основних напрямках; завчасне змінно-добове і поточне планування майбутньої місцевої та вантажної роботи;
- створення оптимальних умов для експлуатаційної роботи; планування, безперервний контроль за виконанням графіка руху і плану формування поїздів, планових завдань по об'ємним і якісним показникам поїзної, місцевої та вантажної роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Управління рухом поїздів здійснюється диспетчерською централізацією (ДЦ), обслуговуючої залізничні лінії довжиною до сотні км, обладнаних пристроями електричної централізації на станціях і автоматичним блокуванням на перегонах. ДЦ здійснюється диспетчером з одного пункту управління за допомогою пристроїв телекерування (ТК) і телесигналізації (ТС). У результаті забезпечується управління стрілками і сигналами кількох станцій та перегонів, а також здійснюється контроль положення стрілок на всіх станціях та інших контрольованих пунктах, зайнятості стрілок та перегонів, станційних колій і прилеглих до них блок-ділянок. Ця інформація, а також показання вхідних і вихідних світлофорів дублюється апаратурою управління на пульті диспетчера. ДЦ сприяє підвищенню безпеки руху, дозволяє забезпечити максимальне використання пропускної спроможності ділянок, дає можливість чітко організувати рух поїздів за графіком [1, 2].

Для здійснення диспетчерської централізації на станціях і ділянках, що перебувають у віданні одно-

го диспетчера, його робоче місце обладнане світловим пультом-табло, на якому відображається стан контрольованих об'єктів. У розпорядженні диспетчера знаходяться пристрої телеуправління для введення команд.

На великих залізничних станціях застосовуються пульти-маніпулятори, що мають два робочих місця і складаються з центральної секції і розташованих симетрично щодо неї секцій з приладами управління, відповідними парній і непарній горловинам станції. Застосовуються пульт-табло і пульт-маніпулятор з виносним світловим табло. Контрольовані об'єкти також обладнані апаратурою для прийому сигналів телеуправління, перетворення сигналів і видачі команд для виконання в пристрої електричної сигналізації.

У технічних засобах диспетчерської сигналізації використовуються елементи обчислювальної техніки, вдосконалені засоби передачі даних і апаратури каналів зв'язку широкого застосування. Створюються системи стеження за рухом поїздів з контролем і відображенням їх номерів. При цьому вирішуються й інші завдання: реєстрація графіка виконаного руху, автоматична установка поїзних маршрутів, оповіщення пасажирів про підхід поїздів, контроль виконання графіка руху на більш високих рівнях управління, автоматичне завдання тягових режимів локомотивів з урахуванням умов руху поїздів [6, 7].

Вся оперативна робота з безпосереднього управління рухом поїздів на ділянках або напрямках і маневрової роботою на станціях зосереджена в руках одного відповідального працівника - диспетчера, який, маючи постійний зв'язок з об'єктами управління своєї зони, безперервно стежить за їх станом і управляє процесом перевезень, використовуючи спеціальні засоби управління та даючи вказівки відповідним працівникам. Диспетчерське управління охоплює всі рівні управління перевезеннями: станційний, відділковий, дорожній та мережевий.

Провідне місце в системі оперативного диспетчерського управління займає поїзний диспетчер (ДНЦ), що є одноосібним керівником руху поїздів на залізничній ділянці. Крім поїзного диспетчера в диспетчерську зміну входять локомотивний диспетчер, енергодиспетчера, іноді диспетчер - вагонораспорядитель, вузловий диспетчер та ін. Зміну очолює черговий по відділенню, який координує дії всіх диспетчерів.

Автоматизовані системи управління рухом поїздів (АСУРП) включають технічні, технологічні та організаційні засоби, що дозволяють забезпечити підвищення рівня диспетчерського керівництва рухом на ділянках і напрямках залізниць. Їх застосування дає можливість забезпечувати стійке і точне виконання графіка руху, підвищення використання пропускної спроможності ділянок і напрямків, переробної спроможності станцій, збільшення продуктивності праці поїзних диспетчерів, локомотивних бригад, чергових по станціях. До складу АСУРП

входять системи автоматичного ведення поїздів (САВП), інтервального регулювання руху поїздів (ІРРП), диспетчерського управління.

Централізована система автоведення поїздів (ЦСАП), що представляє собою комплекс технічних засобів, забезпечує автоматичне управління рухом поїздів на лінії (для метрополітенів) і напрямку (для магістральних залізниць).

ЦСАП отримує дані про параметри руху всіх поїздів на лінії і виробляє команду управління кожному поїзду відповідно до отриманої інформації і необхідної програмою руху. Система забезпечує виконання з заданою точністю графіка руху поїздів, економію витрат енергії на тягу поїздів при заданих часи ходу по перегону, побудова в реальному масштабі часу нового графіка руху та його реалізацію при неочікуваних збурювань. Вхідною інформацією системи є час прибуття і відправлення поїздів зі станцій і (або) час проходження контрольних точок. Вихідний інформацією служать обчислені часи ходу поїзда по перегонам і тривалості стоянок. Управління гальмуванням забезпечує прицільну зупинку поїзда у платформи, виконує функції систем безпеки.

Технічними засобами централізованої системи автоматичного ведення поїздів є центральний пост управління, станційні, підлогові і поїзні пристрої. На лініях метрополітену використовують обчислювальні комплекси і мікроЕОМ, що забезпечують також технічну діагностику і контроль параметрів руху поїзда.

Для магістральних ліній вітчизняних залізниць зі змішаним рухом розроблена і пройшла випробування комплексна система автоматичного управління рухом поїздів (КСАУРП), яка найбільш повно виконує основні функції експлуатаційної діяльності залізниць. Система має тривірневу ієрархічну структуру, на нижньому рівні якої здійснюється автоматичний збір інформації про місцезнаходження всіх поїздів, локомотивів, груп вагонів, про становище стрілок і сигналів. Ця інформація за допомогою пристроїв другого (станційного) рівня передається в центр управління диспетчерським кругом (третього рівня). З центру управління інформація станційними пристроями передається на станції і локомотиви для реалізації наданих команд. Кінцевим етапом управління є виконання команд апаратурою, встановленої на локомотиві. Станційні пристрої мають можливість контролювати заданий час ходу по перегону, відображати номери поїздів на екранах дисплеїв, автоматично вести облік прибуття та відправлення поїздів і виконання ряду інших функцій, що визначаються класом станцій. На третьому рівні здійснюється відображення руху поїздів на табло і екрані дисплея в реальному масштабі часу з зазначенням їх номерів, відхилень від графіка, видається в канал телеуправління командна інформація на станції і локомотиви, ведеться сповнений графік руху поїздів, прогнозується і видається диспетчеру інформація довідкового характеру.

Оперативне управління перевізним процесом на мережі залізниць здійснює диспетчерський персонал єдиного центру диспетчерського управління (ЄЦДУ).

Диспетчерську зміну ЄЦДУ очолює головний диспетчер, який координує роботу диспетчерів з управління перевезеннями на підшефних напрямках мережі залізниць.

У диспетчерську зміну ЄЦДУ входять: головний диспетчер, диспетчери з управління перевезеннями, диспетчери локомотивні, диспетчери з регулювання вагонного парку, диспетчери з організації вантажної роботи, диспетчер з управління спеціальними перевезеннями, диспетчер з організації «вікон».

Оперативне управління перевізним процесом у регіоні управління здійснює єдина диспетчерська зміна.

У диспетчерську зміну входять: старший диспетчер з управління перевезеннями (керівник зміни), диспетчери з управління перевезеннями (за напрямками); диспетчер (локомотивний), диспетчер з управління перевезеннями (з організації місцевої роботи), диспетчер з управління пасажирськими перевезеннями, інженери (змінні з організації вантажної роботи), інженер змінний з організації «вікон», а також диспетчерський апарат районів управління.

Диспетчерські ділянки об'єднуються в райони управління.

У диспетчерський апарат району управління, очолюваний диспетчером з управління перевезеннями району управління, входять диспетчери поїзні, диспетчери локомотивні (району управління), диспетчери з регулювання вагонного парку (з організації місцевої роботи) і диспетчер з регулювання вагонного парку (з організації перевезень виділених пологів вантажів).

В межах району управління може бути організовано декілька районів з організації місцевої роботи (далі - РМР). Кожен з РМР формується на базі великої технічної або вантажної станції ділянки та пов'язаних з нею по технології місцевої роботи і територіальним розташуванням інших станцій. В якості такої станції може бути сортувальна, вантажна або дільнична станція (позакласна, 1 або 2 класу).

Диспетчерська зміна в оперативному режимі здійснює такі функції [4, 5]:

- виконання технічного і змінно-добового планів, виробничих завдань керівництва Дирекції та ЄЦДУ;
- оперативне керівництво експлуатаційною роботою регіону управління і станцій;
- забезпечення безперешкодного пропуску поїздів, їх передачі по стикових станціях регіону управління;
- виконання завдань по здачі порожніх вагонів в регулювання; контроль за плануванням поїздоутворення, своєчасним забезпеченням поїздів локомотивами і локомотивними бригадами;

- організація виконання графіка руху пасажирських поїздів та введення в графік поїздів, наступних з відхиленням від встановленого розкладу;

- контроль за виконанням графіка обороту поїздів у приміському сполученні, змістом експлуатується парку електропоїздів та бригад машиністів;

- регулювання вагонного парку і змісту робочого парку вагонів на станціях;

- організація управління місцевою роботою з регулювання порожніх вагонів та вивезення завантажених вагонів зі станцій, організація навантаження і вивантаження вагонів відповідно до плану перевезень і технічними нормативами;

- управління перевезеннями негабаритних, великовагових, спеціальних та військових вантажів в межах регіону;

- контроль відповідності розмірів експлуатованого парку локомотивів та кількості локомотивних бригад розмірами руху поїздів;

- забезпечення своєчасної постановки локомотивів на всі види технічного обслуговування, ремонту та екіпіровку;

- забезпечення своєчасної постановки вагонів на всі види планового ремонту і їх включення в експлуатацію після завершення ремонту;

- організація і управління рухом поїздів, сформованих перевізниками вантажів і пасажирів та власниками рухомого складу, відповідно до умов договорів на надання послуг з використання інфраструктури залізничного транспорту загального користування;

- контроль за ефективним використанням «вікон» для ремонтних та будівельно-монтажних робіт і організацією пропуску поїздів у період їх надання;

- забезпечення дотримання режиму праці та відпочинку локомотивних бригад, у тому числі в приміському сполученні;

- взаємодія з ЄЦДУ і сусідніх Дирекцій; взаємодія з технічними службами і підрозділами залізниць, а також інших філій і структурних підрозділів для організації безперебійного та безпечного руху поїздів та роботи станцій;

- інформування керівництва залізниць, Дирекції, чергового персоналу причетних підрозділів філій і структурних підрозділів про труднощі у пропуску поїздів через відмов у роботі технічних засобів і порушення безпеки руху поїздів;

- організація ліквідації ускладнень в експлуатаційній роботі, забезпечення відновлення руху поїздів у разі порушення безпеки руху поїздів і в інших нестандартних ситуаціях;

- забезпечення оповіщення фахівців відповідного територіального управління МНС України та інших причетних служб про виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру відповідно до встановленої в регіоні системою оповіщення.

Диспетчерське управління поїзної і маневрової роботою на станції здійснюють станційний і маневровий диспетчери, черговий по залізничній станції,

в оперативному порядку організують поїзну і маневрову роботу на станції під контролем поїзного диспетчера і маневрового диспетчера.

Черговий по залізничній станції керує одноосібно прийомом, відправленням, пропусканням поїздів, виробництвом маневрової роботи, пропуском поїзних локомотивів з локомотивного депо, наданням технологічних «вікон» для обслуговування технічних пристроїв станції. На станціях, де одночасно працюють два або більше чергових, технічно-розпорядчим актом станції встановлюються райони їх управління та конкретні обов'язки кожного чергового по залізничній станції.

Черговий по залізничній станції контролює роботу технічних пристроїв станції, проводить запис в журналі огляду колій, стрілочних переводів, пристроїв СЦБ, зв'язку і контактної мережі форми ДУ-46. При виявленні порушень в їх роботі повідомляє про це поїзного диспетчера, електромеханіка і диспетчера дистанції сигналізації та зв'язку, крім того при несправності в рейкових ланцюгах і стрілочних переводах - дорожньому майстру (бригадиру колій), а при порушенні електропостачання - черговому енергодиспетчеру; контролює роботу з усунення виявлених порушень.

Розпорядження станційного і маневрового диспетчера, чергового по залізничній станції, що стосуються забезпечення своєчасного і безпечного прийому, відправлення і пропуску поїздів, виробництва маневрової роботи, а також безперебійної роботи технічних пристроїв станції, є обов'язковими для змінних працівників всіх служб на станції, пов'язаних із забезпеченням руху поїздів і маневрової роботи.

Станційний і маневровий диспетчер, черговий по залізничній станції контролюють дотримання працівниками виробничої зміни вимог безпеки руху поїздів, трудової та виробничої дисципліни, охорони праці; в разі порушення вимог безпеки руху поїздів, трудової та виробничої дисципліни, охорони праці негайно передають інформацію диспетчеру поїзному, диспетчеру дорожньому по району управління, начальнику станції; при наявності відповідних повноважень вживають заходів до відсторонення працівника залізничної станції, що знаходиться в стані алкогольного, наркотичного або іншого токсичного сп'яніння.

Мета. Визначити основні проблеми, що пов'язані з організацією диспетчерського управління на залізницях України.

Результати досліджень. Українські залізничники працюють над створенням центрів управління рухом — головного в Укрзалізниці та шести регіональних. Регіональним центрам підпорядковуватимуться 14 районів управління, які створюються на залізницях України. Таким чином поетапно до 2019 року відбудеться перехід на нову систему управління перевізним процесом.

Запровадження нової технології управління поїзною роботою відбудуватиметься не лише завдяки

структурним змінам, а й технічному переоснащенню для подальшого застосування систем автоматизованого і автоматичного управління рухом поїздів.

Наразі триває створення регіональних центрів управління рухом на Донецькій та Південній залізницях. Зокрема, на Донецькій залізниці завершується робота зі створення третього (перші два — Ясинуватський та Краснолиманський) району управління рухом поїздів — Луганського (на базі Луганської і Дебальцівської дирекцій), який невдовзі планується ввести в експлуатацію.

З 1 січня 2014 р. планується створити відділ перевезень Луганського району управління рухом з відокремленими підрозділами — станціями Луганськ і Дебальцеве. Також плануються перепідпорядкувати лінійні станції, оптимізувати диспетчерські дільниці.

На Південній залізниці триває робота з подальшої оптимізації кількості диспетчерських дільниць та збільшення їх довжини. Нині здійснюється перерозподіл меж п'яти диспетчерських дільниць: Харківського вузла, Мерефа—Лозова, Новобоварського вузла, Люботинського вузла, Богодухів—Ворожба та зменшення їх кількості до чотирьох. Ведуться підготовчі роботи зі створення об'єднаної дільниці на полігоні Куп'янськ — Основа — Полтава — Бурти. Розробляється і проектно-кошторисна документація на обладнання дільниці Полтава — Гребінка сучасними пристроями диспетчерської централізації («Каскад»), впровадження яких надасть можливість об'єднати три диспетчерські дільниці в одну.

На Південній залізниці вже працює об'єднана диспетчерська дільниця Полтава — Лозова. Вона оснащена сучасним обладнанням, що дає змогу дистанційно керувати окремими роздільними пунктами та зменшити експлуатаційні витрати.

За інформацією головного управління перевезень Укрзалізниці, головний та регіональний центри функціонуватимуть за принципами концентрації, тобто зосередження технічних засобів і персоналу для управління рухом, і централізації управління рухом на полігонах значної протяжності. зокрема, довжина диспетчерських дільниць буде збільшена до 200-300 км.

Побудова сучасних центрів управління буде здійснюватися на базі мікропроцесорних систем диспетчерської централізації і диспетчерського контролю. Завдяки сучасним інформаційним технологіям перевізний процес відображатиметься у реальному часі, що значно підвищить ефективність праці диспетчерів. За допомогою новітніх систем, які в режимі реального часу відображають рух поїздів, типи поїздів, місце їх знаходження, усі затримки та прискорення в графіку тощо, диспетчери оперативно отримуватимуть повну інформацію про стан перевезень і матимуть змогу швидко реагувати для усунення відхилень від графіка руху.



а)



б)



в)



г)

Рис.1. Диспетчерський центр управління

Зміни в системі управління рухом поїздів відбуваються у зв'язку зі створенням нової організаційно-правової та економічної моделі управління залізничним транспортом, структурними перетвореннями, які передбачені Державною цільовою програмою реформування залізничного транспорту на 2010 - 2019 роки, схваленою постановою Кабінету Міністрів України від 26.10.2011 № 1106.

На українській залізничній мережі планується створити головний центр управління рухом та шість регіональних центрів, що включатимуть 14 районів

управління, які створюватимуться на базі відділів перевезень дирекцій з їх укрупненням [7]:

- на Донецькій залізниці — три райони: Ясинуватський і Краснолиманський (вони нині входять до складу дорожнього центру управління, що розташовані у Донецьку) та Луганський (на базі Луганської і Дебальцівської дирекцій);

- на Придніпровській магістралі — два райони: перший — на базі Дніпропетровської та Криворізької дирекцій; другий — на базі Запорізької та Кримської дирекцій;

- на Південній залізниці — два райони: Центральний (Харківська, Куп'янська, Сумська дирекції) та Західний (Полтавська дирекція);

- на Південно-Західній залізниці — два райони: Північний район (на базі Київської, Конотопської та Коростеньської дирекцій); Південний (на базі Козятинської та Жмеринської дирекцій);

- на Одеській магістралі — два райони: Одеський (на базі Одеської та Херсонської дирекцій) і Знам'янський (на базі Знам'янської та Шевченківської дирекцій);

- на Львівській залізниці — три райони: Львівський (на базі Львівської, Тернопільської та Івано-Франківської дирекцій); Рівненський (на базі Рівненської дирекції); Ужгородський (на базі Ужгородської дирекції).

Висновки:

Основними проблемами, що виникають при впровадженні систем ДЦ, є:

- забезпечення контролю над усіма технічними засобами ділянки;
- забезпечення безпеки руху;
- обладнання всіх станцій ділянки пристроями СЦБ та контролю за рухом поїздів;
- підготовка фахівців на посади диспетчерів;
- відсутність досвіду організації диспетчерського управління;
- оптимальний розподіл диспетчерських районів;
- значний розмір необхідних інвестицій та інш.

Література

1. Внимание — на центр! [Електронний ресурс]/ Дмитрий Коновалов// Магистраль. - 2011. - Режим доступу до журн.: <http://magistral-uz.com.ua/articles/vnimanie-na-centr.html>.
2. Диспетчерская централизация. Общие понятия: [Електронний ресурс]// В помощь ДСП. - Режим доступу до журн.: <http://scbist.com/ekspluatatsiya-zheleznih-dorog/3753-v-pomosch-dsp-dispetcherskaya-centralizatsiya-minsk.html>.
3. Диспетчерская централизация: [Електронний ресурс]// База знаний СГУПС. - Режим доступу до журн.: <http://uvsr.stu.ru/wiki/index.php/%D0%94%D0%A6>.
4. Диспетчерская централизация: [Електронний ресурс]// Клуб любителей железной дороги и путешествий на поезде. - Режим доступу до журн.: http://trainclub.ru/view_glossary/dispatcherskaya_centralizatsiya/.
5. Ерофеев А.А. Автоматизация диспетчерского управления поездной работой на Белорусской железной до-

роге/ А.А. Ерофеев, Е.А. Ерофеева. – Гомель: БелГУТ, 2011. – с.185-191.

6. По единой команде: [Elektronnij resurs]/ Дмитрий Коновалов// Магистраль. - 2011. - Режим доступа до журн.: <http://magistral-uz.com.ua/articles/po-edinoj-komande.html>.
7. Системы управления движением поездов: [Elektronnij resurs]/ Железнодорожные вагоны. - 2011. - Режим доступа до журн.: http://www.vagoni-jd.ru/razdel_11.5%20sistemi.php.

References

1. Vnimanie — na centr!: [Elektronnij resurs]/ Dmitrij Kononov// Magistral'. - 2011. - Rezhim dostupu do zhurn.: <http://magistral-uz.com.ua/articles/vnimanie--na-centr.html>.
2. Dispetcherskaja centralizacija. Obshhie ponjatija: [Elektronnij resurs]/ V pomoshh' DSP. - Rezhim dostupu do zhurn.: <http://scbist.com/ekspluatacija-zheleznyh-dorog/3753-v-pomosch-dsp-dispetcherskaya-centralizacija-minsk.html>.
3. Dispetcherskaja centralizacija: [Elektronnij resurs]/ Baza znaniy SGUPS. - Rezhim dostupu do zhurn.: <http://uvsr.stu.ru/wiki/index.php/%D0%94%D0%A6>.
4. Dispetcherskaja centralizacija: [Elektronnij resurs]/ Klub ljubitelej zheleznoj dorogi i puteshestvij na poezde. - Rezhim dostupu do zhurn.: http://trainclub.ru/view_glossary/dispetcherskaya-centralizacija/.
5. Erofeev A.A. Avtomatizacija dispetchers'kogo upravlenija poezdnoj rabotoj na Belorusskoj zheleznoj doroge/ A.A. Erofeev, E.A. Erofeeva. – Gomel': BelGUT, 2011. – s.185-191.
6. Po edinoj komande: [Elektronnij resurs]/ Dmitrij Kononov// Magistral'. - 2011. - Rezhim dostupu do zhurn.: <http://magistral-uz.com.ua/articles/po-edinoj-komande.html>.
7. Sistemy upravlenija dvizheniem poezdov: [Elektronnij resurs]/ Zheleznodorozhnye vagony. - 2011. - Rezhim dostupu do zhurn.: http://www.vagoni-jd.ru/razdel_11.5%20sistemi.php.

Марушевский С.А., Капустин Д.А., Дмитриенко Д.С., Кущенко А.В. Диспетчерское управление на железных дорогах Украины.

Статья посвящена внедрению диспетчерской централизации на железных дорогах Украины и проблемам, связанным с формированием новой транспортной инфраструктуры. Изложены ключевые принципы организации диспетчерского централизованного управления и его

структуры. Проанализированы и определены препятствия, связанные с внедрением новых систем управления движением. Указано предварительное распределение железных дорог Украины по диспетчерским центрам, их количество и расположение. Представлены основные преимущества и перспективы внедрения новых систем автоматизации для железнодорожных перевозок. Выявлен ряд основных проблем, препятствующих широкому внедрению диспетчерской централизации и автоматического управления движением.

Ключевые слова: диспетчер, централизация, участок, движение, поезд, сигнализация, управление.

Marushevsky S., Kapustin D., Dmytryenko D., Kushenko O. Supervisory control on railways of Ukraine.

Article is devoted to the introduction of centralized traffic on railways of Ukraine and the problems associated with the formation of new transport infrastructure. Sets out the key principles of supervisory centralized management and its structure. The organizational structure of the central and regional control centers, with an indication of their functions. The basic functions that dispatch a change in the operational mode. Analyzed and identified obstacles related to the introduction of new traffic management systems. Specified preliminary allocation of railways of Ukraine control centers, their number and location, which causes an increase in the length of the controlled portions for one dispatch center. The main advantages and prospects of implementation of new automation systems for rail. A number of the primary obstacles to widespread adoption of centralized traffic control and automatic traffic control.

Keywords: manager, centralization, station, traffic, train, alarm management.

Марушевський С.О. – ст. викл. кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

Капустін Д.О. – ст. викл., к.т.н. кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, e-mail: kap-kapchik@mail.ru.

Дмитрієнко Д.С. – студент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

Кущенко О.В. – доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 03.03.2014

УДК 629.113

АНАЛИЗ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**Марченко Д.Н., Арлинский О.Ю.****ANALYSIS PROPERTIES OF MODERN THERMAL INSULATION MATERIALS****Marchenko D., Arlinskii O.**

Рассмотрены требования, предъявляемые к теплоизоляционным материалам, которые используются на подвижном составе железных дорог. Они должны обеспечивать низкую теплопроводность, достаточную прочность, водо- и паронепроницаемость, небольшую стоимость. Определены технико-экономические показатели современных теплоизоляционных материалов и проведен их сравнительный анализ. В результате исследований определено, что наиболее перспективным материалом являются пеносиликаты, для которых определены предпочтительные направления их совершенствования.

Ключевые слова: машиностроение, тепловая энергия, теплоизолятор, пенополистирол, приведенная стоимость, теплопроводность, пеносиликат.

Постановка проблемы. Качество и конструктивное выполнение тепловой изоляции оказывают прямое влияние на технико-экономические показатели подвижного состава. Применение теплоизоляционных материалов, обладающих улучшенными характеристиками, позволяет значительно уменьшить толщину теплоизоляции, сократить энергозатраты на поддержание требуемых параметров микроклимата в кабине машиниста или салоне вагона, увеличить пассажиро- и грузоподъемность вагонов.

Современный подвижной состав железных дорог имеют кузова, состоящие из наружной металлической обшивки, подкрепленной изнутри продольными и поперечными элементами жесткости. Теплотехнической особенностью металлической обшивки является ее влаго- и паронепроницаемость. Участки (ячейки) между продольными и поперечными элементами жесткости кузова заполняются изоляционным материалом. От правильного выбора изоляционных и паронепроницаемых материалов во многом зависит поддержание требуемой температуры и влажности воздуха в вагоне и температуры внутренних поверхностей ограждений кузова.

Особенностью работы изоляции на подвижном составе железных дорог является необходимость сохранения теплотехнических свойств в условиях непрерывных колебаний на рессорном подвешивании,

обусловленных высокими скоростями движения поездов и соударениями вагонов при маневрах, изменения температуры, влажности воздуха и солнечной радиации, конденсации водяного пара на поверхности и внутри отдельных изоляционных слоев.

На современном этапе технологического развития существует достаточное разнообразие материалов, обеспечивающих уменьшение теплового потока через ограждения, такие как: стены домов, кузова транспортных средств, трубопроводы тепло- и холодоснабжения и т.п. Выбор и использование того или иного материала связан с анализом его различных качеств, таких как:

- плотность;
- коэффициент теплопроводности;
- водопоглощение;
- коэффициент сопротивления проникновению пара;
- группа горючести;
- температурный диапазон применения.

В некоторых случаях достаточно важным фактором выбора является тип материала, из которого изготовлен теплоизолятор: органический или неорганический. Как правило, в качестве основы теплоизоляционных материалов с органической основой используют разнообразные полимеры, такие как полистирол, поливинилхлорид, полиэтилен, полиуретан, синтетический каучук. Материалы с неорганической основой, в своем большинстве, представляют собой волокнистые материалы из расплавов силикатных или базальтовых минеральных пород. Менее часто встречаются композиции из вспененных минеральных материалов.

Анализ последних исследований и публикаций. Проводимые исследования свойств теплоизоляционных материалов основывались на данных, представленных в [1-3]. Экономический анализ стоимости анализируемых материалов и возможности их применения на подвижном составе железных дорог осуществлялся с использованием [4]

Цель. Определение рационального типа теплоизоляционного материала для подвижного состава железных дорог, который бы обладал следующими свойствами:

- имел коэффициент теплопроводности сопоставимый с современными теплоизоляционными материалами либо меньше их;
- являлся бы негорючим и не выделял токсичных веществ при воздействии открытого огня;
- имел низкую рыночную стоимость;
- обеспечивал возможность минимизации инфильтрации воздуха из кабины машиниста или салона вагона.

Результаты исследований. Рассмотрим свойства наиболее часто встречаемых теплоизоляционных материалов.

Пенополистирол. Является органическим ячеистым (рис.1) не гигроскопичным материалом, диффузия водяного пара сквозь него пренебрежимо мала. Водопоглощение при погружении в воду на 7 дней составляет 0,5-1,5% от объема.

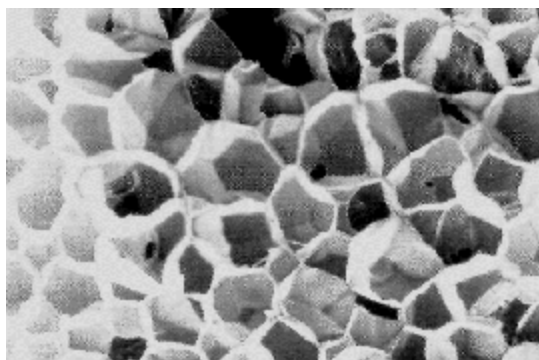


Рис.1. Микроструктура пенополистирола при 10-кратном увеличении

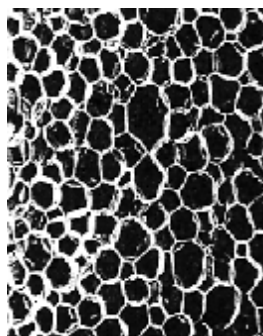
Сорбционная влажность пенополистирола составляет 3-6% по массе. Пенополистирол относится к горючим материалам (от Г1 до Г3), а потому его использование имеет ряд ограничений, связанных с требованиями пожарной безопасности.

Вспененный пенополистирол. Производится вспениванием полистирола (стиропора) и последующим спеканием вспененных частиц. Пенополистирол характеризуется низкой теплопроводностью (0,03-0,04 Вт/м К) и плотностью (15 - 40 кг/м³). При этом прочность пенополистирола позволяет применять его в качестве конструктивного элемента, способного нести значительные нагрузки в течение длительного времени. Прочность на сжатие при 10% линейной деформации составляет для различных марок 65-250 кПа.

Экструдированный пенополистирол. Получают путем смешивания гранул полистирола при повышенной температуре с последующим выдавливанием из экструдера и введением вспенивающего агента. В качестве вспенивающего агента ранее использовались различные фреоны, но в последнее время эти озоноразрушающие агенты уступают место без-

фреоновым системам на основе CO₂. Наряду с нулевой капиллярностью и пренебрежимо малым водопоглощением (менее 0,2 об.%), экструдированный пенополистирол благодаря своей структуре обладает необычайно высокой прочностью на сжатие, а также стабильными теплоизоляционными характеристиками, (теплопроводность - 0,038...0,041 Вт/м К при (25±5)°С). Экструдированный пенополистирол обладает достаточно высокой химической стойкостью, однако некоторые органические растворители (ацетон, этилацетат, нефтяной толуол, уайт-спирит, и т.д.), средства для защиты древесины, каменноугольная смола и ее производные (креозол, и т.д.) могут привести к размягчению, усадке и даже растворению плит.

Пенополиуретан. Неплавкая термореактивная пластмасса с ярко выраженной ячеистой структурой (рис.2). Только 3% от объема утеплителя занимает твердая основа, образующая жесткий каркас. Такая кристаллическая структура придает вспененному полимеру значительную механическую прочность.



а).



б).

Рис.2. Внутренняя структура жесткого пенополиуретана при 20-кратном (а) и 200-кратном (б) увеличении

Поры заполнены газом фторхлорметаном с низкой теплопроводностью, причем доля замкнутых пор достигает 90-95%.

Пенополиуретановые системы с плотностью от 30 до 200 кг/м³ имеют теплопроводность 0,03 - 0,04 Вт/м К и рабочий диапазон температуры от -200 °С до +100 °С и высокие механические нагрузки. Однако, покрытия нуждаются в защите от воздействия прямых солнечных лучей и атмосферной влаги.

Для этого используют атмосферостойкие кремнийорганические эмали, перхлорвиниловую фасадную краску, и т.д. Покрытие инертно к кислотным и щелочным средам, обладает высокой химической и биологической стойкостью, а потому может использоваться в сложных условиях эксплуатации. Пенополиуретан относится к горючим материалам с классом горючести Г2.

Вспененный полиэтилен. Основа - полиэтилен высокого давления (низкой плотности), который обеспечивает хорошую эластичность, высокую стойкость к агрессивным средам. Материал с закрытыми порами, относится к гибким изоляционным

материалам (рис.3). Изоляция трубопровода холодной воды позволяет предотвратить коррозию и окисление изолируемых труб, вызываемые появлением конденсата влаги. Изоляция отлично поглощает неприятные звуковые колебания и вибрации в трубах водоснабжения при перепадах давления на всех диапазонах звуковых частот, что немаловажно как в производственных помещениях, так и в бытовых условиях.

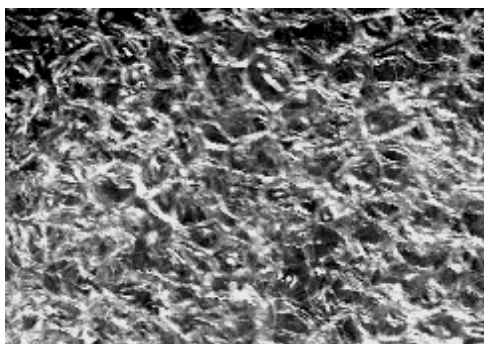
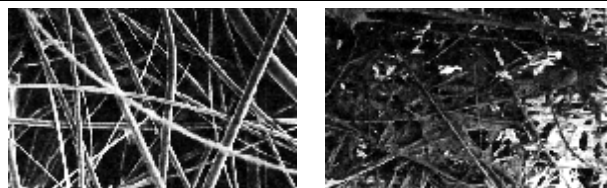


Рис.3. Внутренняя структура вспененного полиэтилена при 10-кратном увеличении

Вспененный каучук. Это гибкие, эластичные материалы с закрытыми порами, выпускаемые в форме трубок различного диаметра и листов.

Основа - синтетический бутадиен-акринитриловый каучук придает им высокую эластичность и делает возможным применение в самых разнообразных сферах. Изначально заложенные свойства гарантируют материалам длительный срок службы и неизменяемость технических характеристик с течением времени. Они работают в диапазоне температур от -70°C до $+150^{\circ}\text{C}$. Материал обладает: превосходной паро- и водонепроницаемостью ($5 \cdot 10^{-4}$ мг/мчПа; низкой теплопроводностью ($0,036 - 0,038$ Вт/м К); способностью к самозатуханию при пожаре (класс горючести Г1); высокой стойкостью к микроорганизмам, плесени, атмосферным воздействиям.

Минеральная вата (базальтовое волокно). Волокнистый материал, получаемый из силикатных (базальтовых) расплавов горных пород, металлургических шлаков и их смесей (рис.4). Его рекомендуется применять для ответственных конструкций, когда требуется многолетняя надежная работа строений. Преимущества: относится к классу негорючих материалов (НГ); способна выдерживать температуру выше 1000°C ; малая усадка (в том числе термическая) и сохранение своих геометрических размеров в течение всего периода эксплуатации; отсутствие гигроскопичности (содержание влаги в изделиях из нее при нормальных условиях эксплуатации составляет 0,5% по объему); является химически пассивной средой и не вызывает коррозию контактирующих с ней металлов.



а)

б)

Рис.4 Микроструктура минеральной ваты (а) и теплоизоляционной плиты с использованием связующего (б)

Недостатки: обладает высокой паропроницаемостью, в результате чего происходит уменьшение термического сопротивления ограждающей конструкции. Коэффициент теплопроводности от $0,042$ до $0,05$ Вт/мК.

Стекловолокно. Представляет собой волокно, которое по технологии получения и свойствам имеет много общего с минеральной ватой. Для получения стеклянного волокна используют то же самое сырье, что для обычного стекла, или отходы стекольной промышленности. Основное отличие стекловаты от минеральной ваты состоит в длине волокон: средняя длина стекловолокна составляет 5 см, в то время как длина каменного волокна - 1,5 см. Рабочие температуры до 400°C . Коэффициент теплопроводности от $0,033$ до $0,035$ Вт/мК. Преимущества: относится к классу негорючих материалов (НГ); повышенная упругость изделий из стеклянного волокна, позволяет транспортировать спрессованный материал, который восстанавливает свой первоначальный объем и форму непосредственно после вскрытия упаковки; имеют большую прочность и отличаются виброустойчивостью. Недостатки: обладает высокой паропроницаемостью.

Пеностекло. Уникальный теплоизоляционный материал, срок службы которого практически неограничен. Он не стареет и сохраняет свои физические свойства на протяжении всего срока жизни здания или конструкции. Изготовленный из чистого стекла, без органических добавок, он не выделяет токсичных веществ и не загрязняет окружающую среду. Не впитывает влагу и является паро- и газонепроницаемым. Он сохраняет свои исключительные свойства в диапазоне температур, намного превосходящем технические требования, предъявляемые к утеплителям в строительстве и промышленности (от -260°C до $+485^{\circ}\text{C}$). Утеплитель прост в работе и не требует ухода и замены, что позволяет значительно снизить стоимость производства работ и последующих эксплуатационных расходов. Коэффициент теплопроводности от $0,04$ до $0,06$ Вт/м К.

Данный неорганический материал имеет закрытую ячеистую структуру, является негорючим и характеризуется минимальным водопоглощением и паропроницаемостью.

Современные технологии получения вспененного стекла (о которых пойдет речь далее) позволяют обеспечивать возможность заливки на вагоне (локомотиве) вспененной смеси в заранее подготовленные пустоты кузова. При этом рабочая температура

тура процесса твердения находится в диапазоне 40...60 °С, что можно использовать как при производстве, так и при ремонтах единиц подвижного состава в условиях депо или ремонтных заводов.

Механические свойства пеностекла при плотности 200...300 кг/м³ обеспечивают предел прочности при сжатии и изгибе, соответственно 0,3 МПа и 0,6 МПа, что практически соответствует аналогичным показателям пенополиуретана и в три раза превосходят показатели пенополистирола.

К недостаткам пеностекла следует отнести несколько высокие значения теплопроводности и приведенной стоимости.

Теплотехнические свойства рассмотренных материалов представлена на рис. 5 - 6.

С целью определения экономических показателей данных материалов проведем следующие преобразования.

Приведенная стоимость материалов (рис.7) определялась как:

$$C^* = \frac{C}{SL},$$

где C – стоимость материала за куб. метр, USD/м³ [4];

S – площадь теплопередающей поверхности, м²;

L – ширина материала, м.

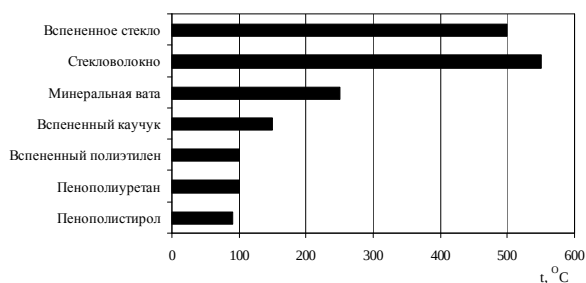


Рис.5. Максимальные рабочие температуры теплоизоляционных материалов

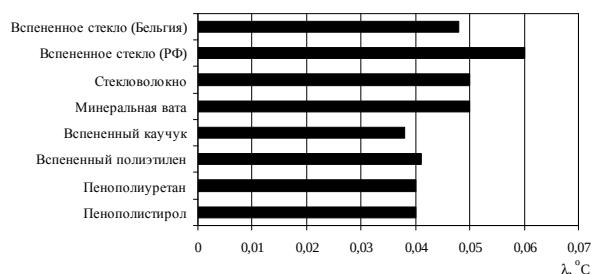


Рис.6. Максимальная теплопроводность теплоизоляционных материалов

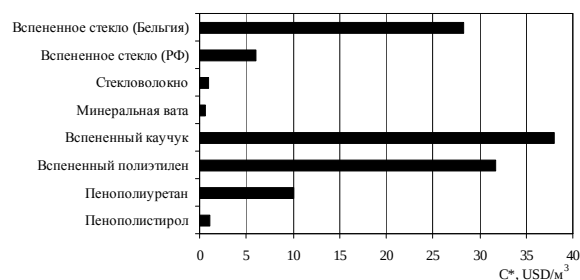


Рис.7. Приведенная стоимость теплоизоляционных материалов

Поскольку коэффициент теплопередачи определяется как [1]:

$$l = \frac{N}{L\Delta t},$$

где N – передаваемая тепловая мощность;

Δt – температурный перепад по материалу, то, соответственно, приведенная стоимость материала:

$$C^* = \frac{Cl\Delta t}{SN}.$$

Выводы. Проведенный анализ показывает, что неорганические теплоизоляционные материалы негорючи, имеют максимальные значения верхнего предела рабочей температуры и наименьшую приведенную стоимость, что делает данные материалы наиболее привлекательными в соотношении цена/качество.

Исходя из ранее сделанного вывода о целесообразности использования вспененных или экструдированных неорганических теплоизоляционных материалов, которые следует применять на подвижном составе железных дорог, необходимо отметить вспененное стекло, как наиболее соответствующее приведенным многообразным требованиям.

На основании проведенного анализа следует указать на необходимость проведения дополнительных исследований на повышение технико-экономических показателей вспененного стекла, которые должны обеспечить уменьшение коэффициента теплопроводности и приведенной стоимости в сравнении с другими материалами.

Л и т е р а т у р а

1. Миснар А. Теплопроводность твердых тел, жидкостей, газов и их композиций. М.: Мир. - 1968. - 464 с. Дытнерский Ю.И.
2. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия. - 1995. - 400 с.
3. Дубинин М.М. Адсорбция и пористость: Учебное пособие. М.: Изд. ВХЗ. - 1972. - 128 с.
4. Бизнес. Прайс-Листы. К: Блиц-Информ. - № 5. - 2014.

References

1. Misnar A. Teploprovodnost tverdyih tel, zhidkostey, gazov i ih kompozitsiy. M.: Mir. - 1968. - 464 s
2. Dyitnerskiy Yu.I. Protsepy i apparaty himicheskoy tehnologii. M.: Himiya. - 1995. - 400 s.
3. Dubinin M.M. Adsorbtsiya i poristost: Uchebnoe posobie. M.: Izd. VAHZ. - 1972. - 128s.
4. Biznes. Prays-Listyi. K: Blits-Inform. - # 5. - 2014.

Марченко Д.М., Арлінський О.Ю. Аналіз властивостей сучасних теплоізоляційних матеріалів.

Розглянуто вимоги, запропоновані до теплоізоляційних матеріалів, які використовуються на рухомому складі залізниць. Вони повинні забезпечувати низьку теплопровідність, достатню міцність, водо- і паронепроникність, невелику вартість. Визначено техніко-економічні показники сучасних теплоізоляційних матеріалів і проведено їх порівняльний аналіз. В результаті досліджень визначено, що найбільш перспективним матеріалом є піносілікати, для яких визначені переважні напрямки їх вдосконалення.

Ключові слова: машинобудування, тепла енергія, теплоізолятор, пінополістирол, наведена вартість, теплопровідність, піносілікат.

Marchenko D., Arlinskii O. Analysis properties of modern insulating materials

Considered the requirements for insulation materials that are used on railway rolling stock. They should provide a

low thermal conductivity, sufficient strength and water vapor permeability, a small cost. Defined technical and economic indicators of modern insulating materials and their comparative analysis. The studies determined that the most promising material are silica foam. Treated insulating material has low thermal conductivity, much lower cost as compared with similar materials, is composed of inorganic materials, which do not support combustion and does not release harmful substances to the human body when it is exposed to flames, it allows liquid to fill the cavity in the body rolling stock that minimizes air infiltration between the environment and space thermal insulation rolling stock. Identified areas for improvement silica foam when used on railway rolling stock.

Keywords: engineering, thermal energy, thermal insulator, polystyrene, present value, conductivity, foamed silicate.

Марченко Д.М. - д.т.н., проф., завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Арлінський О.Ю. - старший викладач кафедри комп'ютерних систем та мереж Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 26.02.2014

УДК 622.278

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УКРАИНЫ

Маршалкин А.В.

WAYS OF IMPROVEMENT OF OPERATING ACTIVITY OF RAILWAYS OF UKRAINE

Marshalkin A.

В статье рассмотрены вопросы анализа пропускной способности железных дорог Украины. Роль железных дорог Украины в евразийской транспортной системе. Методы решения задач по увеличению пропускной способности участков. Создание модели управления пассажирскими и грузовыми перевозками на сети железных дорог Украины. Предложены мероприятия по внедрению автоматизированной системы управления эксплуатационной работой в реальном масштабе времени должны обеспечить высокую эффективность перевозок с надлежащим качеством предоставления транспортных услуг.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, комплекс информационно-управляющих и планирующих систем, единая информационная среда, модель управления перевозками, метод кратчайших расстояний.

Постановка проблемы. Одним из основных стратегических заданий железных дорог на современном этапе развития рыночных отношений и интеграции с Европейской транспортной системой является эффективное осуществление перевозок и сокращения расходов на всех операциях перевозочного процесса путем внедрения автоматизированной системы управления.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ статистической отчетности показывает, что качественные показатели использования подвижного состава, уровень которых оказывает непосредственное влияние на себестоимость перевозок, сменялись таким образом, которые участковые скорости поездов были всегда больше в случае использования электрической тяги сравнительно с тепловозной. Эта тенденция проявляется на двухпутных железнодорожных направлениях международных коридоров, которые, как правило, обслуживаются электрической тягой. На второстепенных участках такой тенденции не наблюдается: при уменьшении объемов перевозок грузов и пассажиров (возникает резерв пропускной способности) показатель участковой скорости имеет более высокий

уровень при неизменных значениях массы поезда, порожнего пробега вагонов и других измерителей, независимо от вида тяги, которой выполняется перевозочный процесс. Опубликовано значительное количество работ, в которых рассматриваются вопросы по увеличению пропускной способности железнодорожных линий [1,2].

В программе развития международных транспортных коридоров предусмотрено значительное увеличение перевозок транзитных грузов через территорию Украины, что требует разработки альтернативных вариантов пропуска грузовых вагонопотоков, которые обходили бы загруженные направления и железнодорожные узлы. Для решения этих задач разработана методика оценок целых железнодорожных направлений и отдельных участков по себестоимости перевозок грузов за нижним и верхним уровнем с учетом вагонной составляющей.

Методикой обоснования вариантов пропуска грузопотоков на сети железных дорог Украины предусмотрено ранжирование перевозок грузов с приоритетом меньшего расстояния транспортировки с учетом пропускной способности направлений и узлов согласно программе поиска кратчайших расстояний. При этом на международных транспортных коридорах в графиках движения приоритет должен предоставляться пассажирским и пригородным поездам, грузовым с транзитным, а также заборным в связи с отсутствием для них альтернативных вариантов пропуска. Поезда с местными, импортными и экспортными грузами при наличии пропускной способности пропускаются международными коридорами; при отсутствии возможности пропуска таких поездов по указанным направлениям они должны следовать за альтернативными вариантами по критерию «минимум расходов на перевозку».

Управление перевозками на основе моделирования перевозочного процесса позволяет наиболее эффективно использовать отдельные направления,

организовывать эксплуатационную деятельность железных дорог в оптимальном режиме, который позволит повысить конкурентоспособность железных дорог на рынке транспортных услуг.

В современных условиях функционирования железных дорог Украины, которые являются мостиком в евразийской транспортной системе, вопрос обеспечения роста объемов международных перевозок по мировым стандартам приобретают важное значение. Поэтому проблема стыковки разных систем автоматической обработки информации, особенно в пунктах перехода на государственных границах, нуждается в срочном решении.

Для создания модели управления пассажирскими и грузовыми перевозками на сети железных дорог Украины нужно использовать метод кратчайших расстояний, который был разработан учеными Института кибернетики Академии наук Украины. В течение продолжительного периода этот метод совершенствовался в зависимости от возможностей кибернетических средств и математического обеспечения. Нахождение оптимального варианта пропуска вагонопотоков связано с решением задачи с ранжирование и последовательной прокладки корреспонденций грузов кратчайшим путем (с наименьшей стоимостью перевозок или минимальным временем доставки товаров или пассажиров) к такому грузопотоку, который превысит пропускную или провозную способность на одной или нескольких участках.

Участки, на которых исчерпанная провозная способность, исключаются из дальнейшего рассмотрения, и прокладка других вагонопотоков проводится по измененным направлениям на сети железных дорог с перерасчетами оптимальных маршрутов за определенными критериями до тех пор, пока не будут пропущены все корреспонденции.

Таким образом, основным показателем для распределения грузопотоков и первоочередного занятия перегонов должны быть самая большая дальность корреспонденций, которые пропускаются по участкам сети.

Цель работы — определить приоритетные направления и обосновать наиболее приемлемые для сети отечественных железных дорог варианты автоматизированных систем управления перевозочным процессом и обеспечение их своевременной, полной и достоверной информацией на всем пути транспортировки пассажиров и грузов.

Управление грузовыми перевозками в реальном масштабе времени заключается в обеспечении перевозки в пределах плана формирования грузовых поездов и графиков их движения с одновременной разработкой разных вариантов использования ресурсов. С этой целью на всех уровнях управления перевозками должны быть разработанные разные автоматизированные информационные системы, которые объединятся в единую систему управления.

Единая автоматизированная система управления грузовыми перевозками, которая разработана на основе оценки по соответствующему критерию сети железных дорог, должны стать базой для создания интегрированной информационной среды и быть фундаментом для взаимодействия разных информационных технологий и динамических моделей управляемых объектов.

Своевременное внедрение системы и реализация её возможностей в полном объеме предоставит возможность получать достоверную информацию подразделам нового поколения органов управления процессами перевозок, организовать эффективное взаимодействие с пользователями транспортных услуг, оперативно руководить эксплуатационной работой, использовать автоматизированную систему взаиморасчетов с определением финансовых результатов железных дорог.

При наличии такой информации органы разных уровней управления будут иметь возможность контролировать и своевременно определять направления развития перевозочных процессов, оперативно корректировать тарифную политику, которая сделает возможным постепенный переход к новым методам управления перевозками на основе рекомендаций, которые базируются на автоматизированном анализе информации, полученной на основе использования данных из разных надежных информационных источников.

Эффективное управление связано, в первую очередь, с получением достоверной информации полного учета объектов подвижного состава и расчетов за использования подвижного состава государств участниц Соглашения о совместном использовании грузовых вагонов и контейнеров на сети железных дорог Украины. В автоматизированной системе осуществляются полномерный учет перехода вагонов через стыковые пункты, учет наличия грузовых вагонов и их дислокация, а также анализ работы вагонного парка в пределах государства.

Данные информационно-статистических центров железных дорог используются для ведения вагонной модели, которая на базе междорожного архива сведений формирует информацию о движении вагонов через дорожные и межгосударственные стыковые пункты за отчетные сутки. Сведения о вагонах содержат информацию о них местонахождении, наличии грузовых вагонов в пределах государства и другую информацию, необходимую для анализа работы вагонного парка и для расчетов за использование вагонов собственности других государств.

Будет осуществляться определение результатов производственно-финансовой деятельности железных дорог относительно перевозки грузов с помощью сетевого комплекса интегрированной обработки дорожных сведений о прибытии грузов и распределения прибылей за перевозку грузов в пределах железных дорог Украины. Предполагается также, что будет автоматизирован сбор и обработка

информации относительно прибытия грузов с распределением прибылей от перевозок, контроль входящей и исходящей информации о платежах за перевозку грузов, выгрузка в тонах, прибыли от перевозок и определение других показателей, которые используются для анализа эффективности грузовых перевозок.

Современное состояние автоматизации управления и документооборота перевозочного процесса представлен разными автоматизированными системами, ориентированными на решение информационных задач с предоставления справок и отчетов определенного состава и формы. Компьютерный анализ результатов организации перевозок и наработки на полученных материалах регулируемого за экономическими критериями фактора воздействия в сфере перевозочного процесса практически отсутствуют, или представлены очень поверхностно без научно-обоснованных выводов.

Ежегодно железные дороги теряют значительные средства через высокие эксплуатационные расходы и выплаты штрафов и пени за нарушения сроков доставки грузов, несвоевременную подачу вагонов под погрузку и другие операции, которые связаны с недостаточным качеством сменно-суточного и текущего планирования; не оптимальностью организации и диспетчерского руководства поездной работой участков; отсутствием качественного анализа выполненных перевозок и принятие управленческих решений.

Все это имеет место из-за отсутствия комплексов информационно-управляющих и планирующих систем, которые позволяют принимать оптимальные решения по организации эксплуатационной работы на основе детальной экономической оценки большинства факторов, которые влияют на выбранный вариант решения; единой информационной среды, которая содержит достоверные данные с необходимой детализацией относительно продвижения единиц транспортного потока и позволяет предоставлять информацию всем уровням управления перевозками.

С целью ликвидации существующих недостатков в развитии информатизации железнодорожной отрасли на основе анализа ранее выполненных разработок и современных требований, направленных на качественное улучшение перевозочного процесса, были разработаны основные принципы построения интегрированной информационно-управляющей системы технологического управления железными дорогами Украины, которая утверждена руководством «Укрзалізниці» в 2004 г.

Целью создания системы является обеспечения структурных преобразований в управлении перевозочным процессом при формировании новой структуры управления «Укрзалізниці» путем разработки и внедрения на сети железных дорог высокоэффективных ресурсосберегающих технологий. Главным критерием управления перевозочным процессом должен стать рентабельность транспортного произ-

водства с сокращением его части в структуре валового национального продукта.

Главной задачей построения системы есть интеграция существующих информационных систем в единую информационно-управляющую систему. Решение задач планирования, прогноза и анализа эксплуатационной работы сети железных дорог остается центральной перспективной составляющей разработки и реализации функциональной части системы.

Система предназначена для анализа, прогноза и принятия решений и организации перевозочного процесса на всех уровнях управления. Главным преимуществом системы есть использования единой базы данных, и сквозная идеология построения по вертикали «линейный уровень» — железная дорога — сеть железных дорог Украины».

Важным качеством системы есть ее функционирование в реальном масштабе времени. Система должна обеспечивать не только информирование пользователей относительно движения вагонов и поездов на управляемом полигоне и возникающих осложнениях в работе, но и реализовывать прогнозируемые модели, формирование, поддержку, принятие, передачу решений пользователями системы, то есть аппаратом управления перевозочного процесса всех уровней, а также обеспечивать и контролировать выполнение принятых управленческих решений во взаимодействии разных уровней управления.

Предложенные мероприятия по внедрению автоматизированной системы управления эксплуатационной работой в реальном масштабе времени должны обеспечить высокую эффективность перевозок с надлежащим качеством предоставления транспортных услуг, достичь успехов железнодорожных дорог в конкурентной международной среде.

Л и т е р а т у р а

1. Бочаров А.П., Кранц И.М., Кривошей Б.А. Проблемы технологического управления эксплуатационной работой железных дорог Украины // *Залізнич. транспорт України*. — 2001. — № 2. С. 11-14.
2. Алейник В.С., Бочаров А.П., Шиш В.А. Совершенствование технологии перевозочного процесса и пути оптимизации эксплуатационной работы / Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 2004. — № 4, 5. С. 54-58.
3. Принципи побудови інтегрованої інформаційно-керуючої системи технологічного управління залізницями України (ТЕМП-УЗ) / В.С. Алейник, О.П. Бочаров, Б.О. Кривошей, В.О. Шиш // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. — 2004. — № 4, 5. — С. 54—58.
4. Мішечкін В.Г., Юрченко О.В., Пасічник В.І. Підвищення якості інформаційного забезпечення управління транспортом // *Залізнич. Транспорт України*. 2002. - № 6. — С. 2—4.

References

1. Bocharov A., Krants S., Krivoshei B. Problems technological - economic setting by operating work of railways of Ukraine // Railway transport of Ukraine. - 2001. - № 2. S. 11-14.
2. Aleinik V., Bocharov A., Shish V. Perfection of technology of vehicular process and way of optimization of operating work / Informatively-managing systems on a railway transport. - 2004. - № 4, 5. S. 54-58.
3. Principles of construction of the integrated informatively-managing system of technologically-economic management per rail of Ukraine(TEMP-UZ) / Aleinik V., Bocharov O., Krivoshei B., Shish V. // Informatively-managing systems on a railway transport. - 2004. - № 4, 5. - S. 54-58.
4. Mishechkin V., Yurchenko O., Pasichnik V. Upgrading of dataware of management a transport // is Railway Transport of Ukraine .2002. - № 6. - S. 2-4

Маршалкін А.В. Шляхи удосконалення експлуатаційної діяльності залізниць України.

У статті розглянуті питання аналізу пропускнуої спроможності залізниць України. Роль залізниць України в євразійській транспортній системі. Методи рішення завдань по збільшенню пропускнуої спроможності ділянок. Створення моделі управління пасажирськими і вантажними перевезеннями на мережі залізниць України. Запропоновані заходи по впровадженню автоматизованої системи управління експлуатаційною роботою в реальному

масштабі часу повинні забезпечити високу ефективність перевезень з належною якістю надання транспортних послуг.

Ключові слова: залізничний транспорт, комплекс систем, що інформаційно-управляють і плануючих, єдине інформаційне середовище, модель управління перевезеннями, метод найкоротших відстаней.

Marshalkin A. Ways of improvement of operating activity of railways of Ukraine.

The questions of analysis of carrying capacity of railways of Ukraine are considered in the article. A role of railways of Ukraine is in the Eurasian transport system. Methods of decision of tasks on the increase of carrying capacity of areas. Creation of case frame by passenger and freight transportations on the trackages of Ukraine. Events offer on introduction of CAS of management must an operating real-time operation provide high efficiency of transportations with the proper quality of grant of transport services.

Keywords: railway transport, complex of the informatively-managing and designing systems, single infomedia, case frame by transportations, method of the shortest distances.

Маршалкін А.В. – викладач Кіровського транспортного технікуму, Луганська обл., Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 22.02.2014

УДК 656.073

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ВАГОНА СЫПУЧИМ ГРУЗОМ В МЯГКИХ КОНТЕЙНЕРАХ**Михайлов Е.В., Дебижа Е.Л.****OPTIMIZATION OF LOAD OF CARRIAGE A FRIABLE LOAD IS IN SOFT CONTAINERS****Mikhailov E., Debizha E.**

В статье рассмотрены вопросы использования мягких контейнеров в транспортно-технологических схемах поставки сыпучих грузов. Проанализированы преимущества и недостатки технологий применения мягких контейнеров при осуществлении перевозок. Представлены аналитические зависимости для определения общего количества грузовых мест, которое можно разместить в вагоне. Определены подходы к рациональному выбору параметров мягких контейнеров при транспортировке сыпучих грузов с учетом схемы погрузки контейнеров в вагон. Разработанная математическая модель загрузки вагона сыпучими грузами в мягких контейнерах может использоваться для оптимизации использования грузоподъемности и полезного объема грузового помещения вагона. Выбор оптимальных параметров мягких контейнеров при учете транспортных характеристик груза позволит сократить расходы на контейнеризацию железнодорожных перевозок сыпучих грузов при получении всех известных преимуществ контейнерных перевозок.

Ключевые слова: мягкий контейнер, сыпучий груз, транспортировка, вагон, погрузка, оптимизация параметров.

Постановка проблемы. Объемы перевозок насыпных и навалочных грузов в мировой практике постоянно возрастают. Вместе с тем повышаются и требования к технической и экологической безопасности перевозок, сохранности груза, удобству принятой схемы транспортировки для потребителя. Кроме того, время от времени возникает проблема нехватки специализированного железнодорожного подвижного состава и транспортного оборудования, которые используются для этих перевозок. Все это стимулирует транспортные организации внедрять новые, эффективные технологии погрузки, транспортировки и перевалки сыпучих грузов [1, 2].

С учетом ожидаемого выхода мировой экономики из экономического кризиса и имеющихся перспектив роста общих объемов грузоперевозок, в том числе и сыпучих грузов, нужно создавать и развивать перспективные технологии перевозок, которые могут более полно удовлетворить потребности всех участников транспортного процесса. Одной из таких

технологий, которые позволяют оптимизировать логистические расходы при проведении погрузочно-разгрузочных работ, транспортировке, перевалке и временном хранении сыпучих грузов, является организация их перевозки в мягких контейнерах (бигбегах, МК) [1, 2, 4].

Анализ последних исследований и публикаций. Мягкий контейнер (далее - МК) фактически является большим мешком, который имеет стропы или петли и зацепы для подъема, и тело мешковидного типа для загрузки, хранения и транспортировки груза. Чаще всего МК изготавливается из полипропилена и имеет форму цилиндра или параллелепипеда [1, 2].

Мягкие полимерные контейнеры по параметрам, определяющим их срок использования, имеют следующие разновидности:

- МК одноразовые - используются в обороте исключительно один раз и далее идут на утилизацию,

- МК циклического использования - используются в нескольких циклах их загрузки/выгрузки,

- МК многооборотные - используются в цепочках загрузки/выгрузки в течении длительного времени, указанного в характеристиках этого контейнера.

Частота использования МК зависит от его запаса прочности. По условиям стандартизации одноразовые МК имеют запас прочности (фактор безопасности) 5:1, циклические МК - имеют запас 6:1 и многооборотные контейнеры - имеют запас прочности 8:1. МК с высоким фактором безопасности можно применять для хранения в них продукции с построением штабеля и расположением их друг на друге высотой до 7 ярусов.

Анализ имеющейся информации относительно технологий использования мягких контейнеров при перевозке сыпучих грузов позволяет отметить следующие их преимущества перед традиционными:

- отсутствие потребности в дефицитном специализированном подвижном составе;

- отсутствие физических потерь перевозимых грузов;
- сохранение количества, качества и чистоты перевозимых грузов;
- защита подвижного состава и окружающей среды от негативного влияния перевозимых грузов;
- отсутствие необходимости очистки вагона после перевозки сыпучего груза;
- простые механизмы для использования в технологическом процессе при погрузке - разгрузке МК;
- возможность временного хранения грузов при перевалке на открытых портовых площадках, что позволяет экономить средства на возведение и содержание складских помещений;
- улучшение условий труда рабочих, в том числе и с точки зрения санитарно - гигиенических условий.

С учетом этих существенных преимуществ железнодорожные перевозки сыпучих грузов с использованием МК в последнее время активно расширяются. Однако, в технических условиях (ТУ) погрузки и крепления грузов на открытом подвижном составе [4] приведены рекомендованные схемы погрузки мягких контейнеров в вагоны только для нескольких их типоразмеров, которые имеют в сечении форму круга. Хотя анализ научно-технической информации и данных интернета свидетельствует, что для перевозок сыпучих грузов в настоящее время используется несколько десятков типоразмеров МК различной конфигурации. С учетом современных возможностей и существующих технологий изготовления МК, возможно их производство с достаточно широким спектром основных параметров (диаметр, высота, грузоподъемность).

При планировании перевозок и выборе параметров МК следует учитывать транспортные характеристики перевозимых сыпучих грузов. Например, от насыпной массы груза существенно зависит полнота использования грузоподъемности и вместимости вагонов при тех или иных параметрах мягкого контейнера. Для повышения эффективности перевозок необходимо должным образом использовать грузоподъемность и вместимость вагонов и контейнеров за счет оптимизации схем погрузки груза, что представляет собой иногда достаточно сложную задачу. К настоящему времени разработаны программные комплексы, позволяющие оптимизировать загрузку вагонов и контейнеров грузами практически любой конфигурации [3]. Однако, стоимость таких программных пакетов достаточно велика и применение их оправданно лишь при значительных регулярных объемах отгрузки различной продукции.

Результаты исследований. Рассмотрим возможности оптимальной загрузки вагона одним из видов мягких контейнеров, имеющих форму близкую к цилиндрической. Основные условия и нормативные требования к размещению и креплению грузов в вагонах и контейнерах определены в «Техни-

ческих условиях погрузки и крепления грузов» [4]. Согласно действующим требованиям, грузы цилиндрической формы обычно должны устанавливаться в вагоне или контейнере на днище (на торец).

Будем рассматривать в качестве ij -го типоразмера мягкого контейнера, имеющего в поперечном сечении форму круга, сочетание двух его основных параметров - диаметра d_i и высоты h_j .

Рабочий объем одного такого мягкого контейнера составит

$$V_{ij} = \pi \cdot d_i^2 \cdot h_j / 4. \quad (1)$$

При осуществлении рациональной перевозки в рассматриваемом случае должны выполняться несколько условий:

- количество используемых мягких контейнеров K_{ij} должно быть минимальным: $K_{ij} \rightarrow K_{\min}$;
- загрузка вагона G_{Bij} должна быть максимально полной (но не превышающей трафаретной его грузоподъемности $G_B^{\max}$): $G_{Bij} \rightarrow G_B^{\max}$;
- технологическое обеспечение прочности МК при требуемой его грузовместимости.

Общее количество K_{ij} контейнеров ij -го типоразмера, которое может быть размещено в вагоне, может быть определено следующим образом

$$K_{ij} = N_i \cdot M_i \cdot F_{ij}, \quad (2)$$

где N_{ij} - число контейнеров ij -го типоразмера, которые могут быть загружены в ряд по ширине вагона;

M_{ij} - число рядов контейнеров ij -го типоразмера, которые могут быть загружены по длине вагона;

F_{ij} - число ярусов погрузки контейнеров ij -го типоразмера в вагоне.

Проанализируем возможные схемы загрузки вагона подобными грузами. В общем случае существует 4 возможных варианта схем погрузки, представленных на рис.1.

Количество ярусов погрузки F_{ij} зависит от грузоподъемности вагона $G_B^{\max}$, высоты его грузового помещения H (высоты погрузки), а также массы g_{ij} и диаметра одного грузового места d_i .

Определим максимальное количество грузовых мест цилиндрической формы, которое можно разместить в вагоне в зависимости от габаритных размеров одного грузового места.

Количество грузовых мест N_n , которое можно разместить в одном поперечном ряду при n -ой схеме погрузки:

- для всех схем погрузки в нечетных рядах, а также для схем (а) и (в) в четных рядах:

$$N_{nij} = F_j \cdot N_i = \left[\frac{H - \Delta}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{d_i} \right], \quad (3)$$

- для схем (б) и (г) в четных рядах:

$$N_{nij} = F_j \cdot (N_i - 1) = \left[\frac{H - \Delta}{h_j} \right] \cdot \left[\left(\frac{B}{d_i} - 1 \right) \right], \quad (4)$$

где

$d_i = 2 \cdot R_i$ - диаметр грузового места,

H - высота грузового помещения вагона (допускаемая высота погрузки),

Δ - технологический зазор (зависит от применяемых средств механизации при погрузке в крытый вагон),

B - ширина грузового помещения вагона,

h_j - высота одного грузового места,

[...] - обозначение целой части содержащегося в скобках выражения с округлением в меньшую сторону,

F_j - число ярусов погрузки.

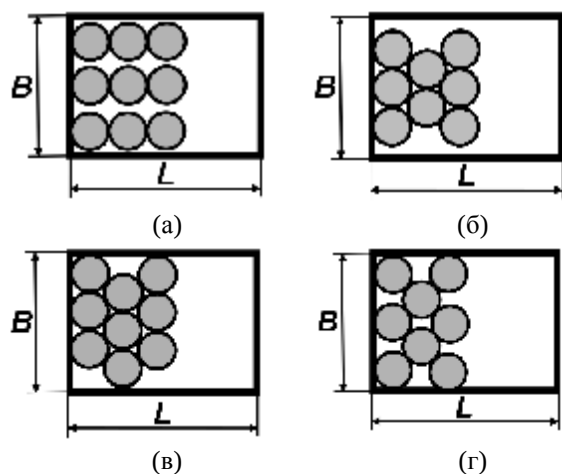


Рис.1. Варианты схем погрузки вагона

Далее определяем возможное количество поперечных рядов M_{ni} в зависимости от принятой схемы погрузки:

- для схемы (а)

$$M_{ni} = \left[\frac{L}{d_i} \right], \quad (5)$$

- для схем (б), (в) и (г)

$$M_{ni} = \left[\frac{L}{d_i - S_i} \right], \quad (6)$$

где L - длина грузового помещения вагона,

S_i - глубина «седловины», которая образуется двумя расположенными рядом грузовыми местами с поперечным сечением в форме круга при установке в вагоне второго и последующих рядов груза для схем погрузки (б), (в) и (г) (см.рис.2, 3).

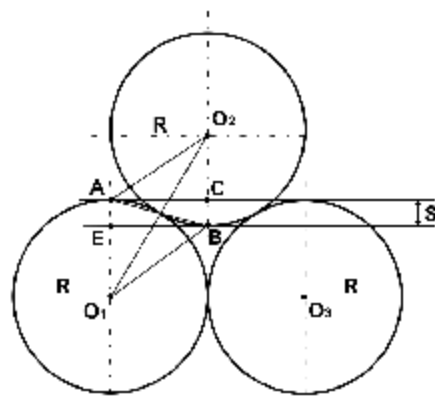


Рис.2. Расчетная схема для схем погрузки (б) и (в)

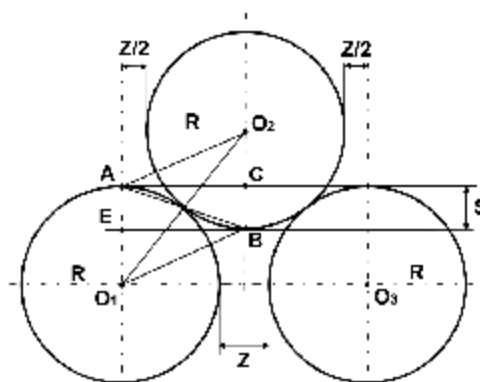


Рис.3. Расчетная схема для схемы погрузки (г)

Величина S_i в общем случае зависит от выбранной схемы погрузки, диаметра грузового места d_i и наличия зазоров Z_i между грузовыми местами в ряду. Используя расчетные схемы, изображенные на рис.2, можно установить указанную зависимость для схем погрузки (б) и (в).

На расчетной схеме (рис.2) рассмотрим параллелограмм O_1AO_2B . Как известно, для подобных геометрических фигур справедливо равенство:

$$O_1O_2^2 + AB^2 = O_1A^2 + AO_2^2 + O_2B^2 + BO_1^2, \quad (7)$$

Выразим составляющие этой формулы через известные величины и искомую величину S_i для каждого типоразмера контейнера (для упрощения записи индексы при переменных в промежуточных выкладках опускаем).

$$O_1O_2^2 = (2R)^2; \quad AB^2 = AC^2 + CB^2 = R^2 + S^2;$$

$$O_2B^2 = R^2;$$

$$BO_1^2 = BE^2 + EO_1^2 = R^2 + (R - S)^2; \quad O_1A^2 = R^2;$$

$$AO_2^2 = AC^2 + CO_2^2 = R^2 + (R - S)^2. \quad (8)$$

Тогда, выражение (8) может преобразоваться следующим образом

$$\begin{aligned}
4R^2 + R^2 + S^2 &= R^2 + R^2 + (R-S)^2 + R^2 + R^2 + (R-S)^2 \cdot \\
5R^2 + S^2 &= 6R^2 - 4RS + 2S^2 \\
&\text{или} \\
S^2 - 4RS + R^2 &= 0.
\end{aligned} \quad (9)$$

Решая это квадратное уравнение, получим:

$$S = \frac{4 \cdot R \pm \sqrt{(4 \cdot R)^2 - 4 \cdot R^2}}{2} = 2 \cdot R \pm \frac{R\sqrt{12}}{2} = R \cdot (2 \pm 1,73) \quad (10)$$

Очевидно, что корень $S = R \cdot (2 + 1,73) = 3,73 \cdot R$ не имеет физического смысла применительно к условиям поставленной задачи. Поэтому для схем погрузки (б) и (в) принимаем:

$$S_i = R_i \cdot (2 - 1,73) = 0,27 \cdot R_i. \quad (11)$$

Из анализа расчетной схемы (рис.3) для варианта схемы погрузки (г) также очевидно, что для параллелограмма O_1AO_2B справедливо равенство (7):

$$O_1O_2^2 + AB^2 = O_1A^2 + AO_2^2 + O_2B^2 + BO_1^2.$$

Однако, в этом случае отличительной чертой является наличие зазоров Z_i между грузовыми местами в поперечном ряду.

Для указанного случая соотношения (7) переписываются в виде:

$$\begin{aligned}
O_1O_2^2 &= (2R)^2; \\
AB^2 &= AC^2 + CB^2 = (R + Z/2)^2 + S^2; \\
O_2B^2 &= R^2; \\
BO_1^2 &= BE^2 + EO_1^2 = (R + Z/2)^2 + (R - S)^2; \\
O_1A^2 &= R^2; \\
AO_2^2 &= AC^2 + CO_2^2 = (R + Z/2)^2 + (R - S)^2.
\end{aligned} \quad (12)$$

После подобного описанному выше преобразования выражения (11) в данном случае получим квадратное уравнение:

$$S^2 - 4RS + (R + Z/2)^2 = 0. \quad (13)$$

Решая это квадратное уравнение, после преобразований получим:

$$S = 2R \pm \sqrt{4R^2 - (R + Z/2)^2}. \quad (14)$$

Очевидно, что корень $S = 2R + \sqrt{4R^2 - (R + Z/2)^2}$ также не имеет физического смысла для условий рассматриваемой задачи. Поэтому для варианта схемы погрузки (г):

$$S_i = 2 \cdot R_i - \sqrt{4R_i^2 - (R_i + Z_i/2)^2}. \quad (15)$$

Общее количество грузовых мест, которое можно разместить в вагоне, может быть выражено следующими зависимостями:

- для схемы (а):

$$K_{aij} = \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{2R_i} \right] \cdot \left[\frac{L}{2R_i} \right], \quad (16)$$

- для схемы (б):

- в нечетном ряду

$$\begin{aligned}
K_{bij} &= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{2R_i} \right] \cdot \left[\frac{L}{2R_i - S_i} \right] = \\
&= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{2R_i} \right] \cdot \left[\frac{L}{1,73 \cdot R_i} \right]
\end{aligned} \quad (17)$$

- в четном ряду

$$\begin{aligned}
K'_{bij} &= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\left(\frac{B}{2R_i} - 1 \right) \right] \cdot \left[\frac{L}{2R_i - S_i} \right] = \\
&= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\left(\frac{B}{2R_i} - 1 \right) \right] \cdot \left[\frac{L}{1,73 \cdot R_i} \right]
\end{aligned} \quad (18)$$

- для схемы (в):

$$\begin{aligned}
K_{cij} &= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{2R_i} \right] \cdot \left[\frac{L}{2R_i - S_i} \right] = \\
&= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{2R_i} \right] \cdot \left[\frac{L}{1,73 \cdot R_i} \right]
\end{aligned} \quad (19)$$

- для схемы (г):

- в нечетном ряду

$$\begin{aligned}
K_{zij} &= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{2R_i} \right] \cdot \left[\frac{L}{2R_i - S_i} \right] = \\
&= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{2R_i} \right] \cdot \left[\frac{L}{\sqrt{4R_i^2 - (R + Z_j/2)^2}} \right]
\end{aligned} \quad (20)$$

- в четном ряду

$$\begin{aligned}
K'_{zij} &= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{2R_i} - 1 \right] \cdot \left[\frac{L}{2R_i - S_i} \right] = \\
&= \left[\frac{H}{h_j} \right] \cdot \left[\frac{B}{2R_i} - 1 \right] \cdot \left[\frac{L}{\sqrt{4R_i^2 - (R + Z_j/2)^2}} \right]
\end{aligned} \quad (21)$$

Масса загруженного в вагон сыпучего груза с насыпной массой g_k с использованием K_{ij} мягких контейнеров составит

$$G_{ijk} = K_{ij} \cdot V_{ij} \cdot g_k = N_i \cdot M_i \cdot Z_{ij} \cdot p \cdot d_i^2 / 4 \cdot h_j \cdot g_k. \quad (22)$$

Для примера на рис.4 показаны некоторые результаты расчетов зависимости $G_{ij} = f(d_i, h_j)$ при различных параметрах МК (диаметр d_i и высота h_j) для схемы погрузки (а). В исходных данных для расчетов принято: вагон - цельнометаллический полувагон модели 12-295 грузоподъемностью 71 т с внутренними размерами кузова $B=2,89$ м, $L=12,69$ м, $H=2,05$ м; насыпная масса груза $g_k = 1,2$ т/м³; погрузка контейнеров - в один ярус.

Анализируя график указанной зависимости можно подобрать рациональное соотношение параметров мягких контейнеров (диаметра d_i и высоты h_j) при котором достигается максимальное использование грузоподъемности вагона для заданного значения насыпной массы g_k перевозимого груза.

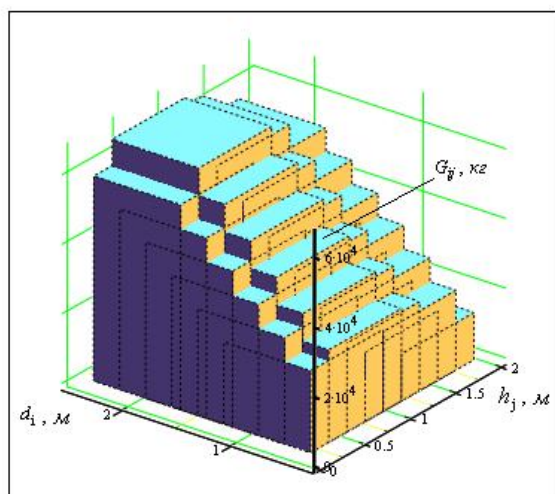


Рис.4. Графики зависимостей $G_{ij} = f(d_i, h_j)$

В общем случае, для выбора набора рациональных параметров МК при известных характеристиках сыпучего груза нужно решать оптимизационную задачу

$$G_{ijk} = f(N_i, M_i, Z_{ij}, d_i, h_j, g_k) \rightarrow G_B^{\max}. \quad (23)$$

Решение этой задачи возможно проводить с использованием известных математических методов с учетом следующих ограничений

$$K_{ij} \rightarrow K_{\min}, \quad d_i^{\min} \leq d_i \leq d_i^{\max},$$

$$h_j^{\min} \leq h_j \leq h_j^{\max}. \quad (24)$$

При варьировании значениями параметра d_i в рамках наложенных ограничений следует учитывать внутренние геометрические размеры кузова вагона и технологические возможности изготовления МК.

При выборе рационального значения параметра h_j и числа Z_{ij} ярусов погрузки МК в полувагон нужно учитывать условия ТУ [4], которые запрещают, чтобы мягкие контейнеры верхнего яруса при их погрузке в полувагон выступали над его бортом больше, чем на 1/3 их высоты (и в целом не более 400 мм).

При этом принимаем, что прочность мягких контейнеров обеспечивается технологически для любой их грузоподъемности в заданном диапазоне избранных параметров.

Решение этой задачи позволит подобрать рациональные параметры d_i и h_j для мягких контейнеров в соответствии с заданной величиной насыпной массы g_k перевозимого груза.

Таким образом, рациональный выбор параметров мягких контейнеров в соответствии с учетом транспортных характеристик перевозимого груза, позволит сократить расходы на контейнеризацию железнодорожных перевозок сыпучих грузов при получении всех известных преимуществ контейнерных перевозок.

Выводы. В работе составлена математическая модель загрузки вагона сыпучим грузом в мягких контейнерах, имеющих цилиндрическую форму, для различных схем их погрузки в вагон. Использование этой математической модели может позволить оптимизировать использование грузоподъемности и полезного объема грузового помещения вагона за счет рационального выбора параметров мягких контейнеров с учетом транспортных характеристик конкретного перевозимого груза.

Л и т е р а т у р а

1. Третьяков Г.М., Горюшинский В.С., Ковтунов А.В. и др. Контейнерно-транспортные системы для насыпных грузов: Учебн. пособие для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Г.М. Третьякова. - М.: Маршрут, 2003. - 323 с.
2. Прудникова В.П. Контейнер как средство перевозки грузов.- Владивосток, 2009.-29с.
3. <http://www.packer3d.ru> – Программы, сервисы, решения для оптимальной укладки груза.
4. Технические условия погрузки и крепления грузов.- М.: Транспорт, 1990.-489с.

R e f e r e n c e s

1. Tret'jakov G.M., Gorjushinskij V.S., Kovtunov A.V. i dr. Kontejnerno-transportnye sistemy dlja nasypnyh грузов: Uchebn. posobie dlja vuzov zh.-d. transporta / Pod red. G.M. Tret'jakova. - M.: Marshrut, 2003. - 323 s.
2. Prudnikova V.P. Kontejner kak sredstvo perevozki грузов.- Vladivostok, 2009.- 29 s.

3. <http://www.packer3d.ru> – Programmy, servisy, re-sheniya dlja optimal'noj ukladki gruzu.
4. Tehnicheskie uslovija pogruzki i kreplenija gruzov.-M.: Transport, 1990.- 489s.

Михайлов Є.В., Дебіжа Є.Л. Оптимізація завантаження вагону сипким вантажем у м'яких контейнерах.

У статті розглянуті питання використання м'яких контейнерів у транспортно-технологічних схемах постачання сипких вантажів. Проаналізовані переваги та недоліки технологій застосування м'яких контейнерів при здійсненні перевезень. Представлені аналітичні залежності для визначення загальної кількості вантажних місць, яку можна розмістити у вагоні. Визначені підходи до раціонального вибору параметрів м'яких контейнерів при транспортуванні сипких вантажів із урахуванням схеми вантаження контейнерів у вагон. Розроблена математична модель завантаження вагону сипкими вантажами у м'яких контейнерах може використовуватися для оптимізації використання вантажопідйомності та корисного об'єму вантажного приміщення вагону. Вибір оптимальних параметрів м'яких контейнерів при врахуванні транспортних характеристик вантажу дозволить скоротити витрати на контейнеризацію залізничних перевезень сипких вантажів при отриманні усіх відомих переваг контейнерних перевезень.

Ключові слова: м'який контейнер, сипкий вантаж, транспортування, вагон, вантаження, оптимізація параметрів.

Mikhaylov E.V., Debizha E.L. Optimization of load of carriage a friable load is in soft containers.

In the article the questions of the use of soft containers are considered in the transport-technological charts of supplying with friable loads. Advantages and lacks of technologies of application of soft containers are analysed during realization of transportations. Analytical dependences are presented for determining the general amount of freight places, which can be placed in a carriage. Going is certain near the rational choice of parameters of soft containers at transporting of friable loads taking into account the chart of loading of containers in a carriage. The worked out mathematical model of loading of carriage friable loads in soft containers can be used for optimization of the use of carrying capacity and useful volume of freight apartment of carriage. The choice of optimal parameters of soft containers at the account of transport descriptions of load will allow to cut down expenses on containerisation of railway transportations of friable loads at the receipt of all known advantages of container traffics.

Keywords: soft container, friable load, transporting, carriage, loading, optimization of parameters.

Михайлов Є.В. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: evgmi@yandex.ru.

Дебіжа Є.Л. – студент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ВНУ ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. Нечасів Г.І.

Стаття подана 26.02.2014 р.

УДК 629.4.027

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ С ПОДВИЖНЫМИ ГРЕБНЯМИ

Михайлов Е.В., Рейдемейстер А.Г., Семенов С.А., Макаров К.В.

MATHEMATICAL MODELING OF MOVEMENT OF A WHEEL PAIR WITH MOVABLE FLANGES

Mikhailov E., Reidemeister O., Semenov S., Makarov K.

В статье приведены результаты математического моделирования движения одиночной колесной пары с подвижными гребнями в прямых участках пути. В отличие от традиционной, модель рассматриваемой колесной пары имеет в своем составе два дополнительных элемента (гребни с возможностью независимого вращения относительно колес вокруг их общей оси). Перспективы уменьшения износа гребней колес оценены по снижению удельной работы сил трения в гребневом контакте. Приведены результаты расчетов, показывающие преимущества использования колес новой конструктивной схемы.

Ключевые слова: износ, колесо, моделирование, трение, работа, подвижный гребень.

Постановка проблемы. Как показывают расчеты кинематики движения, колесо рельсового экипажа новой конструктивной схемы (с подвижным гребнем) обладает рядом свойств, позволяющих снизить скорость проскальзывания в гребневом контакте и, соответственно, износ контактирующих поверхностей [1, 2]. В связи с этим представляется целесообразным дальнейшее изучение перспектив использования колес новой конструктивной схемы в экипажных частях рельсового транспорта.

Для определения эффективности использования рельсового экипажа с колесами перспективной конструктивной схемы необходимо рассмотреть его динамическое поведение при движении в прямых и кривых участках пути, определить показатели динамических качеств и значения критериев износа гребней колес, сравнив их с соответствующими величинами для традиционных конструкций. Очевидно, что данную задачу возможно осуществить с наименьшими затратами времени и средств посредством математического моделирования.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время для математического описания движения рельсовых экипажей предложено значительное количество моделей с различной степенью идеализации и детализации систем, подробностей

описания реальной геометрии поверхностей катания колес и головок рельсов, а также упруго-диссипативных характеристик связей между элементами систем. Выбор расчетной схемы и составление уравнений движения колесной пары осуществлялись на основе анализа результатов работ [3-8].

Результаты исследований. На первом этапе исследований были изучены особенности динамических характеристик движения в прямом участке рельсового пути одиночной колесной пары с колесами перспективной конструктивной схемы в сравнении с подобными характеристиками движения традиционной колесной пары (ТКП).

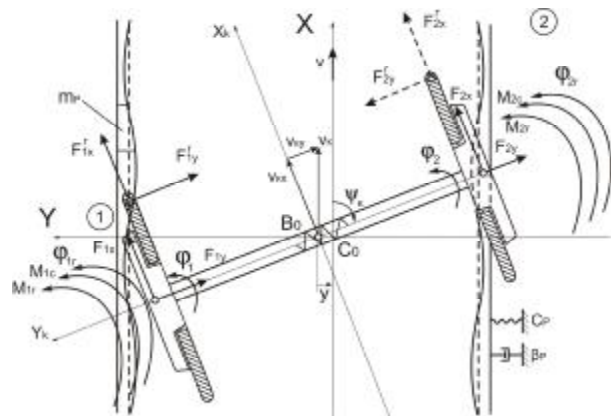


Рис.1. Расчетная схема исследуемой колесной пары

Идеализации и допущения при составлении математической модели движения колесной пары были приняты общеизвестными, как и в большинстве исследований в этой области динамики [3, 5, 9-11], т.е. колесная пара, взаимодействующая с рельсовым путем, представлена в виде нелинейной механической системы, состоящей из абсолютно твердых тел, соединенных упругими и диссипативными (вязкого

или сухого трения) связями. На рис. 1 представлена расчетная схема колесной пары.

Рельсовый путь представлен в виде балок бесконечной длины, лежащих на однородном упругом основании. Инерционные характеристики пути учитывались в виде постоянной массы, приведенной к колесу в точке их контакта. В поперечном направлении упруго-вязкие характеристики рельса моделировались пружиной с вязким трением. Горизонтальные продольные перемещения пути а также кручение рельсов вокруг продольной оси не учитывались. Принималось, что до момента касания гребня с боковой гранью рельса отжатие последнего отсутствует, т.е. поперечная составляющая силы трения в контакте колеса с рельсом отжатия последнего не вызывает. Это упрощает решение задачи без существенной потери точности вычислений [12]. Рассматривалось движение колесной пары с постоянной линейной скоростью при отсутствии силы тяги или торможения.

В отличие от традиционной, модель рассматриваемой колесной пары имеет в своем составе два дополнительных элемента (гребни с возможностью независимого вращения относительно соответствующих колес вокруг их общей оси). Форма очертания гребня и поверхности катания колеса приняты линейными с установленной коничностью.

Силовое взаимодействие колеса и соответствующего гребня моделировалось постоянным моментом сопротивления M_c в узле их сопряжения. Касательные силы взаимодействия колес и рельсов определялись в соответствии с линейной теорией крипа, устанавливающей зависимость этих сил от безразмерных характеристик проскальзываний колес относительно рельсов. Контактное взаимодействие гребней колес с боковыми гранями головок рельсов моделировалось силами сухого трения, величина которых пропорциональна величинам соответствующих направляющих усилий при постоянном коэффициенте трения между гребнем колеса и рельсом. Направление векторов соответствующих сил трения в гребневых контактах определялось в соответствии с кинематическими характеристиками движения колес новой конструктивной схемы [1, 2].

Приняты следующие обозначения независимых переменных: y —поперечное смещение колесной пары (относ); ψ —угол поворота колесной пары относительно оси OZ (виляние); ϕ_0 —угол поворота оси колесной пары относительно оси OY; ϕ_i —угол поворота i -го колеса относительно оси OY; ϕ_i^r —угол поворота гребня i -го колеса относительно оси OY; y_{pi} —поперечное смещение i -го рельса.

Результаты исследований [8, 13] свидетельствуют о том, что силы взаимодействия деформируемых колес и рельсов (тангенциальные силы) могут быть выражены через относительные скорости проскальзывания в точках контакта. Для описания связи этих сил с кинематическими характеристиками движения использована линейная теория Ф. Картера. Согласно [14], касательные силы $F_{x,y}$ в контакте

колеса с рельсом (силы крипа) пропорциональны величине относительного упругого скольжения (крипа) $e_{x,y}$ сопрягаемых тел или относительной скорости упругого скольжения:

$$F_{x,y} = k \cdot e_{x,y} \quad (1)$$

$$e_{x,y} = \frac{v_{ck}}{v} \quad (2)$$

В свою очередь, относительные проскальзывания выражены следующим образом:

- в основном контакте колеса с рельсом в поперечном направлении

$$e_{yi} = \frac{1}{v} \cdot \left(\left(\dot{y} - \dot{y}_{pi} \right) - v \cdot y - r \cdot \dot{f}_i \cdot y \right), (i=1,2) \quad (3)$$

- в основном контакте колеса с рельсом в продольном направлении

$$e_{xi} = \frac{1}{v} \cdot \left[(-1)^{i-1} \cdot S \cdot \dot{y} + (-1)^{i-1} \cdot \frac{v \cdot (y - y_{pi})}{r} + (-1)^{i-1} \cdot \dot{f}_i \cdot l \cdot (y - y_{pi}) + r \cdot \dot{f}_i \right], (i=1,2) \quad (4)$$

Координаты ϕ_1 и ϕ_2 принимались как малые углы поворота колес относительно общей оси колесной пары при учете ее конечной крутильной жесткости,

Уравнения движения исследуемой колесной пары составлены в следующем виде:

- уравнение отнosa:

$$m_{\kappa\lambda} \cdot \ddot{y} - F_{1y} - F_{2y} - F_{1y}^r - F_{2y}^r = 0; \quad (5)$$

где F_{1y}^r, F_{2y}^r — силы, возникающие в поперечном направлении при набегании гребня колеса на рельс (направляющие усилия), которые задаются следующим образом:

$$F_{1y}^r = \begin{cases} 0, & \text{при } (y - y_{p1}) \in [-0,007; 0]; \\ -c_p \cdot y - b_p \cdot \dot{y}_{p1}, & \text{при } (y - y_{p1}) < -0,007; \end{cases}$$

$$F_{2y}^r = \begin{cases} 0, & \text{при } (y - y_{p2}) \in [0; 0,007]; \\ -c_p \cdot y - b_p \cdot \dot{y}_{p2}, & \text{при } (y - y_{p2}) > 0,007; \end{cases}$$

где y_{p1} —перемещение левого рельса в поперечном направлении;

y_{p2} —перемещение правого рельса в поперечном направлении.

- уравнение виляния:

$$J_{OZ} \cdot \ddot{\psi} - F_{1x} \cdot S_1 + F_{2x} \cdot S_2 - F_{1y}^F \cdot S_1^F - F_{2y}^F \cdot S_2^F = 0 ; \quad (6)$$

S_i — расстояние по горизонтали от проекции центра оси колесной пары на горизонтальную плоскость до точки касания поверхности катания колеса и рельса:

$$S_i = S - (-1)^{i-1} \cdot y , \quad (7)$$

S_i^F — предварение касания гребневого контакта:

$$S_i^F = (r_i + h_r) \cdot \operatorname{tg} y \cdot \operatorname{tg} b \quad (i=1,2), \quad (8)$$

r_i — текущий радиус качения левого ($i=1$) и правого ($i=2$) колеса:

$$r_i = r + (-1)^i \cdot y \cdot l . \quad (9)$$

Ввиду учета в модели конечной торсионной жесткости оси колесной пары, отдельно составлены уравнения вращения левого и правого колес:

$$J_{OY} \cdot \ddot{j}_i + (-1)^i \cdot b_o \cdot \left(\dot{j}_1 - \dot{j}_2 \right) + (-1)^i \cdot c_o \cdot \left(j_1 - j_2 \right) - F_{ix} \cdot r_i + M_{Ci} = 0 \quad (i=1,2) \quad (10)$$

M_{Ci} — моменты сопротивления в узле сопряжения левого и правого колес и соответствующих подвижных гребней.

Выражения для моментов сопротивления в узлах сопряжения колес и гребней в общем случае определяются в виде

$$M_{Ci} = M_0 \cdot \operatorname{sign}(\dot{j}_0 + \dot{j}_i - \dot{j}_i^A), \quad (i=1,2), \quad (11)$$

где M_0 — максимальное значение момента сопротивления;

При решении задачи численными методами для устранения существенной нелинейности функций (11) аппроксимируем их в виде

$$M_{Ci} = M_0 \cdot \frac{2}{p} \cdot \arctg \frac{\dot{j}_0 + \dot{j}_i - \dot{j}_i^A}{z}; \quad (i=1,2), \quad (12)$$

где z — постоянная малая величина.

Уравнения вращения гребней колес:

$$J^F \cdot \ddot{f}_i^F - M_{Ci} + M_i^F = 0 , \quad (i=1,2), \quad (13)$$

где M_i^F — моменты сил трения, действующих на левый и правый гребень в продольной вертикальной плоскости

$$M_i^F = m \cdot F_{iy}^F \cdot r_i^F \quad (i=1,2), \quad (14)$$

где r_i^F — плечо действия составляющей силы трения гребня по рельсу в продольной вертикальной плоскости.

Уравнения поперечного перемещения рельсов [4]:

$$m_P \cdot \ddot{y}_{Pi} + c_P \cdot y_{Pi} + b_P \cdot \dot{y}_{Pi} = -F_{yi}^2 \quad (i=1,2). \quad (15)$$

Интегрирование составленной системы дифференциальных уравнений движения колесной пары производилось с использованием математического пакета MATLAB.

Ниже представлены некоторые результаты расчетов движения колесной пары по прямому участку пути.

На рис. 2 представлен ряд характеристик извилистого движения колесной пары с колесами новой конструктивной схемы. Преимущество применения подвижных гребней колес заключается в том, что при взаимодействии такого гребня с рельсом угловая его скорость будет несколько меньшей, чем угловая скорость колеса, вследствие чего значение пути проскальзывания гребня по боковой грани головки рельса будет меньше по сравнению с колесной парой традиционной конструкции. Соответственно может быть уменьшена и работа сил трения в гребневых контактах.

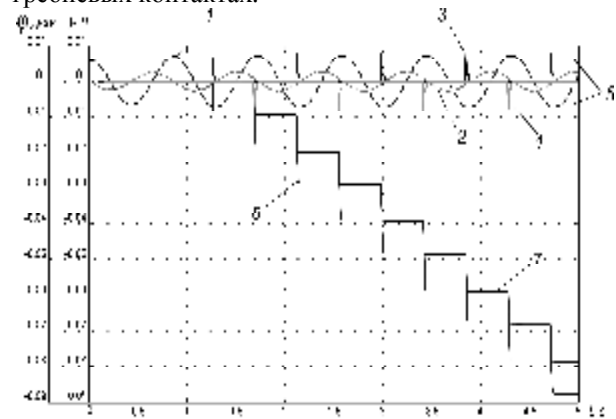


Рис. 2. Некоторые характеристики движения колесной пары с колесами новой конструктивной схемы по прямому участку пути: 1 — относ. (y , мм); 2 — влияние (y , рад); 3 — импульсы направляющих усилий, действующих на гребень левого колеса (F_{1y}^F); 4 — то же для гребня правого колеса (F_{2y}^F); 5 — условные границы суммарного зазора рельсовой колеи в прямом участке пути; 6 — разница между накопленными углами поворота колесной пары и левого подвижного гребня (f_1^F , рад); 7 — то же для правого подвижного гребня (f_2^F , рад).

При изучении особенностей движения колесной пары с подвижными гребнями колес представляет интерес определение зависимости параметров движения ее элементов от величины значения M_0 , характеризующего сопротивление в сопряжении подвижного гребня с колесом. В проведенных расчетах рассматривались значения M_0 от 0 до максимальной его величины, препятствующей повороту гребня относительно колеса при любых условиях движения.

На рис. 3 для примера показана зависимость разницы между накопленными углами вращения оси колесной пары и левого подвижного гребня f_1^r от линейной скорости движения колесной пары в диапазоне от 10 до 100 км/ч при максимальном значении момента сопротивления $M_0 = 200$ Н/м за время движения 10 сек.

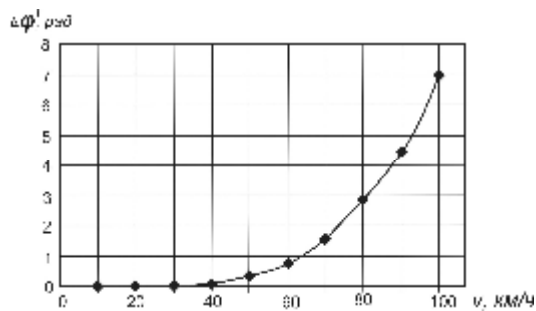


Рис. 3. Зависимость Δf_1^r от скорости движения ($t=10$ сек, $M_0 = 200$ Н/м).

Для фиксированной скорости движения ($v = 20$ м/с) при возрастании значения момента сопротивления M_0 до максимальной величины, препятствующей повороту гребня относительно колеса при любых условиях движения, зависимость разницы между накопленными углами поворота оси колесной пары и левого гребня Δf_1^r за время движения 10 сек. от величины M_0 выглядит следующим образом (рис. 4).

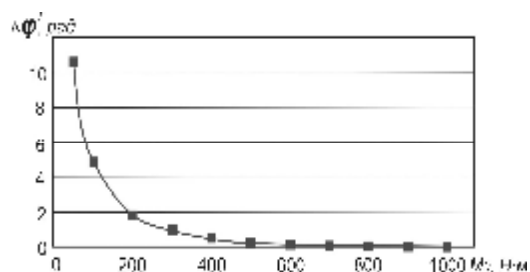


Рис. 4. Зависимость Δf_1^r от M_0 ($t=10$ сек, $v = 20$ м/с).

Величина Δf_1^r может быть пересчитана в величину снижения суммарного пути трения подвиж-

ного гребня колеса по боковой грани головки рельса.

В ряде исследований, например [15, 16], оценку снижения износа контактирующих тел предложено проводить с помощью достаточно часто используемого энергетического критерия, представляющего собой работу A сил трения в гребневом контакте, приходящуюся на единицу пройденного пути L

$$\Phi = A / L, \quad (16)$$

Мы также принимаем этот вид критерия износа для сравнительной оценки износа колес новой и традиционной конструктивной схемы.

Величину снижения работы сил трения в гребневом контакте при использовании колес новой конструктивной схемы в сравнении с колесами традиционной конструкции мы можем определить умножая величину Δf_1^r на усредненное по каждому импульсу действия направляющего усилия значение воздействующего на соответствующий гребень момента сил трения в гребневом контакте.

На рис. 5 приведены графики, представляющие зависимость снижения величины выбранного критерия износа, исходя из снижения работы сил трения в гребневом контакте одного из колес новой конструктивной схемы, в зависимости от максимального значения момента сопротивления M_0 при разных скоростях движения колесной пары за время движения $t = 10$ с.

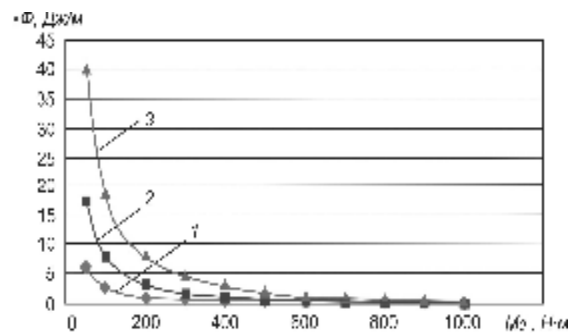


Рис. 5. Зависимость уменьшения величины критерия износа в гребневом контакте от M_0 (за время $t = 10$ с) при скорости движения: 1 – 15 м/с; 2 – 20 м/с; 3 – 25 м/с.

Анализ графиков на рис. 3-5 показывает, что с увеличением момента сопротивления в узле сопряжения колеса и подвижного гребня, угол поворота последнего относительно соответствующего колеса за рассматриваемый период движения колесной пары уменьшается. При этом возрастает путь трения гребня по рельсу при их контактировании и, соответственно, снижается выигрыш в уменьшении удельной работы сил трения в гребневом контакте в сравнении с колесом традиционной конструктивной схемы.

Выводы. В процессе математического моделирования движения колесной пары с колесами но-

вой конструктивной схемы по прямым участкам пути выявлено, что важным преимуществом использования колес такой конструктивной схемы является меньшая величина работы сил трения в гребневых контактах, что дает основание ожидать меньших величин износа взаимодействующих поверхностей (гребней и боковых граней головок рельсов) а также уменьшения сопротивления движению рельсовых экипажей и энергозатрат на тягу поездов, по сравнению с соответствующими показателями экипажей с колесными парами традиционной конструкции. Результаты исследований свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения особенностей движения рельсовых экипажей с колесами новой конструктивной схемы не только в прямых, а и в кривых участках пути, где ожидается более ощутимый эффект от применения усовершенствованных ходовых частей.

Л и т е р а т у р а

1. Михайлов Е.В., Слащев В.А., Семенов С.А. Снижение кинематического проскальзывания по рельсу колеса рельсового экипажа с подвижным гребнем // Вестник ВНУ им.В.Даля. – 2013. – № 18 (207), (Ч. 1). – С.28-34.
2. Evgeniy Mikhailov, Stanislav Semenov, Evgenia Panchenko. The possibility of reducing kinematic slip with two-point contacting with rail wheel railway vehicle. // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Vol. 13, No. 1, Poland 2013. – pp. 139 – 145.
3. Голубенко А.Л. Сцепление колеса с рельсом. – Луганск: ВУГУ, 1999. – 476 с.
4. Ткаченко В.П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996. – 200 с.
5. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д. Динамика вагона: Учебник для вузов ж. – д. трансп./ Под. ред. Вершинского С.В. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.
6. Бурчак Г.П. Совершенствование методики исследования свободных боковых колебаний экипажей // Фундаментальные проблемы динамики и прочности подвижного состава, Вып. 912, М.-Моск. гос. ун-т путей сообщения, 1997. – С. 3-12.
7. Винник Л.В. Проблемы механики подвижного состава с новыми конструкциями колесных пар. – Дисс. доктора техн. наук. – М., МИИТ, 2006. – 720 с.
8. Гарг В.К., Дуккипати Р.В. Динамика подвижного состава: Пер. с англ./ Под ред. Панькина Н.А. М.: Транспорт, 1988. 391 с.
9. К вопросу о характере движения колесной пары в кривых участках железнодорожного пути / Елбаев Э.П.; Харьковский политехнический институт. – Харьков, 1989. – 25 с.
10. Голубенко А.Л., Кашура А.Л., Полищук В.А. Математическое моделирование движения колесной пары в рельсовой колее произвольного профиля // VII Международная научно-практическая конференция «Проблемы развития рельсового транспорта». – Крым: Ливадия, 1997. – С.31-32.
11. Винник Л.В. Математическое моделирование колеса дифференциального вращения (КДВ) // Материалы X Международной научно-технической конференции. Вестник ВУГУ № 7 (29). – Луганск: ВУГУ, 2000. – С. 67-76.

12. Маслиев В.Г. Динамика локомотивов с устройствами, уменьшающими износ бандажей колес. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 288 с.
13. Результаты теоретических исследований ходовых качеств локомотива с опытной подрезиненной колесной парой и теплового состояния ее амортизаторов: Отчет о НИР / Рук. А.Л. Голубенко, Ворошиловградский машиностроительный институт. Ворошиловград, 1988, 463 с.
14. Carter F.W. On the action of locomotive driving wheel // Proc. Roy. Soc. – Ser.A. – 1926. V.112. – P.151-157.
15. Афанасов, А. М. Анализ влияния условий сцепления на фактор износа гребней колесных пар локомотивов / А. М. Афанасов, А. И. Кийко, С. В. Арпуть // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 41. – С. 71–74.
16. Рейдемейстер О.Г. Вплив параметрів ходових частин та форми профілю поверхні катання коліс на динамічні показники вантажних вагонів та знос в парі "колесо-рейка": дис. канд. тех. наук. – Дніпропетровськ, 2000, –185 с.

R e f e r e n c e s

1. Mikhailov E.V. Snigienie kinematicheskogo proskal'zyvaniya po rel'su kola rel'sovogo ekipaga s podvignym grebnem / Mikhailov E.V., Slashov V.A., Semenov S.A. // Vestnik VNU im. V. Dalja. – 2013. – № 18 (207), (Ч. 1). – С.28-34.
2. Evgeniy Mikhailov, Stanislav Semenov, Evgenia Panchenko. The possibility of reducing kinematic slip with two-point contacting with rail wheel railway vehicle. // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Vol. 13, No. 1, Poland 2013. – pp. 108 – 112.
3. Golubenko A.L. Scephlenie kola s rel'som.—Lugansk: VUGU, 1999.—476 s.
4. Tkachenko V.P. Kinematicheskoe soprotivlenie dvizheniju rel'sovyh ekipazhej.- Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996.- 200 s.
5. Vershinskij S.V., Danilov V.N., Husidov V.D. Dinamika vagona: Uchebnik dlja vuzov zh. – d. transp./ Pod. red. Vershinskogo S.V. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Transport, 1991. – 360 s.
6. Burchak G.P. Sovershenstvovanie metodiki issle-dovaniya svobodnyh bokovyh kolebanij ekipazhej // Fundamental'nye problemy dinamiki i proch-nosti podvizhnogo sostava, Vyp. 912, M.—Mosk. gos. un-t putej soobshhenija, 1997.—S. 3-12.
7. Vinnik L.V. Problemy mehaniki podvizhnogo so-stava s novymi konstrukcijami kolesnyh par. - Diss. doktora teh-nicheskikh nauk. - M., MIIT, 2006.-720 s.
8. Garg V.K., Dukkipati R.V. Dinamika podvizhnogo sostava: Per. s angl./ Pod red. Pan'kina H.A. M.: Transport, 1988. 391 s
9. K voprosu o haraktere dvizhenija kolesnoj pary v krivyh uchastkah zheleznodorozhnogo puti / Elbaev Je.P.; Har'kovskij politehnicheskij institut. – Har'kov, 1989. – 25 s.
10. Golubenko A.L., Kashura A.L., Polishhuk V.A. Matematicheskoe modelirovanie dvizhenija kolesnoj pary v rel'sovoj kolee proizvol'nogo profilja // VII Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konfe-rencija «Problemy razvitija rel'sovogo transpor-ta».—Krym: Livadija, 1997.—S.31-32.
11. Vinnik L.V. Matematicheskoe modelirovanie kola differencial'nogo vrashhenija (KDV) // Materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii.

- Vestnik VUGU № 7 (29).- Lugansk: VUGU, 2000,- S. 67-76.
12. Masliev V.G. Dinamika lokomotivov s ustrojst-vami, umen'shajushimi iznos bandazhej koles. –Har'kov: NTU «HPI», 2008. – 288 s.
 13. Rezul'taty teoreticheskikh issledovanij hodovykh kachestv lokomotiva s opytnoj podrezinenoj ko-lesnoj paroj i teplovogo sostojanija ee amortiza-torov: Otchet o NIR / Ruk. A.L. Golubenko, Voro-shilovgradskij mashinostroitel'nyj institut. Voroshilovgrad, 1988, 463 s.
 14. Carter F.W. On the action of locomotive driving wheel // Proc. Roy. Soc. – Ser.A. – 1926. V.112. – P.151-157.
 15. Afanasov, A. M. Analiz vlijanija uslovij sceplenija na faktor iznosa grebnej kolesnyh par lokomotivov / A. M. Afanasov, A. I. Kijko, S. V. Arpul' // Visnik Dnipropetr. nac. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazarjana. – D., 2012. – Vip. 41. – S. 71–74.
 16. Rejdemejster O.G. Vpliv parametriv hodovykh chastin ta formi profilju poverhni katannja kolis na dinamichni pokazniki vantazhnih vagoniv ta znos v pari "koleso-rejka": dis. kand. teh. nauk. - Dnipropetrovs'k, 2000, - 185 s.

Михайлов Є.В., Рейдемейстер О.Г., Семенов С.О., Макаров К.В. Математичне моделювання руху колісної пари з рухомими гребенями.

У статті наведено результати математичного моделювання руху одиночної колісної пари рухомими гребенями у прямих ділянках шляху. На відміну від традиційної, модель розглянутої колісної пари має у своєму складі два додаткових елемента (гребені з можливістю незалежного обертання відносно коліс навколо їхньої загальної осі). Для визначення ефективності використання рейкового екіпажа з колесами перспективної конструктивної схеми розглянута його динамічна поведінка. Перспективи зменшення зносу гребенів коліс оцінені по зниженню питомої роботи сил тертя в гребневому контакті, що приходить на одиницю пройденого шляху. Приведено результати розрахунків, що показують переваги використання коліс нової конструктивної схеми.

Підсумки досліджень на даному етапі свідчать про необхідність подальшого вивчення особливостей руху рейкових екіпажів з колесами нової конструктивної схеми не тільки прямих, а й у кривих ділянках шляху, де очі-

кується більш відчутний ефект від застосування удосконалених ходових частин.

Ключові слова: знос, колесо, моделювання, тертя, робота, рухливий гребінь.

Mikhailov E., Reidemeister O., Semenov S., Makarov K. Mathematical modeling of movement of a wheel pair with movable flanges.

The article contains results of mathematical simulation the motion of a single wheel pair with movable flanges in straight sections of the path. In contrast to the traditional model of the considered wheel pair is composed of two additional elements (flanges with the possibility of independent rotation relative to wheel around their common axis). For determine the efficiency of railway vehicle with wheels promising constructive scheme considered its dynamic behavior. Prospects for decreasing wear flanges of the wheel estimated reduction the specific work of friction forces in the contact flanges per unit of distance traveled. The results of calculations showing the advantages using the wheels of a new constructive scheme.

The results of research at this stage indicate the need for further study of the features a motion of rail vehicles with wheels a new constructive schemes, not only in direct, and in the curves of the way, where we expect a more significant effect from the application of improved running gears.

Keywords: wear, wheel, simulation, friction, work, mobile flanges.

Михайлов Є.В. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СНУ ім. В. Даля, м.Луганськ. e-mail: evgmi@yandex.ru.

Рейдемейстер О.Г. – к.т.н., доцент, кафедри «Вагони» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Семенов С.О. – аспірант кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СНУ ім. В. Даля, м.Луганськ. e-mail: semen_opugt@mail.ru.

Макаров К.В. – начальник конструкторсько-технологічного відділу по вагонобудуванню ПАТ НВЦ «Трансмаш», м.Луганськ.

Рецензент: д.т.н., проф. Нечасєв Г.І.

Стаття подана 22.02.2013

УДК 656.212

ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОД'ІЗНИХ КОЛІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**Мочалова К.В., Шворнікова Г.М., Маркевич Є.О.****PROBLEMS FUNCTIONING INDUSTRIAL SIDINGS****Mochalova K., Shvornikova A., Markevich E.**

За останні роки істотно збільшився час знаходження вагонів на під'їзних коліях, частими стали випадки залишання поїздів на підходах до підприємств через неможливість їх прийому на під'їзні колії, багато вагонів пошкоджується на під'їзних коліях при виконанні вантажних операцій. Виконано аналіз проблем в роботі під'їзних колій промислових підприємств України. Тому у статті проаналізовано нормативно-правову базу, що регламентує взаємодію під'їзних колій промислових підприємств та станцій примикання. Розглянуто можливі шляхи удосконалення взаємодії промислового та магістрального залізничного транспорту.

Ключові слова: простій, перевезення, підприємства, оборот, взаємодія.

Вступ. Основним завданням транспорту є повне і своєчасне задоволення потреб народного господарства в перевезеннях на основі інтенсифікації, підвищення ефективності його роботи. В умовах переходу економіки до ринку особливої актуальності набувають дослідження, присвячені питанням надійного функціонування транспортних систем в цілому і, зокрема взаємодії вантажних станцій та під'їзних колій підприємств. Найважливішим резервом в роботі залізничного транспорту є прискорення обороту вагонів, скорочення їх непродуктивних простоїв під вантажними операціями на під'їзних коліях підприємств. Досягти прискорення обороту вагонів без науково-обґрунтованого рішення завдань взаємодії вантажних станцій та під'їзних колій підприємств, з урахуванням відповідності технічних і технологічних можливостей неможливо.

Постановка проблеми. Залізничний транспорт під'їзних колій промислових підприємств є важливим елементом логістичного ланцюга переміщення матеріальних потоків, так як забезпечує безпосередню взаємодію з передачею вантажів між магістральними залізницями та вантажовласниками. До залізничних під'їзних колій відносяться колії, які з'єднані із загальною мережею залізниць безперервною рейковою колією і належать підприємствам, організаціям, установам незалежно від форм власності [1].

В даний час транспортна система України включає більше 7000 під'їзних шляхів загальною протяжністю більше 27 тис. км (для порівняння експлуатаційна довжина магістральних залізничних колій складає 21,7 тис. км). При цьому технічне оснащення ЗТПП деяких великих металургійних підприємств дуже східне з оснащенням дирекцій залізничних перевезень на магістральному транспорті [9].

Аналіз складових елементів обігу вантажного вагона показав, що найбільша частина обігу (41,5 %) приходить на вантажні операції. Це має велике значення тому, що більша частина обсягів навантаження і розвантаження (близько 90 %) припадає на під'їзні колії промислових підприємств. [2, 9].

Це вимагає від залізничного транспорту нових комплексних підходів до покращення технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання. Вантажовласники оцінюють якість роботи залізничного транспорту за критеріями доставки вантажу "точно в строк" на основі наскрізного Єдиного технологічного процесу роботи магістрального і промислового залізничного транспорту за умови мінімальних витрат. Але існуючі технології роботи і нормативні документи не в повній мірі враховують інтереси всіх учасників виробничо-транспортного ланцюгу пересування вантажу.

Слід визнати, що в даний час існуюча система організації експлуатаційної роботи багатьох під'їзних колій та їх взаємодії із залізницями демонструє свою неефективність. За останні роки істотно збільшився час знаходження вагонів на під'їзних коліях, частими стали випадки залишання поїздів на підходах до підприємств через неможливість їх прийому на під'їзні колії, багато вагонів пошкоджується на під'їзних коліях при виконанні вантажних операцій.

Найважливіше значення для вдосконалення експлуатаційної діяльності залізниць має ефективне та раціональне використання технічних і транспортних засобів на вантажних станціях у взаємозв'язку з під'їзними шляхами підприємств. Обороти вагону з

усіма його складовими елементами є одним з основних показників роботи залізниць.

Таким чином, виходячи з наведеного вище актуальною стає задача удосконалення технологій роботи під'їзних колій промислових підприємств і вантажних станцій магістрального транспорту, які поєднують організаційні питання з питаннями раціонального технічного оснащення і кількості технічних засобів, що забезпечує зменшення часу знаходження вагонів на під'їзних коліях і, як наслідок, скорочення обігу вантажного вагона [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Після здобуття Україною незалежності та переходу від планової до ринкової економіки залізничний транспорт підприємств зіткнувся з цілим рядом проблем, пов'язаних з адаптацією до роботи в нових умовах. Нові умови ринкової економіки зажадали і нових підходів до вирішення виниклих проблем. Серед сучасних досліджень особливий уваги заслуговують роботи, виконувані під керівництвом вчених УкрДАЗТ Т.В. Бутко, Д. В. Ломотько, А. Н. Котенка, В. М. Запари. При цьому для дослідження роботи під'їзних колій використовуються потужні математичні моделі, застосовуються нові підходи до визначення експлуатаційних показників роботи під'їзних колій, розробляються концепції сучасних автоматизованих систем управління, опрацьовуються ефективні напрями вдосконалення удосконалення нормативно-правової бази [3-7].

В даний час робота ЗТПП в Україні регламентується цілим рядом нормативних документів, основними серед яких є: «Закон України про залізничний транспорт», «Статут залізниць України», «Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України», «Правила технічної експлуатації залізничного транспорту промислових підприємств», «Тарифне керівництво № 1».

Крім того, експлуатація кожного окремого під'їзної колії здійснюється відповідно до «Інструкції про порядок обслуговування і організації руху на під'їзній колії», а взаємодія під'їзної колії із залізницею виконується на підставі «Договору про експлуатацію під'їзної колії» або «Договору на подачу і прибирання вагонів». Також взаємодія із залізницею може регламентуватися «Єдиним технологічним процесом роботи під'їзної колії і станції примикання» (ЄТП).

Однією з основних причин неефективної роботи ЗТПП є істотна зношеність (до 80 %) основних технічних засобів: колійного та стрілочного господарства, рухомого складу, вантажних і складських пристроїв. Це призводить до запровадження на під'їзних коліях обмежень швидкості маневрових пересувань, частим сходам рухомого складу, поломок локомотивів, збільшенню тривалості вантажно-розвантажувальних операцій. Зношеність вантажно-розвантажувальних засобів часто призводить до пошкоджень рухомого складу. Модернізація основних фондів залізничного транспорту під'їзних колій вимагає застосування сучасних науково обґрунтованих

методів для вибору комплексу найбільш ефективних та економічно виправданих заходів щодо збільшення його переробної та пропускної здатності. [3]

В умовах стабільного зростання обсягів перевезень і попиту на вантажні вагони все більше проявляються негативні фактори, які склалися на промислових підприємствах у ставленні до вагонного парку залізниць. Як показує аналіз, промислові підприємства часто використовують рухомий склад нерационально, допускаючи невиправдані технологічними потребами тривалі затримки вагонів на під'їзних коліях.

Поелементний аналіз обігу вантажного вагона на залізницях України показує, що близько 42 % від загального часу обороту складає знаходження вагонів на станціях виконання вантажних операцій (на Донецькій дорозі цей показник досягає 56 %). При цьому до 90 % зазначеного часу вагони знаходяться на під'їзних коліях підприємств, а простий вагонів магістрального транспорту на під'їзних коліях деяких великих підприємств металургійної та гірничодобувної промисловості сягає 100 годин і більше. Більше того, спостерігається стійка тенденція до збільшення простоїв вагонів на під'їзних коліях: так, якщо в 2009 році середній час перебування вагона на під'їзних коліях України становив 21,2 г., в 2010 році - 23,4 г., в 2011 році 23,9 г., то в першому півріччі 2012 року - 25,3 г. З урахуванням того, що за 6 місяців 2012 року середній обіг навантаженого вагона склав 6,16 діб., частка простою на під'їзних коліях склала майже 20 %. При цьому за даний період Укрзалізниця втратила близько 200 тис. вагонів вантажного ресурсу і близько 100 млн. грн. потенційного доходу від перевезень [8].

Така ситуація з одного боку пояснюється недостатньою пропускною та переробною спроможністю під'їзних колій, які внаслідок високого ступеня зносу технічних засобів не можуть стабільно освоювати наявні обсяги перевезень.

З іншого боку, досить низький розмір плати за простій вагонів на під'їзній колії дозволяє підприємствам використовувати вагони як «склади на колесах», замість того, щоб розвивати власну інфраструктуру. В даний час плата за простій одного вагона на під'їзній колії становить 36 грн. на добу, при цьому можливий «заробіток» за цей період працюючого вагона - близько 850 грн.. Разом з тим, плата за простій вагонів по деяких великих під'їзних шляхах гірничо-металургійного комплексу досягає 300 тис. грн. на добу і навіть більше. Однак, як показує практика, ці витрати підприємства зазвичай перекладають на собівартість продукції, що випускається. Слід також відзначити, що вагони, що належать приватним операторам, обробляються на під'їзних шляхах значно швидше, ніж вагони власності державних підприємств [8].

Виходом з даної ситуації багато експертів бачать жорсткість умов використання вагонів, збільшення плати за простій і введення штрафів за наднормативний простій вагонів. Слід зазначити, що

штрафи сплачуються з прибутку підприємства, а плата за користування вагонами, як уже зазначалось, часто просто перекладається на собівартості продукції.

Однією з причин затримок вагонів на під'їзних шляхах є їх пошкодження в результаті виконання вантажних операцій або через сходів, викликаних незадовільним станом шляхів. При цьому вагон затримується для ремонту до 5 діб і більше.

Основні пошкодження вагонів відбуваються на під'їзних шляхах портів при виконанні вантажних операцій за допомогою грейферів. Щорічно більше 1,5 тис. вагонів пошкоджуються в портах України, що складає близько 40 % від числа всіх випадків пошкодження вагонів на вантажних фронтах [8].

Сучасні умови роботи економіки України характеризуються істотною нерівномірністю перевезень.

Однією з причин цього є перехід від системи глобального державного планування до ринкових методів складання планів. При цьому на багатьох підприємствах виробництво продукції виконується «під замовлення» і, відповідно, відправлення вантажів здійснюється вкрай неритмічно. Виконані на ряді підприємств дослідження показали, що для під'їзних шляхів коефіцієнт місячної нерівномірності по прибуттю в залежності від виду вантажу може коливатися в досить широких межах 1,15... 3,15.

Разом з тим, за окремими вантажам на під'їзних шляхах відхилення максимальних обсягів прибуття від середньодобових значень може досягати 400... 500 % і більше.

При цьому на під'їзних коліях таких підприємств виникає проблема спорудження додаткових накопичувальних складських ємностей для згладжування нерівномірності прибуття сировини або відправлення готової продукції. В умовах значної зношеності технічних засобів та економії підприємствами коштів на їх модернізацію наявність нерівномірності перевезень призводить до виникнення затримок в обслуговуванні вагонів на під'їзних коліях, появи кинутих поїздів, загального зниження ефективності використання вагонного парку.

Істотний вплив на систему організації роботи під'їзних шляхів в даний час надає наявність у структурі вагонопотоку, що надходить із зовнішнього мережі, вагонів власності різних залізничних операторів і промислових компаній. Наявність власних вагонів призводить до істотного зниження коефіцієнта здоєнних операцій, який для власних вагонів становить близько 1,2 (для загальномережевого парку - 1,5). Причиною цього є заборона власників рухомого складу на використання цих вагонів після вивантаження.

Така ситуація призводить до необхідності подачі на підприємства додаткових порожніх вагонів під навантаження готової продукції і, отже, до збільшення вагонообігу під'їзних шляхів, підвищенню завантаженості станцій примикання і підходів. Причому, аналіз використання порожніх вагонів під навантаження на ряді під'їзних шляхів великих підп-

приємств показує, що до 12% прибулих під навантаження порожніх вагонів повертається на зовнішню мережу в порожньому стані. Це пов'язано з одного боку з незадовільним технічним станом прибулих вагонів, з другого боку - з неузгодженістю взаємодії працівників під'їзної колії, залізниці та власників вагонів по підводу порожняка під навантаження, коли працівники під'їзної колії замовляють вагони під навантаження «про запас», а потім їх не використовують.

Існує і ряд інших проблем. Так, завантаженість маневрових локомотивів на деяких під'їзних коліях становить понад 80 %. З одного боку це пояснюється чинними обмеженнями швидкості руху, з іншого - великим обсягом маневрової роботи, пов'язаної з сортуванням і добіркою вагонів по роду вантажу, власникам рухомого складу, необхідністю зважування як завантажених, так і порожніх вагонів та ін.. Додаткові маневри також виконуються при « викидання » з потягів, готових до відправлення, вагонів з готовою продукцією, внаслідок недотримання технічних умов навантаження, неправильного оформлення перевізних документів та ін..

Поелементний аналіз роботи маневрових локомотивів на ряді під'їзних шляхів показав, що до 35 % робочого часу Локомотиви можуть бути зайняті не виконання маневрів, а перебувають в очікуванні при відкачуванні або відпуску автогальм. Наслідком усього цього є істотне збільшення завантаження маневрових локомотивів, що призводить до непродуктивних простоїв вагонів на коліях в очікуванні подачі або прибирання.

Висновок. Аналіз проблем функціонування під'їзних колій та їх взаємодії з магістральним транспортом показав, що однією з найбільш важливих завдань є розробка та впровадження науково обґрунтованих заходів щодо підвищення ефективності обслуговування вантажних фронтів з метою скорочення трудових і енергетичних витрат на транспортно-технологічний процес, в першу чергу за рахунок створення оптимальних умов виконання маневрової роботи та прискорення обороту вагонів.

Взаємодія залізничного магістрального та промислового транспорту має будуватися з урахуванням технічного, технологічного, інформаційного, економічного і соціального факторів. Причому ці умови видозмінюються і набувають ту чи іншу значимість залежно від форм обслуговування.

Л і т е р а т у р а

1. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Ч.1 [Текст]. - К.: Видавничий дім "САМ", 2004. - 432с.
2. Мілецька, І. М. Дослідження Показників вантажної роботи на місцях незагального КОРИСТУВАННЯ в умов підприємства Д [Текст] / І. М. Мілецька // 36. наук. праць. УкрДАЗТ, - Харків : УкрДАЗТ, 2010. - Вип. 118, - С. 220-225.
3. Бутько, Т. В. Формування логістичної МОДЕЛІ обслуговування масових вантажів залізничним транспортом незагального користування (Частина 1) [Текст] / Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько, Є. В. Сушарін // Інформ. - ке-

- руючі системи на залізн.. транспорті. - 2010. - № 1. - С. 55-59.
4. Бут'ко, Т. В. Удосконалення взаємодії підсистем у системах транспортно-логістичного обслуговування масових вантажів залізничним транспортом [Текст] / Т. В. Бут'ко, Д. В. Ломот'ко, Є. В. Сушарін // Інформ. - керуючі системи на залізн.. транспорті. - 2009. - № 3. - С. 24-29.
 5. Данько, М. І. Удосконалення логістичних послуг місцевої роботи у перевізному процесі при взаємодії вантажовласників та Залізниць України [Текст] / М. І. Данько, А. М. Котенко, А. В. Кулешов // 36. наук. праць. УкрДАЗТ, - Харків : УкрДАЗТ, 2009. - Вип. 111, - С. 7-16.
 6. Ковальов, А. О. Визначення нормувального години перебування вагонів на під'їзних коліях [Текст] / А. О. Ковальов, Л. І. Сіром'ятнікова // 36. наук. праць. УкрДАЗТ, - Харків : УкрДАЗТ, 2012. - Вип. 128, - С. 65-68.
 7. Бут'ко, Т. В. Формування логістичних технологій на базі інформаційно-керуючої системи підприємствами промислового Залізничного транспорту [Текст] / Т. В. Бут'ко, Д. В. Ломот'ко, В. І. Панкратов // Інформ. - керуючі системи на залізн.. транспорті. - 2009. - № 1. - С. 44-48.
 8. Копилов, М. Коли составы становятся покинутыми [Текст] / М. Копилов // Магістраль. - 2012. - № 53 (1739).
 9. Вернигора Р.В. Проблемы функционирования железнодорожных подъездных путей Украины в современных условиях / Р.В. Вернигора // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2012. - №3 (58), том 4.

References

1. Правила перевезен' вантажів залізничним транспортом України. Ч.1 [Текст]. - К.: Видavничij dim "SAM", 2004. - 432s.
2. Milec'ka, I. M. Doslidzhennja Pokaznikiv vantazhnoi roboti na miscjah nezagal'nogo KORISTUVANNJa v umiv pidpriemstva D [Текст] / I. M. Milec'ka // Zb. na-uk. prac'. UkrDAZT, - Harkiv : UkrDAZT, 2010. - Vip. 118, - S. 220-225.
3. But'ko, T. V. Formuvannja logistichnoi MODELi obslugovuvannja masovih vantazhiv zalizничnim transportom nezagal'nogo koristuvannja (Chastina 1) [Текст] / T. V. But'ko, D. V. Lomot'ko, Є. V. Susharin // Inform. - kerujuchi sistemi na zalizn.. transporti. - 2010. - № 1. - S. 55-59.
4. But'ko, T. V. Udoskonalennja vzaємodії pidsistem u sistemah transportno- logistichного obslugovuvannja masovih vantazhiv zalizничnim transportom [Текст] / T. V. But'ko, D. V. Lomot'ko, Є. V. Susharin // Inform. - kerujuchi sistemi na zalizn.. transporti. - 2009. - № 3. - S. 24-29.
5. Dan'ko, M. I. Udoskonalennja logistichnih poslug miscevoi roboti u pereviznomu procesi pri vzaємodії vantzovlasnikiv ta Zaliznic' Ukraini [Текст] / M. I. Da-n'ko, A. M. Kotenko, A. V. Kuleshov // Zb. nauk. prac'. Ukr-DAZT, - Harkiv : UkrDAZT, 2009. - Vip. 111, - S. 7-16.
6. Koval'ov, A. O. Viznachennja normoval'nogo godini perebuvannja vagoniv na pid'їzних kolijah [Текст] / A. O. Koval'ov, L. I. Sirom'jatnikova // Zb. nauk. prac'. Ukr-DAZT, - Harkiv : UkrDAZT, 2012. - Vip. 128, - S. 65-68.
7. But'ko, T. V. Formuvannja logistichnih tehnologij na bazi informacijno- kerujuchoї sistemi pidpriemstvami promis-

- lovogo Zalizничного transportu [Текст] / T. V. But'ko, D. V. Lomot'ko, V. I. Pankratov // Inform. - kerujuchi sistemi na zalizn.. transporti. - 2009. - № 1. - S. 44-48.
8. Kopilov, M. Koli sostavi stajut' pokinutimi [Текст] / M. Kopilov // Магістраль. - 2012. - № 53 (1739).
9. Vernigora R.V. Problemy funkcionirovanija zhelez-nodorozhnyh pod#eznyh putej Ukrainy v sovremennyh uslovijah / R.V. Vernigora // Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. - 2012. - №3 (58), tom 4.

Мочалова К.В., Шворникова А.М., Маркевич Е.А. Проблемы функционирования подъездных путей промышленных предприятий.

За последние годы существенно увеличилось время нахождения вагонов на подъездных путях, частыми стали случаи оставления поездов на подходах к предприятиям из-за невозможности их приема на подъездные пути, много вагонов повреждается на подъездных путях при выполнении грузовых операций. В связи с этим в статье выполнен анализ проблем в работе подъездных путей промышленных предприятий Украины. Проанализирована нормативно-правовая база, регламентирующая взаимодействие подъездных путей промышленных предприятий и станций примыкания. Рассмотрены возможные пути совершенствования взаимодействия промышленного и магистрального железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: простой, перевозки, предприятия, оборот, взаимодействие.

Mochalova K., Shvornikova A., Markevich E. Problems functioning industrial sidings.

In recent years significantly increased the time spent by wagons on sidings, steel frequent abandonment of trains on the approaches to the enterprises because of the impossibility of their admission to the driveways, many damaged cars on sidings when performing cargo operations. In this regard, the paper analyzed the problems in the driveways industrial enterprises. Analyzed the legal framework that governs the interaction of industrial sidings and stations contiguity. Possible ways to improve the interaction of industrial and mainline rail. Analysis of problems in the functioning of access roads and their interaction with the main transport showed that one of the most important tasks is the development and implementation of science-based interventions to improve the efficiency of freight service fronts to reduce labor and energy costs of transport - process, primarily due to create optimal conditions for shunting and rapid turn-around cars.

Keywords: simple, transportation, businesses, turnover, interaction.

Мочалова К.В. – магістрант кафедри кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Шворникова Г.М. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Маркевич Є.О. – магістрант кафедри кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.

Стаття подана 18.02.2014

УДК 656.223

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ИНВЕНТАРНЫМ ВАГОННЫМ ПАРКОМ СОВМЕСТНО С ИНОВАГОНАМИ

Павлюченко В.О., Брень А.В., Мирошникова М.В., Беляева О.М.

ANALYSIS APPROACHES FOR SOLVING PROBLEMS FREIGHT TRANSPORTATION PLANNING INVENTORY CAR FLEET CONJUNCTION WITH INOVAGONAMI

Pavlyuchenko V., Bren A., Miroshnikova M., Bilaeva O.

В статье рассмотрен анализ подходов решения задач планирования перевозок грузов инвентарным вагонным парком совместно с иновагонами. Показано, что эксплуатация вагонов, имеющих особенности учета и использования, связана с необходимостью привлечения дополнительных экономических, эксплуатационных и управленческих ресурсов. Эффективная эксплуатация вагонных парков, которые имеют особенности учета и использования, в частности иновагонов, представляет самостоятельную задачу, решение которой приведет к существенному увеличению поступлений дополнительных средств при рационально организованных перевозках.

Ключевые слова: вагонопоток, грузооборот, вагонный парк, эмпирический коэффициент.

Введение. Важнейшей задачей управления эксплуатационной работой железнодорожного транспорта является повышение эффективности использования вагонного парка. Совершенствование управления эксплуатационной работой, уменьшение стоимости транспортной составляющей в цене продукции предусмотрено концепцией Государственной программы реформирования железнодорожного транспорта. В связи с тем, что эксплуатация различных категорий грузового вагонного парка регулируется отдельными правилами и тарифами, резервом повышения эффективности эксплуатации является учет особенностей учета и использования подвижного состава.

Постановка проблемы. В условиях рыночных отношений наилучшим экономическим критерием для управления порожними вагонами является получение максимума прибыли от перевозок грузов, которая формируется из доходов (провозной платы) за вычетом затрат, состоящих из эксплуатационных расходов по перевозкам и платы за пользование вагонами СНГ на своей территории. При расчете прибыли необходимо учитывать плату за использование «чужого» вагона, которая зависит не только от про-

должительности конкретной перевозки, но и от общего времени нахождения рассматриваемого вагона на «Укрзалізниці», что требует отдельного анализа по каждому вагону при выборе его для перевозки груза, а также прогнозирования времени движения вагона.

Анализ последних исследований и публикаций. В разработку задачи управления вагонопотоками значительный вклад внесли ученые: Акулиничев В.М., Балч В.И., Бутько Т.В., Диканюк М.Н., Дьяков Ю.В., Кудрявцев В.А., Негрей В.Я., Ратин Г.С., Угрюмов А.К., Тулупов Л.П., Шаров В.А.

Цель статьи. Является повышение эффективности использования грузового вагонного парка.

Результаты исследований. Общая постановка задачи оптимального управления порожними вагонами, которая формулируется следующим образом.[1]

Группы порожних вагонов с одинаковыми свойствами обозначены через A_i , станции погрузки через B_j , станции выгрузки через D_k . Для вагонов ИнП суммарные расходы на перевозку из пункта A_i с погрузкой в B_j и выгрузкой в D_k за один вагон рода r составляют $C_{ijk r}$. Те же расходы для иновагонов, дополненные расходами на движение вагона к межгосударственному стыку и платой за пользование вагоном администрации-собственнику, составляют $\bar{C}_{ijk r}$. Задача оптимального планирования формулируется следующим образом: нужно найти такое распределение по маршрутам перевозки порожних вагонов ИнП $\{x_{ijk r}\}$ и иновагонов, при котором достигается

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^v \sum_{r=1}^R \left(C_{ijk r} x_{ijk r} + \sum_{t=1}^{t_{ijk r}^*} \bar{C}_{ijk r} x_{ijk r} \right) \quad (1)$$

при условиях:

все порожние вагоны используются под погрузку

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^v \left(x_{ijk} + \sum_{t=1}^{t_{ijk}^*} x_{ijk} \right) = a_{ir} \quad (2)$$

$$i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, R.$$

потребность в вагонах удовлетворяется полностью

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^v \left(x_{ijk} + \sum_{t=1}^{t_{ijk}^*} x_{ijk} \right) = b_{jr}$$

$$j = 1, \dots, p; \quad r = 1, \dots, R.$$

$$\sum_{j=1}^p \sum_{r=1}^R a_{ir} = \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R b_{jr} \quad (3)$$

где

x_{ijk} - количество вагонов собственности УЗ

рода r для маршрута движения (A_i, B_j, D_k);

a_{ir} - количество вагонов рода r в группе A_i ;

b_{jr} - потребность в вагонах рода r в группе B_j ;

C_{ijk} - суммарные эксплуатационные расходы на один вагон собственности УЗ рода r для маршрута движения (A_i, B_j, D_k);

$\bar{x}_{ijkrt}$ - количество инованов рода r для маршрута движения (A_i, B_j, D_k , стык) с учетом времени дислокации на УЗ;

$\bar{C}_{ijkrt}$ - суммарные эксплуатационные расходы на один инован рода r для маршрута движения (A_i, B_j, D_k , стык) с учетом времени дислокации на УЗ;

t_{ijk}^* - количество групп инованов с одинаковым тарифом администрации-собственнику для маршрута движения (A_i, B_j, D_k , стык).

Схожая постановка задачи планирования приведена в работе [2]. Предлагаемая в [2] модель имеет следующие отличия:

1) в модели не учтена прогрессивная шкала платы за пользование инованом;

2) задается функция пригодности вагонов под заданные перевозки грузов $S(v, g)$, которая определяет соответствие типа вагона коду перевозимого груза, где $S(v, g) = 1$, если в вагоне типа v можно перевозить груз с кодом g , и $S(v, g) = 0$ — в противном случае;

3) кроме того, задается граф транспортной сети $T = (X, L(x_i, x_j))$, где X — множество вершин x_i

(грузовые станции) и $L(x_i, x_j)$ — множество ребер

(расстояния между станциями x_i и x_j);

4) провозная плата d_{ij} определяется в соответствии с действующими тарифами на перевозку грузов в зависимости от расстояния от станции погрузки до станции выгрузки, кода и веса груза;

5) суммарные эксплуатационные расходы по перевозке груза r_{ij} состоят из расходов по передвижению вагона в порожнем состоянии от станции текущей дислокации до станции погрузки и расходов по перевозке груза до станции выгрузки.

Планирование и организация перевозок представляют совокупность следующих связанных операций для каждого вагона: определение станции погрузки и выгрузки, подача под погрузку, погрузка, перевозка до станции назначения, выгрузка.

Кроме того, для инована определяется стыковая станция для его возврата администрации-собственнику в порожнем состоянии после использования для перевозки грузов в попутном направлении или непосредственно от пункта дислокации. Планирование перевозок в математическом смысле сводится к транспортной задаче с особенной процедурой формирования модели и поиска оптимального решения. В качестве критерия эффективности плана принят минимум эксплуатационных расходов на перевозку вагонами инвентарного парка и инованами. Общий тариф за перевозку грузов от станции погрузки до станции выгрузки является фиксированным, не зависит от плана распределения порожних вагонов под погрузку, и поэтому при планировании может не рассматриваться.

Важной особенностью планирования перевозок является необходимость учета сетевого характера задачи. Для решения задачи сетевого планирования могут использоваться методы анализа потоков в сетях. Сетевые модели со стохастической структурой рассматриваются в работе [3]. Время выполнения каждой дуги (операции) выбирается в соответствии с вероятностным распределением. В таких моделях допускается существование циклов и петель. Узлы стохастической сети могут быть интерпретированы как состояния системы, а дуги — как переходы из одного состояния в другое. Такие переходы можно рассматривать как выполнение обобщенных операций, характеризующихся плотностью распределения и вероятностью выполнения.

Авторами работы [3] описан метод определения времени выполнения сети, основанный на использовании производящих функций. Описаны свойства сети и операции над дугами в случае, если времена выполнения дуг представляются независимыми случайными величинами. Рассмотрены следующие операции над дугами:

— замена двух последовательных дуг одной эквивалентной дугой;

— замена двух параллельных дуг одной эквивалентной дугой;

– замена комбинации из одной петли и дуги одной эквивалентной дугой.

Для решения задачи планирования должны быть известны параметры задачи. Некоторые из них на момент планирования неизвестны и могут быть заданы «приблизительно».

Вероятностный подход для задания таких параметров требует использования ряда допущений. Во-первых, утверждается, что при продолжении ряда опытов результат каждого отдельного измерения обладает определенной предельной частотой; во-вторых, что результаты следуют друг за другом без какой-либо закономерности; иными словами, что произвольный выбор их не изменит эти предельные частоты.

Другой аспект, всегда возникающий, когда речь идет о статистике или вероятности, относится к смешению неточности утверждения со статистическим утверждением. Во всяком случае, статистика может начаться лишь тогда, когда имеются налицо однозначные и четкие отдельные наблюдения.

Проблемы формулируются на основе синтеза концепций теории нечетких множеств и прикладного и интервального анализа, значительно расширяющих возможности учета неопределенностей различной природы, неизбежно сопутствующих математическому описанию реальности. Такой подход позволяет решать задачи совершенствования функционирования производственных систем в условиях неполноты и неточности информации о протекающих процессах, недостаточности и недостоверности знаний, при наличии субъективности оценок. Рассмотрены важные методологические проблемы взаимосвязи и разграничения нечеткости, возможности и вероятности. Показана глубокая взаимосвязь интервальной и нечетко-интервальной математики. В работе представлена оригинальная, основанная на теоретико-вероятностном подходе, методика сравнения четких и нечетких интервалов (чисел), в дальнейшем широко используемая в задачах моделирования и оптимизации в условиях неопределенности. Рассмотрены методы формализации частных критериев с помощью функций принадлежности нечетким множествам, в том числе зависящих от интервальных и нечетко-интервальных аргументов. Проанализирована проблема агрегирования частных критериев, описаны достоинства и недостатки различных вариантов построения обобщенного критерия качества, предложена методика агрегирования иерархических систем частных критериев.

Одним из наиболее интересных и перспективных подходов к анализу многомерных явлений и процессов являются методы кластерного анализа, именуемые также методами распознавания образов с самообучением. «Кластерный анализ» — это общее название множества вычислительных процедур, используемых при создании классификации. В результате работы с процедурами образуются «кластеры» или группы очень похожих объектов. Как отмечается в [4], кластерный метод — это много-

мерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы. Все исследования, использующие кластерный анализ, характеризуют следующие пять основных шагов:

- 1) отбор выборки для кластеризации;
- 2) определение множества признаков, по которым будут оцениваться объекты в выборке;
- 3) вычисление значений той или иной меры сходства между объектами;
- 4) применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов;
- 5) проверка достоверности результатов кластерного решения.

Каждый из перечисленных шагов играет существенную роль при использовании кластерного анализа в прикладном анализе данных.

Большинство методов кластерного анализа являются эвристическими, разрабатывались для многих научных дисциплин, а потому несут на себе отпечатки специфики этих дисциплин. Это важно отметить, потому что каждая дисциплина предъявляет свои требования к отбору данных, к форме их представления, к предполагаемой структуре классификации.

В работе [5] выполнен анализ различных нечетких моделей, которые могут быть использованы в системах распознавания образов, диагностических системах, экспертных и советующих системах, применяемых в условиях неполноты, недоопределенности, нечеткости исходной информации. Советующая система не предназначена для замены человека, принимающего решения. Поэтому советующая система, как правило, не включается в контур управления. Зачастую предлагается несколько альтернативных вариантов решений. Право выбора конкретного решения остается за человеком. Что касается "сложных" объектов управления, то они имеют следующие главные отличительные особенности:

- 1) Не все цели выбора управляющих решений и условия, влияющие на этот выбор, могут быть выражены в виде количественных соотношений.
- 2) Отсутствует либо является неприемлемо сложным формализованное описание объекта управления.
- 3) Значительная часть информации, необходимая для математического описания объекта, существует в форме представлений и пожеланий специалистов-экспертов, имеющих опыт работы с данным объектом.

Построение точных математических моделей сложных объектов, пригодных для реализации и эксплуатации на современных ЭВМ, либо затруднительно, либо вообще невозможно.

«Узким местом» на пути широкого использования нечетких задач принятия решений на практике является проблема выявления и формирования функций принадлежности для нечетких отношений предпочтения на основе исходных данных. Несмотря

ря на многочисленные публикации по этой проблеме, она до сих пор остается нерешенной до конца. Практически все методы выявления и формирования функций принадлежности исходных нечетких отношений предпочтения во всем их разнообразии явно или неявно используют частотные оценки, которые, как известно, характеризуют вероятности событий. Обычно, не проверяют и не доказывают, что сформированные функции принадлежности подчиняются алгебре нечетких множеств или отношений, введенных Заде.

Вывод. В результате изучения имеющихся подходов к решению задачи планирования грузовых перевозок и присущих им ограничений можно сделать вывод, что:

- 1) Критерием оптимизации задачи должно быть получение максимальной прибыли от перевозок грузов;
- 2) Может быть использована модель транспортного задачи линейного программирования при обязательном условии учета всех особенностей и ограничений использования парка инованов и приемлемой размерности транспортной задачи;
- 3) Метод решения задачи должен учитывать недетерминированный характер информации;
- 4) Должна быть учтена сетевая структура пути для каждой пары станций.

Л и т е р а т у р а

1. Тишкин Е.М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка. Труды ВНИИАС, вып. 4. – Москва: 2004. – 184 с.
2. Феофилов А.Н. Оптимизация управления порожними вагонами ОАО «РЖД» и государств содружества по критерию максимума прибыли от перевозок грузов / Вестник ВНИИЖТ, 2006, № 6.
3. Филлипс Д., Гарсия-Диас А. Методы анализа сетей. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
4. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др. М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
5. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.: Наука, 1990. – 272 с.

R e f e r e n c e s

1. Tishkin E.M. Informacionno-upravljajushhie tehnologii jekspluatatsii vagonnogo parka. Trudy VNIAS, vyp. 4. – Moskva: 2004. – 184 s.
2. Feofilov A.N. Optimizacija upravlenija po-rozhnimi vagonami ОАО «RZhD» i gosudarstv sodruzhestva po kriteriju maksimuma pribyli ot perevozok грузов / Vestnik VNIIZhT, 2006, № 6.
3. Fillips D., Garsia-Dias A. Metody analiza se-tej. – M.: Mir, 1984. – 496 s.
4. Faktornyj, diskriminantnyj i klasternyj analiz. /Dzh.-O. Kim, Ch. U. M'juller, U. R. Klek-ka i dr. M.: Finansy i statistika, 1989. – 215 s.

5. Melihov A.N., Bernshtejn L.S., Korovin S.Ja. Situacionnye sovetujushhie sistemy s nechetkoj logikoj. M.: Nauka, 1990. – 272 s

Павлюченко В.О., Брень О.В., Мірошникова М.В. Біляєва О.М. Аналіз підходів вирішення завдань планування перевезень вантажів інвентарного вагонного парку спільно з інованами.

У статті розглянуто аналіз підходів вирішення завдань планування перевезень вантажів інвентарним вагонним парком спільно з інованами. Показано, що експлуатація вагонів, що мають особливості обліку та використання, пов'язана з необхідністю залучення додаткових економічних, експлуатаційних і управлінських ресурсів. Ефективна експлуатація вагонних парків, які мають особливості обліку та використання, зокрема інованів, представляє самостійну задачу, рішення якої приведе до істотного збільшення надходжень додаткових коштів при раціонально організованих перевезеннях.

Ключові слова: вагонопоток, вантажообіг, вагонний парк, емпіричний коефіцієнт

Pavlyuchenko V., Bren A., Miroshnikova M., Bilaeva O. Analiz approaches to problem solving transport planning transport rolling stock inventory in conjunction with inovahonah.

The article describes the analysis of approaches solving inventory planning freight car fleet, together with inovagonami. It is shown that the operation of cars, especially with registration and use is the need to attract additional economic, operational and management resources. To solve the problem of network planning techniques may be used in the analysis of flow networks. Network models with stochastic structure examined in the paper. Methods formalization of partial criteria using fuzzy sets of functions, including dependent interval and fuzzy interval arguments. Analyzed the problem of aggregating partial criteria, describes the advantages and disadvantages of various options for constructing a generalized criterion of quality, the technique of aggregation of hierarchical systems of partial criteria. Efficient operation of the car fleet, which have features of accounting and use, in particular inovagonov, is an independent problem, the solution of which will lead to a substantial increase in revenues in additional funds rationally organized transport

Keywords: traffic volumes, turnover, car fleet, the empirical coefficient

Павлюченко В.О. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Брень О.В. – магістр, кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Мірошникова М.В. – інженер кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля, e-mail:mashynka21@mail.ru

Біляєва О.М. – викладач Кіровського транспортного технікуму, Луганська обл., Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Горбунов М.І.

Стаття подана 22.02.2013

УДК 656.225

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ІЗ ПРИСКОРЕНИМИ ТЕРМІНАМИ ДОСТАВКИ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ

Павлюченко В.О., Роман О.В., Мірошникова М.В., Семиряд І.В.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY TRANSPORT OF GOODS ACCELERATED DELIVERY TIME USING MATHEMATICAL MODELS THE DELIVERY

Pavlyuchenko V., Roman O., Miroshnikova M., Semirjad I.

У статті встановлено, обґрунтування ефективної технології перевізного процесу з варіюванням термінів доставки здійснюється на основі техніко-економічних показників. Однак традиційний показник - сумарні наведені витрати, які включають в себе ті елементи, які пов'язані тільки з основними технологічними параметрами, не завжди задовольняють умовам ринкових відносин. Виявлено, що технологія з прискореними термінами доставки на залізниці повинна обґрунтовуватися з урахуванням інтересів вантажовласників. Виконані постановка і вирішення оптимізаційної задачі удосконалення технології перевезення вантажів із прискореними термінами доставки на основі математичної моделі процесу доставки.

Ключові слова: вантаж, тариф, термін доставки, вектор оптимізації, залізнична мережа.

Вступ. В умовах переходу до ринкових відносин і в зв'язку з появою багатьох факторів, що впливають на фінансово - економічний стан залізниць та їх конкурентоспроможність на ринку транспортних послуг, важливе значення набуває проблема рентабельності експлуатаційної роботи. Розвиток ринкових відносин змусило залізничний транспорт перейти від освоєння планових обсягів перевезень до пошуку цих обсягів в умовах конкуренції з іншими видами транспорту (у першу чергу з автомобільним) і зростаючих вимог клієнтів до якості транспортного обслуговування. Тому в даний час важливе значення набуває завдання задоволення попиту не тільки на перевезення необхідного обсягу вантажу, а й на певний рівень якості транспортних послуг та розширення їх переліку. [1].

Однією з найважливіших проблем підвищення якості перевезень є скорочення терміну доставки вантажів, у тому числі, при необхідності, забезпечення їх прискореної доставки.

В умовах транспортного ринку залізниці України повинні повністю забезпечити інтереси вантажовласників у перевезеннях вантажів з урахуванням

термінів їх доставки, в т.ч. прискореною. Це дозволить підвищити як доходи залізниць від перевезень, так і їх конкурентоспроможність на ринку транспортних послуг.

Таким чином, в загальному вигляді завдання логістичного ланцюга прискореної доставки вантажів ставиться таким чином. Є ряд підприємств, які випускають різні види товарів, а також залізнична мережа, по якій здійснюється доставка, та перелік споживачів, які отримують ці товари залізницею із зазначенням пунктів їх розташування, відстані і вартості перевезень. Встановлено строки доставки вантажів згідно з Правилами, виходячи з технічних можливостей залізниці [2].

Постановка проблеми. Продукція транспорту, яка має певну специфіку і тільки їй властиві особливості, у той же час є товаром, основною вимогою до виробника якого є забезпечення високого рівня його якості. Проблема полягає в тому, що транспортна послуга є не сертифікованим товаром. Клієнт позбавлений можливості придбати послугу потрібної йому якості за відповідну ціну і змушений платити встановлений тариф за транспортне обслуговування на тому рівні, що пропонується залізницею. Тому в поставлена задача встановлення тарифу за прискорення доставки вантажу стосовно розрахункового терміну в залежності від кількості й тривалості часу застосування заходів, що увійшли у варіант, і їх вартості у відповідних фазах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Великий внесок у наукові дослідження з технології роботи залізничного транспорту, що мали вплив на прискорення доставки вантажів при їх обробці на вантажних станціях, переробці на технічних станціях і просуванні по ділянках і напрямках мережі, зробили вчені: В.І. Бобровський, Т.В. Бутько, І.І. Васильєв, П.С. Грунтов, В.К. Губенко, А.М. Котенко, В.А. Кудрявцев, В.К. Мироненко, В.Я. Негрей,

Припустимо, що фази W_i , $i = \overline{1, M}$, повинні бути вибрані так, що перебування вантажу в тій чи іншій фазі не впливало на їх характеристики. З огляду на дану умову можна розглядати кожну фазу незалежно від інших. І далі замість $C_i(t_i)$ будемо писати $C(t)$.

При перебуванні вантажу у певній фазі з ним виконується ряд технологічних операцій $\Theta = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$. Серед даного набору є ряд операцій $q \in q_0$, виконання яких обов'язкове, коли вантаж знаходиться в даній фазі. Кожна технологічна операція з Θ оцінюється двома показниками: $f_c(q)$ - фінансові витрати на її виконання та $\Delta t(q)$ - скорочення (зменшення) часу перебування в даній фазі при $q \in \Theta \setminus q_0$.

Позначимо через $V \subseteq \Theta \setminus q_0$ набір операцій, що скорочують час перебування в даній фазі, якому протиставим фінансові витрати на реалізацію операцій з V у вигляді

$$F_c(V) = \sum_{q \in V} f_c(q)$$

і скорочення часу перебування в даній фазі

$$F_t(V) = \sum_{q \in V} \Delta t(q).$$

Таким чином, приходимо до задачі векторної оптимізації

$$\begin{pmatrix} F_c(V) \\ -F_t(V) \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (4)$$

за умови, що $V \subseteq \Theta \setminus q_0$.

Дана задача якісно відрізняється від задачі (3) тим, що розглядаються функції $F_c(V)$ і $F_t(V)$, які є функціями множини V , а з урахуванням їх визначення вони однорідні й адитивні. Відзначимо ще одну властивість даних функцій, що полягає в такому: значення функції не залежить від порядку елементів множини V .

Що стосується поняття розв'язку задачі (4), то визначення (1) і (2) залишаються в силі, тільки замість t_* треба розуміти V_* , а замість T деякий набір підмножин множини Θ .

Розв'язок задачі (4) зводиться до розв'язку задачі на умовний екстремум:

$$\begin{aligned} F_c(V) &\rightarrow \min, \\ F_t(V) &\geq a, \end{aligned} \quad (5)$$

де $V \subseteq A(\Theta)$ - набір підмножин множини Θ , на яких визначені функції $F_c(V)$ і $F_t(V)$;

α - величина скорочення терміну доставки.

Відносно набору $A(\Theta)$ передбачається, що разом з операцією симетричної різниці Δ він утворює групу [3]. При розв'язку задачі (5) вводиться функція Лагранжа:

$$L(V, m) = F_c(V) - m F_t(V),$$

де $\mu > 0$ - множник Лагранжа.

При фіксованому m множина

$$V(m) = \{q : f_c(q) - m \Delta t(q) \leq 0\} \quad (6)$$

надає мінімуму функції Лагранжа, а невизначений множник Лагранжа визначається з рівняння

$$F_t(V(m)) = a. \quad (7)$$

У нашому випадку $f_c(\theta)$ і $\Delta t(\theta)$ - додатні величини і тоді замість співвідношення (6) можна використовувати їхнє відношення $f_c(\theta) / \Delta t(\theta)$, економічний зміст якого полягає у витратах на одиницю часу скорочення перебування в даній фазі.

Після упорядкування множини Θ даним відношенням, одержуємо розв'язок задачі Лагранжа послідовним нагромадженням елементів з упорядкованої множини Θ .

Висновок. В якості напрямки вдосконалення технології перевезення вантажів з диференційованими термінами доставки на залізницях України обгрунтовано необхідність диференційованого підходу до встановлення прогресивних норм на технічні та технологічні операції виконуються з вантажною відправкою на всьому шляху прямування.

Встановлено, обгрунтування ефективної технології перевізного процесу з варіюванням термінів доставки здійснюється на основі техніко - економічних показників. Однак традиційний показник - сумарні наведені витрати, які включають в себе ті елементи, які пов'язані тільки з основними технологічними параметрами, не завжди задовольняють умовам ринкових відносин. Виявлено, що технологія з прискореними термінами доставки на залізниці повинна обгрунтовуватися з урахуванням інтересів вантажовласників.

Отримане рішення задачі являє собою криву залежності $C_{AB}(t_*)$ при $t_* \in T_*$, а з урахуванням коефіцієнта рентабельності дана залежність розглядається як тарифна крива, яка відрізняється від прийнятих в даний час тарифних ставок тим, що вона відображає витрати не на показник типу т-км, а на весь процес доставки. І ця залежність стає основою договірних відносин клієнтів і залізниць.

Л и т е р а т у р а

1. Федоров Л.С. Государственное регулирование в условиях рыночного хозяйства. Опыт развития капиталистических стран.//Железнодорожный транспорт 1992. №6. с.71-77.
2. Статут Залізниць України. – К: Транспорт, 1998. – 83с.
3. Опатерний К.Г. Залізничний транспорт України в умовах загальної кризи//Залізничний транспорт України. –1996. -№1 –с.11-14.

R e f e r e n c e s

1. Fedorov L.S. Gosudarstvennoe regulirovanie v us-lovijah rynochnogo hozjajstva. Opyt razvitiya kapita-listicheskikh stran.//Zheleznodorozhnyj transport 1992. №6. s.71-77.
2. Statut Zaliznic' Ukraїni. – K: Transport, 1998. – 83s.
3. Opaternij K.G. Zaliznichnij transport Ukraїni v umovah zagal'noi krizi//Zaliznichnij transport Ukraї-ni. –1996. - №1 –s.11-14.

Павлюченко В.А., Роман О.В., Мирошникова М.В., Семиряд І.В. Совершенствование технологии перевозки грузов с ускоренным сроком доставки на основе математической модели процесса доставки.

В статье установлено, обоснование эффективной технологии перевозочного процесса с варьированием сроков доставки осуществляется на основе технико - экономических показателей. Однако традиционный показатель - суммарные приведенные затраты, которые включают в себя те элементы, которые связаны только с основными технологическими параметрами, не всегда удовлетворяют условиям рыночных отношений. Выявлено, что технология с ускоренными сроками доставки на железной дороге должна обосновываться с учетом грузовладельцев. Выполненные постановка и решение оптимизационной задачи усовершенствования технологии перевозки грузов с ускоренными сроками доставки на основе математической модели процесса доставки.

Ключевые слова: груз, тариф, срок доставки, вектор оптимизации, железнодорожная сеть.

Pavlyuchenko V., Roman O., Miroshnikova M., Semirjad I. Improvement of technology freight с accelerated time of delivery based on a mathematical model of the process of delivery.

The article found justification efficient railway technology with varying delivery time is based on the technical - economic indicators. However, the conventional index - total adjusted costs, which include those elements that are associated only with major technological parameters do not always satisfy the conditions of market relations. Revealed that technology with accelerated delivery times on the railway must be justified in view of the cargo. Fulfilled formulation and solution of the optimization problem of improvement of technology transportation of goods with accelerated delivery times based on a mathematical model of the delivery process. Therefore, the paper proposes to consider accelerated delivery of goods, which will serve as an additional incentive for all departments of railways and remove the broken balance of mutual responsibilities of the parties under the contract of carriage.

Keywords: rate, time of delivery, the vector optimization, the rail network.

Павлюченко В.О. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Роман О.В. – магістр, кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Мирошникова М.В. – інженер кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля, e-mail:mashynka21@mail.ru

Семиряд І.В. – викладач Кіровського транспортного технікуму, Луганська обл., Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

Стаття подана 22.02.2013

УДК 691.327:620.193.000.57:628.14:699.87

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВИБРОРЕОЛОГИИ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ РАСТВОРОВ

Пилипенко В.Н.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF THE PROCESS OF VIBRORHEOLOGY OF CEMENT CONCRETE SOLUTIONS

Pilipenko V.

В работе приведен количественный анализ основных параметров реологии цементно-бетонных растворов в присутствии внешнего плоско-параллельного поля возбуждения с турбулентной составляющей, обеспечивающего прикладную перспективу аналитическому аппарату полуприкладной теории виброреологии, особенно в вопросах защиты бетонов от процессов коррозии при воздействии растворов неорганических агрессивных веществ и биокоррозии.

Ключевые слова: виброреология цементно-бетонного раствора, турбулентность, вихросток, тензоры первой и второй вязкости.

Введение. Многие ученые, работающие в области виброреологии цементно-бетонных растворов, в своих статьях [1-6] отмечают, что эффективность этого процесса, то есть его качество и производительность, определяется не только механико-физико-технологическими параметрами рабочей среды, но и особенностями механизма вибровозбуждения. В статьях [7, 8] были сформулированы общие принципы построения теории виброреологии цементно-бетонных растворов, позволяющие рассматривать процесс виброреологии рабочей среды не в отдельных его проявлениях, а комплексно, учитывая то, что все динамические параметры этого процесса прямо или косвенно определяются свойствами внешнего силового поля возбуждения. Актуальными вопросы теории виброреологии цементно-бетонного раствора, имеющие технологическую и прикладную перспективу, составят предмет исследования в данной работе. При этом, при рассмотрении теории виброреологии будем придерживаться обозначений, используемых в статьях [7, 8].

Постановка проблемы. Вначале для простоты последующих построений выпишем основные формулы работы [7, 8], зависящие от динамических параметров контактной задачи «рабочая среда-наполнитель». Согласно формулам (1.13) и (1.14) работы [7] скорости

первой $\dot{\mathbf{v}}_{1e}(N, t)$ и второй $\dot{\mathbf{w}}_e(N, t)$ компонент двухкомпонентной рабочей среды имеют вид

$$\dot{v}_{1ei}(N, t) = \int_0^t \iint_{R^2} e_{ik}^{(1)}(N - P, t - t) F_{s,p,k}(P, t) dt ds_p; \quad (3.1)$$

$$\dot{w}_{ei}(N, t) = \int_0^t \iint_{R^2} e_{ik}(N - P, t - t) F_{s,p,k}(P, t) dt ds_p, \quad (3.2)$$

где двухвалентные тензоры $e_{ik}^{(1)}(N, t)$, $e_{ik}(N, t)$ представляют собой коэффициенты первой и второй вязкости $N = N(x, y)$, $ds_p = dx dy$, а $\dot{\mathbf{F}}_{s,p}(N, t)$ – соленоидально-потенциальная составляющая внешнего динамического поля возбуждения $\dot{\mathbf{F}}(N, t)$

$$\dot{\mathbf{F}}(N, t) = \dot{\mathbf{F}}_{s,p}(N, t) + \dot{\mathbf{F}}_{r,d}(N, t). \quad (3.3)$$

В равенства (3) $\dot{\mathbf{F}}_{r,d}(N, t)$ – случайное векторное поле, инициирующее вихреобразование в среде цементного раствора.

Взаимодействие двухкомпонентного цементного раствора с некоторой долей Σ наполнителя вдоль её границы L на временном промежутке $[0, t]$, приводит к налипанию коллоидной массы ΔM , которая определяется формулой

$$\begin{aligned} \Delta M(t) = & c_1 \int_0^t dt \int_L dl [m_{1e}(t) n_{1e}(t) + r_e'(t)] \times \\ & \times |(\dot{\mathbf{v}}_{1e}(N, t) - \dot{\mathbf{u}}(N, t), \dot{\mathbf{n}}(N, t))| + \\ & + c_2 \int_0^t dt \int_L dl \bar{m}_e(t) \bar{n}_e(t) \times \\ & \times |(\dot{\mathbf{w}}_e(N, t) - \dot{\mathbf{u}}(N, t), \dot{\mathbf{n}}(N, t))|, \\ & c_1, c_2 > 0. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Равенства (3.1) - (3.4) представляют собой ту часть математического аппарата виброреологии це-

ментно-бетонного раствора, которая описывает движение рабочей среды в присутствии плоскопараллельного виброполя (3.3) и его контакт с наполнителем.

Проблема, исследуемая в данной статье, заключается в следующем: дать детальный анализ математического аппарата (3.1) - (3.4) с точки зрения создания технологии процесса виброреологии.

В этом плане необходимо рассмотреть следующие вопросы:

1. Оценка параметра T технологической функциональности цементного раствора;

2. Асимптотическая оценка величин $s(t)$ и $\bar{r}(t)$ (2.8) в [8];

3. Количественная оценка степени пористости бетона;

4. Определение тензоров первой и второй вязкости $e_{ik}^{(1)}(N, t)$ и $e_{ik}(N, t)$;

5. Вычисление основных технологических параметров виброреологии цементно-бетонного раствора: технологического времени модификации t_{tec} и толщины h_{tec} слоя налипания коллоидной среды на произвольную, но фиксированную, долю Σ наполнителя;

6. Определение оптимальной геометрической конфигурации опалубочной формы.

Материалы и результаты исследования.

1. Оценка параметра T технологической функциональности рабочей среды.

Параметр T удовлетворяет неравенству (2.25) из [8]

$$T \leq \frac{1}{a} \ln \frac{1}{r_{1a}} \sqrt[3]{\frac{3}{4p}} \frac{1}{\sqrt{n_{1a}}}, \quad (3.5)$$

где символ a определяет скорость процессов гидриза (2.18) и гидратации (2.19) из [8], при этом, придерживаясь общих соображений, необходимо предположить, что

$$a = a(p, t^0, e_{ik}^{(1)}(\bar{N}, \bar{t})), \quad (3.6)$$

$$a(p, t^0, e_{ik}^{(1)}(\bar{N}, \bar{t})) \in [0, \infty).$$

В равенства (3.6) символы p , t^0 , $e_{ik}^{(1)}(\bar{N}, \bar{t})$ означают соответственно внешнее давление, температуру цементного раствора и коэффициент первой вязкости. Легко найти дифференциальное уравнение для функции $e_{ik}^{(1)}(\bar{N}, \bar{t})$, если рассматривать равенство (3.6) как однопараметрическое семейство кривых

$$a(p, t^0, e_{ik}^{(1)}(\bar{N}, \bar{t})) = C = const. \quad (3.7)$$

Выполняя в (3.7) операцию дифференцирования по независимому переменному t^0 окончательно находим

$$\frac{\partial a(p, t^0, e_{ik}^{(1)}(\bar{N}, \bar{t}))}{\partial p} \frac{dp}{dt^0} + \frac{\partial a(p, t^0, e_{ik}^{(1)}(\bar{N}, \bar{t}))}{\partial t^0} = 0 \quad (3.8)$$

Существование решения $p = p(t^0)$ дифференциального уравнения (3.8), с учётом того, что величина $a = a(p, t^0, e_{ik}^{(1)}(\bar{N}, \bar{t}))$ (3.6) определяет скорость процессов гидратации и гидролиза в рабочей среде, можно трактовать как сюръективное отображение множества упорядоченных пар $\{p(t^0), t^0\}$ на числовое множество $\{a : a \in [0, \infty)\}$.

Имея в виду практическое применение указанной части (3.1) - (3.4) математического аппарата процесса виброреологии цементно-бетонного раствора, введём в рассмотрение понятие *технологического ряда* значений величины r_{1a} в виде конечной последовательности

$$\{r_{1a}^{(j)}\}_1^k = r_{1a}^{(1)}, r_{1a}^{(2)}, \dots, r_{1a}^{(k)}. \quad (3.9)$$

На основании (3.5), (3.9) легко видеть, что количественная оценка произведения αT дается неравенством

$$\alpha T \leq \ln \frac{1}{r_{1a}^{(j)}} \sqrt[3]{\frac{3}{4p}} \frac{1}{\sqrt{n_{1a}}}, \quad j = 1, 2, \dots, k, \quad (3.10)$$

с учётом условия согласования

$$r_{1a}^{(j)} \leq \sqrt[3]{\frac{3}{4p}} \frac{1}{\sqrt{n_{1a}}}. \quad (3.11)$$

Легко также доказать, что оценка (3.11) может быть усилена на уровне объективного технологического требования, в соответствии с которым

$$r_{1a}^{(j)} \leq \frac{1}{2\sqrt{n_{1a}}}. \quad (3.11')$$

2. Асимптотическая оценка величин $\sigma(t)$ и $\bar{r}(t)$.

Параметры $\sigma(t)$ и $\bar{r}(t)$ связаны соотношением (2.8) в [8]

$$\bar{r}(t) = \sqrt{\frac{p}{2}} s(t). \quad (3.12)$$

Учитывая равенство (3.12) и структуру закона (1.15) в [7], легко найти, что

$$\lim_{t \rightarrow +0} s(t) = s(0) > 0, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} s(t) = 0. \quad (3.13)$$

Граничный переход в (3.13) при $t \rightarrow \infty$ обусловлен возможностью для параметра T принимать значения на полуоси $[0, \infty)$.

Здесь и далее будем считать, что некоторая величина $A(N, t)$ общей теории виброреологии цементных растворов рассматривается в модели с выполненным динамическим граничным переходом (в ДГП-модели), то есть вместо $A(N, t)$ используется её динамическая граница $A(t)$

$$A(t) = \langle A(N, t) \rangle = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{1}{m(s)} \iint_s A(N, t) ds_N, \quad (3.14)$$

где $ds_N = dx dy$;

$m(S)$ – площадь односвязной области $S \subset R^2$.

Перейдём от плотности числа вихростоков $\bar{n}_e(N, t)$ к её динамической границе $\bar{n}_e(t)$, используя равенство (3.14). Для определённости предположим, что величина $\bar{n}_e(t)$ представляет собой процесс Пуассона, то есть вероятность события $P(\bar{n}_e(t) = k)$ равна

$$P(\bar{n}_e(t) = k) = \frac{(\xi t)^k}{k!} e^{-\xi t}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (3.15)$$

где ξ – интенсивность процесса Пуассона.

Имея в виду, что $\bar{r}(t)$ является средним радиусом вихростока, на основании равенств (3.12) и (3.15) получим

$$\bar{n}_e(N, t) \approx \bar{n}_e(t) \approx \xi t \leq \frac{1}{p \bar{r}^2(t)} = \frac{2}{s^2(t)}. \quad (3.16)$$

Из соотношения (3.16) следует асимптотическая оценка величины $s(t)$

$$s(t) \sim \sqrt{\frac{2}{\xi t}}, \quad t \rightarrow +\infty. \quad (3.17)$$

Учитывая выражения (3.16) и (3.17), окончательно получим следующие оценки величин $\sigma(t)$ и $\bar{r}(t)$ на полуоси $[0, \infty]$

$$s(t) = \sqrt{\frac{2}{\xi(a(t)+t)}}, \quad (3.18)$$

$$\bar{r}(t) = \sqrt{\frac{p}{\xi(a(t)+t)}}, \quad (3.19)$$

где $a(t)$ – некоторая монотонно возрастающая неотрицательная функция $\lim_{t \rightarrow +0} a(t) = a(+0) = \frac{2}{\xi s^2(0)}$.

В завершение этого пункта следует отметить, что скорость β процесса модификации вихростока, согласно уравнениям (2.25) из [8], имеет следующую формальную структуру

$$b = b(p, t^0, e_{ik}(\bar{N}, \bar{t})), \quad b(p, t^0, e_{ik}(\bar{N}, \bar{t})) \in [0, \infty). \quad (3.20)$$

где символы $p, t^0, e_{ik}(\bar{N}, \bar{t})$ означают соответственно внешнее давление, температуру цементного раствора и коэффициент второй вязкости.

3. Количественная оценка степени пористости бетона.

Понятие пористости бетона связано с образованием капиллярной системы вследствие рассеяния обычной жидкости системой вихростоков в течение времени T . Для оценки относительной части объёма Δv_{cap} капиллярной системы в расчёте на единицу плоскости необходимо использовать формулу (2.37) в [8], которая определяет массу $\Delta r'(t)$ обычной жидкости, рассеянной вихростоком в течение указанного промежутка времени, то есть Δv_{cap} формально дается равенством

$$\Delta n_{\text{cap}} = \frac{\Delta r'(T)}{g'_a \frac{1}{\sqrt{n_{1a}}}}. \quad (3.21)$$

Таким образом, на основе (2.37) в [8], (3.21) окончательно находим

$$\Delta n_{\text{cap}} = p \bar{r}^2(T) \bar{n}_e(T) n_{1a} \sqrt{n_{1a}} \left[\frac{1}{n_{1a}^{3/2}} - \frac{4}{3} p r_{\text{col}}^3(T) \right], \quad (3.22)$$

где величины $r_{\text{col}}(T)$, $\bar{n}_e(T)$ определяются соответственно формулами (2.20) и (2.31) в [8].

4. Определение тензоров первой и второй вязкости $e_{ik}^{(1)}(N, t)$ и $e_{ik}(N, t)$.

Для корректности следующих определений полагаем, что временные интегралы в формулах (3.1) и (3.2) представляются в виде

$$v_{lei}(N, t) = \lim_{e \rightarrow +0} \int_{-e}^t \iint_{R^2} e_{ik}^{(1)}(N - P, t - \tau) \times F_{s,p,k}(P, \tau) dt ds_p; \quad (3.23)$$

$$w_{ei}(N, t) = \lim_{e \rightarrow +0} \int_{-e}^t \iint_{R^2} e_{ik}(N - P, t - t) \times \times F_{s.p.k}(P, t) dt ds_p, \quad (3.24)$$

Далее, пусть $A_i(N, t)$ – некоторая динамическая векторная переменная, описывающая процесс виброреологии в присутствии виброполя (3.3) $\vec{F}(N, t)$. Если $A_i(N, t)$ имеет форму

$$A_i(N, t) = \lim_{e \rightarrow +0} \int_{-e}^t \iint_{R^2} \Phi_{ik}(N - P, t - t) F_{s.p.k}(P, t) dt ds_p. \quad (3.25)$$

то двухвалентный тензор-функцию $\Phi_{ik}(N, t)$ назовём вариационной производной от вектор-функции $A_i(N, t)$ по переменному векторному полю $F_{s.p.k}(P, t)$, то есть

$$\Phi_{ik}(N, t) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{d A_i(N, t)}{d F_{s.p.k}(P', t')} \bigg|_{\vec{r}_{s.p.}(P', t') = 0; P' = t' = 0}. \quad (3.26)$$

При этом необходимо учесть, что

$$\frac{d F_{s.p.k}(P, t)}{d F_{s.p.m}(P', t')} = d_{km} d(P - P') d(t - t'), \quad (3.27)$$

где $d_{km} = \begin{cases} 1, & k = m \\ 0, & k \neq m \end{cases}$ – символ Кронекера, а $d(P)$ и $d(t)$ соответствующие δ -функции.

На основании определения (3.26) и равенств (3.23), (3.24) легко вывести формулы, определяющие тензоры $e_{ik}^{(1)}(N, t)$ и $e_{ik}(N, t)$ соответственно первой и второй вязкости в терминах вариационных производных

$$e_{ik}^{(1)}(N, t) = \frac{d w_{ei}(N, t)}{d F_{s.p.k}(P', t')} \bigg|_{\vec{r}_{s.p.}(P', t') = 0; P' = t' = 0}. \quad (3.28)$$

$$e_{ik}(N, t) = \frac{d w_{ei}(N, t)}{d F_{s.p.k}(P', t')} \bigg|_{\vec{r}_{s.p.}(P', t') = 0; P' = t' = 0}. \quad (3.29)$$

Анализируя формулы (3.28) и (3.29) можно сделать вывод о том, что тензоры первой и второй вязкости $e_{ik}^{(1)}(N, t)$ и $e_{ik}(N, t)$ хранят память о внешнем виброполе $\vec{F}_{s.p.}(P, t)$ на временном промежутке $[0, t]$ и, следовательно, зависят от способа его включения при $t = 0$. Это утверждение имеет си-

лу и в отношении параметров $a(p, t^0, e_{ik}^{(1)}(\vec{N}, \vec{t}))$ и $b(p, t^0, e_{ik}(\vec{N}, \vec{t}))$, которые определяются, соответственно равенствами (3.6) и (3.20).

5. *Вычисление основных технологических параметров виброреологии цементно-бетонного раствора: технологического времени модификации t_{tec} и толщины h_{tec} слоя налипания коллоидной среды на произвольную, но фиксированную долю Σ наполнителя.*

Введение понятия технологического времени модификации цементно-бетонного раствора, количественной оценкой которого является параметр t_{tec} , обусловлено соображениями прикладного характера – получение особо прочного бетона, существенно зависящее от водоцементного соотношения $k_{p.ц.}$ $k_{в.ц.}$. Сформулируем алгоритм вычисления параметра t_{tec} , используя формулу (2.27) в [8]

$$a = \frac{1}{t_{tec}} \ln \frac{1}{\sqrt[3]{1 - k_{n.z.}}}, \quad (3.30)$$

где коэффициент первоначальной гидратации $k_{n.z.}$ определяется равенством (2.15) из [8].

Если дать соотношению (3.10) вид

$$a \leq \frac{1}{T} \ln \frac{1}{r_{1a}^{(j)} \sqrt[3]{\frac{3}{4p}} \frac{1}{\sqrt{n_{1a}}}}, \quad (3.31)$$

то, на основании (3.30) и (3.31), получаем следующую оценку для величины t_{tec}

$$\frac{\ln \frac{1}{\sqrt[3]{1 - k_{n.z.}}}}{\ln \frac{1}{r_{1a}^{(j)} \sqrt[3]{\frac{3}{4p}} \frac{1}{\sqrt{n_{1a}}}}} \leq \frac{t_{tec}}{T} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (3.32)$$

Используя двойное неравенство (3.32), по транзитивности будем иметь оценку сверху для коэффициента первоначальной гидратации $k_{n.z.}$ в виде

$$k_{n.z.} \leq 1 - \frac{4}{3} p r_{1a}^{(j)3} n_{1a} \sqrt{n_{1a}}, \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (3.33)$$

Имея в виду неравенство (3.11'), а также то обстоятельство, что оценка (3.33) выполняется для всех величин $r_{1a}^{(j)}$, легко найти максимальное значение $k_{n.z.}^{\max}$ для коэффициента $k_{n.z.}$ в данной модели. Действительно

$$k_{n.z.} \leq 1 - \frac{4}{3} p \frac{1}{8} = 1 - \frac{p}{6} \Rightarrow k_{n.z.}^{\max} = 0,5. \quad (3.34)$$

Оценка (3.34) хорошо согласуется с практикой производства бетонов. Так, у обычного портландцемента (ПЦ) с удельной поверхностью $2500 \text{ см}^2/\text{г}$ коэффициент первоначальной гидратации равен $k_{n.z.} = 0,25$.

Рассмотрим далее решение алгебраического уравнения (1.16) в [7]

$$m_{1kr} \equiv m_{1e}(t_{tec}) = b_1 m_{1a}, \quad b_1 \geq 1 \quad (3.35)$$

и докажем, что между параметрами τ_{tec} и β_1 имеет место биективная связь.

Подставляя в уравнение (3.35) явное выражение величины $m_{1e}(t)$ (2.17) в [8] при $t = t_{tec}$, будем иметь

$$m_{1e}(t_{tec}) \equiv \frac{4}{3} p \left[r_{col}^3(t_{tec}) - r_{1e}^3(t_{tec}) \right] g'_a + \frac{4}{3} p r_{1a}^3 g_{1a} = b_1 m_{1a}, \quad b_1 \geq 1 \quad (3.36)$$

Используя в уравнении (3.36) определение величин $r_{col}(t_{tec})$, $r_{1e}(t_{tec})$, m_{1a} с помощью, соответственно, равенств (2.20), (2.26), (2.1) [8], найдём его решение в виде

$$t_{tec} = \frac{1}{3a} \ln \left[1 - k_{n.z.} + \frac{g_{1a}}{g'_a} (b_1 - 1) \right], \quad (3.37)$$

где $k_{n.z.}$ – коэффициент первоначальной гидратации;

g_{1a} – объёмная плотность первоначальной цементной доли;

g'_a – объёмная плотность обычной жидкости (воды);

a – параметр, имеющий структуру (3.6).

Анализ соотношения (3.37) показывает, что оно имеет биективный характер относительно переменных t_{tec} и b_1 , и может рассматриваться как количественная оценка параметра t_{tec} .

На основании формул (3.30) и (3.37) легко получить равенство вида

$$\ln \frac{1}{\sqrt[3]{1 - k_{n.z.}}} = \frac{1}{3} \ln \left[1 - k_{n.z.} + \frac{g_{1a}}{g'_a} (b_1 - 1) \right]. \quad (3.38)$$

Решая алгебраическое уравнение (3.38) относительно величины b_1 , получим

$$b_1 = 1 + \frac{g'_a k_{n.z.} (2 - k_{n.z.})}{g_{1a} (1 - k_{n.z.})}. \quad (3.39)$$

При $k_{n.z.} = 0$ в (3.39) $b_1 = 1$, что соответствует аксиоматичным требованиям данной модели.

Далее, предоставим количественную оценку толщины h_{tec} слоя налипания коллоидной среды на произвольную, но фиксированную, долю Σ наполнителя за промежуток времени $[0, t]$.

На основании (3.4) находим при $t = T$

$$\begin{aligned} \Delta M(T) \equiv & c_1 \int_0^T dt \int_L dl [m_{1e}(t) n_{1e}(t) + r'_e(t)] \times \\ & \times |(\vec{r}_{1e}(N, t) - \vec{u}(N, t), \vec{n}(N, t))| + \\ & + c_2 \int_0^T dt \int_L dl \bar{m}_e(t) \bar{n}_e(t) \times \\ & \times |(\vec{r}_e(N, t) - \vec{u}(N, t), \vec{n}(N, t))| = L h_{tec} r_e(T), \end{aligned} \quad (3.40)$$

где L – длина границы произвольной частицы наполнителя Σ , а поверхностная плотность цементного раствора $r_e(T)$ даётся равенством (2.38) в [8].

Учитывая равенство (3.40), окончательно находим

$$h_{tec} = \frac{\Delta M(T)}{L r_e(T)}. \quad (3.41)$$

Имея в виду формулы (3.40), (3.41), легко дать количественную оценку параметрам χ_1 и χ_2 . Действительно, представим (3.40) в виде

$$\Delta M(T) = \Delta_1 M(T) + \Delta_2 M(T), \quad (3.42)$$

где

$$\begin{aligned} \Delta_1 M(T) = & c_1 \int_0^T dt \int_L dl [m_{1e}(t) n_{1e}(t) + r'_e(t)] \times \\ & \times |(\vec{r}_{1e}(N, t) - \vec{u}(N, t), \vec{n}(N, t))|; \end{aligned} \quad (3.43)$$

$$\begin{aligned} \Delta_2 M(T) = & c_2 \int_0^T dt \int_L dl \bar{m}_e(t) \bar{n}_e(t) \times \\ & \times |(\vec{r}_e(N, t) - \vec{u}(N, t), \vec{n}(N, t))|. \end{aligned} \quad (3.44)$$

С другой стороны величины $\Delta_1 M(T)$ и $\Delta_2 M(T)$ определяются равенствами

$$\Delta_1 M(T) = L h_{tec} \hat{r}_e(T), \quad (3.45)$$

$$\Delta_2 M(T) = L h_{tec} \bar{r}_e(T), \quad (3.46)$$

где величины $\hat{r}_e(T)$ и $\bar{r}_e(T)$, с учётом формулы (2.38) в [8], имеют соответственно вид

$$\hat{r}_e(T) = m_{1e}(T) n_{1e}(T) + r'_e(T), \quad (3.47)$$

$$\bar{r}_e(T) = \bar{m}_e(T) \bar{n}_e(T). \quad (3.48)$$

Итак, на основе формул (3.43) - (3.48), получим явное выражение для величин χ_1 и χ_2 .

$$c_1 = Lh_{tec} [m_{1e}(T) n_{1e}(T) + r'_e(T)] \times \left[\int_0^T dt \int_L dl [m_{1e}(t) n_{1e}(t) + r'_e(t)] \times \left[\left(\mathbf{n}_{1e}(N, t) - \mathbf{u}(N, t), \mathbf{n}(N, t) \right) \right]^{-1} \right] \quad (3.49)$$

$$c_2 = Lh_{tec} \bar{m}_e(T) \bar{n}_e(T) \times \left[\int_0^T dt \int_L dl \bar{m}_e(t) \bar{n}_e(t) \times \left[\left(\mathbf{w}(N, t) - \mathbf{u}(N, t), \mathbf{n}(N, t) \right) \right]^{-1} \right]. \quad (3.50)$$

6. *Определение оптимальной геометрической конфигурации опалубочной формы.*

Идея определения оптимальной геометрической конфигурации бетонного изделия – опалубочной формы, которая соответствует модельным требованиям плоской задачи, заключается в том, чтобы дать математическое описание траектории (или семейства траекторий), вдоль которой имеет место равенство:

$$\dot{\mathbf{r}}_e(N, t) = 0, \quad (3.51)$$

где поверхностная плотность потока массы бетонного раствора $\dot{\mathbf{r}}_e(N, t)$ в присутствии поля возбуждения (3.3) определяется с учётом (1.7) и (1.12) в [7], формулой

$$\dot{\mathbf{r}}_e(N, t) \equiv \hat{\mathbf{r}}_e(N, t) + \bar{\mathbf{r}}_e(N, t) = [r_{1e}(N, t) + r'_e(N, t)] \mathbf{n}_{1e}(N, t) + \bar{r}_e(N, t) \mathbf{w}_e(N, t). \quad (3.52)$$

Следует заметить, что равенство (3.51) является необходимым и достаточным условием *тензорного* распределения скоростей (3.1) и (3.2) в двухкомпонентной рабочей среде и отражает специфику взаимодействия внешнего переменного силового соленоидально-потенциального поля $\dot{\mathbf{F}}_{s.p.}(N, t)$, как составляющей внешнего динамического поля возбуждения $\dot{\mathbf{F}}(N, t)$ (3.3), с компонентой *вязко-пластичной* жидкости цементных частиц (3.1) и с компонентой жидкости вихростокив (3.2). Итак, влияние силового переменного поля $\dot{\mathbf{F}}_{s.p.}(N, t)$ на движение двухкомпонентного цементного среды вдоль некоторого семейства траекторий или через

некоторое семейство кривых характеризуется *отсутствием на ассоциативном уровне переноса массы*, то есть движение компоненты *вязко-пластичной* жидкости и движение жидкости вихростокив происходит в *противофазе*. Предполагая заданным внешнее поле возбуждения (3.3), выясним условия, при которых выполняется равенство (3.51). Равенство (3.51) с учётом (3.52) и (1.6), (1.12) в [7], сводится к системе двух функциональных уравнений

$$\begin{cases} \int_0^t \int_{R^2} (\dot{\mathbf{\Psi}}(N, t; P, t), \dot{\mathbf{F}}_{s.p.}(P, t)) dt ds_P = 0; \\ \int_0^t \int_{R^2} (\dot{\mathbf{\Phi}}(N, t; P, t), \dot{\mathbf{F}}_{s.p.}(P, t)) dt ds_P = 0, \end{cases} \quad (3.53)$$

где

$$\begin{aligned} \Psi_k(N, t; P, t) &= \\ &= [m_{1e}(t) n_{1e}(N, t) + r'_e(N, t)] e_{1k}^{(1)}(N - P, t - t) + \\ &+ \bar{m}_e(t) \bar{n}_e(N, t) e_{1k}(N - P, t - t); \end{aligned} \quad (3.54)$$

$$\begin{aligned} \Phi_k(N, t; P, t) &= \\ &= [m_{1e}(t) n_{1e}(N, t) + r'_e(N, t)] e_{2k}^{(1)}(N - P, t - t) + \\ &+ \bar{m}_e(t) \bar{n}_e(N, t) e_{2k}(N - P, t - t). \end{aligned} \quad (3.55)$$

Легко заметить, что второе уравнение системы (3.53) является следствием первого уравнения. Действительно, равенство нулю интегралов системы (3.53) возможно тогда и только тогда, когда $\dot{\mathbf{\Psi}}(N, t; P, t) \perp \dot{\mathbf{F}}_{s.p.}(P, t)$ и $\dot{\mathbf{\Phi}}(N, t; P, t) \perp \dot{\mathbf{F}}_{s.p.}(P, t)$. Итак, анализ системы (3.53) сводится к тому, что виртуальные векторные поля $\dot{\mathbf{y}}(N, t; P, t)$ и $\dot{\mathbf{\Phi}}(N, t; P, t)$ для любых значений параметров $N = N(x, y) \in R^2$ и $t \geq 0$ коллинеарны, то есть

$$\dot{\mathbf{\Psi}}(N, t; P, t) = g(N, t; P, t) \dot{\mathbf{\Phi}}(N, t; P, t), \quad (3.56)$$

где $g = g(N, t; P, t)$ – с-числовая функция.

Таким образом, система (3.53) сводится к одному независимому уравнению

$$\begin{aligned} (\dot{\mathbf{\Psi}}(N, t; P, t), \dot{\mathbf{F}}_{s.p.}(P, t)) &= 0, \\ N = N(x, y), \quad P = P(u, v) &\in R^2. \end{aligned} \quad (3.57)$$

Векторное поле (3.54) является соленоидально-потенциальным, то есть

$$\begin{aligned} \text{div}_P \dot{\mathbf{\Psi}}(N, t; P, t) &= \\ = \frac{\partial \Psi_1(N, t; P, t)}{\partial u} + \frac{\partial \Psi_2(N, t; P, t)}{\partial v} &= 0. \end{aligned} \quad (3.58)$$

Из (3.58) следует, что у векторного поля (3.54) существует функция тока $g = g(u, v)$, полный дифференциал которой равен

$$dg = -\Psi_2(N, t; P, t) du + \Psi_1(N, t; P, t) dv. \quad (3.59)$$

Действительно, на основании (3.59), имеем

$$\frac{\partial g}{\partial u} = -\Psi_2(N, t; P, t), \quad (3.60)$$

$$\frac{\partial g}{\partial v} = \Psi_1(N, t; P, t). \quad (3.61)$$

Таким образом, с учётом равенства (3.58), получим достаточное условие существования полного дифференциала (3.59)

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 g}{\partial v \partial u} &= -\frac{\partial \Psi_2(N, t; P, t)}{\partial v} = \\ &= \frac{\partial \Psi_1(N, t; P, t)}{\partial u} = \frac{\partial^2 g}{\partial u \partial v}. \end{aligned} \quad (3.62)$$

Функция $g = g(u, v)$ восстанавливается с точностью до постоянного слагаемого по своему полному дифференциалу (3.59)

$$\begin{aligned} g(u, v) &= \int_{P_0(u_0, v_0)}^{P(u, v)} -\Psi_2(N, t; P, t) du + \\ &+ \Psi_1(N, t; P, t) dv + const. \end{aligned} \quad (3.63)$$

Рассмотрим произвольную, но фиксированную, линию тока $g(u, v) = const$. Тогда

$$\begin{aligned} dg(u, v) &= 0 = \\ &= -\Psi_2(N, t; P, t) du + \Psi_1(N, t; P, t) dv. \end{aligned} \quad (3.64)$$

На основе (64) получаем равенство

$$\frac{dv}{du} = \frac{\Psi_2(N, t; P, t)}{\Psi_1(N, t; P, t)}. \quad (3.65)$$

С учетом (3.65) и (3.57) легко сделать вывод о том, что данное внешнее поле возбуждения $\vec{F}_{s.p.}(P, t)$ ортогонально произвольной фиксированной линии тока $g(u, v) = const$ и, следовательно, можно положить

$$\begin{aligned} \Psi_1(N, t; P, t) &= a(N, t; P, t) F_{s.p.2}(P, t); \\ \Psi_2(N, t; P, t) &= -a(N, t; P, t) F_{s.p.1}(P, t), \end{aligned} \quad (3.66)$$

где $a(N, t; P, t)$ – некоторая скалярная функция.

Подставляя равенства (3.66) в формулу (3.63) окончательно получим

$$\begin{aligned} g(u, v) &= \int_{P_0(u_0, v_0)}^{P(u, v)} a(N, t; P, t) F_{s.p.1}(P, t) du + \\ &+ a(N, t; P, t) F_{s.p.2}(P, t) dv + const. \end{aligned} \quad (3.67)$$

Таким образом, формула (3.67) определяет оптимальную конфигурацию опалубочной формы в плоском случае, когда массовые потоки в рабочей среде движутся по касательным в каждой точке линии уровня $g(u, v) = const$. Внутреннюю часть линии $g(u, v) = const$ назовём *консервативной зоной* среды цементного раствора, а ограниченную консервативную зону назовём *макродоменом*. С теоретической точки зрения эта линия представляет собой бесконечный «потенциальный барьер», а с технологической – непроницаемую стенку опалубочной формы. Таким образом, способ включения внешнего поля возбуждения (3.3) $\vec{F}(N, t)$ полностью определяет технологические и геометрические параметры вибро-реологии цементного раствора. С этой точки зрения нужно рассматривать сформулированный ранее прикладной аппарат оценок основных микропараметров и макропараметров теории вибро-реологии цементного раствора в присутствии виброполя (3.3), которое реализует «а – е» переход. Большой теоретический и практический интерес представляет решение обратной задачи теории вибро-реологии цементных растворов, в соответствии с которой могут быть определены теоретико-технологические характеристики виброполя (3.3) по заданным линиям уровня функции тока $g = g(u, v)$ (3.63).

Выводы. На основании результатов экспериментально-теоретических исследований:

1. Установлено, что результаты, полученные в данной работе, позволяют в аналитическом виде представить описание процесса вибро-реологии цементных растворов в присутствии внешнего поля возбуждения.

2. Показано, что возможности разработанной полуфеноменологической теории вибро-реологии позволяют выполнить обобщение исследовательской схемы в случае внешних объёмных силовых полей возбуждения и изучить нелинейные процессы рассеяния массы при взаимодействии (механическом столкновении) первой $m_{1e}(t)$ и второй $m_{2e}(t)$ компонент рабочей среды до момента схватывания.

3. Аргументировано, что проведенный в данной работе количественный анализ параметров процесса вибро-реологии цементно-бетонного раствора составляет основу практического использования данного аппарата для создания современных технологий защиты бетонных сооружений от биокоррозии [9-12], а также научно-обоснованных технологий получения композиционных бетонов с повышенными эксплуатационными свойствами [13], в частности, использование анизотропных полимерных добавок (фулероидных наноструктур) в цементных композициях [14], наноструктурирование цементных вяжущих и армирующей фибры [15] и т.п. [16].

Л и т е р а т у р а

1. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів: навч. посіб. [Текст] / В.І. Братчун, В.О. Золотор'ов, М.К. Пактер, В.Л. Беспалов; під ред. д.т.н. В.І. Братчуна. – Вид. 2-ге, перероб. і доповн. – Макіївка-Харків: Донбас, 2011. – 336 с.
2. Баженов Ю.М. Технологія бетонів: монографія [Текст] / Ю.М. Баженов. – М.: Высшая школа, 1987. – 415 с.
3. Чернявский В.Л. Адаптация бетона: монография [Текст] / В.Л. Чернявский. – Днепропетровск: Нова ідеологія, 2002. – 115 с.
4. Трамбовецкий В.П. Перспективы усовершенствования бетона [Текст] / В.П. Трамбовецкий // Технологии бетонов. – 2008. – № 7. – С. 8-10.
5. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства: монография [Текст] / Б.В. Гусев, В.И. Кондращенко, Б.П. Маслов, А.С. Файвусович. – Москва: Научный мир, 2006. – 559 с.
6. Структура и свойства цементных бетонов: монография [Текст] / А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский, М.И. Бруссер. – М.: Стройиздат, 1979. – 343 с.
7. Пилипенко В.Н. Общие принципы описания процесса виброреологии с внешним источником динамического воздействия [Текст] / В.Н. Пилипенко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2013. – № 10 [199], ч. 1. С. 165-168.
8. Пилипенко В.М. Полufenomenологическая модель виброреологии цементного раствора [Текст] / В.Н. Пилипенко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2014. – № 2 [209], ч. 1. С. 221-228.
9. Дмитриева Е.Ю. Микроорганизмы – биодеструкторы подземных канализационных сооружений [Текст] / Е.Ю. Дмитриева // Вода и экологія. Проблемы и решения. – 2013. – № 1. – С. 20-39.
10. Любарская Г.В. Влияние концентрации агрессивных веществ на скорость процессов коррозии бетона II вида [Текст] / Г.В. Любарская, Т.В. Рубецкая // Исследования в области защиты бетона и железобетона от коррозии в агрессивных средах. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 23-26.
11. Алексеев С.Н. Коррозийная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде: монография [Текст] / С.Н. Алексеев, Н.К. Розенталь. – М.: Стройиздат, 1976. – 205 с.
12. Трамбовецкий В.П. Перспективы усовершенствования бетона [Текст] / В.П. Трамбовецкий // Технологии бетонов. – 2008. – № 7. – С. 8-10.
13. Пухнарено Ю.В. Современное состояние и перспективы применения фуллероидных наноструктур в цементных композициях [Текст] / Ю.В. Пухнарено // Сибирский промышленник. – 2008. – № 3. – С. 30-31.
14. Пономарев А.Н. Нанобетон – концепция и проблемы. Синергизм наноструктурирования цементных вяжущих и армирующей фибры [Текст] / А.Н. Пономарев // Индустрия. – 2007. – № 1(48). – С. 63-65.
15. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов [Текст] / С.С. Каприелов // Бетон и железобетон. – 2008. – № 5. – С. 30-32.
16. Дмитриева Е.Ю. Микроорганизмы – биодеструкторы подземных канализационных сооружений [Текст] / Е.Ю. Дмитриева // Вода и экологія. Проблемы и решения. – 2013. – № 1. – С. 20-39.

R e f e r e n c e s

1. Fiziko-himichna mehanika budivelnih materialiv: navch. posib [Tekst] / V.I. Bratchun, V.O. Zolotor'ov, M.K. Pakter, V.L. Bespalov; pid red. d.t.n. V.I. Bratchuna. – Vid. 2-ge, pererob. i dopovn. – Makiiv-ka-Harkiv: Donbas, 2011. – 336 s.
2. Bazhenov Ju.M. Tehnologija betonov: monografija [Tekst] / Ju.M. Bazhenov. – M.: Vysshaja shkola, 1987. – 415 s.
3. Chernjavskij V.L. Adaptacija betona: monografija [Tekst] / V.L. Chernjavskij. – Dnepropetrovsk: Nova ideologija, 2002. – 115 s.
4. Tramboveckij V.P. Perspektivy usovershenstvovaniya betona [Tekst] / V.P. Tramboveckij // Tehnologii betonov. – 2008. – № 7. – S. 8-10.
5. Formirovanie struktury kompozicionnyh materialov i ih svojstva: monografija [Tekst] / B.V. Gusev, V.I. Kondrashhenko, B.P. Maslov, A.S. Fajvusovich. – Moskva: Nauchnyj mir, 2006. – 559 s.
6. Struktura i svojstva cementnyh betonov: monografija [Tekst] / A.E. Shejkin, Ju.V. Chehovskij, M.I. Brusser. – M.: Strojizdat, 1979. – 343 s.
7. Pilipenko V.N. Obshhie principy opisaniya processa vibroreologii s vneshnim istochnikom dinamicheskogo vozdejstvija [Tekst] / V.N. Pilipenko // Visnik Shidnoukraïnsk'ogo nacional'nogo universitet im. Volodimira Dalja. – 2013. – № 10 [199], ch. 1. S. 165-168.
8. Pilipenko V.M. Polufenomenologicheskaja model' vibroreologii cementnogo rastvora [Tekst] / V.N. Pilipenko // Visnik Shidnoukraïnsk'ogo nacional'nogo universitet im. Volodimira Dalja. – 2014. – № 2 [209], ch. 1. S. 221-228.
9. Dmitrieva E.Ju. Mikroorganizmy – biodestruktory podzemnyh kanalizacionnyh sooruzhenij [Tekst] / E.Ju. Dmitrieva // Voda i ekologija. Problemy i reshe-nija. – 2013. – № 1. – S. 20-39.
10. Ljubarskaja G.V. Vlijanie koncentracii agressivnyh veshhestva skorost' processov korrozii betona II vida [Tekst] / G.V. Ljubarskaja, T.V. Rubetskaja // Issledovaniya v oblasti zashhity betona i zhelezobetona ot kor-rozii v agres-sivnyh sredah. – M.: Strojizdat, 1984. – S. 23-26.
11. Alekseev S.N. Korrozijnaja stojkost' zhelezobeton-nyh konstrukcij v agressivnoj promyshlennoj srede: monogra-fija [Tekst] / S.N. Alekseev, N.K. Rozental'. – M.: Strojiz-dat, 1976. – 205 s.
12. Tramboveckij V.P. Perspektivy usovershenstvovaniya be-tona [Tekst] / V.P. Tramboveckij // Tehnologii be-tonov. – 2008. – № 7. –S. 8-10.
13. Puhnarenko Ju.V. Sovremennoe sostojanie i perspek-tivy primenenija fulleroidnyh nanostruktur v ce-mentnyh kompozicijah [Tekst] / Ju.V. Puhnarenko // Sibirskij promysh-lennik. – 2008. – № 3. – S. 30-31.
14. Ponomarev A.N. Nanobeton – koncepcija i problemy. Si-nergizm nanostruktuirovaniya cementnyh vjazuushhih i armirujushhej fibry [Tekst] / A.N. Ponomarev // In-dustrija. – 2007. – № 1(48). – S. 63-65.
15. Kaprielov S.S. Obshhie zakonomernosti formirovaniya struktury cementnogo kamnja i betona s dobavkoj ul'tra-dispersnyh materialov [Tekst] / S.S. Kaprie-lov // Beton i zhelezobeton. – 2008. – № 5. – S. 30-32.
16. Dmitrieva E.Ju. Mikroorganizmy – biodestruktory podzemnyh kanalizacionnyh sooruzhenij [Tekst] / E.Ju. Dmitrieva // Voda i ekologija. Problemy i reshe-nija. – 2013. – № 1. – S. 20-39.

Пилипенко В.М. Кількісний аналіз параметрів процесу віброреології цементно-бетонних розчинів

У роботі наведено кількісний аналіз основних параметрів реології цементно-бетонних розчинів в присутності зовнішнього плоско-паралельного поля збудження з турбулентної складової, що забезпечує прикладну перспективу аналітичному апарату напівфеноменологічної теорії віброреології, особливо в питаннях захисту бетонів від процесів корозії при впливі розчинів неорганічних агресивних речовин і біокорозії.

Ключові слова: віброреологія цементно-бетонного розчину, турбулентність, віхросток, тензори першої та другої в'язкості.

Pilipenko V. Quantitative analysis of the parameters of the process of vibrorheology of cement concrete solutions.

In this work is given the quantitative analysis of the main parameters of the rheology of cement concrete solutions in the presence of the external plane-parallel field of excitation with turbulent component that provides application-term analytical unit of semi-phenomenological theory of vibrorheology, especially in the questions of protecting concrete from corrosion processes when exposed to aggressive solutions of inorganic substances and biological corrosion.

It is established that the results obtained in this work give the opportunity to introduce in the analytical way the description of the process of vibrorheology of cement solutions in the presence of the external field of the excitation.

It is shown that the capabilities of the developed semi-phenomenological theory of vibrorheology allow to perform the generalization of research scheme in the case of external volume force fields of excitation and to study non-linear processes of scattering in the interaction of mass (mechanical collision) of the first and second component of the working medium till the moment of solidification.

It is argued that given in this study the quantitative analysis of the parameters of the process of vibrorheology of cement-concrete solution is the basis of the practical use of this unit for the creation of modern technologies to protect against biological corrosion of concrete structures, as well as the science-based technologies for the production of composite concretes with improved performance properties, in particular, the use of anisotropic polymer additives (fulleroid nanostructures) in cement compositions, nanostructuring of cement binders and reinforcing fibers, etc.

Key words: vibrorheology of cement-concrete solution, turbulence, swirling, tensors of the first and second viscosity.

Пилипенко В.Н. – к.т.н., доцент, доцент кафедри “Подъемно-транспортная техника” Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина; докторант кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, г. Макеевка, Украина; e-mail: vpilip@ukr.net.

Рецензент: Гутько Ю.І., д.т.н., професор.

Статья подана 24.02.2014

УДК 622.278

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ МОЛОДШИХ СПЕЦІАЛІСТІВ В ВНЗ I-II РІВНЯ АКРЕДИТАЦІЇ В СУЧАСНИЙ ПЕРІОД

Потапенко О.М., Потапенко О.О., Неменуший А.І.

PROBLEMS OF PREPARATION OF JUNIOR SPECIALISTS ARE IN HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS OF I-II OF LEVEL OF ACCREDITATION IN A MODERN PERIOD

Potapenko A., Potapenko O., Nemenuschy A.

В статті проаналізовані проблеми підготовки молодших спеціалістів в вищих навчальних закладах I-II рівня акредитації в умовах розвитку: багатоступеневої підготовки професійних кадрів; інтеграційних процесів підготовки молодших спеціалістів з іншими освітніми системами, перш за все з ВНЗ III-IV рівнів акредитації. Визначені недоліки розвитку вищої школи при значному скороченні державного фінансування.

Ключові слова: молодший спеціаліст, вищий навчальний заклад (ВНЗ), професійна освіта, суспільство.

Постанова проблеми. В умовах глибоких перетворень в політичній, економічній і соціальній сферах суспільства перед вищою освітою стають складні проблеми не тільки збереження позитивних тенденцій функціонування системи, а також і переводу її у режим подальшого розвитку.

Вирішення цієї проблеми вимагає адаптації всієї системи до нових, часом суперечливих умов суспільного розвитку з одного боку, розвитку демократичних засад і створення громадського суспільства, становлення ринкових відносин і принципово нового ринку праці, зростаючих потреб і інтересів особистості, а з другого боку, зниження ресурсного та фінансового забезпечення системи освіти, кризових явищ в економіці, інтенсивної суспільної стратифікації, перегляду ціннісних засад освіти.

В таких умовах систему підготовки молодших спеціалістів необхідно розглядати як фактор збереження єдиного культурного та освітнього простору, підтримання політичної та економічної цілісності України, створення умов для розвитку особистості та її професійної самореалізації, забезпечення соціального захисту молодих людей, стабілізації та зниження соціальної напруги в суспільстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Баторічна економічна криза в Україні привела до значного спаду виробництва, скорочення працюю-

чих підприємств, а як наслідок до значного погіршення стану соціальної сфери та скорочення кількості працюючих в ній [8].

Підготовка молодших спеціалістів за останнє десятиріччя скоротилась майже вдвічі і продовжує скорочуватись.

Спад прийому зумовлений скороченням потреби в спеціалістах. Однак поживавлення, які позначились в 2005-2008 роках у виробництві та соціальній сфері дали можливість говорити про зростання потреби в кадрах, що призвело до більш швидкого попиту в спеціалістах і тоді питання про підготовку спеціалістів постало з певною гостротою [8]. Та криза 2008-2013 року призвела до скорочення робочих місць.

Ситуація загострюється своєрідним розвитком демографічних процесів: різким спадом народжуваності в 90-ті роки, що привело до значного скорочення абітурієнтів в 2011-2013 роках, а як наслідок до зниження конкурсу при вступі, труднощів при професійному виборі на спеціальності, які пов'язані з інтелектуальними здібностями. Згідно листа МОН № 6/1-4 від 24.10.13р. «Про підсумки прийому до ВНЗ у 2013 році та підготовку до організації проведення прийому у 2014 році» пропонується зменшити прийом абітурієнтів-молодших спеціалістів з 100000 до 75000 бюджетних місць. Тому виникає необхідність завчасно передбачити основні напрямки розвитку як освіти в цілому, так і, зокрема в закладах освіти I-II рівнів акредитації, що свідчить про актуальність даної теми, а саме:

1. необхідність визначення ролі і місця молодшого спеціаліста в сучасний період;
2. стан підготовки молодших спеціалістів на сучасному етапі;
3. розвиток потреб в кадрах рівня молодший спеціаліст;

4. перепідготовка та підвищення кваліфікації спеціалістів у ринкових умовах;

5. удосконалення змісту підготовки молодших спеціалістів;

6. удосконалення управління підготовкою кадрів;

7. розвиток системи по працевлаштуванню випускників;

8. демографія і перспективи розвитку вищих закладів освіти I-II рівнів акредитації.

Мета статті. Метою роботи є теоретичний аналіз стану професійної освіти та обґрунтування збільшення державного фінансування ВНЗ і відповідно підвищення доступності освіти для населення з низьким рівнем життя.

Результати досліджень. У ході науково-технічних революцій істотно змінюється ставлення до науки, освіти в цілому. З цього приводу в «Працях з загальної історії науки» В.І. Вернадський зазначає, що «змінюються докорінно наші уявлення про матерію, про енергію, про час, про простір; створюються зовсім нові поняття і цим новим поняттям, часто ми не знаходимо прямих аналогій у минулому» [2].

Сучасна освіта, як один з головних соціальних інститутів, являє собою феномен, в якому його складові такі, як професійне навчання, вчення, виховання - суть процеси, а так само галузі педагогічних знань, що описують і пояснюють ці процеси, зазнають помітних змін по відношенню до уявлень, установок, підходів, які склалися до недавнього часу як у практичній педагогіці, так і в її теорії.

Це відбувається під впливом тих фундаментальних перетворень в соціумі, які в силу різноманітності і неоднорідності, динаміки та інтенсивності набагато випереджають процес їх теоретичного осмислення та формування потреби нових оцінок і внесення додаткових змістів у практичну та теоретичну частину педагогічної науки [7].

Професійна освіта – важливий етап у цивільному ставленні особистості, в її гармонійному розвитку. Нерозуміння об'єктивно необхідного зв'язку розвинутої і професіоналізму породжує не тільки схоластичні суперечки щодо «протиріччя» того й іншого, але і серйозні помилки в практиці роботи з молоддю, коли оволодіння професійними знаннями і навичками в тій чи іншій формі протиставляється загально гуманітарній культурі. В результаті виникають або горезвісні «технократичні перекося», або спроби формувати гуманітарну культуру людини у відриві від життя, від праці і суспільної практики.

Слід зазначити, що сьогодні вже сформована сучасна нормативно - методична та правова база, що забезпечує регулювання освітньої діяльності вищого навчального закладу I - II рівня акредитації в умовах його автономності.

Створені передумови для якісного оновлення змісту освіти, поглиблення його широкомасштабної модернізації шляхом введення в навчальний процес

навчальних закладів освітніх стандартів із спеціальностей.

В системі освіти шириться багатоступенева підготовка кадрів, відбувається переорієнтація змісту освіти на потреби та інтереси особистості та попит на регіональних ринках праці.

Активно розвиваються інтеграційні процеси вищої освіти I - II рівня акредитації з іншими освітніми системами, перш за все з вищими навчальними закладами III - IV рівнів акредитації. Формується сучасна система управління закладами освіти. Розвивається державно-громадський характер управління, об'єктивно здійснюється діяльність Рад директорів вищих навчальних закладів I-II рівнів акредитації в збереженні єдиного освітнього простору та реалізації регіональної політики, відбувається пошук джерел багатоканального фінансування навчальних закладів в умовах бюджетного дефіциту. [8].

В цілому можна признати, що в ринкових умовах вища школа зуміла адаптуватися до змін, що відбуваються, виявила свою життєздатність та соціальну стабільність.

Разом з тим викликають стурбованість ряд проблем:

- значне скорочення бюджетного фінансування;
- деякі протиріччя в діючому законодавстві, недостатність підручників та навчальних посібників нового покоління;
- недостатність нормативно-правової та навчально-методичної бази.

Необхідно відзначити таку тенденцію сьогодення, що сучасне суспільство переходить від порівняно демократичної системи освіти, доступної представникам усіх соціальних груп, відкритої для контролю і впливу з боку суспільства, до селективної, елітарної моделі, що виходить з ідеї автономності освіти, як в економічному, так і в політичному аспекті. Прихильники цієї концепції вважають, що освіта - така ж сфера підприємницької діяльності, як виробництво, комерція, і тому повинна функціонувати так, щоб приносити прибуток.

Звідси неминучість внесення плати за освіту студентами, використання різних систем для визначення рівня інтелектуального розвитку або обдарованості. Можливість платити і особиста обдарованість – це струни, з яких плететься сито селекції, зі все зменшувимися осередками в міру просування до вершин освітньої, а потім і соціальної піраміди.

Загалом оптимум поєднання загальноосвітньої і професійної підготовки ще не знайдено.

Висновки. Одним з характерних соціальних процесів на етапі переходу від соціалістичної до ринкової економіки є переоцінка цінностей, яка відбувається в багатьох сферах суспільної діяльності, у тому числі й в освіті. Незважаючи на те, що державне утворення переходить на комерційну основу, ринкові закони, такі, як конкуренція, висувують високі вимоги якості освіти, що призводить до зниження популярності багатьох навчальних закладів, а іноді й до їх закриття.

Нерозуміння керуючими силами важливості освіти для майбутнього суспільства негативно позначається на інтелектуальному потенціалі молодого покоління і суспільства в цілому. Комерціалізація освіти часто робить останнє недоступним для соціальних верств з низьким рівнем життя, посилюючи тим самим соціальну диференціацію суспільства. Подібні процеси в найближчому майбутньому призведуть до втрати інтелектуального багатства країни, що негативно позначиться на рівні життя людей, на економічному і політичному розвитку України. Виходом зі сформованої ситуації є підвищення доступності освіти для широких мас населення при одночасному зростанні якості освіти, що можливо при грамотній освітній політиці держави.

Л і т е р а т у р а

1. Рішення «Про підсумки прийому до ВНЗ у 2013р. та підготовку до організації проведення прийому у 2014р.»
2. Вернадский В.И. Труды по всеобщей истории науки. – М., «Наука», 1988.-с.218
3. Руткевич М.Н., Потопов В.П. После школы: Социально-профессиональные ориентации молодежи. М., 1995
4. Шерегн Ф.Э., Харчева В.Г. Социальные проблемы вузовской науки // СОЦИС. 1996. № 6
5. Тощенко Т. Социология. Общий курс. – М.: 1999. -512
6. Мухаев Р.Т. Политология: учебник для вузов. М.: 1998. -368 с.
7. Г.Г. Шевченко, А.Н. Потапенко., О.В.Попова «Педагогика и технизация в образовании». Материалы девятого международного научно-практического семинара «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы» - Донецк-Таганрог, 2008 - № 8, стр.15-21
8. Неменуший А.І., Потапенко О.М. «Основні проблеми реформування освітньої системи в ВНЗ I-II рівня акредитації науковий журнал «Вісник» СХУ ім.В.Даля – Луганськ, 2011 № 1 (155) стр. 301-306

R e f e r e n c e s

1. Rishennja «Pro pidsumki prijomu do VNZ u 2013r. ta pidgotovku do organizacii provedennja prijomu u 2014r.»
2. Vernadskij V.I. Trudy po vseobshhej istorii nauki. – M., «Nauka», 1988.-s.218
3. Rutkevich M.N., Potopov V.P. Posle shkoly: Social'no-professional'nye orientacii molodezhi. M., 1995
4. Sheregn F.Je., Harcheva V.G. Social'nye problemy vuzovskoj nauki // SOCIS. 1996. № 6
5. Toshhenko T. Sociologija. Obshhij kurs. – M.: 1999. -512
6. Muhaev R.T. Politologija: uchebnik dlja vuzov. M.: 1998. -368 s.
7. G.G. Shevchenko, A.N Potapenko., O.V.Popova «Pedagogika i tehnizacija v obrazovanii». Materialy devjatogo

mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminaru «Praktika i perspektivy razvitiya partnerstva v sfere vysshej shkoly» - Doneck-Taganrog, 2008 - № 8, str.15-21

8. Nemenushhij A.I., Potapenko O.M. «Osnovni problemi reformuvannja osvityans'koї sistemi v VNZ I-II rivnja akredytacii naukovij zhurnal «Visnik» SNU im.V.Dalja – Lugans'k, 2011 № 1 (155) str. 301-306

Потапенко А.Н., Потапенко О.А., Неменуший А.І. Проблемы подготовки младших специалистов в вузе I-II уровня акредитации в современном период.

В статье проанализированные проблемы подготовки младших специалистов в высших учебных заведениях I-II уровня аккредитации в условиях развития: многоэтапной подготовки профессиональных кадров; интеграционных процессов подготовки младших специалистов с другими образовательными системами, прежде всего из ВУЗА III- IV уровней аккредитации. Определенные недостатки развития высшей школы при значительном сокращении государственного финансирования

Ключевые слова: младший специалист, высшее учебное заведение(ВУЗ), профессиональное образование, общество.

Potapenko A., Potapenko O., Nemenushy A. Problems of preparation of junior specialists are in higher educational establishments of I-II of level of accreditation in a modern period.

In the article the analysed problems of preparation of junior specialists are in higher educational establishments of I-II of level of accreditation in the conditions of development: багатоступеневої training of professional personnels; integration processes of preparation of junior specialists with other educational systems, foremost from INSTITUTION of higher learning of III- IV levels of accreditation. Certain lacks of development of higher school are at considerable reduction of the state financing.

Keywords: junior specialist, higher educational establishment (INSTITUTION OF HIGHER LEARNING), trade education, society.

Потапенко О.М. – директор Кіровського транспортного технікуму, тел. (+38) – 050 – 366 – 24 – 10

Потапенко О.О аспірант кафедри «Комп'ютерні технології на промисловому і міському транспорті»

Неменуший А.І. - асистент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В. Даля, тел. (+38) – 068 – 952 – 08 – 10

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 22.02.2014

УДК 658.51:622.278

**ПАРАМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ****Рамазанов С.К., Велігура А.В., Івановська М.В.****PARAMETRIC MODEL OF RAILWAY TRANSPORT LIFE CYCLE COST****Ramazanov S., Veligura A., Ivanovska M.**

У статті розглянуто структуру життєвого циклу технічної системи залізничного транспорту. Проведено аналіз стадій життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту, побудовано схему формування вартості життєвого циклу, розроблено алгоритм використання вартості життєвого циклу при обґрунтуванні управлінських рішень, параметричну модель вартості життєвого циклу та модель управління конкурентоспроможністю технічних систем залізничного транспорту, які дозволяють приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо внесення змін у конструкцію та технологію виробництва з одного боку, та щодо вибору технічних систем залізничного транспорту з іншого

Ключові слова: *вартість життєвого циклу, технічна система, залізничний транспорт, параметрична модель.*

Постановка проблеми. Концепція вартості життєвого циклу технічної системи при обґрунтуванні управлінських рішень на основі параметричної моделі дозволяє об'єктивно оцінити умови ефективності її впровадження, а також провести аналіз чутливості окремих елементів при зміні кон'юнктури ринків споживаних ресурсів, постачальників, капіталу та ін.

Таким чином, обґрунтування рішень з придбання технічних систем залізничного транспорту на основі аналізу вартості життєвого циклу, вимагає створення системи стандартизації і віднесення витрат на собівартість по видах діяльності, їх моніторингу і контролінгу по окремих етапах і стадіях. Аналіз причин невідповідності фактичних значень розрахунковим параметрам вартості життєвого циклу дозволить формувати технічні вимоги на нові елементи технічних систем залізничного транспорту, а також визначити відповідальність господарюючих суб'єктів на окремих етапах і стадіях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У світовій практиці залізничного транспорту аналіз вартості життєвого циклу (ВЖЦ) промислових ви-

робів став застосовуватися в 90-і роки минулого століття.

Концепція життєвого циклу товару вперше була опублікована в 1965р. Теодором Левиттом. В даний час не існує єдиної стандартної методики оцінки вартості життєвого циклу виробів. Так наприклад Рагуза і Піро вважають, що єдиної методики не може існувати, і кожен менеджер самостійно визначає спосіб розрахунку вартості життєвого циклу [1-4].

Створенням єдиної методики розрахунку ВЖЦ займалися такі вчені як Й. Каваучі і М. Раусанду. Ними була розроблена методика заснована на шести основних етапах, саме ця теорія стала основоположною в більшості сучасних методик.

Метою статті є формування параметричної моделі вартості життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту.

Результати дослідження. Вартість життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту включає витрати одноразового (інвестицій) і поточного характеру (експлуатаційні витрати) за термін служби(термін корисного використання), а також ліквідаційні витрати, пов'язані з виключенням об'єкту з експлуатації.

На основі існуючих методичних підходів пропонується в розрахунках вартості життєвого циклу технічних систем виділяти шість стадій:

- вироблення концепції і розробка технічного завдання;
- дослідно-конструкторські роботи;
- виготовлення технічної системи;
- впровадження (установка);
- експлуатація і технічне обслуговування;
- вилучення з експлуатації (ліквідація, утилізація).

Для транспортної компанії витрати перших трьох-чотирьох стадій опосередковано виражені в первинній вартості технічної системи - ціні прид-

банья. Ці витрати для неї виражаються в об'ємі інвестицій на придбання.

На стадії «виробітку концепцій і розробка технічного завдання» здійснюються маркетингові дослідження замовника і постачальника технічної системи, формування початкових технічних вимог до неї, проведення конкурсу серед постачальників на її розробку і виготовлення, первинного прогнозування вартості життєвого циклу одиниці технічної системи і розробки основних положень проекту договору на її створення. Результат робіт, що виконуються на цій стадії, полягає у визначенні можливості і доцільності створення технічної системи за споживчими і комерційними параметрами, розробка і затвердження технічних вимог до конкретного типу (серії), вибір постачальника технічної системи.

На стадії «дослідно-конструкторські роботи» здійснюються процеси виконання НДР по дослідженню шляхів і принципів раціонального створення нової (модернізованою) технічної системи для формування технічного завдання, детального прогнозування вартості життєвого циклу технічної системи, виконання ДКР по розробці і створенню дослідних зразків, проведення їх випробувань. Результатом робіт на стадії розробки є дослідний зразок технічної системи, затверджена конструкторська (у тому числі експлуатаційні документи) документація.

На стадії «виготовлення технічної системи», здійснюються підготовчі процеси по забезпеченню готовності підприємства до виробництва і випуску (постачання) в заданому об'ємі технічних систем відповідно до вимог технічних вимог, технічного завдання, конструкторської документації, технічним

умовам, виробничі процеси його виготовлення на стадії виробництва, що встановилося. Результатом виконання робіт на стадії виробництва є випуск нової (модернізованою) технічної системи.

На стадії «впровадження» здійснюється введення технічної системи в експлуатацію з проведенням супутніх заходів по навчанню персоналу, дооснащенню ремонтної бази і тому подібне

На стадії «експлуатація і технічне обслуговування» здійснюються процеси прийняття експлуатуючою організацією (підрозділом) замовника технічних систем, введення їх в експлуатований парк для безпосереднього використання відповідно до призначення (у тому числі і в гарантійний період), підтримка у встановленому ступені готовності парку технічних систем до використання шляхом здійснення комплексу заходів (у тому числі проведення технічного обслуговування і ремонтів), спрямованих на забезпечення і(чи) відновлення їх працездатності і справності. Результатом робіт на цій стадії є виконання технічним засобом своїх функцій відповідно до заданих до нього вимог.

Стадія «вилучення з експлуатації» передбачає проведення комплексу документованих організаційно-технологічних заходів по списанню одиниці технічної системи, ліквідації і видаленню відходів від складових її частин. Результатом виконання робіт на стадії утилізації є демонтований комплект деталей і складальних, що відповідає вимогам нормативної і технічної документації, для повторного використання при ремонті, і знищення складових частин, що виробили свій ресурс і непридатних для подальшого відновлення.

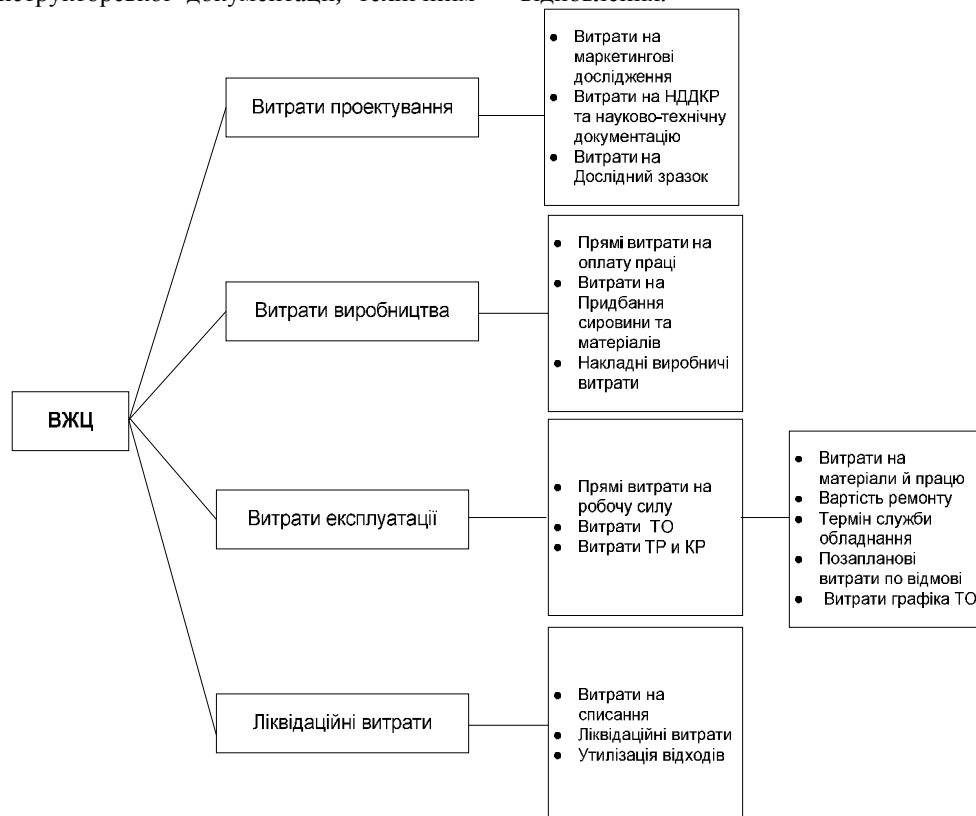


Рис. 1. Схема формування вартості життєвого циклу технічної системи

Загальна вартість життєвого циклу (рис. 1) технічної системи розділяється на три основні частини:

- витрати, пов'язані з придбанням (Витрати проектування та виробництва);
- витрати, пов'язані з володінням (Витрати експлуатації);
- витрати, пов'язані з утилізацією (Ліквідаційні витрати).

Оцінка вартості життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту може робитися на будь-якій стадії життєвого циклу. Проте, потреба в такій оцінці виникає, передусім, на етапі придбання при порівнянні з аналогами і на етапі експлуатація при моніторингу економічних показників в цілях підтвердження первинних оцінок вартості життєвого циклу.

Вартість життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту при такому підході [1] визначається по формулі:

$$СЖЦ = C_{np} + \sum_{t=1}^T (I_t + \Delta K_t - L_t) \cdot a_t$$

де C_{np} - ціна придбання технічної системи (первинна вартість), тис. грн.

I_t - річні експлуатаційні витрати, тис. грн.;

ΔK_t - супутні одноразові витрати, пов'язані з впровадженням технічної системи в експлуатацію, тис. грн.;

L_t - ліквідаційна вартість об'єкту, тис. грн.;

a_t - коефіцієнт дисконтування;

t - поточний рік експлуатації;

T - термін корисного використання, який встановлюється відповідно до технічних вимог або іншої нормативної документації.

З позиції формування грошових потоків вартість життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту є сумою індивідуального відтоку грошових коштів на кожному тимчасовому етапі терміну їх використання. Слід зазначити, що у разі потреби адаптації інфраструктури компанії до параметрів нової технічної системи питомі витрати на її здійснення (тобто з розрахунку на одну технічну систему) враховуються як складові вартості життєвого циклу.

Розглянемо детальніше основні складові вартості життєвого циклу.

До складу одноразових витрат входять вартість технічної системи залізничного транспорту (ціна придбання) і супутні капітальні вкладення (інвестиції), які необхідно здійснювати при впровадженні її в експлуатацію.

До супутніх витрат відносяться витрати: - на устаткування деповської і заводської ремонтної бази, у тому числі витрати на придбання додаткових випробувальних і ремонтних комплексів, діагностичної і перевіркової апаратури, спеціального інструменту, розширення наявних площ і тому подібне; на збільшення протяжності станційних шляхів (при підвищенні вагових норм складів); додаткові інвести-

ції в необхідний вагонний парк; на навчання ремонтного і обслуговуючого персоналу (у разі, якщо ці витрати не включені в контрактну вартість об'єкту) та ін.

Річні експлуатаційні витрати визначаються відповідно до Номенклатури доходів і витрат по видах діяльності підприємства і складаються з наступних елементів витрат: оплата праці; відрахування на соціальні потреби; матеріальні витрати; амортизація і інші витрати.

До витрат на оплату праці відносяться:

- суми, нараховані по тарифних ставках, посадових окладах, відрядних розцінках або у відсотках від виручки відповідно до прийнятих в організації форм і систем оплати праці;

- нарахування стимулюючого характеру, у тому числі премії за виробничі результати, надбавки до тарифних ставок і окладів за професійну майстерність, високі досягнення в праці і інші подібні покаznики;

- нарахування стимулюючого і (чи) компенсуючого характеру, пов'язані з режимом роботи і умовами праці, у тому числі надбавки до тарифних ставок і окладів за роботу в нічний час, роботу у багатозмінному режимі, за поєднання професій, розширення зон обслуговування, за роботу у важких, шкідливих, особливо шкідливих умовах праці, за наднормову роботу і роботу у вихідні і святкові дні;

- вартість комунальних послуг, що безкоштовно надаються працівникам, живлення і продуктів, житла (суми грошової компенсації за ненадання безкоштовного житла, комунальних і інших подібних послуг);

- вартість видаваного працівникам форменого одягу, що залишається в особистому постійному користуванні;

- витрати на оплату праці, що зберігається працівникам на час відпустки;

- грошові компенсації за невикористану відпустку при звільненні працівника;

- нарахування працівникам, що вивільняються у зв'язку з реорганізацією або ліквідацією організації, скороченням чисельності або штату працівників організації;

- одноразові винагороди за вислугу років;

- надбавки, обумовлені районним регулюванням оплати праці;

- суми, нараховані у розмірі тарифної ставки або окладу (при виконанні робіт вахтовим методом), передбачені колективними договорами, за дні знаходження в дорозі від місця знаходження організації (пункту збору) до місця роботи і назад, передбачені графіком роботи на вахті, а також за дні затримки працівників в дорозі за метеорологічними умовами;

- інші суми, нараховані фізичним особам, притягненим для роботи в компанії.

У елементі «матеріальні витрати» відображається вартість що придбавалися різного роду матеріалів і паливно-енергетичних ресурсів, а також витрати на придбання робіт і послуг виробничого ха-

рактеру. Вартість основних і допоміжних матеріалів, покупних напівфабрикатів і комплектуючих виробів, палива, тари, запасних частин, будівельних і інших матеріалів, що включаються в матеріальні витрати, визначається відповідно до національних нормативів.

Елемент «матеріальні витрати» складається з наступних груп: матеріали; паливо; електроенергія; інші матеріальні витрати.

До витрат на матеріали відносяться:

- вартість, що списується на витрати на виробництво продукції (робіт, послуг) матеріалів, що використовуваних у виробництві товарів(виконанні робіт, наданні послуг) і (чи) утворюють їх основу або є необхідним компонентом при виробництві товарів (виконанні робіт, наданні послуг);
- вартість, що списується на витрати на виробництво продукції (робіт, послуг) матеріалів, використовуваних :
- на інші виробничі і господарські потреби;
- вартість, що списується на витрати на виробництво продукції (робіт, послуг) комплектуючих виробів, що піддаються монтажу, і (чи) напівфабрикатів, що піддаються додатковій обробці в організації;
- втрати від нестачі і (чи) псування при хропінні і транспортуванні товарно-матеріальних цінностей в межах норм природного спаду;
- технологічні втрати при виробництві і (чи) транспортуванні.

У складі витрат на паливо відображається вартість палива усіх видів (дизельного палива, мазуту, нафти, бензину, вугілля, газу, сланців, дров і так далі), що придбавалося, витрачається на технологічні цілі (у тому числі на тягу потягів), опалювання будівель, вироблення (у тому числі самою організацією для виробничих потреб) усіх видів енергії (електричною, тепловою, стислого повітря, холоду і так далі), а також на трансформацію і передачу енергії. До витрат також на паливо прирівнюються втрати від нестачі і (чи) псування при зберіганні і транспортуванні палива в межах норм природного спаду, а також технологічні втрати при виробництві і (чи) транспортуванні.

У складі витрат на електроенергію відображається вартість купленої електроенергії, що витрачається на просування потягів з електричною тягою і електросекцій, на технологічні, енергетичні, освітлювальні і інші виробничі і господарські потреби організації, включаючи технологічні втрати.

У складі інших матеріальних витрат відображаються: витрати на придбання робіт і послуг виробничого характеру, що виконуються контрагентами, вартість води і покупних видів енергії, окрім електроенергії та ін.

По елементу «амортизація» відображається сума амортизації основних засобів і нематеріальних активів, що нараховується відповідно до національних нормативів.

По елементу «інші витрати» відображаються витрати, не включені в інші елементи витрат. У складі інших витрат відображається:

- суми податків і зборів, нараховані в порядку, встановленому законодавством України про податки і збори, включаються у витрати по звичайних видах діяльності організації (за винятком єдиного соціального податку);
- витрати на сертифікацію продукції і послуг;
- суми комісійних зборів і інших подібних витрат за виконані сторонніми організаціями роботи (надані послуги);
- суми виплачених підйомних;
- витрати на забезпечення пожежної безпеки організації відповідно до законодавства України, витрати на зміст служби газорегулювальників, витрати на послуги з охорони майна, обслуговування охоронно-пожежної сигналізації;
- витрати на забезпечення нормальних умов праці і заходів по техніці безпеки, передбачених законодавством України, витрати на цивільну оборону відповідно до законодавства України, а також витрати на лікування професійних захворювань працівників, зайнятих на роботах з шкідливими або важкими умовами праці;
- орендні (лізингові) платежі за орендоване (приймає в лізинг) майно;
- витрати на управління організацією або окремими її підрозділами, а також витрати на придбання послуг з управління організацією або її окремими підрозділами;
- витрати на підготовку і перепідготовку кадрів;
- витрати на поточне вивчення (дослідження) кон'юнктури ринку, збір інформації, безпосередньо пов'язаної з виробництвом і продажем товарів(робіт, послуг);
- інші витрати.

До складу одноразових витрат входять вартість технічної системи залізничного транспорту (ціна придбання) і супутні капітальні вкладення (інвестиції), які необхідно здійснювати при впровадженні її в експлуатацію.

До супутніх витрат відносяться витрати:

- на навчання ремонтного і обслуговуючого персоналу (у разі, якщо ці витрати не включені в контрактну вартість об'єкту);
- на устаткування депоівської і заводської ремонтної бази, у тому числі витрати на придбання додаткових випробувальних і ремонтних комплексів, діагностичної і перевіркової апаратури, спеціального інструменту, розширення наявних площ і тому подібне;
- на збільшення протяжності станційних шляхів(при підвищенні вагових норм складів);
- додаткові інвестиції в необхідний вагонний парк;
- інші витрати.

Ліквідаційна вартість технічної системи визначається на кінцевому етапі їх використання. До її складу входять витрати на виведення із експлуатації і утилізацію: засоби, що отримуються від вторинного використання запасних частин і металобрухту, витрати, пов'язані з демонтажем устаткування, змінних частин, що не підлягають ремонту, і деталей, витрати на транспортування і інші витрати. Ліквідаційна вартість, що розраховується на кінцевій стадії експлуатації технічних систем залізничного транспорту (після закінчення 20 і більше років), з урахуванням дисконтування, як правило, є величиною досить малою і при визначенні вартості життєвого циклу її можна не враховувати.

Таким чином, вартість життєвого циклу технічної системи включає усі обґрунтовані витрати, які визначаються у кожному конкретному випадку. На рис. 2 представлений алгоритм використання моделі вартості життєвого циклу технічної системи при обґрунтуванні управлінських рішень з її придбання.



Рис. 2. Алгоритм використання вартості життєвого циклу при обґрунтуванні управлінських рішень

Слід зазначити, що найбільш очевидна частина витрат (придбання технічної системи) є меншою частиною вартості життєвого циклу. Велика ж частина сукупних витрат доводиться на витрати по технічному обслуговуванню і експлуатації технічної системи і на момент купівлі є неочевидною. Мінімізація вартості життєвого циклу технічної системи веде до підвищення чистої дисконтованої вартості проек-

ту з її придбання і відповідно підвищує капіталізацію компанії. Таким чином, визначення вартості життєвого циклу технічної системи вимагає наявності детальної інформації про витрати на придбання і на експлуатацію і технічне обслуговування технічних систем. За оцінками експертів вартість експлуатації устаткування і його підтримки в працездатному стані виявляється вище за вартість придбання у декілька разів.

У загальному вигляді витрати на придбання можна представити у вигляді схеми, представленої на рис. 3.

Витрати на експлуатацію та технічне обслуговування схематично можна представити таким чином (рис. 4).

При проведенні порівняльної оцінки вартості життєвого циклу альтернативного ряду технічних систем залізничного транспорту до складу витрат можуть бути включені статті витрат, що тільки змінюються по варіантах. При цьому, як правило, проводиться попарне порівняння вартості життєвого циклу нового(модернізованого) об'єкту з існуючим аналогом. При порівнянні варіантів здійснення перевезень на конкретному полігоні експлуатації і виборі оптимального типу локомотиву по мінімуму вартості життєвого циклу обмежуються переліком витрат, залежних від конструктивного виконання, надійності і інших параметрів локомотиву.

Розглянуті вище управлінські технології тісно взаємозв'язані між собою і безпосередньо впливають на конкурентоспроможність виробу.

Визначається як відносна величина, що обчислюється відносно вибраного аналога:

$$KC = \frac{L_0}{L} \cdot \frac{Q_0}{Q} \quad (1)$$

де L - витрати споживача на придбання і зміст оцінюваного виробу, Q - показник задоволеності споживача оцінюваним виробом (тобто якість виробу), L_0 і Q_0 - аналогічні показники для виробу, вибраного в якості бази для порівняння

Величина ВЖЦ визначається сумою:

$$ВЖЦ = C_u = C_{co} + C_{екс} + C_{ТОР}$$

де C_u - вартість виробу, C_{co} - вартість засобів забезпечення експлуатації, $C_{екс}$ - витрати на експлуатацію, $C_{ТОР}$ - витрати на усі види планового обслуговування і ремонту.



Рис. 3. Витрати на придбання технічної системи



Рис. 4. Витрати на експлуатацію та техобслуговування технічної системи

Конкурентоспроможність виробу:
Введемо позначення

$$l = \frac{L_0}{L}; \quad q = \frac{Q_0}{Q}$$

тоді формулу(1) можна представити у виді

$$L = KC \cdot q \quad (2)$$

Величину KC назвемо коефіцієнтом конкурентоспроможності. Так, якщо прийняти $KC=1$, то створюваний виріб буде «не гірший» за базовий зразок. Функцію (1) зручно представити у вигляді діаграми (рис. 5). Область діаграми, що лежить нижче прямої $KC=1$, є область неконкурентоспроможності. Область, обмежену вертикаллю $q=1$ і горизонталлю $l=1$, назвемо областю абсолютної конкурентоспроможності, оскільки вироби, параметри яких потрапляють в цю область, перевершують конкуруючі вироби і по l , і в цю область, конкурентоспроможність по q .

Область, що лежить між прямою, відповідною $KC=1$, і вертикаллю $q=1$, назвемо областю компромісної конкурентоспроможності по q , оскільки для виробів, що потрапляють в цю область, конкурентоспроможність може бути досягнута за рахунок зниження витрат на ЖЦ при одночасному зниженні показників якості. Нарешті, область, що лежить вище прямої $KC=1$ і нижче горизонталі $l=1$, назвемо областю компромісної конкурентоспроможності по l , оскільки для виробів, що потрапляють в цю область, конкурентоспроможність може бути досягнута за рахунок підвищення показників якості при одночасному збільшенні витрат на ЖЦ.

Похили прямі на діаграмі - суть лінії рівної конкурентоспроможності, які можна назвати ізоквантами конкурентоспроможності.

Описана модель дозволяє оцінити роль і місце управлінських технологій в забезпеченні конкурентоспроможності.

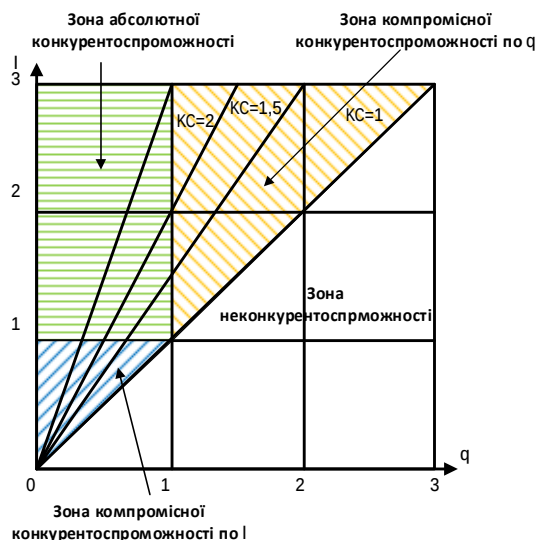


Рис. 5. Діаграма конкурентоспроможності

Іншим важливим показником конкурентоспроможності виробу є узагальнений показник підтримання виробу (supportability), що характеризує міру досконалості виробу з точки зору зручності і ефективності його експлуатації і обслуговування і залежний від технічних і організаційних чинників. Цей показник формується при рішенні завдань АЛП в процесі проектування виробу.

Коефіцієнт підтримання можна визначити як розвиток співвідношення (2), виділивши серед доданків Q - показники надійності, а серед доданків L - витрати, пов'язані з підтримкою виробу в ході його експлуатації в змозі, необхідному для виконання його службових функцій. Тоді коефіцієнт підтримання можна визначити як відношення коефіцієнта готовності до питомих витрат (витратам, що доводяться на одиницю календарного часу) на підтримку виробу в необхідному стані:

$$S = \frac{K_r}{C_{\text{ТОИР}} / T}$$

де K_r — коефіцієнт готовності виробу, T — тривалість корисного використання, $C_{\text{ТОИР}}$ — витрати на планове і позапланове обслуговування та ремонт.

Для отримання кількісних оцінок, необхідних для знаходження деяких складових L , призначені приватні математичні моделі і конкретні розрахункові методики.

Висновок. Використовуючи ці методики, і виходячи із заданого значення KC , можна визначити раціональні значення q і l .

Запропонована параметрична модель дозволяє здійснювати обґрунтовані управлінські рішення щодо придбання технічних систем залізничного транспорту.

Литература

1. Andersson, M. 2007: Fixed Effects Estimation of Marginal Railway Infrastructure Costs in Sweden, Empirical Essays on Railway Infrastructure Costs in Sweden, Chapter 3, Doctoral Thesis, Trita-TEC-PHD, 1653-4468, 07:002, ISBN: 91-85539-18-X. Division of Transport and Location Analysis, Department of Transport and Economics, Royal Institute of Technology, Stockholm
2. International Railway Industry Standard IRIS - International Railway Industry Standard
3. CENELECEN 50126
4. ГОСТР 52944-2008, 2008: Жизненный цикл железнодорожного подвижного состава. Термины и определения. - Москва: - 12.

References

1. Andersson, M. 2007: Fixed Effects Estimation of Marginal Railway Infrastructure Costs in Sweden, Empirical Essays on Railway Infrastructure Costs in Sweden, Chapter 3, Doctoral Thesis, Trita-TEC-PHD, 1653-4468, 07:002, ISBN: 91-85539-18-X. Division of Transport and Location Analysis, Department of Transport and Economics, Royal Institute of Technology, Stockholm
2. International Railway Industry Standard IRIS - International Railway Industry Standard
3. CENELEC EN 50126

4. GOST R 52944-2008, 2008: Life cycle of railway rolling stock. Terms and definitions. - Moscow: Publishing standards, - 12.

Рамазанов С. К., Велігура А. В., Ивановская М.В.
Параметрическая модель стоимости жизненного цикла
технических систем железнодорожного транспорта.

В статье рассмотрена структура жизненного цикла технических систем железнодорожного транспорта. Проведен анализ стадий жизненного цикла технических систем железнодорожного транспорта, разработана схема формирования стоимости жизненного цикла, алгоритм использования стоимости жизненного цикла при обосновании управленческих решений, параметрическая модель стоимости жизненного цикла и модель управления конкурентоспособностью технических систем железнодорожного транспорта, позволяющие принимать обоснованные управленческие решения относительно внесения изменений в конструкцию и технологию производства с одной стороны, и относительно выбора технических систем железнодорожного транспорта - с другой.

Ключевые слова: стоимость жизненного цикла, техническая система, железнодорожный транспорт, параметрическая модель.

Ramazanov S., Veligura A., Ivanovska M.
Parametric model of railway transport life cycle cost.

The concept of life cycle cost of technical systems in justifying management decisions based on a parametric model can objectively assess the effectiveness of its implementation, as well as an analysis of the sensitivity of individual elements with changes in market conditions consumed resources, suppliers, capital and so on.

Thus, the rationale for making the acquisition of technical systems of rail transport by analyzing the cost of the life cycle requires a standardization system and assigning costs to cost by activity, monitoring and controlling for individual phases and stages. Analysis of the reasons for non-compliance of the actual values of the design life cycle cost will allow specifications to form new elements of technical systems of rail transport, and to determine the responsibility of economic actors at various stages and phases.

The paper describes the structure of the life cycle of technical rail transport systems. The analysis of the stages of the life cycle of technical systems of railway transport, the scheme of forming life-cycle cost, the algorithm use life-cycle cost in justifying management decision, parametric model of the life cycle cost management model and technical competitiveness of rail transport systems allowing to make informed management decisions concerning changes in design and production technology on the one hand, and on the selection of technical rail systems - on the other.

Keywords: life cycle cost, technical system, rail, parametric model.

Рамазанов С.К. – д.т.н., д.е.н., проф. кафедры «Економічна кібернетика» СХУ ім. В. Даля, e-mail: sramazanov@i.ua
Велігура А.В. – к.т.н. доц. кафедри «Економічна кібернетика» СХУ ім. В. Даля, e-mail: aveligura@mail.ru
Івановська М.В. – магістр, аспірантка кафедри «Економічна кібернетика» СХУ ім. В. Даля, e-mail: marinagv@mail.ru

Рецензент: Рач В.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 04.01.2014

УДК 656.21

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ ШЛЯХОМ ОЦІНКИ КОНФЛІКТНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Роговий А.С., Залоїло Є.Ю., Майстренко Г.В.

ANALYSIS OF LEVEL DEFINITIONS METHODS OF TRAFFIC SAFETY ON RAILWAY CROSSINGS BY AN ESTIMATION OF A TRANSPORT STREAMS CONFLICTNESS

Rogovoy A., Zaloilo Ye., Maystrenko A.

В статті проведено аналіз методів визначення рівня безпеки дорожнього руху на залізничних переїздах шляхом оцінки конфліктності транспортних потоків. Отримано, що використовувані підходи та моделі принципово не можуть враховувати умови дорожнього руху. Істотність впливу окремих факторів на складність і рівень небезпеки переїздів можна визначити за допомогою методів статистичного аналізу. Отримані ступені небезпеки переїздів, що виражені в чисельних показниках, можуть використовуватися у практичній діяльності служб організації дорожнього руху та організації залізничних перевезень – як для прийняття оперативних рішень щодо підвищення рівня безпеки руху при виборі найнебезпечніших маршрутів, так і у рамках прогнозування наслідків ДТП.

Ключові слова: залізничні переїзди, безпека руху, транспортний потік, рівень аварійності

Постановка проблеми. Забезпечення безпеки руху транспортних засобів автомобільного та залізничного транспорту через залізничні переїзди є нагальною та актуальною проблемою, внаслідок високого зростання автомобільного парку і відповідно збільшення інтенсивності руху транспортних потоків на міських вулицях та дорогах. Аналіз статистичних даних свідчить, що 75% ДТП у містах відбувається на перехрестях. Понад 90% від загальної кількості смертельно травмованих у них – це особи працездатного віку [1, 5].

Водночас розроблення дієвих заходів, спрямованих на зниження аварійності та їх вжиття з боку служб нагляду за дорожнім рухом, потребує визначення чітких факторів, які впливають на виникнення аварійно-небезпечних ділянок – місць концентрації ДТП. Однак існуючі методи визначення потенційної небезпеки на залізничних переїздах мають спрощений характер і не дають об'єктивної оцінки конфліктних ситуацій, які постійно виникають [3, 7, 8].

Тому нагальною проблемою на даний час є докладне дослідження взаємодії транспортних потоків, що виражається в коректному кількісному визначенні ступеня конфліктності учасників дорожнього руху та розробленні параметрів і методик інтегральної оцінки безпеки руху на залізничних переїздах за рівнем впливу фізичних факторів та наслідків ДТП.

Суттєвим недоліком у застосуванні існуючих методик є те, що вони, по-перше, розроблялися для режимів та умов дорожнього руху, що не відповідають сучасним параметрам та умовам руху на вулично-дорожній мережі України, а по-друге, є сталими показниками. Проте експериментальні дослідження доводять, що складові оцінки потенційної небезпеки на залізничних переїздах мають динамічний характер і залежать як від наявних дорожніх умов, так і від соціально-економічного розвитку країни на певному етапі [6, 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виявлення потенційних конфліктних точок та подальша їх оцінка дозволяють, не очікуючи виникнення ДТП, вживати заходів щодо зниження аварійності. Звичайно, найхарактернішими для аварійних ситуацій є місця, де зустрічаються, переплітаються чи пересікаються потоки транспортних засобів, тобто пересічення доріг та залізниць на одному рівні. Водночас існує проблема пошуку взаємозв'язку між різними типами конфліктних точок та коефіцієнтами небезпеки, які відповідають їм та впливають на ступінь небезпеки перехресть. Виявлення цього взаємозв'язку дозволить суттєво вплинути на повноту й адекватність оцінки небезпеки залізничних переїздів [2, 4, 12].

Перші шляхи до визначення рівня складності перехресть на одному рівні були окреслені Ф. Раппопортом в 60-ті роки минулого століття. Пізніше М. С. Фішельсоном був запропонований удосконалений метод оцінки складності перехрестя. За одна-

кових геометричних параметрів того чи іншого залізничного переїзду, характеристики руху транспортних потоків на них можуть суттєво відрізнятися, що в свою чергу відображається на рівні аварійності. З урахуванням цього в ряді існуючих підходів до оцінки рівня конфліктності вводиться показник інтенсивності транспортних потоків. Проте, якщо, наприклад, одна з інтенсивностей транспортного потоку у рівнянні для визначення рівня конфліктності дорівнює нулю то, виходячи з такого підходу, ступінь конфлікту залишається, що суперечить реальній конфліктній ситуації на перехресті. Тому постає проблема необхідності модифікації таких методик.

Результати аналізу досліджень, спрямованих на динаміку руху транспортних засобів на залізничних переїздах свідчать про те, що взаємодія транспортних потоків є складним явищем, й спрощені оцінки конфліктних точок дають можливість отримати лише приблизне уявлення про існуючу ситуацію на тому чи іншому перехресті на одному рівні. Тому для адекватної оцінки конфліктних точок на залізничних переїздах необхідно виходити насамперед із урахування різнобічних факторів, у тому числі й динамічних параметрів конфліктуючих транспортних потоків [5-8].

Мета. Метою роботи є аналіз методів визначення рівня безпеки дорожнього руху на залізничних переїздах шляхом оцінки конфліктності транспортних потоків.

Результати досліджень. При аналізі аварійності використовувались три основні групи показників:

1. Кількісні показники, тобто ті, значення які можуть приймати безперервний ряд величин (наприклад: інтенсивність руху, напрямки руху транспортних засобів і т. д.).

2. Якісні показники, тобто характеристика певної дорожньої ситуації.

3. Статистичні показники аварійності, отримані шляхом аналізу основних вихідних даних про окремі ДТП.

Слід зазначити, що якщо кожна конкретна дорожньо-транспортна пригода є окремим явищем, то статистичний аналіз суттєвої вибірки ДТП дозволяє виділити характерні особливості та загальні закономірності їх виникнення. При цьому під час планування експерименту звичайно використовуються рівняння лінійної регресії [9].

Наслідками дорожньо-транспортних пригод є загибель та поранення людей, матеріальні збитки, які зумовлюють значні соціально-економічні втрати. Проведені статистичні дослідження аварійності та результати застосування методу експертних оцінок водіїв дозволяють стверджувати про існування низки конфліктних точок, що мають певне ієрархічне розташування. Водночас кожна конфліктна точка має свої параметри небезпеки. Достовірність оцінки ступеня небезпеки тієї чи іншої конфліктної точки залежить від чіткого визначення широкого спектра факторів, які виникають внаслідок скоєння ДТП.

Враховуючи діючі Правила обліку дорожньо-транспортних пригод, можна виділити три базових статистичних показники, які визначають ступінь небезпеки конфліктних точок [3, 4]:

– кількість загиблих у ДТП у кожній конфліктній точці;

– кількість травмованих у ДТП у кожній конфліктній точці;

– значні матеріальні збитки від ДТП у визначених конфліктних точках.

Визначення вартісної оцінки збитків у кожній із трьох складових, що можуть мати місце в тій чи іншій конфліктній точці, проводилося відповідно до схеми розподілу чинників, які впливають на загальну вартісну оцінку ДТП [6].

За результатами попереднього аналізу встановлено, що у разі травмування учасників дорожнього руху найбільш вагомим чинником, вираженням у грошовому еквіваленті, є втрати народного господарства.

Визначення оцінки втрат характеризується насамперед віком загиблих, оскільки це безпосередньо впливає на рівень втрат народногосподарського комплексу. Крім того, в кожній віковій групі існують складові, які формують сумарний коефіцієнт тяжкості.

Розрахунок складових матеріальних збитків у ДТП внаслідок пошкодження транспортних засобів проводиться за формулою:

$$S = N_1 R + N_2 P + N_3 U,$$

де N_1 – кількість пошкоджених транспортних засобів, що не підлягають ремонту і відновленню; R – розмір збитків від пошкодження транспортних засобів у ДТП, що не підлягають ремонту та відновленню, грн.; N_2 – кількість пошкоджених транспортних засобів, що підлягають ремонту і відновленню; P – розмір збитків від пошкодження транспортних засобів, що підлягають ремонту і відновленню, грн.; N_3 – кількість пошкоджених транспортних засобів, що втратили товарну вартість; U – розмір збитків від втрати товарної вартості, грн.

Більшість переїздів є місцями концентрації ДТП, у тому числі й таких, що скоюються за участю пішоходів. Тому визначення та застосування необхідних заходів спрямоване на зменшення рівня небезпеки переїздів й дозволяє суттєво підвищити пропускну здатність доріг, а також знизити рівень аварійності. Однак при застосування тих чи інших заходів впливу необхідно мати на увазі, що повна ліквідація конфліктних точок потребує використання складних схем регулювання що у свою чергу, є передумовою для різкого зменшення пропускну здатності залізничних переїздів [3-6].

Одним із шляхів розв'язання таких завдань є коректна оцінка ваги і подальше врахування таких конфліктних точок, що характеризуються відносно низькою небезпечністю, а саме:

– кількість дорожньо-транспортних пригод у таких точках не може бути підставою для того, щоб переїзд вважався місцем концентрації ДТП;

– у ДТП відсутні загиблі та травмовані, а рівень імовірних пошкоджень транспортних засобів дозволяє проводити подальші ремонтні та відновлювальні роботи.

Отримані ступені небезпеки переїздів, що виражені в чисельних показниках, можуть використовуватися у практичній діяльності служб організації дорожнього руху та організації залізничних перевезень – як для прийняття оперативних рішень щодо підвищення рівня безпеки руху при виборі найнебезпечніших маршрутів, так і у рамках прогнозування наслідків ДТП [10-12]. У першому випадку це визначення небезпеки діючого переїзду, у другому – передбачення імовірних рівнів аварійності (кількості ДТП, загиблих, травмованих) та матеріальних втрат на переїздах, що проектується.

Проводячи попередній аналіз переїздів, необхідно виділити основні складові, що впливають на рівень їх небезпеки, зокрема:

1) визначається конфігурація переїзду;

2) відповідно до схеми організації дорожнього руху та напрямків руху транспортних потоків, визначаються типи конфліктних точок та їх кількість. Отримані дані заносяться до бланку встановленої форми;

3) провівши розрахунки, що враховують інформацію про наявність місця концентрації ДТП на переїзді, що досліджується та наявність регулювання, можна визначати ступінь імовірності виникнення ДТП у кожній конфліктній точці, тобто ступінь небезпеки конфліктної точки на переїзді з урахуванням характеристик конфліктуючих транспортних потоків, за формулою:

$$p_i = \left(1 - \prod_{j=1}^{m_i} q_j(N_j, t_j) \right) K_{km},$$

де m_i – кількість зазначених конфліктних точок певного типу; $q_j(N_j, t_j)$ – імовірність того, що будь-який інтервал між транспортними засобами в потоці з інтенсивністю N_j на дорозі не менше граничного значення інтервалу, який придатний для здійснення відповідного маневру транспортного засобу з іншої дороги t_j .

4) показник загальної небезпеки переїзду оцінюється як сума визначених чисельних значень кожної конфліктної точки за формулою:

$$P = \sum_{i=1}^n p_i.$$

5) ступінь небезпеки переїздів, які проектується, здійснюється із урахуванням матеріальних збитків в конфліктних точках від імовірних дорожньо-транспортних пригод.

Висновки. 1. На основі виконаної комплексної оцінки потенційної небезпеки руху на залізничних переїздах отримано, що використані в них підходи та моделі принципово не можуть враховувати умови дорожнього руху.

2. Істотність впливу окремих факторів на складність і рівень небезпеки переїздів можна визначити за допомогою методів статистичного аналізу.

3. Отримані ступені небезпеки переїздів, що виражені в чисельних показниках, можуть використовуватися у практичній діяльності служб організації дорожнього руху та організації залізничних перевезень – як для прийняття оперативних рішень щодо підвищення рівня безпеки руху при виборі найнебезпечніших маршрутів, так і у рамках прогнозування наслідків ДТП. У першому випадку це визначення небезпеки діючого переїзду, у другому – передбачення імовірних рівнів аварійності (кількості ДТП, загиблих, травмованих) та матеріальних втрат на переїздах, що проектується.

Література

- Бойник А. Б. Теоретические основы эффективной эксплуатации систем управления ограждающими устройствами // дис. на соискание ученой степени доктора техн. наук/АБ Бойник. – 2003.
- Бойник А. Б., Германенко О. А. Видеоконтроль опасной зоны железнодорожных переездов // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №. 4. – С. 24-27.
- Германенко О. А. Основные ситуации, возникающие в зоне переезда и уровни их опасности для движения железнодорожного транспорта // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – №. 4. – С. 146-151.
- Гуржій Т. О. Адміністративно-правова кваліфікація порушень водіями механічних транспортних засобів правил керування //Адміністративне право і процес. – 2005.
- Сресов ВІ Р. Я. В. Конфліктні ситуації та безпека руху пішоходів //Безпека дорожнього руху України. Наук.–техн. вісник. – №. 2. – С. 10.
- Ключкова Е. А. Промышленная, пожарная и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте. – М.: Литограф, 2008.
- Поздняков В.А. Безопасность на железнодорожных переездах [Электронный ресурс] / В.А. Поздняков, Ю.А. Тюпкин. - Режим доступа: <http://www.css-rzd.ru/zdm/03-2000/00039.htm>.
- Роговий А.С. Аналіз підходів до оцінки економічних витрат, що виникають на залізничних переїздах // Роговий А.С., Залоіло Є.Ю. // Інноваційні технології на залізничному транспорті: збірник наукових праць конф., 19-21 вересня 2013 р., Донецьк / відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2013. – С. 159-161.
- Самсонкин В. Н., Друзь В. А. Метод статистической закономерности в управлении безопасностью движения на железнодорожном транспорте //Д.: ДонИЖТ. – 2005.
- Соловьев А.Л. Микропроцессорная переездная сигнализация с аппаратурой счета осей / А.Л. Соловьев, В.А. Чеблаков, А.Ф. Петров // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 6. – С. 2 – 10.

29. Федухин А.В. Муха К вопросу об аппаратной реализации избыточных структур: резервированная двухканальная система с реконфигурацией / А.В. Федухин, Ар.А. Муха // Математичні машини і системи. - 2010. - № 4. - С. 156 - 159.
30. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing / A. Avizienis, J.-C. Laprie, B. Randell [et al.] // IEEE Transactions on dependable and secure computing. - 2004. - Vol. 1, N 1. - P. 4.

References

13. Bojnik A. B. Teoreticheskie osnovy jeffektivnoj jekspluatatsii sistem upravlenija ograzhdajushhimi ustrojstvami //dis. na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehn. nauk/AB Bojnik. - 2003.
14. Bojnik A. B., Germanenko O. A. Videokontrol' opasnoj zony zheleznodorozhnyh pereezdov // Informacijno-kerujuchi sistemi na zaliznichnomu transporti. - 2001. - №. 4. - S. 24-27.
15. Germanenko O. A. Osnovnye situacii, vznikajushhie v zone pereezda i urovni ih opasnosti dlja dvizhenija zheleznodorozhnogo transporta // Informacijno-kerujuchi sistemi na zaliznichnomu transporti. - 2009. - №. 4. - S. 146-151.
16. Gurzhij T. O. Administrativno-pravova kvalifikacija porushen' vodijami mehanichnih transportnih zasobiv pravil keruvannja //Administrativne pravo i proces. - 2005.
17. Eresov BI R. Ja. V. Konfliktni situacii ta bezpeka ruhu pishohodiv //Bezpeka dorozhn'ogo ruhu Ukraїni. Nauk.-tehn. visnik. - №. 2. - S. 10.
18. Klochkova E. A. Promyshlennaja, pozharnaja i jekologicheskaja bezopasnost' na zheleznodorozhnom transporte. - M. : Litograf, 2008.
19. Pozdnjakov V.A. Bezopasnost' na zheleznodorozhnyh pereezdah [Jelektronnyj resurs] / V.A. Pozdnjakov, Ju.A. Tjupkin. - Rezhim dostupa: <http://www.css-rzd.ru/zdm/03-2000/00039.htm>.
20. Rogovij A.S. Analiz pidhodiv do ocinki ekonomichnih vitrat, shho vinikajut' na zaliznichnih pereїzdah // Ro-govij A.S., Zaloilo Є.Ю. // Innovacijni tehnologii na zaliznichnomu transporti: zbirk naukovih prac' konf., 19-21 veresnja 2013 r., Donec'k / vidp. red. N.B. Cherenec'ka-Bilec'ka. - Lugans'k: SNU im. V. Dalja, 2013. - С. 159-161.
21. Samsonkin V. N., Druz' V. A. Metod statisticheskoy zakonomernosti v upravlenii bezopasnost'ju dvizhe-nija na zheleznodorozhnom transporte //D.: DonIZhT. - 2005.
22. Solov'ev A.L. Mikroprocessornaja pereezdnaja signalizacija s apparaturoj scheta osey / A.L. Solov'ev, V.A. Cheblakov, A.F. Petrov // Avtomatika, svjaz', informatika. - 2008. - № 6. - S. 2 - 10.
23. Feduhin A.V. Muha K voprosu ob apparatnoj realizacii izbytochnykh struktur: rezervirovannaja dvuhkana-l'naja sistema s rekonfiguraciej / A.V. Feduhin, Ar.A. Muha // Matematichni mashini i sistemi. - 2010. - № 4. - S. 156 - 159.
24. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing / A. Avizienis, J.-C. Laprie, Randell [et al.] // IEEE Transactions on dependable and secure computing. - 2004. - Vol. 1, N 1. - P. 4.

Роговой А.С., Zaloilo Е.Ю., Майстренко А.В.
Анализ методов определения уровня безопасности дорожного движения на железнодорожных переездах путем оценки конфликтности транспортных потоков.

В статье проведен анализ методов определения уровня безопасности дорожного движения на железнодорожных переездах путем оценки конфликтности транспортных потоков. Получено, что используемые подходы и модели принципиально не могут учесть условия дорожного движения. Существенное влияние отдельных факторов на сложность и уровень безопасности переездов можно определить с помощью методов статистического анализа. Полученные степени опасности переездов, выраженные в численных показателях, могут использоваться в практической деятельности служб организации дорожного движения и организации железнодорожных перевозок – как для принятия оперативных решений относительно повышения уровня безопасности движения при выборе самых безопасных маршрутов, так и в рамках прогнозирования последствий ДТП.

Ключевые слова: железнодорожные переезды, безопасность движения, транспортный поток, уровень аварийности.

Rogovoy A., Zaloilo Ye., Majstrenko A. Analys of level definitions methods of traffic safety on railway crossings by an estimation of a transport streams conflictness.

In article the analysis of level definition methods of traffic safety on railway crossings by an estimation of a transport streams conflictness is conducted. It is received that used approaches and models essentially cannot consider a traffic condition. Essential influence of single factors on complexity and level of moving safety can be defined by means of statistical analysis methods. The received degrees of moving danger, expressed in numerical indicators, can be used in practical activities of services of the traffic organisation and the organisation of rail transportation - as for acceptance of operative decisions concerning increase of traffic safety level at a choice of the most safe routes, and within the limits of forecasting of road accident consequences. In the first case is a definition of danger of operating moving, in the second - an anticipation of possible levels of breakdown susceptibility and material inputs on projected railway crossings.

Keywords: railway crossings, traffic safety, a transport stream, breakdown susceptibility level.

Роговий А.С. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: asrogovoy@ukr.net
Залоїло Є.Ю. – магістрант кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна.

Майстренко Г.В. – магістрант кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.03.2014

УДК 628.87:536.33

**КОМП'ЮТЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
У СУОП ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ З ГІВ****Савченко І.В.****COMPUTER SOFTWARE DECISION MAKING SUPPORT IN SMPL
FOR DESIGNING SYSTEMS WITH GIE****Savchenko I.**

У роботі обґрунтована необхідність вдосконалення системи управління охороною праці на підприємствах, які використовують опалення з газовими інфрачервоними випромінювачами, шляхом створення інформаційно-аналітичних систем й інформаційно-інтелектуальних середовищ для оперативної обробки інформації та використання її аналізу в процесі визначення особливостей теплообміну між людиною, поверхнями ГІВ та внутрішніх огорожень, що являє собою ключовий крок в попередженні виникнення професійних захворювань та ризиків травматизму.

Ключові слова: Охорона праці, газовий інфрачервоний випромінювач, поля опромінення, коефіцієнт опромінення, алгоритм моделювання, комп'ютерна програма, блок-схема.

Постановка проблеми. В умовах наростаючого дефіциту паливно-енергетичних ресурсів та необхідністю значних капітальних інвестицій в оновлення централізованого опалення перехід виробничих підприємств на альтернативні види обігріву [1] поряд з підвищенням конкурентноспроможності продукції, відповідно до [2] та вирішення задач поліпшення умов праці згідно з [3] є пріоритетним принципом промислової політики України.

Переваги використання систем з газовими інфрачервоними випромінювачами (ГІВ) широко відомі [4, 5, 6]. Вони дозволяють підтримувати необхідні температурні параметри при менших витратах палива, є можливість локального обігріву та інше. Але при цьому постає проблема забезпечення нормативних значень мікроклімату та екологічної чистоти [7, 8, 9] на робочих місцях у виробничих приміщеннях.

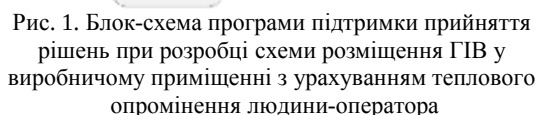
Аналіз наукових робіт, щодо впливу теплового опромінення на людину-оператора при використанні ГІВ показує, що цьому питанню приділяється велика увага дослідників як на сучасному етапі [10, 11, 12], так і раніше [13, 14, 15], але запропоновані методи спрямовані на визначення потужності цих сис-

тем, забезпечення нормативних вимог згідно з [16, 17], застосування спецодягу та захисних екранів і т. ін. Можливості оптимізувати розміщення ГІВ з урахуванням впливу на організм людини, ускладнюються визначенням опромінення двох або більше поверхонь з урахуванням коефіцієнту опромінення [6, 18], який пов'язан з комплексними геометричними параметрами, що залежать від форми поверхонь тіл, їхніх розмірів, взаємного розташування й відстані між ними.

При цьому сумарні поля опромінення поверхонь, що розглядаються, операторів, устаткування, стін, підлоги та т. ін. визначається як інтегральні системи одиничних випромінювачів [5, 19, 20]. У зв'язку з цим визначення впливу характеристик ІЧ випромінювачів на параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях, стан і теплообмін людини шляхом чисельного моделювання теплового режиму з урахуванням особливостей теплообміну дає можливість забезпечити нормовані значення опромінення та економію енергетичних ресурсів.

Метою роботи є вдосконалення системи управління охороною праці (СУОП) шляхом моделювання щільності сумарного опромінення виробничого приміщення з урахуванням особливостей теплообміну між людиною й поверхнями ГІВ та внутрішніх огорожень.

Виклад основного матеріалу. Алгоритм моделювання розробленої комп'ютерної програми, зареєстрованої в установленому порядку [21, 22], складається з послідовних кроків, що ведуть до вирішення поставлених задач: оцінки можливого негативного впливу на організм людини-оператора на робочих місцях систем з ГІВ з-за порушення нормативних вимог; раціонального розміщення ГІВ для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату та теплового опромінення людини-оператора; отримання розподілу температурних полів при променістому опаленні в залежності від будівельно-

$$\begin{aligned} & \text{Ei}=(\text{Math.pow}(\text{a}+\text{dltX}-\text{e},2)-\text{Hx[j]})*\text{Math.log}(\text{Math.pow} \\ & (\text{a}+\text{dltX}-\text{e},2)+\text{Hx[j]})*\text{Math.pow}(-1,\text{j}+1) \\ & \quad -(\text{Math.pow}(\text{a}+\text{dltX},2)-\text{Hx[j]})* \\ & \text{Math.log}(\text{Math.pow}(\text{a}+\text{dltX},2)+\text{Hx[j]})*\text{Math.pow}(-1,\text{j}+1) \\ & \quad +(\text{Math.pow}(\text{dltX},2)-\text{Hx[j]})* \\ & \text{Math.log}(\text{Math.pow}(\text{dltX},2)+\text{Hx[j]})*\text{Math.pow}(-1,\text{j}+1)/ * \\ & \quad -(\text{Math.pow}(\text{e}-\text{dltX},2)-\text{Hx[j]})* \\ & \text{Math.log}(\text{Math.pow}(\text{e}-\text{dltX},2)+\text{Hx[j]})*\text{Math.pow}(-1,\text{j}+1) \\ & \quad +(\text{Math.pow}(\text{b}+\text{dltY}-\text{f},2)-\text{Hy[j]})* \\ & \text{Math.log}(\text{Math.pow}(\text{b}+\text{dltY}-\text{f},2)+\text{Hy[j]})*\text{Math.pow}(-1,\text{j}+1) \\ & \quad -(\text{Math.pow}(\text{b}+\text{dltY},2)-\text{Hy[j]})* \\ & \text{Math.log}(\text{Math.pow}(\text{b}+\text{dltY},2)+\text{Hy[j]})*\text{Math.pow}(-1,\text{j}+1) \\ & \quad +(\text{Math.pow}(\text{dltY},2)-\text{Hy[j]})* \\ & \text{Math.log}(\text{Math.pow}(\text{dltY},2)+\text{Hy[j]})*\text{Math.pow}(-1,\text{j}+1)/ * \end{aligned}$$


- блок 5 – схема з горизонтальним розміщенням ГВ (крок і відстань між рядами випромінювачів вибирають у залежності від висоти, на якій кріпиться ГВ з урахуванням припустимої нерівномірності опромінення приміщення, задається тип пальника та температура поверхні випромінюючої панелі);

$$\begin{aligned} & -(\text{Math.pow}(f-\text{dltY}, 2) - \text{Hy}[j]) * \\ & \text{Math.log}(\text{Math.pow}(f-\text{dltY}, 2) + \text{Hy}[j]) * \text{Math.pow}(-1, j+1) \\ & + \text{Math.sqrt}(\text{Hx}[j]) * (\\ & \quad (\text{dltX} * \text{Math.atan}(\text{dltX} / \text{Math.sqrt} \\ & (\text{Hx}[j]))) * \text{Math.pow}(-1, j+1) - (\text{e}-\text{dltX}) * \text{Math.atan}((\text{e}-\text{dltX}) / \\ & \text{Math.sqrt}(\text{Hx}[j])) * \text{Math.pow}(-1, j+1) \\ & \quad + (\text{a} + \text{dltX} - \text{e}) * \text{Math.atan}((\text{a} + \text{dltX} - \\ & \text{e}) / \text{Math.sqrt}(\text{Hx}[j])) * \text{Math.pow}(-1, j+1) - (\text{a} + \text{dltX}) * \text{Math.atan} \\ & ((\text{a} + \text{dltX}) / \text{Math.sqrt}(\text{Hx}[j])) * \text{Math.pow}(-1, j+1) \\ & + \text{Math.sqrt}(\text{Hy}[j]) * (\\ & \quad (\text{dltY} * \text{Math.atan}(\text{dltY} / \text{Math.sqrt} \\ & (\text{Hy}[j]))) * \text{Math.pow}(-1, j+1) - (\text{f}-\text{dltY}) * \text{Math.atan}((\text{f}-\text{dltY}) / \\ & \text{Math.sqrt}(\text{Hy}[j])) * \text{Math.pow}(-1, j+1) \\ & \quad + (\text{b} + \text{dltY} - \text{f}) * \text{Math.atan}((\text{b} + \text{dltY} - \\ & \text{f}) / \text{Math.sqrt}(\text{Hy}[j])) * \text{Math.pow}(-1, j+1) - (\text{b} + \text{dltY}) * \text{Math.atan} \\ & ((\text{b} + \text{dltY}) / \text{Math.sqrt}(\text{Hy}[j])) * \text{Math.pow}(-1, j+1)); \\ & - \text{блок 24} - \text{блок умовного переходу завершен-} \\ & \text{ня підсумовування складових коефіцієнту;} \\ & - \text{блок 25} - \text{розрахунок кількості теплоти Q;} \\ & - \text{блок 26} - \text{побудова графіку кількості теплоти,} \\ & \text{вивід рішення.} \end{aligned}$$

Комп'ютерна програма функціонує на комп'ютерах IBM і сумісна в операційному середовищі Windows XP/Vista/7/8. Для роботи комплексу є необхідним ресурс Java SE Runtime Environment. Розмір необхідної дискової пам'яті залежить від розмірності і класу вирішуваних завдань і повинен бути достатній для розміщення вихідних даних, робочих файлів і результатів розрахунку.

Робота з програмою здійснюється наступним чином з використанням основних діалогових вікон.

Моделювання виробничого приміщення. На цьому етапі користувач може вибрати галузь виробництва (загальне машинобудування, важке машинобудування, середнє машинобудування, точне машинобудування, виробництво металевих виробів і заготовок, переробна промисловість і т.ін.) (рис. 2), зовнішню температуру (в діапазоні від +20 до -35 °C), розміри приміщення, коефіцієнт інфільтрації (від 0,3 до 0,9) і ін. Бібліотеки програми включають бази даних з будівельних та теплотехнічних властивостей матеріалів і конструкцій у вибраній галузі виробництва. На будь-якому етапі роботи із схемою приміщення користувачеві доступна широка гама засобів корегування і редагування геометрії розрахункової схеми, що включає різні функції видалення, переносу, копіювання та доповнення як окремих вузлів та елементів, так і їх груп. Програма виконує аналіз даних, що були введені, та встановлює значення вагових коефіцієнтів.

Препроцесор дозволяє не тільки задати всю інформацію про розрахункову схему, але і наочно відобразити її як на повній схемі, так і на будь-якому з її фрагментів. Для цього реалізована система фільтрів, що забезпечує відображення на екрані інформації за встановленими користувачем правилами. Наявність фільтрів дає можливість контролювати інформацію, що вводиться на будь-якому кроці задання вихідних даних. Для більш наочного відображення схеми в препроцесорі реалізовано видалення ліній невидимого контуру, об'ємне відображення з урахуванням форми і розмірів перетину. Засоби відобра-

ження дозволяють отримати зображення схеми в будь-якому ракурсі і масштабі, спроектувати схему на площині основної системи координат.

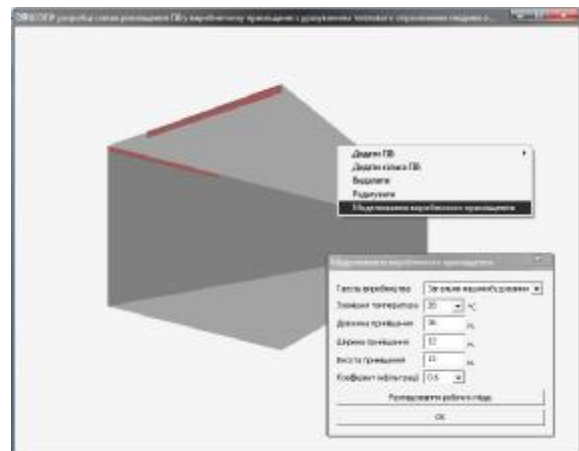


Рис. 2. Вікно моделювання виробничого приміщення

В основу створення інтерфейсу покладено стандарти, які прийняті в світовій практиці. У переважній більшості випадків застосовуються діалогові системи. Діалог між людиною і комп'ютером можна визначити як послідовний обмін інформацією між програмою і користувачем, що здійснюється за допомогою інтерактивного терміналу за певними правилами. Мета діалогу – визначити завдання, покладені на комп'ютер. Процес базується на вхідних повідомленнях і підказках, перші з яких дозволяють вибрати потрібне завдання, ввести дані для його виконання, визначити необхідний режим. Підказки ж виводяться у вигляді форматів, найпоширенішими серед яких є меню. Частина підказки містить вказівки на формат вхідного повідомлення.

Діалог «питання-відповідь» побудований так, що залежно від відповіді на перше питання система вирішує, яким має бути наступне. Меню використовується тоді, коли користувачеві необхідно бачити варіанти відповідей, діапазон якого невеликий. Екранна форма передбачає отримання від користувача відразу всієї інформації для вибору режиму вирішення задачі. Вона використовується, коли наступна відповідь не залежить від попередньої. Команда застосовується при маніпулюванні функціональними клавішами. Користувач, натиснувши потрібну клавішу, запускає відповідну процедуру відкриття або закриття вікон, перегляду файлів, збереження або редагування даних. Діалог цього типу доцільний, якщо число вхідних повідомлень для введення мало і число відповідей обмежене.

Для забезпечення графічного інтерфейсу користувача та відображення діалогових вікон застосовано знання про WinAPI, базову функцію інтерфейсів програмування додатків операційних систем сімейств Microsoft Windows, яка містить документацію, набір бібліотек та утиліт, інші інструментальні засоби для розробки програмного забезпечення графічного інтерфейсу користувача. За допомогою редактору ресурсів у Visual Studio створені діалогові

вікна редагування і додавання ГІВ, аналіз будівельно-планувальних особливостей виробничого приміщення. Функціональні можливості WinAPI дозволили визвати процедуру створення та відображення вікон.

При створенні модальних діалогових вікон, використана функція `DialogBox` (`hMainInstance`, `"DLGEDIT1"`, `hDlg`, (`DLGPROC`)`DlgProc`). Перший параметр `hMainInstance` – ідентифікує екземпляр модуля, який містить шаблон діалогового вікна і файлу, що виконується. Другий – `"DLGEDIT1"` – ідентифікує шаблон діалогового вікна. Це параметр з цілочисловим значенням, який визначає ідентифікатор ресурсу шаблону блоку діалогу. Якщо параметр визначає ідентифікатор ресурсу, його старше слово повинне бути нульове, а його молодше слово повинне містити ідентифікатор. Отже, `hDlg` ідентифікує вікно, яке володіє блоком діалогу. Останній параметр (`DLGPROC`)`DlgProc` – вказує на процедуру діалогового вікна, у якій виконується обробка натискання кнопок та мишки. У процедурі вказується перелік обробників повідомлень відповідно до існуючих кнопок та полів введення параметрів. За цим ідентифікатором проводиться вибірка і виконується необхідна дія.

Виробниче приміщення графічно зображається у 3d, а також зображення обігрівачів реалізовується завдяки застосуванню графічної бібліотеки OpenGL. Блок коду процедури `updateListDisp()` побудови стінки приміщення:

```
glBegin(GL_POLYGON);  
glTexCoord2f(2*wall, wall);  
glVertex3f(-3*a,a,hRoomHalf);  
glTexCoord2f(2*wall, 0);  
glVertex3f(-3*a,a,-hRoomHalf);  
glTexCoord2f(0, 0);  
glVertex3f(3*a,a,-hRoomHalf);  
glTexCoord2f(0, wall);  
glVertex3f(3*a,a,hRoomHalf);  
glEnd();
```

Методи `glBegin` та `glEnd` обмежують вершини, які визначають примітив або групу подібну примітивам. Функція `glBegin` приймає єдиний аргумент, що визначає, які з десяти шляхів вершини інтерпретовані. Беручи n , як відлік цілого, що починається в 1, і N , як загальне число вершин, його інтерпретація визначається у такий спосіб – у нашому випадку побудова приміщення здійснюється з використанням `GL_POLYGON`, що робить єдиний опуклий багатокутник. Вершини 1 через N визначають цей багатокутник. Функціональні команди `glVertex`, використані в межах `glBegin` / `glEnd` пар, визначають точку, лінію і вершини багатокутника. Поточний колір, нормаль, і координати текстури пов'язані вершиною, коли задано `glVertex`, а `glTexCoord2f` визначає край текстури і те, як вони приєднуються до поверхні, де 0 – це лівий (верхній) край, а 1 – правий (нижній), відповідно. Якщо подивитися на поверхню, лівий (верхній) край текстури приєднується до лівого (верхнього) краю поверхні. Якщо вказати значення 2,

текстура буде намальована 2 рази, а якщо 0.5, то тільки половина текстури.

Функція `glBlendFunc`. Для одержання необхідного ефекту прозорості потрібно дозволити накладення кольорів – `glEnable` (`GL_BLEND`) і встановити алгоритм, за яким будуть змішуватися два кольори – `glBlendFunc` (`GL_SRC_ALPHA`, `GL_ONE_MINUS_SRC_ALPHA`). Використання цієї можливості дозволяє крізь легку прозорість стіни приміщення побачити загальний план розташування ГІВ і об'ємі.

Переміщення у просторі представлено у процедурі `display`. Всередині методу реалізовано очищення екрану `glClear`, `glViewport` – задає розміри вікна, `glRotatef` – виконує поворот сцени навколо відповідної осі координат згідно напрямку переміщення.

Визначення, який ГІВ обраний, здійснюється у процедурі `mouseButton`. Для цього був обраний механізм вибору. За допомогою команди `glSelectBuffer()` задається масив, який буде використовуватися для повернення записів про попадання обігрівача у вибір. Для визначення імені вибраного обігрівача команда `glRenderMode` викликається з аргументом `GL_SELECT`. Згідно документації, у цьому випадку команда повертає кількість записів натискання, поміщених в буфер вибору, а при виклику з аргументом `GL_RENDER` ця команда повертає завжди нуль. Після цього необхідно ініціалізувати стек імен об'єктів за допомогою команд `glInitNames()` і `glPushName()`. Визначається обсяг видимості, який відрізняється від того, що спочатку використовувався для рисування сцени, отже, потрібно буде зберегти і пізніше відновити стан перетворень за допомогою команд `glPushMatrix()` і `glPopMatrix()`. Чергування виконання команд для рисування примітивів з командами для маніпуляцій із стеком імен запевнює в тому, що кожен полігон отримав відповідне ім'я. Після виходу з режиму вибору відбувається обробка повернутих даних про вибір.

Для автоматичного розрахунку координат розташування ГІВ була реалізована процедура `addElement`, що дає результат, спираючись на відстань між ГІВ, їх типі, геометричні розміри. Після здійснення процедури також надається інформація про загальну кількість об'єктів. Інформація про тип, параметри ГІВ зберігається у об'єкті класу `TypeHr`, структура збереження інформації якого реалізована у вигляді двонаправленого списку. Є можливість зберегти поточне розташування ГІВ у файл за допомогою кнопки «Зберегти» (процедура `ShowSaveDialog`).

Для завантаження збережених даних є кнопка «Завантажити» (`ShowOpenDialog`). Набір класів, методів і функцій `fstream` надають інтерфейс для запису (читання) даних в (з) файл (у). Для маніпуляції з даними файлів використали об'єкти, названі потоками (`stream`). Метод `open()` відкриває заданий файл, зіставивши його з одним з об'єктів потоку. В залежності від переданих аргументів, файл може бути відкритий для читання, для запису (для повного або для

додавання даних), як бінарний або як текстовий файл. За допомогою конструкції >> здійснюється читання даних з файлу, доки `in.eof()` – неправда.

Для розміщення робочих місць використано саме технологію вибору, як і у випадку з ГІВ. Особливістю цієї функції є те, що побудова здійснювалась у двовимірному режимі. Зеленим кольором відмічене робоче місце, яке у поточний час обрано для зміни координати розміщення. Додавання, видалення робочих місць здійснюється за допомогою відповідних пунктів «Додати робоче місце», «Видалити робоче місце» з контекстного меню. Для завершення редагування необхідно обрати пункт меню «Застосувати».

У діалоговому вікні «Розміщення робочих місць» (рис. 3) користувач планує розміщення обладнання, робочих місць і захисних екранів. Додавання і видалення робочих місць здійснюється за допомогою відповідних пунктів «Додати робоче місце», «Видалити робоче місце» з контекстного меню. Для завершення редагування необхідно обрати пункт меню «Застосувати».

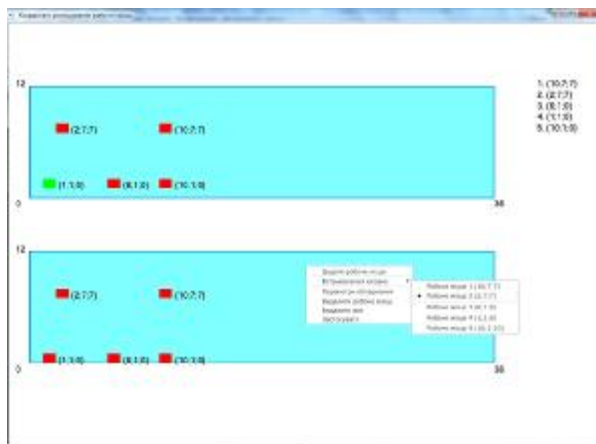


Рис. 3. Вікно редагування розміщення робочих місць

Для математичного розрахунку коефіцієнта опромінення використано метод Монте-Карло. Це група числових методів, заснованих на одержанні великої кількості реалізацій стохастичного (випадкового) процесу, який формується у той спосіб, щоб його ймовірнісні характеристики збігалися з аналогічними величинами задачі, яку потрібно розв'язати. Він об'єднує аналіз чутливості (сприйнятливості) і аналіз розподілу ймовірностей вхідних змінних. Цей метод дає змогу побудувати модель, мінімізуючи дані, а також максимізувати значення даних, які використовуються в моделі. Побудова моделі починається з визначення функціональних залежностей у реальній системі. Після чого можна одержати кількісний розв'язок, використовуючи теорію ймовірності і таблиці випадкових чисел. Його використовують при обчисленні складних інтегралів, вирішенні систем рівнянь алгебри високого порядку, моделюванні поведінки елементарних частинок, в теоріях передачі інформації, при дослідженні складних економічних систем.

Суть методу полягає в тому, що в задачу вводять випадкову величину ξ , що змінюється по якомусь правилу $p(\xi)$. Випадкову величину вибирають таким чином, щоб шукана в завданні величина опромінення φ_{1-2} стала математичним очікуванням від ξ , тобто $M(\xi) = \varphi_{1-2}$.

Таким чином, величина φ_{1-2} визначається лише теоретично. Щоб знайти її чисельно необхідно скористатися статистичними методами. Взявши вибірку випадкових чисел ξ обсягом N . Потім необхідно обчислити вибіркове середнє варіанту випадкової величини ξ_i за формулою

$$\bar{\xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i}{N}. \quad (1)$$

Обчислене вибіркове середнє приймають за наближене значення $\bar{\xi} \approx j_{1-2}$. Для отримання результату прийнятної точності необхідно велика кількість статистичних випробувань.

Теорія методу Монте-Карло надає способи вибору випадкових величин для вирішення різних завдань, а також способи зменшення дисперсії випадкових величин. Розглянувши n – мірний інтеграл

$$I = \int_G f(x_1, \mathbf{K}, x_n) dx_1 \mathbf{K} dx_n \text{ для } G \in R^n. \quad (2)$$

Вважаючи, що область інтегрування $G \in R^n$, і що G обмежена безліччю в R^n . Отже, кожна точка x безлічі G має n координат $\forall x \in G \quad x = (x_1, x_2, \mathbf{K}, x_n)$.

Функція $f(x)$ береться така, що вона є обмеженою зверху і знизу на безлічі G : $\exists C_1, C_2 \in R: \forall x \in G \quad C_1 \leq f(x) \leq C_2$. Скориставшись обмеженістю безлічі G і вписавши її в деякий n – мірний паралелепіпед K , можна отримати

$$K = \{x \in R^n \mid \forall i \in 1, \mathbf{K}, n \quad m_i \leq x_i \leq M_i\},$$

де m_i, M_i – мінімуми і максимуми, відповідно, i -ої координати всіх точок безлічі G : $m_i = \min_{x \in G} x_i, \quad M_i = \max_{x \in G} x_i$.

Довизначивши підінтегральну функцію $f(x)$ таким чином, щоб вона оберталася в нуль в точках паралелепіпеда K , які не належать G

$$\forall x \in K \quad \hat{f}(x) = \begin{cases} 0 & x \notin G \\ f(x) & x \in G \end{cases}, \quad (3)$$

рівняння (2) можна записати у вигляді

$$I = \int_K \hat{f}(x_1, \mathbf{K}, x_n) dx_1 \mathbf{K} dx_n. \quad (4)$$

Оскільки область інтегрування являє собою n – мірний паралелепіпед K зі сторонами, паралельними всім координатам, то його можна однозначно задати двома вершинами $m = (m_1, \mathbf{K}, m_n) \quad M = (M_1, \mathbf{K}, M_n)$, які мають наймолодші та найстарші координати всіх точок паралелепіпеда.

Позначивши через U n -мірний вектор, що має рівномірний розподіл в паралелепіпеді K : $U = (u_1, \mathbf{K}, u_n)$, де $\forall i \in 1, \mathbf{K}, n \quad m_i \leq u_i \leq M_i$. Тоді її

Програма має можливість зберегти поточне розташування ГІВ у файл за допомогою кнопки «Зберегти». Для загрузки збережених даних використовується кнопка «Загрузити». Кнопка «Застосувати» призначає, згідно зі зміненими введеними даними в діалоговому вікні «Редагування ГІВ», нові властивості обраному ГІВ.

У програмі передбачена можливість додати автоматично декілька ГІВ на стелю або стіни із зазначенням відстані між ними за вісями X та Y із зазначенням висоти підвісу (рис. 6). При цьому ведеться автоматичний підрахунок кількості доданих ГІВ.

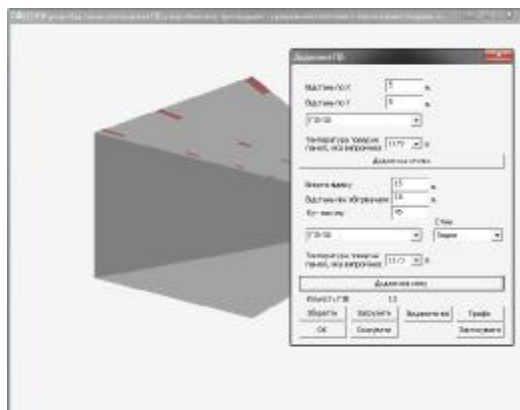


Рис. 6. Вікно додавання ГІВ

Надалі, коли за допомогою методу Монте-Карло усі розрахунки теплової навантаги приміщення зроблені та розглянуті частинні випадки, виконується графічна інтерпретація епюри сумарного опромінення бібліотеки jzy3d. Змінна surface типу Shape містить інструменти геообробки для виконання аналітичних операцій з використанням об'єктів і різних типів поверхонь та створює 3d об'єкт на основі отриманого масиву полігонів. Метод setColor Mapрег задає градієнтну заливку для візуальної інтерпретації поверхневої щільності енергії. Графічна інтерпретація епюри сумарного опромінення поверхні побудована у залежності від висоти підвісу випромінювачів, кроку між ними і відповідної вісі симетрії пальника (рис. 7). Програма має можливість обертати графік навколо вісей та зберігати поточне зображення у файл.

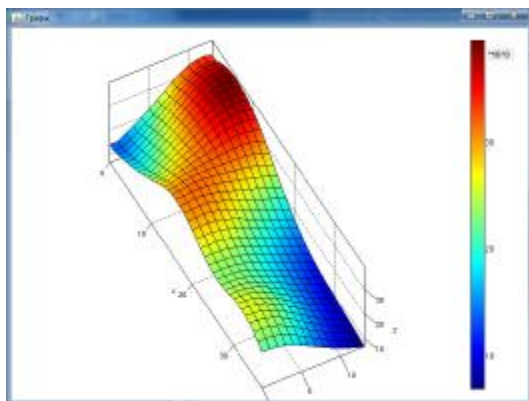


Рис. 7. Графічна інтерпретація епюри сумарного опромінення поверхні

У результаті розрахунків можна отримати суттєву інформацію, вкрай необхідну у СУОП підприємства, які використовують для опалення систем з ГІВ і придатну на етапі, як проектування нових, так і у аналізі різних існуючих виробничих приміщеннях, щодо показників стану охорони праці з урахуванням нормативних параметрів мікроклімату і теплового опромінення людини-оператора, що дозволяє уникнути необхідності здійснення дорогих натурних випробувань. Формування вихідних документів, як текстових, так і графічних, надає підсистема документування, що дозволяє сформувати досить повний звіт про виконаний розрахунок. Передбачена можливість адаптації комплексу програм під потреби замовника. Розроблена комп'ютерна програма допоможе вдосконалити існуючу систему підтримки прийняття управлінських рішень на виробничих підприємствах і розробити ефективну політику та забезпечення вимог охорони праці в галузі енергозбереження.

Висновки. Показана необхідність вдосконалення системи управління охороною праці при проектуванні систем з ГІВ для виробничих приміщень з урахуванням теплового опромінення людини-оператора. Розроблено алгоритм моделювання і комп'ютерна програма підтримки прийняття рішень, що має діалогову схему, виконує аналіз даних, що вводяться, встановлює значення вагових коефіцієнтів і має можливість виводити варіанти відповідей та забезпечує, на основі будівельно-планувальних особливостей, визначення кутових коефіцієнтів опромінення і побудову графічного зображення епюр щільності сумарного опромінення виробничого приміщення.

Л и т е р а т у р а

1. Комплексна державна програма енергозбереження України, схвалена постановою Кабінету Міністрів України від 5.02.1997 р. №148.
2. Системы менеджмента в области охраны труда и предупреждения профессиональных заболеваний: OHSAS 18001:2007. – 2007. – 29 с.
3. Галузева програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014 - 2018 роки. Затверджено Законом України від 4 квітня 2013 року N 178-VII.
4. Молька В. Три «Э» в отоплении промышленных помещений – Словакия, 2005. – 127 с.
5. Родин А.К. Газовое лучистое отопление – Л.: Недра, 1987. – 191 с.
6. Теплообмен излучением / А.Г. Блох, Ю.А. Журавлев, Л.Н. Рыжков. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
7. Дослідження можливостей людини для створення безпечних умов праці на робочому місці / М.А. Касьянов, О.О. Андріанова, О.М. Гунченко, Д.О. Вишневський, І.В. Савченко, О.М. Клімова // Вісник СХУ ім. В.Даля. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2009. – № 3 (133). – С. 233-236.
8. Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Beurteilung des Klimas im Erträglichkeitsbereich. 33403-3-2001, Berlin: EG-Kommission. – 2001-04-01. – 16 p.
9. Гвозденко Л.А. Обоснование допустимых нормативов облученности инфракрасным излучением в зависимости

- сти от его спектрального состава / Л.А. Гвозденко // Медицина труда и пром. экол. – 1999. – № 12. – С.13-18.
10. Чесанов Л.Г. Воздействие лучистого теплообмена на человека в помещениях зданий при различных системах обогрева и их оценка / Л.Г. Чесанов, В.О. Петренко, А.О. Петренко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2005. – № 34. – С. 117-122.
 11. Ничкова Л.А. Постановка энергетической задачи по воздействию инфракрасного излучения на биологические объекты с целью дозового нормирования / Л.А. Ничкова // Вестник СевГТУ. Сер. Автоматизация производ. процессов: Сб. научн. тр. – Севастополь, 2002. – Вып. 36. – С. 207-212.
 12. Беликов А.С. Нормирование теплового излучения на рабочих местах / А.С. Беликов, С.Ю. Рагимов, В.А. Шаломов, Ю.Ф. Стаценко // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. – Дніпропетровськ, 2009. – Вип. 49. – С. 186-187.
 13. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений: Расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека / Пер. с венг. В.М. Беляев; под ред. В.И. Прохорова и А.Л. Наумова. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с.
 14. Шазбазян Г.Х. Гигиена производственного микроклимата / Г.Х. Шазбазян, Ф.М. Шлейман. – К.: Медицина, 1977. – 135 с.
 15. Горомосов М.С. Микроклимат жилищ и его гигиеническое нормирование / М.С. Горомосов. – М.: Медгиз, 1963. – 134 с.
 16. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Общие требования: стандарт / ГОСТ 12.1.005-88. – [Введ. 01.01.89] – М.: Издательство стандартов, 1988. – 52 с.
 17. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99. – [Чинний від 01.12.99]. – К.: Держспоживстандарт України, 1999. – 12 с.
 18. Богословский В.Н. Внутренние санитарно-технические устройства: Справочник проектировщика: В 3 ч. / [Богословский В.Н. и др.] – М.: Стройиздат, 1990. – Ч. 1: Отопление. – 344 с.
 19. Родин А.К. Применение излучающих горелок для отопления / А.К. Родин. – Л.: Недра, 1976. – 117 с.
 20. Левин А.М. Исследование плотности излучения газовых горелок инфракрасного излучения / А.М. Левин, Г.М. Оксюта // Газ. пром-ть. – 1963. – №5. – С. 21-23.
 21. Касьянов М.А., Савченко І.В., Рябічев В.Д. // Свідोцтво про реєстрацію авторського права на твір № 47487. – ДСІВУ. Дата реєстр. 28.01.2013.
 22. Касьянов М.А., Савченко І.В., Рябічев В.Д. // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 53534. – ДСІВУ. Дата реєстр. 06.02.2014.
 5. Rodin A.K. Gazovoe luchistoe otopenie – L.: Nedra, 1987. – 191s.
 6. Teploobmen izlucheniem / A.G. Bloh, Ju.A. Zhuravlev, L.N. Ryzhkov. – M.: Jenergoatomizdat, 1991. – 432 s.
 7. Doslidzhennja mozhlivostej ljudini dlja stvorennja bezpechnih umov praci na robochomu misci / M.A. Kas'janov, O.O. Andrianova, O.M. Gunchenko, D.O. Vishnevs'-kij, I.V. Savchenko, O.M. Klimova // Visnik SNU im. V.Dalja. – Lugans'k: Vid-vo SNU im. V.Dalja, 2009. – № 3 (133). – S. 233-236.
 8. Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Beurteilung des Klimas im Erträglichkeitsbereich. 33403-3-2001, Berlin: EG-Kommission. – 2001-04-01. – 16 r.
 9. Gvozdenko L.A. Obosnovanie dopustimyh normativov obluchennosti infrakrasnym izlucheniem v zavisimosti ot ego spektral'nogo sostava / L.A. Gvozdenko // Medicina truda i prom. jekol. – 1999. – № 12. – S.13-18.
 10. Chesanov L.G. Vozdejstvie luchistogo teploobmena na cheloveka v pomeshhenijah zdaniy pri razlichnyh sistemah obogreva i ih ocenka / L.G. Chesanov, V.O. Petrenko, A.O. Petrenko // Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie. – 2005. – № 34. – S. 117-122.
 11. Nchikova L.A. Postanovka jenergeticheskoi zadachi po vozdejstviju infrakrasnogo izlucheniya na biologicheskie ob'ekty s cel'ju dozovogo normirovaniya / L.A. Nchikova // Vestnik SevGTU. Ser. Avtomatizacija pro-izv. processov: Sb. nauchn. tr. – Sevastopol', 2002. – Vyp. 36. – S. 207-212.
 12. Belikov A.S. Normirovanie teplovogo izlucheniya na rabochih mestah / A.S. Belikov, S.Ju. Ragimov, V.A. Shalomov, Ju.F. Stacenko // Budivnictvo, materialoznavstvo, mashinobuduvannya. – Dnipropetrovs'k, 2009. – Vip. 49. – S. 186-187.
 13. Banhidi L. Teplovoj mikroklimat pomeshhenij: Raschet komfortnyh parametrov po teplooshhushhenijam cheloveka / Per. s veng. V.M. Beljaev; pod red. V.I. Prohorova i A.L. Naumova. – M.: Strojizdat, 1981. – 248 s.
 14. Shazbazjan G.H. Gigiena proizvodstvennogo mikroklimata / G.H. Shazbazjan, F.M. Shlejman. – K.: Medicina, 1977. – 135 s.
 15. Goromosov M.S. Mikroklimat zhilishh i ego higienicheskoe normirovanie / M.S. Goromosov. – M.: Medgiz, 1963. – 134 s.
 16. Obshhie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozduhu rabochej zony. Obshhie trebovaniya: standart / GOST 12.1.005-88. – [Vved. 01.01.89] – M.: Izdatel'stvo standartov, 1988. – 52 s.
 17. Sanitarni normi mikroklimatu virobnichih primishhen': DSN 3.3.6.042-99. – [Chinnij vid 01.12.99]. – K.: Derzhspozhivstandart Ukraïni, 1999. – 12 s.
 18. Bogoslovskij V.N. Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustrojstva: Spravochnik proektirovshhika: V 3 ch. / [Bogoslovskij V.N. i dr.] – M.: Strojizdat, 1990. – Ch. 1: Otoplenie. – 344 s.
 19. Rodin A.K. Primenenie izluchajushhih gorelok dlja otopenija / A.K. Rodin. – L.: Nedra, 1976. – 117 s.
 20. Levin A.M. Issledovanie plotnosti izlucheniya gazovyh gorelok infrakrasnogo izlucheniya / A.M. Levin, G.M. Oksjuta // Gaz. prom-t'. – 1963. – №5. – S. 21-23.
 21. Kas'janov M.A., Savchenko I.V., Rjabichev V.D. // Svidoctvo pro reestraciju avtors'kogo prava na tvir № 47487. – DSIVU. Data reestr. 28.01.2013.
 22. Kas'janov M.A., Savchenko I.V., Rjabichev V.D. // Svidoctvo pro reestraciju avtors'kogo prava na tvir № 53534. – DSIVU. Data reestr. 06.02.2014.

References

1. Kompleksna derzhavna programa energozberezhennja Ukraïni, shvalena postanovoj Kabinetu Ministriv Ukraïni vid 5.02.1997 r. №148.
2. Sistemi menedzhmenta v oblasti ohrany truda i preduprezhdenija professional'nyh zabojevanij: OHSAS 18001:2007. – 2007. – 29s.
3. Galuzeva programa polipshennja stanu bezpeki, gigieni praci ta virobnichogo seredovishha na 2014 - 2018 roki. Zatverdzheno Zakonom Ukraïni vid 4 kvitnja 2013 roku N 178-VII.
4. Mol'ka V. Tri «Je» v otoplenii promyshlennyh pomeshhenij – Slovakiya, 2005. – 127 s.

Савченко И.В. Компьютерное обеспечение поддержки принятия решений в СУОТ при проектировании систем с ГИИ.

В работе обоснована необходимость усовершенствования системы управления охраной труда на предприятиях, которые используют отопление с газовыми инфракрасными излучателями, путем создания информационно-аналитических систем и информационно-интеллектуальных сред для оперативной обработки информации и использования ее анализа в процессе определения особенностей теплообмена между человеком, поверхностями ГИИ и внутренних ограждений, что представляет собой ключевой шаг в предотвращении возникновения профессиональных заболеваний и рисков травматизма.

Ключевые слова: охрана труда, газовый инфракрасный излучатель, поля облучения, коэффициент излучения, алгоритм моделирования, компьютерная программа, блок-схема.

Savchenko I.V. Computer software decision making support in SMPL for designing systems with GIE

Author substantiates the necessity of improving the system manage of protection of labour (SMPL) on enterprises

with industrial premises heated by gas infra-red emitters (GIE). It can be realized by way of creating the informational-analytical systems and the informational-intellectual environments for operative data processing and using this analyses in the process of finding features of heat transfer between man, surfaces of GIE and internal protection taking into consideration the parameters of heat comfort of man-operator, the terms of equipment location and its own temperature, multi-rowed location and altitude of suspension of burners, the corner coefficient, asymmetry and concentration of heat irradiation. This work is the crucial step in the prevention of occupational diseases and traumatism risks.

Key words: protection of labour, gas infra-red emitters, fields of exposure, exposure coefficient, algorithm simulation, computer program, block diagram.

Савченко І.В. – к.т.н., доцент кафедри «Промисловий транспорт» Антрацитівського ФГТ ЧНУ ім. В. Даля, м. Антрацит, Україна, e-mail: afgt.pk@mail.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. Гутько Ю.І.

Стаття подана 01.03.2014

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МАРКЕТИНГОВОГО УПРАВЛІННЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОФАКТОРНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

Сапельников О.В., Чернецька-Білецька Н.Б.

IMPROVEMENT OF MARKETING DEPARTMENT USING MULTIVARIATE MARKET SEGMENTATION TRANSPORT SERVICES

Sapelnikov O., Chernetskaya-Beletskaya N.

Розглянута проблема функціонування ринкової економіки, транспортної інфраструктури. Розглянута багатофакторна модель сегментації ринку транспортних послуг. Визначено фактори що впливають на споживчу поведінку пасажирів, попит на перевезення. Стратегія маркетингового управління пасажирськими перевезеннями на увазі концентрації зусилля з просування транспортного продукту на одному або декількох сегментах ринку.

Ключові слова: сегментація ринку, тарифи, маркетинг, попит, ціна.

Постановка проблеми. Економічні, політичні і соціальні процеси, події в Україні в останні роки, роблять істотний вплив на функціонування пасажирської транспортної системи. Однією з найважливіших умов успішного функціонування ринкової економіки в нашій країні є наявність розвиненої транспортної інфраструктури здатної ефективно забезпечувати потреби суспільства у перевезеннях. Пасажирські перевезення, будучи невід'ємною частиною транспортної роботи, грають не тільки велику економічну роль, але і мають величезне соціальне значення для життя як для суспільства в цілому, так і окремих його громадян. Але ситуація на українському ринку пасажирських перевезень в даний час досить складна. Помітно активізували свою діяльність основні конкуренти залізниць - авіаційні та автомобільні перевізники. При насиченому ринку конкуренти змушені вдаватися до більш жорсткої реклами, тарифної політики і активному впровадженню нових транспортних послуг.

У ряді випадків залізниця втрачає позиції на ринку пасажирських транспортних послуг, поступаючись далекими перевезеннями авіаційному, а ближніми - автомобільному транспорту.

Ринок пасажирських перевезень схильний до впливу найрізноманітніших факторів: макро - і мікроекономічних, зовнішніх і внутрішніх, регіональних і локальних, а також політичних, соціальних, культурних, демографічних, природних, науково-технічних, інформаційних та інших.

Велике значення для визначення перспектив розвитку пасажирських перевезень становлять зовнішні по відношенню до залізничного транспорту умови і фактори. У цьому зв'язку особливої уваги заслуговує складна демографічна ситуація в нашій країні. Що стосується теперішнього часу, то з точки зору загальних перспектив розвитку транспорту, демографічна ситуація оцінюється через 10 років в цілому як сприятлива. Багато в чому це пов'язано із збільшенням кількості людей працездатного віку, які є найбільш ймовірними споживачами транспортних послуг.

Висока конкуренція і насичений ринок крім необхідності структурного реформування залізничного транспорту, змушує шукати нові методи надання послуг і обслуговування пасажирів.

У цьому зв'язку особливого значення набуває застосування в управлінні пасажирськими перевезеннями маркетингових методів, орієнтованих на задоволення платоспроможного попиту населення на транспортні послуги.

Мета. Метою роботи є адаптація системи маркетингу із застосуванням багатофакторної моделі сегментації ринку транспортних послуг.

Результати досліджень. В даний час залізниця як і раніше залишається головною транспортною артерією України. Залізничний транспорт виконує значний об'єм перевезень. Середньостатистичний житель України раз на рік користується послугами пасажирського комплексу далекого прямування, при цьому переміщаючись на відстань в середньому

трохи менше 900 кілометрів. Певною мірою цьому сприяють наступні конкурентні переваги залізничного транспорту:

1. Пристосованість для регулярного перевезення різних видів і партій вантажів, а також пасажирів на будь-які відстані і за будь-якої погоди.

2. Більш низька, ніж на автотранспорті, питома енергоємність, тобто споживання енергоносіїв (електроенергії) на одиницю перевізної роботи, і менша залежність перевезень від споживання нафтопродуктів, оскільки велика частина всіх перевезень на залізничному транспорті здійснюються електротягою.

3. Різноманітні і зручні засоби для перевезення масових вантажів (насипних, навалювальних і наливних), що особливо важливо для таких галузей народного господарства, як металургія, важке машинобудування, будівництво, вугледобувна галузь, сільське господарство і ін.

4. Нижчі витрати на охорону навколишнього середовища: за показниками токсичності, шумовим навантаженням і т. д. залізничний транспорт екологічно набагато краще за автомобільний.

5. Високий рейтинг по безпеці.

6. Відносно низька собівартість перевезень.

Цей показник змінюється незначно, але не виключено, що в подальшому при поступовому зниженні різниці в тарифах між залізничним та іншими перевезеннями ця середня відстань буде знижуватися.

Конкурентна позиція учасників ринку оцінюється з позицій пропозиції пасажиром найкращого поєднання ціна / якість. Для оцінки співвідношення ціна / якість використовувалися показники, рівень яких в більшості випадків не диференційований по окремих напрямках. До них необхідно відносити показники безпеки і безаварійності (так як у пасажирів ці показники асоціюються із загальним досягнутим на даному виді транспорту рівнем безпеки та безаварійності), зручності й чіткості виконання графіка, комфортності та рівня пропонованого сервісу, який визначається перш за все такими параметрами, як компоновка конкретного рухомого складу, робота обслуговуючого персоналу і пропонований сервіс, однаковий на більшості досліджуваних напрямків для різних видів транспорту. Результати представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Критерій оцінки транспортної послуги	Оцінка транспорту		
	залізничного / швидкісного залізничного	повітряного	Авто транспорту
Безпека та безаварійність	відмінно / відмінно	задовільно	задовільно
Зручність розкладу	добре / добре	добре	відмінно
Точність виконання розкладу	відмінно / відмінно	добре	добре
Комфортність і пропонований сервіс	добре	відмінно	задовільно
Екологічність	добре / добре	задовільно	задовільно

Основним інструментом отримання даних про те, чи відповідають існуючі в даний час умови проїзду вимогам пасажирів, є анкетування. На основі інформації, отриманої при проведенні анкетування, можливе створення багатофакторних моделей ставлення споживачів до транспортних послуг. Багатофакторні моделі дозволяють кількісно визначити ставлення (позитивне, негативне або нейтральне) пасажирів до роботи залізничного транспорту та виявити шляхи підвищення якості транспортного обслуговування. Таким чином, дана методика дозволяє позначити сегменти споживачів за рівнем чутливості до змін у споживчих властивостях транспортної послуги.

Моделювання споживчих оцінок будується на наступних принципах:

- пасажирів сприймають транспортну послугу як набір взаємозв'язаних споживчих властивостей (факторів),

- споживачі диференціюють значимість кожного фактору,

- споживачі формують функцію корисності для кожного фактору і перевезення в цілому, асоціюючи ступінь задоволеності зі ступенем присутності в транспортній послугі певного фактору.

Для формування багатофакторної моделі відношення пасажирів до послуг залізничного транспорту можуть бути обрані найбільш значущі споживчі властивості: комфортабельність рухомого складу, зручність і точність розкладу, якість роботи обслуговуючого персоналу, чистота в салоні пасажирського вагона та інші, включаючи вартість проїзду.

Ставлення споживачів до послуг залізничного транспорту може кількісно оцінено за формулою:

$$B = \sum_{i=1}^n W_i * X_i, \quad (1)$$

де i – вид споживчої властивості транспортної послуги,

W_i – коефіцієнт значимості для пасажирів i – тої споживчої властивості,

X_i – ступінь задоволеності пасажирів i – тою споживчою властивістю транспортної послуги.

Кількісна оцінка споживчих переваг без урахування фактора вартості проїзду не дає повної характеристики конкурентоспроможності залізничного транспорту в області пасажирських перевезень. У цьому випадку її слід доповнити аналізом співвідношення ціни поїздки і якості транспортної послуги.

В даний час діє безліч факторів, що роблять істотний вплив на споживчу поведінку пасажирів різних видів транспорту. До їх числа відносяться: рівень доходів, основні мотивації поїздок і їх інтенсивність. Крім того, пасажирськими видами транспорту користуються різні категорії населення, виходячи з їх соціально-демографічних характеристик. У зв'язку з цим, формуються окремі сегменти споживачів транспортних послуг, що пред'являють диференційовані вимоги до таких якісних характеристик послуг пасажирського транспорту, як рівень комфортабельності вагонів, час відправлення і при-

буття пасажирських поїздів, вартість проїзду, швидкість та інші. Стратегія маркетингового управління пасажирськими перевезеннями на увазі концентрацію зусилля з просування транспортного продукту на одному або декількох сегментах ринку.

У зв'язку з цим, доцільно здійснити вибір декількох цільових груп споживачів.

Вибір цільових сегментів споживачів транспортних послуг ґрунтується на наступних принципах:

1. Розмір сегмента ринку;
2. Доступність для освоєння;
3. Перспективи зростання;
4. Привабливість з точки зору отримання додаткових доходів від перевезень.

До цільовим групам пасажирів по мотиваціях поїздок можна віднести перевезення до родичів, друзів, складові найбільш представницькі сегменти пасажирів залізничного та автотранспорту. Для автотранспорту вказаний сегмент становить 55 % від всіх інших груп, розподілених по цілях поїздок.

Слід зазначити, що в цілому сегмент ділових поїздок є привабливим для всіх видів транспорту. Це обумовлено тим, що в даній групі вагомими є сегменти споживачів з високим рівнем доходів, що дає, зокрема, для залізничного транспорту можливість збільшити обсяги перевезень комфортабельнішими типами вагонів, до яких відносяться купейні вагони підвищеної комфортності, СВ і СВ підвищеної комфортності, ніж плацкартні та загальні вагони.

В якості факторів, що визначають попит на пасажирські перевезення, використовують:

- ціновий фактор (тариф на залізничному і конкуруючому транспорті);
- доходи населення;
- рівень промислового виробництва.

В основі залізничних тарифів лежить вартість (ціна) перевезення, що складається з трьох частин:

$$C = C + V + m \quad (2)$$

де C - витрати уречевленої праці (паливо, електроенергія, матеріали, амортизація основних засобів);

V - витрати живої праці (фонд оплати праці з відрахуваннями);

m - додаткова вартість, створена живою працею.

Переважа в ціні квитка та вартості послуг може розглядатися як найважливіший фактор залучення нових груп населення до користування залізничним транспортом.

Пасажирські тарифи формуються виходячи із собівартості пасажирських перевезень, рівень якої більш ніж в два рази вище собівартості вантажних перевезень.

Функція попиту приймає вид:

$$Q = f(P, D, F) \quad (3)$$

$$Q = f(P, D, P_{\text{конк}}) \quad (4)$$

де Q - обсяг перевезених пасажирів;

P - середньозважений індекс тарифу;

D - доходи населення;

F - рівень ділової активності;

$P_{\text{конк}}$ - середньозважений індекс тарифу у конкуруючому перевізник.

Оцінка значущості споживчих характеристик транспортних послуг населенню має важливе значення для формування уявлень про процес прийняття рішення пасажиром при виборі транспортного засобу. Крім того, знання системи цінностей споживачів по відношенню до транспортної послуги є основою для реалізації сегментації по вигодам.

Висновок. Кожен сегмент визначається повним набором бажаних властивостей. Саме він відрізняє даний сегмент від інших, а не просто присутність або відсутність якого-небудь конкретного властивості, оскільки одне і те ж властивість може залучати багато сегменти. У загальному випадку покупці бажають отримати як можна більше властивостей і вигоди. Те, що відрізняє один сегмент від іншого - це відносна важливість, яку споживачі надають властивостями або атрибутів в ситуації, коли необхідно зробити вибір.

Вигідно використовувати прагнення великої кількості клієнтів авіаційного та автомобільного транспорту забезпечити свою безпеку, враховуючи, що в цій сфері залізничний транспорт має переваги. Але самим найважливішим напрямом роботи залишається підвищення швидкості руху, оптимізація маршрутів і розкладу руху пасажирських поїздів.

Література

1. Абрамов А.П., Галабурда В.Г. Маркетинг на транспорте. М.: Желдориздат, 2001. - 319с.
2. Голубков Е.П. Маркетинговые исследования: теория, практика и методология. М.: Финпресс, 1998. - фенг 404с
3. Елизарьев Ю.В., Сенцова К.А. Оценка предпочтений потребителей транспортных услуг населению на рынке пассажирских перевозок. // Экономика железных дорог. - 2000. - №11, - 28-32с.
4. Щепочкин Ю.Д. Маркетинг и управление потребительским поведением. М.: МГАПИ, 1998. - 15.
5. Ламбен Жан-Жак. Стратегический маркетинг. / Пер. с франц. Под ред. Лифляндчика Б.И. - СПб.: Наука, 1996. - 583с.
6. Черчилль Г.А. Маркетинговые исследования, / Пер. с англ., СПб., 2000. - 717с.

References

1. AP Abramov, Galaburda V.G. Marketing on trans porte. M.: Zheldorizdat, 2001. - 319s.
2. Doves E.P. Marketingovy doslidzhen - nya : teoriya practice i metodologiya. M.: Finpress, 1998. - feng 404c
3. Elizariev Y., KA Sentsova Evaluation of consumer preferences of transportation services for the passenger market. // Economy of railways. - 2000. - № 11 - 28 - 32c.
4. Shchepochkin YD Marketing and management of consumer behavior. M.: MGAPI, 1998. - 15.
5. Lamba Jean-Jacques. Strategic Marketing. / Per. from French. Ed. Lifyandchika BI - St. Petersburg.: Science, 1996. - 583s.
6. Cherchil GA Marketing research / Per. with Engl., St. Petersburg., 2000. - 717s

Сапельников А.В. , Чернецкая-Белецкая Н.Б. Совершенствование системы маркетингового управления с применением многофакторной сегментации рынка транспортных услуг.

Рассмотрена проблема функционирования рыночной экономики, транспортной инфраструктуры. Рассмотрена многофакторная модель сегментации рынка транспортных услуг. Определены факторы влияющие на потребительское поведение пассажиров, спрос на перевозки. Стратегия маркетингового управления пассажирскими перевозками в виду концентрации усилия по продвижению транспортного продукта на одном или нескольких сегментах рынка. Оценка значимости потребительских характеристик транспортных услуг населению имеет важное значение для формирования представлений о процессе принятия решения пассажиром при выборе транспортного средства

Ключевые слова: сегментация рынка, тарифы, маркетинг, спрос, цена

Sapelnikov A.V., Chernetskaya-Beletskaya N.B. Improvement of marketing management with the use of multi-segmentation of the market for transport services

The problem of the market economy and transport infrastructure. Considered bahatofak-Thorne model segmentation transport market. The factors affecting the

consumer behavior of passengers, the demand for transportation. Preferential strategy of marketing for passenger traffic mean concentration of efforts to promote transport on one or more market segments. To form a multi-model ratio of passenger rail service to transport can be chosen the most significant consumer vchi features: comfort movable glass-control, convenience and accuracy of the schedule, the quality of on-sluhovuyuchoho staff, cleanliness inside the belt-wagon and zhyrskoho others, including the cost of travel. Valuing consumer characteristics tick transport services to the public is essential to the formation of ideas about the process of adopting a decision when choosing a passenger vehicle

Keywords: market segmentation, tariffs, marketing, demand, price

Сапельников О.В. – магістрант кафедри “Організація перевезень і управління на залізничному транспорті” СНУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна

Чернецька-Білецька Н.Б. - д. т. н., проф., зав. кафедрою “Організація перевезень і управління на залізничному транспорті” СНУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Соколов В.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 05.03.2014

УДК 629.014: 625.1.03

СТІЙКІСТЬ КІНЕМАТИЧНОЇ ПАРИ «КОЛЕСО-РЕЙКА»**Сапронова С.Ю.****STABILITY OF KINEMATIC PAIR “WHEEL-RAIL”****Sapronova S.**

У статті розглянуто існуючі методики оцінки стійкості залізничних екіпажів від сходу з рейок. Встановлено, що коефіцієнт запасу стійкості проти вкочування гребеня колеса на головку рейки є інтегральним показником безпеки руху, так як визначається з урахуванням вертикального навантаження, рамних сил, сил тертя в контакті гребеня колеса з рейкою і геометричних параметрів колісної пари. Встановлено, що мінімально-допустима величина співвідношення вертикального навантаження в гребневому контакті і поперечного напрямного зусилля залежить від кута набігання колеса на рейку.

Ключові слова: кінематична пара, стійкість, динамічні характеристики, вкочування, сход, критерій Мар'є.

Постановка проблеми. Існуюча шкала граничних значень динамічних показників, за якою оцінюється стійкість від сходження рухомого складу залізниць з рейок, не достатня для оцінки безпеки руху і не враховує технічний стан і індивідуальні параметри ходових частин екіпажів і колії. У зв'язку з цим існує необхідність аналізу критерію стійкості кінематичної пари «колесо-рейка».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні 10 років на залізницях СНД число сходів рухомого складу з рейок збільшилося на 30 % [6-8].

Аналіз численних досліджень з проблеми стійкості рухомого складу від сходу з рейок показує, що вплив відхилення параметрів екіпажу від нормативних на ймовірність сходження недостатньо досліджено [3, 6, 7]. До таких параметрів належать: геометрія установки колісних пар в рамі візка, поздовжні і поперечні зазори, розбіг діаметрів поверхонь кочення коліс і ін.

Так при перекосі колісних пар в рамі візка при русі в прямих ділянках колії гребені однієї або обох колісних пар виявляються постійно притиснутими до голівки однієї рейкової нитки. При русі по кривій, якщо кривизна рейкової нитки до якої притиснуті гребені, спрямована в бік осі колії, візок впливає на головку зовнішньої рейки в поперечному горизонтальному напрямку значно сильніше, ніж справні візки. Ймовірність сходження з рейок такий

візки значно збільшується при інтенсивному гальмуванні поїзда з спільним застосуванням поїзного і локомотивного гальма, коли в середній частині поїзда виникають підвищені поздовжні сили стискання в автозчепленні. При розтягуванні поїзда на прямій ділянці колії, завдяки центрування автозчеплення, підвищення поздовжньої сили, що розтягує не викликає збільшення бічного впливу коліс на рейки. При стисканні поїзда виникають ексцентриситети закріплення хвостовиків автозчеплень в горизонтальній і вертикальній площинах, зумовлені відхиленнями від номінального положення хвостовиків автозчеплень за рахунок похибок при виготовленні і відхиленнях, пов'язаних із зносами хвостовиків, різним завантаженням вагонів і відмінностями діаметрів коліс. Наприклад, різниця у вертикальному положенні хвостовиків автозчеплень у порожнього і навантаженого вагонів може досягати 100 мм.

Ще одним важливим фактором стійкості руху є характеристика вантажу і завантаження вантажного вагона. Багатою кількістю досліджень встановлено, що вірогідність сходу порожніх вагонів з рейок, при інших рівних умовах, значно вище, ніж навантажених [6]. Несиметричність завантаження вагона, наявність рухливих частин вантажу, у тому числі для наливного рухомого складу, повинні обов'язково враховуватися при визначенні критеріїв стійкості від сходу з рейок [2, 12].

В роботі [3] був введений додатковий критерій підйому гребеня колеса на головку рейки, що враховує час обороту колеса. Прийнято, що існує небезпека сходу колісної пари з рейок, якщо в процесі руху колесо має запас стійкості проти сходу з рейок по Мар'ї менше 1,0 на відріжку шляху, пройденому даним колесом більш довжини кола цього колеса по діаметру верхньої частини гребеня колеса.

Авторами роботи [15] запропоновано внести в аналітичні вираження оцінки запасу стійкості колеса параметр підйому одного колеса над іншим за рахунок вкочування колеса на головку рейки і підвищення зовнішньої рейки при русі по кривій.

Для того, щоб гребінь колеса вкотився на рейку, умова перекочування конічної поверхні гребеня по кромці направляючого перетину рейки має виконуватися в перебігу деякого проміжку часу, достатнього для такого вкочування.

Це положення розвинене в роботі [17], автори якої пропонують приймати за умови сходу інтервал часу 0,035 с після моменту перевищення гранично допустимого значення коефіцієнту запасу стійкості від вкочування на головку рейки.

В роботі [5] запропоновано за сход з рейки приймати таке поперечне переміщення колісної пари щодо осі колії, при якому відбувається збіг внутрішньої поверхні колеса з вертикальною віссю рейки.

Існує концепція, що пояснює схід з рейок енергетичним критерієм, тобто деяким граничним рівнем енергії, що виділяється при наїзді колісної пари на нерівність колії [16]. Конкретна оцінка енергетичного критерію проводиться за числових характеристик коливального процесу, зокрема по дисперсії зусиль, що діють на колісну пару, на основі чого визначається енергія, що передається від нерівності колії на колісну пару.

В якості основного критерію безпеки в дослідженнях [18] прийнято умову збереження контактів обох коліс з рейками в будь-який момент часу. Втрата контакту одного з коліс розглядається як передумова сходу. Для різних умов руху розраховані граничні умови збереження контактів, що дозволяє оцінити безпеку руху відносно сходу з рейок.

Мета статті. Таким чином, одним із важливих завдань забезпечення безпеки руху щодо сходу з рейок є уточнення відомих критеріїв стійкості руху, що враховують можливі відхилення параметрів окремих екіпажів поїзда від нормативних у поєднанні з урахуванням їх динамічної взаємодії в режимі гальмування.

Результати дослідження. Імовірність аварії екіпажу визначається його стійкістю щодо сходу з рейок. Розрізняють два види стійкості руху рейкових екіпажів: стійкість «у великому», коли напрям руху здійснюється за участю гребенів колісних пар, і стійкість «в малому», коли вказаний напрям досягається без участі гребенів [4, 9].

Питаннями стійкості руху вагонів «в малому», яка визначається характером коливальних переміщень в просторі, займається теорія коливаний вагонів, яка здійснює відповідні рекомендації і вимоги до устрою і параметрам елементів вагонів і колії, що сприяють реалізації такої стійкості [9, 10]. Однак висновки цієї теорії цілком недвозначно показують, що забезпечити стійкість «в малому» вдасться лише в рідких випадках при русі окремих видів вагонів в прямих ділянках колії та в обмежених діапазонах швидкостей. Вимоги безпеки доводиться задовольняти за рахунок забезпечення стійкості руху «у великому», тобто за рахунок спрямування руху колісних пар гребенями коліс.

Одним із використовуваних критеріїв стійкості

була умова, яку виражали через відношення діючого на колесо бічного зусилля Y до вертикального навантаження набігаючого колеса P – формула Падаля [12-14]

$$\frac{Y}{P} \leq \left[\frac{Y}{P} \right], \quad (1)$$

де $\left[\frac{Y}{P} \right]$ – максимально допустима величина відношення $\frac{Y}{P}$, тобто величина вище якої не забезпечується безпека руху від сходу колеса з рейок.

Відповідно до теорії Мар'є (рис. 1)

$$\left[\frac{Y}{P} \right] = \frac{tgb - m}{1 + m \cdot tgb}, \quad (2)$$

де b – кут нахилу твірної гребеневого конуса колеса до горизонталі в центрі гребеневого контакту;
 m – коефіцієнт тертя в контакті колеса і рейки.

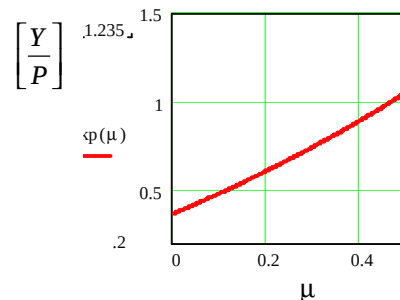


Рис.1. Залежність допустимого відношення бічної сили Y до вертикального навантаження P від коефіцієнта тертя в гребеновому контакті m

Характеристики залізничних екіпажів щодо ймовірності сходження з рейок, як правило, пов'язують із запасом стійкості.

Коефіцієнт запасу стійкості проти вкочування гребеня колеса на головку рейки є інтегральним показником безпеки руху, так як визначається з урахуванням вертикального навантаження, рамних сил, сил тертя в контакті гребеня колеса з рейкою і геометричних параметрів колісної пари [1, 11]

$$K_y = \frac{P}{Y} : \left[\frac{P}{Y} \right] = \frac{P}{Y} \cdot \frac{tgb - m}{1 + m \cdot tgb} > [K_y], \quad (3)$$

де $[K_y]$ – допустиме значення коефіцієнту запасу стійкості.

Критерій (3) дозволяє оцінювати ймовірність сходження з рейок по обмеженому числу факторів, у той час як особливо важливою є проблема безпеки руху рухомого складу щодо сходу з рейок в нештатній ситуації, пов'язаної з відхиленнями характеристик екіпажу від нормативних і при несправності елементів екіпажу та колії [6].

В роботі [14] досліджено залежність умов виникнення сходу колісної пари від початкового кута набігання колеса на рейку. Зроблено висновок про існування двох граничних значень рамних сил – Y_{max} і Y_{min} . При рамних силах, які перевищу-

ють Y_{max} сход с рейок здійснюється при будь-якому куті набігання. При рамних силах які нижче Y_{min} сход не можливий ні при якому куті набігання. В діапазоні значень рамних сил $Y_{min} \leq Y \leq Y_{max}$ ймовірність сходу з рейок залежить від дійсного кута набігання. Межі цього діапазону залежать від вертикальних навантажень на колеса. Для колісної пари під навантаженням вагоном становить Y_{min} 150-175 кН, Y_{max} – 400-425 кН, що відповідає величинам коефіцієнту запасу стійкості за умовою вкочування гребеня колеса на рейку відповідно 0,9 і 0,6. Для порожніх вагонів ті ж значення коефіцієнта запасу стійкості за умовою вкочування гребеня колеса, відповідні значення рамних сил менше. Для оцінки стійкості колеса, на рейці поряд з традиційними динамічними показниками розглянуто додатковий критерій «умови сходу». За «умови сходу» прийнято досягнення точкою контакту «колесо-рейка» границі прямолінійної ділянки гребеня колеса.

Розглянуті вище критерії стійкості від сходу з рейок містять один з трьох ознак: силову, кінематичну і комплексну. Силова ознака заснована на аналізі співвідношення бічної і вертикальної реакцій в контактні колеса з рейкою. Кінематична – заснована на визначенні величини поперечного або вертикального зсуву колеса, а в складних моделях – на аналізі кінематики вкочування колеса на рейку. Комплексна ознака може об'єднувати силові та кінематичні характеристики вкочування з урахуванням часу тривалості виходу за допустиме значення силових або кінематичних параметрів.

Автором поставлено задачу уточнення критерію безпеки руху щодо вкочування гребеня колеса на рейку з урахуванням особливостей двохточкового контактування. Далі, наведено обґрунтування уточнення формули розрахунку коефіцієнта запасу стійкості екіпажа від вкочування гребеня колеса на рейку. На рис. 2 представлена схема контактних сил для двох випадків відносного кутового розташування колісної пари в рейковій колії: при позитивному куті набігання $y_k > 0$ і при негативному куті набігання $y_k < 0$.

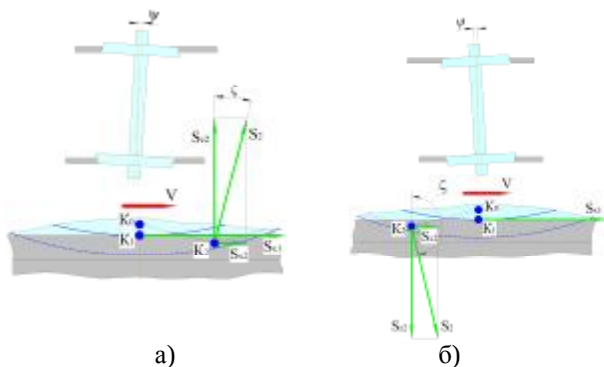


Рис. 2. Схеми дії сил зчеплення у гребневому контакті: а) при куті набігання $y_k > 0$; б) при куті набігання $y_k < 0$

На рисунку 2 показано схеми складових сил зчеплення у гребневому контакті. Рівняння рівноваги контактних сил представлені як сума проекцій сил, відповідно на осі t і h .

Сума проекцій сил на вісь h

$$\sum F_h = 0: -N_2 - S_{22} \cdot \cos b + Y \cdot \sin b + P_0 \cdot \cos b = 0, \quad (4)$$

де S_{22} – сила тертя у гребневому контакті:
 $S_{22} = N_2 \cdot f_0 \cdot \cos z$.

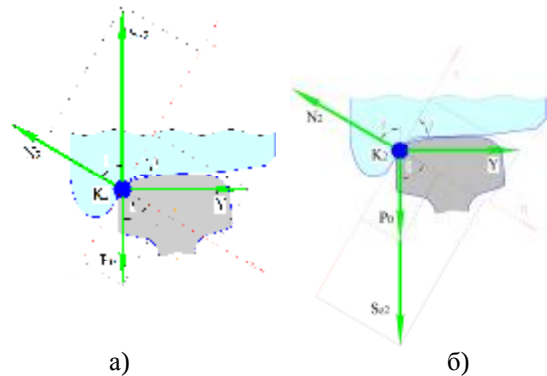


Рис. 3. Схеми складових сил зчеплення у гребневому контакті:

а) для випадку $y_k > 0$; б) для випадку $y_k < 0$

Якщо означити $f_0 \cdot \cos z = m$, то рівняння (4) матиме вигляд

$$-N_2 \cdot (1 + m \cdot \cos b) + Y \cdot \sin b + P_0 \cdot \cos b = 0, \quad (5)$$

звідки

$$N_2 = \frac{Y \cdot \sin b + P_0 \cdot \cos b}{1 + m \cdot \cos b}. \quad (6)$$

Сума проекцій сил на вісь t :

$$\sum F_t = 0: -P_0 \cdot \sin b + Y \cdot \cos b + N_2 \cdot m \cdot \sin b = 0. \quad (7)$$

З рівнянь (5) і (6) отримаємо

$$-P_0 \cdot \sin b + Y \cdot \cos b + \frac{Y \cdot \sin b + P_0 \cdot \cos b}{1 + m \cdot \cos b} \cdot m \cdot \sin b = 0$$

Розділивши рівняння (7) на $Y \cdot \cos b$, отримаємо

$$-\frac{P_0}{Y} \cdot \operatorname{tg} b + 1 + m \cdot \frac{\sin b \cdot \operatorname{tg} b}{1 + m \cdot \cos b} + m \cdot \frac{P_0}{Y} \cdot \frac{\operatorname{tg} b \cdot \cos b}{1 + m \cdot \cos b} = 0 \quad (8)$$

Звідки

$$\frac{P_0}{Y} = \frac{1 + m \cdot \frac{\operatorname{tg} b \cdot \sin b}{1 + m \cdot \cos b}}{\operatorname{tg} b - m \cdot \frac{\operatorname{tg} b \cdot \cos b}{1 + m \cdot \cos b}}.$$

Після перетворень отримуємо

$$\frac{P_0}{Y} = \frac{m + \cos b}{\sin b},$$

або, з урахуванням того, що $m = f_0 \cdot \cos z$

$$\frac{P_0}{Y} = \frac{f_0 \cdot \cos z + \cos b}{\sin b}. \quad (9)$$

З урахуванням формули

$$z_{jk} = \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} g_{2jk}}}{\operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} g_{2jk}} - \frac{R_{0jk}}{R_{2jk}} \cdot \operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} g_{2jk} \right),$$

$$z = \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} b}}{\operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} b} - \frac{R_0}{R_2} \cdot \operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} b \right). \quad (10)$$

Враховуючи, що відношення $\frac{R_0}{R_2} \cong 1$, приймаємо

$$\cos z \approx \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} b}}{\operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} b} - \operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} b \right). \quad (11)$$

Співвідношення $\frac{P_0}{Y}$, що є критичним щодо відриву колеса від рейки в основному контакті, позначимо як

$$\left[\frac{P_0}{Y} \right] = \frac{f_0 \cdot \cos z + \cos b}{\sin b}, \quad (12)$$

де

$$\cos z = \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} b}}{\operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} b} - \frac{R_0}{R_2} \cdot \operatorname{tg} y_k \cdot \operatorname{tg} b \right). \quad (13)$$

Враховуючи, що діапазон можливих значень кута z лежить в межах від 0 до 180° , значення співвідношення $\left[\frac{P_0}{Y} \right]$ за формулою (12) розраховувалися як $K_{\max}$ для $z = 0$ і $K_{\min}$ – для $z = 180^\circ$, відповідно до чого

$$\left[\frac{P_0}{Y} \right]_{\max} = \frac{f_0 + \cos b}{\sin b}; \quad \left[\frac{P_0}{Y} \right]_{\min} = \frac{-f_0 + \cos b}{\sin b}. \quad (14)$$

На рис. 4 показано розрахункові залежності для максимального $\left[\frac{P_0}{Y} \right]_{\max}$ і мінімального $\left[\frac{P_0}{Y} \right]_{\min}$ значень коефіцієнта безпеки від коефіцієнту тертя у гребеневому контакті f_0 і кута нахилу гребеня b , розрахованих за критерієм автора – формули (12) і (13), у порівнянні із даними за критерієм Мар'є.

Порівняння залежностей показують, що за критерієм Мар'є значення коефіцієнту безпеки декілька завищені, через те що не враховують особливостей кінематики гребеневого контактування. Очевидно, уточнення автора не має практичного значення і є тільки теоретичним уточненням відомого критерію.

При проходженні колісною парою стрілочного переводу, залежно від напрямку руху (пошерстного або протишерстного) для оцінки стійкості по сходу з рейок застосовуються два різних критерії.

При пошерстному русі критерієм безпеки є коефіцієнт запасу стійкості, обумовлений по формулі

$$K_y = \frac{P}{Y} : \left[\frac{P}{Y} \right] \geq [K_y], \quad (15)$$

де величина $\left[\frac{P}{Y} \right]$ визначалась за формулами (12, 13).

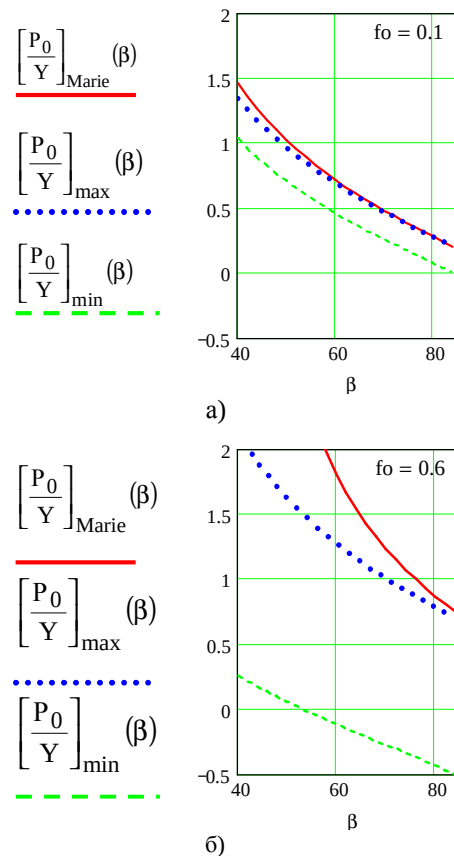


Рис. 4. Залежності коефіцієнтів запасу стійкості від сходу з рейок від коефіцієнту тертя f_0 і кута нахилу гребеня b у гребеневому контакті:

$\left[\frac{P_0}{Y} \right]_{\max}$, $\left[\frac{P_0}{Y} \right]_{\min}$ – максимальне і мінімальне значення за критерієм автора; $\left[\frac{P_0}{Y} \right]_{\text{Marie}}$ – за формулою Мар'є

При протишерстному русі, крім коефіцієнта запасу стійкості (11), небезпечним фактором є наїзд

колеса на гостряк стрілочного переводу. Для оцінки стійкості в цьому випадку використався критерій

$$g_3 \geq [g_3],$$

або

$$\frac{\arcsin \frac{h \cdot \cos a}{\sqrt{h^2 + s^2 - 2 \cdot h \cdot s \cdot \sin a}} - \arcsin \frac{\sqrt{h^2 + s^2 - 2 \cdot h \cdot s \cdot \sin a}}{2 \cdot r \cdot \cos a}}{2 \cdot r \cdot \cos a} \geq [g_3]$$

де s , h , a – параметри, які визначають технічний стан стрілочного переводу і відхилення від нормативного;

r , qR – параметри профілю гребеня;

$[g_3]$ – мінімально-допустимий кут нахилу гребеня в точці контакту з гостряком стрілочного переводу.

Для отримання розрахункових залежностей використали параметри стрілочного переводу, що відповідають максимальним допустимим відхиленням від технічного стану: $s = [s] = 4 \text{ мм}$; $h = [h] = 13 \text{ мм}$. Мінімально-допустимий кут нахилу гребеня в точці контакту з гостряком стрілочного переводу $[g_3]$ прийнято значення таким, що дорівнює куту нахилу нового незношеного гребеня: $[g_3] = b^*$.

Висновки. 1. Аналіз методів оцінки стійкості рухомого складу від сходів з рейок показує, що практично всі вони не враховують геометрії колеса і рейки.

2. Коефіцієнт запасу стійкості проти вкочування гребеня колеса на головку рейки є інтегральним показником безпеки руху, так як визначається з урахуванням вертикального навантаження, рамних сил, сил тертя в контакті гребеня колеса з рейкою і геометричних параметрів колісної пари.

3. Встановлено, що мінімально-допустима величина співвідношення вертикального навантаження в гребневому контакті і поперечного напрямного зусилля залежить від кута набігання і може бути визначена за формулою $\left[\frac{P_0}{Y} \right] = \frac{f_0 \cdot \cos z + \cos b}{\sin b}$, де

f_0 – коефіцієнт тертя в гребневому контакті; b – кут нахилу гребеня в гребневому контакті; z – кут, що залежить від кута набігання y і визначається за формулою

$$z = \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - tgy \cdot tgb}}{tgy \cdot tgb} - tgy \cdot tgb \right).$$

Література

- Вершинский С.В., Данилов В.Н., Челноков И.И. Динамика вагона / С.В. Вершинский, В.Н. Данилов, И.И. Челноков. – М.: Транспорт, 1978. – 352 с.
- Черкашин Ю.М. Динамика наливного поезда / Ю.М. Черкашин. – М.: Транспорт, 1975. – 136 с.

- Петров Г.И. Оценка безопасности движения вагонов при отклонении от норм содержания ходовых частей и пути: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.07 / Петров Геннадий Иванович. – М., 2000. – 340 с.
- Лазарян В.А., Длугач Л.А., Коротенко М.Л. Устойчивость движения рельсовых экипажей / В.А. Лазарян, Л.А. Длугач, М.Л. Коротенко. – Киев: Наукова думка, 1972. – 198 с.
- Погорелов Д.Ю., Павлюков А.Э., Юдакова Т.А. Разработка математической модели железнодорожного экипажа в программной среде автоматизированного анализа уравнений движения: Информационные технологии в моделировании и управлении / Д.Ю. Погорелов, А.Э. Павлюков, Т.А. Юдакова // Труды II Международной науч.-практ. конф. – СПб.: СПбГТУ, 2000. – С.298–300.
- Анализ состояния безопасности движения на железных дорогах России в 2000 г. / Департамент безопасности движения и экологии МПСРФ. – М., 2001. – 45 с.
- Результаты анализа сходов подвижного состава за 2002 год с мероприятиями по повышению безопасности движения поездов / МПСРФ. – М.: ВНИИЖТ, 2003. – 146 с.
- Татуревич А.А. Исследование вопросов устойчивости подвижного состава против схода от вкатывания гребеня колеса на рельс по результатам экспертных заключений крушений и аварий / А.А. Татуревич // X Международ. конф. «Проблемы механики железнодорожного транспорта: Динамика, надежность и безопасность подвижного состава»: тезисы докладов. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 2000. – С. 105–106.
- Лазарян В.А. Динамика вагонов / В.А. Лазарян. – М.: Транспорт, 1964. – 364 с.
- Спиридонов Б.К. Основы теории колебаний вагона на рессорном подвешивании / Б.К. Спиридонов. – Гомель: БелИИЖТ, 1972. – 258 с.
- Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ ВНИИЖТ, 1996. – 76 с.
- Чан Фу Тхуан. Безопасность движения открытого подвижного состава при коссимметричном размещении тяжеловесных грузов на железных дорогах СРВ: автореф. ... канд. техн. наук: 05.22.07. – Москва, 1993. – 24 с.
- Спиридонов В.К. Устойчивость движения вагона против схода с рельсов и опрокидывания: уч. пособ. / В.К. Спиридонов. – Гомель: БелИИЖТ, 1979. – 32 с.
- Коротенко М.Л., Рейдемейстер А.Г. Сход с рельсов одиночной колесной пары. Силы, вызывающие сход, продолжительность схода / Проблемы механики железнодорожного транспорта: Динамика, надежность и безопасность подвижного состава: Тезисы докладов X Международ. конф. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 2000. – С.82 – 83.
- Данович В.Д. Оценка запаса устойчивости от вкатывания колеса на рельс в уточненной постановке/ X Международ. конф. «Проблемы механики железнодорожного транспорта: Динамика, надежность и безопасность подвижного состава»: тезисы докладов. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 2000. – С.67.
- Xiang Jun, Zeng Qiung, Lou Ping. Theory of random energy analysis for train derailment // J.Cent.S Univ. Technol. – 2003. – №2. – С.134–139.
- Chen Guo, Zhai Wanming, Zuo Hongfu. Zhongguo jixie gongcheng // China Mech.Eng. – 2002. – №8. – P.646–649.

18. Zhai Wanming. Zhogguo tiedao kexue // China Railway Sci. – 2002. – №2. – P.1–14.

References

- Vershinsky S.V., Danilov V.N., Chelnokov I.I. Dinamika vagona / S.V. Vershinsky, V.N. Danilov, I.I. Chelnokov. – M.: Transport, 1978. – 352 s.
- Cherkashin Y.M. Dinamika nalivnogo gjizda / Y.M. Cherkashin. – M.: Transport, 1975. – 136 s.
- Petrov G.I. Otsenka bezopasnosti dvizeniya vagonov pri otklonenii ot norm soderzaniya hodovih chastey I puti: diss. d-ra tehn. Nauk: 05.22.07 / Petrov Gennadiy Ivanovich. – M., 2000. – 340 s.
- Lazaryan V.A., Dlugach L.A., Korotenko M.L. Ustoychivost dvizeniya relsovih ekipazey / V.A. Lazaryan, L.A. Dlugach, M.L. Korotenko. – Kyev: Naukova dumka, 1972. – 198 s.
- Pogorelov D.Y., Pavlukov A.E., Udakova T.A. Razrabotka matematicheskoy modeli zeleznodorozhnogo ekipaza v programmnoy srede avtomatizirovannogo analiza uravneniy dvizeniya: Informatsionnie tehnologii v modelirovanii i upravlenii / D.Y. Pogorelov, A.E. Pavlukov, T.A. Udakova // Trudy II Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. – SPb.: SPbGTU, 2000. – P.298–300.
- Analiz sostoyaniya bezopasnosti dvizeniya na zeleznich dorogah Rossii v 2000g. / Departament bezopasnosti dvizeniya i ekologii MPSRF. – M., 2001. – 45p.
- Rezultaty analiza shodov podviznogo sostava za 2002 god s meropriyatiyami po povysheniyu bezopasnosti dvizeniya poezdov / MPSRF. – M.: VNIITZ. – 2003. – 146 p.
- Taturevich A.A. Issledovanie voprosov ustoychivosti podviznogo sostava protiv shoda ot vkativaniya grebnya koleasa na rels po rezultatam ekspertnyh zaklucheni krusheniy i avari / A.A. Taturevich // X Mezhdunarod. konf. «Problemy mehaniki zeleznodorozhnogo transporta: Dinamika, nadeznost i bezopasnost podviznogo sostava»: Tezisy Dokladov. – Dnepropetrovsk: Art-Press, 2000. – P. 105–106.
- Lazaryan V.A. Dinamika vagonov / V.A. Lazaryan. – M.: Transport, 1964. – 364 p.
- Spiridonov B.K. Osnovi teorii kolebaniy vagona na ressonnom podveshivani / B.K. Spiridonov. – Gomel: Bel IITZ, 1972. – 258 s.
- Normi dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zeleznih dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnih). – M.: Gos NIIV VNIITZ, 1996. – 76 s.
- Chan Fu Thuan. Bezopasnost dvizeniya otkritogo podviznogo sostava pri kososimmetrichnom razmeshenii tyazelovesnih gruzov na zeleznich dorogah SRV: avtoref. ... kand. tehn. nauk: 05.22.07. – Moskva, 1993. – 24 s.
- Spiridonov B.K. Ustoychivost dvizeniya vagona protiv shoda s relsov i oprokidivani: uch. posob. / B.K. Spiridonov. – Gomel: Bel IITZ, 1979. – 32 p.
- Korotenko M.L., Reydemeyster A.G. Shod s relsov odinochnoy kolesnoy pary. Sili, vizivaushie shod, prodolzitelnost shoda / Problemy mehaniki zeleznodorozhnogo transporta: Dinamika, nadeznost i bezopasnost podviznogo sostava: tezisy dokladov X Mezhdunarod. konf. – Dnepropetrovsk: Art-Press, 2000. – S.82–83.
- Danovich V.D. Otsenka zapasa ustoychivosti ot vkativaniya koleasa na rels v utochnennoy postanovke / X Mezhdunarod. konf. «Problemy mehaniki ztleznodorozhnogo transporta: Dinamika, nadeznost i bezopasnost podviznogo sostava: tezisy dokladov. – Dnepropetrovsk: Art-Press, 2000. – S.67.
- Xiang Jun, Zeng Qiung, Lou Ping. Theory of random energy analysis for train derailment // J.Cent.S Univ. Technol. – 2003. – №2. – C.134–139.
- Chen Guo, Zhai Wanming, Zuo Hongfu. Zhogguo jixie gongcheng // China Mech.Eng. – 2002. – №8. – P.646–649.
- Zhai Wanming. Zhogguo tiedao kexue // China Railway Sci. – 2002. – №2. – P.1–14.

Sapronova S. Stability of kinematic pair «wheel-rail».

The existing scale of dynamic indicators limit values by which the sustainability of railway rolling off the rails is assessed, is not sufficient to assess the safety and does not account for the technical condition of the individual parameters and running parts of crews and railroad crossing. The article describes the existing methodology for assessing the stability of railway vehicle derailment. It has been stated that the safety factor against racking wheel flange on the rail head is an integral indicator of traffic safety, as it is determined with reference to the vertical load, frame forces, friction forces in contact with the rail wheel flange and the geometric parameters of the wheelset. It has been found out that the minimum permissible value of the ratio of vertical load in raised bed contact and cross- guided efforts depends on the angle of crowding on the rail wheels.

Keywords: kinematic pair, stability, dynamic performance, racking converging criterion Marya.

Сапронова С.Ю. Устойчивость кинематической пары «колесо-рельс».

В статье рассмотрены существующие методики оценки устойчивости железнодорожных экипажей от схода с рельсов. Установлено, что коэффициент запаса устойчивости против вкатывания гребня колеса на головку рельса является интегральным показателем безопасности движения, так как определяется с учетом вертикальной нагрузки, рамных сил, сил трения в контакте гребня колеса с рельсом и геометрических параметров колесной пары. Установлено, что минимально-допустимая величина соотношения вертикальной нагрузки в гребневом контакте и поперечного направляющего усилия зависит от угла набегания колеса на рельс.

Ключевые слова: кинематическая пара, устойчивость, динамические характеристики, вкатывание, сход, критерий Марья.

Сапронова С.Ю. – д.т.н., профессор кафедры ДВЗ та машинознавства ЧНУ ім. В. Даля, doc_sapronova@mail.ru.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 17.01.2014

УДК 621.314.2

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦЕПИ НАМАГНИЧИВАНИЯ СИСТЕМЫ «МАГНИТНАЯ ГОЛОВКА - ПРОФИЛЬНЫЙ НОСИТЕЛЬ» ПРИ СОЗДАНИИ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ САУ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ

Смирный М.Ф.

METHODOLOGY OF «MAGNETIC HEAD – PROFILING MAGNETIC MEDIUM» MAGNETIZATION CHAIN SYSTEM CALCULATION UNDER CREATION OF ACS INITIAL CONVERTER AT INDUSTRIAL TRANSPORT

Smirny M.

Разработана эквивалентная электрическая схема-аналог цепи намагничивания системы «магнитная головка-профильный магнитоноситель». При расчете цепи учтено колоколообразное распределение индукции магнитного поля метки в толще профильного магнитоносителя, нанесенной головки для поперечной записи.

Ключевые слова: головка для поперечной записи, профильный магнитоноситель, магнитный потенциал.

Постановка проблемы. При создании систем автоматизации на промышленном транспорте эффективно зарекомендовали себя магнитометрические преобразователи, в которых ферромагнитные элементы взаимодействуют с магнитным полем меток, нанесенных головками магнитной записи. Для достижения высокой плотности и стойкости поперечной записи цифровой информации на профильный магнитоноситель, например, головку железнодорожного рельса [1], необходимо изготавливать магнитопровод головки записи из высококачественных материалов с наименьшими габаритными размерами, но такими, которые еще обеспечивают полное промагничивание участка носителя по всей толщине при значении индукции в магнитопроводе, близком к индукции насыщения.

Это обстоятельство обуславливает необходимость модификации методики расчета магнитных цепей, в которых в одном из ее элементов, а именно в участке головки рельса, имеет место значительное рассеивание магнитного потока, вызванное процессом магнитной записи.

Цель статьи. Разработка эквивалентной электрической схемы-аналога цепи намагничивания системы «магнитная головка-профильный магнитоноситель» с учетом колоколообразного распределения индукции магнитного поля метки в толще профильного магнитоносителя, нанесенной головки для поперечной записи.

Результаты исследований. На рис. 1 изображена Г-образная магнитная головка для поперечной записи на головку железнодорожного рельса. Она содержит два сердечника 1 с катушками 2, перемычку 3, соединяющую сердечники, и полюс 4, выполненный выступающим со стороны колесных реборд.

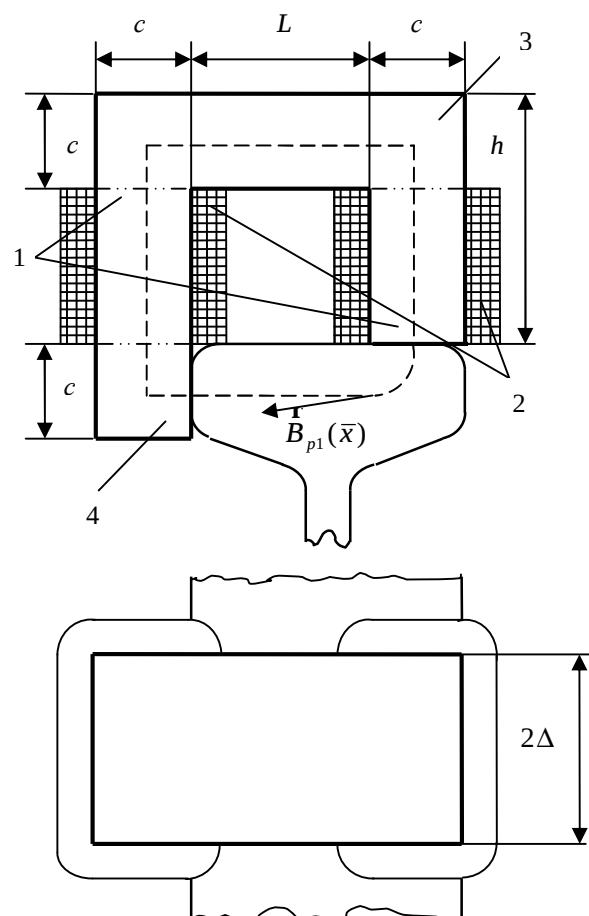


Рис. 1. Магнитная головка для поперечной записи на рельс: 1-сердечники; 2-катушки; 3-перемычка; 4-полюс

Приведенная конструкция магнитной головки обеспечивает достаточное промагничивание (с минимальными потерями) участка рельса и свободное перемещение вдоль рельсов, боковые грани головок которых могут иметь на стыках сварные соединения с внешней стороны пути.

Исследование теоретических и экспериментальных кривых распределения поля в толще головки рельса показали, что зависимость магнитной индукции в толще головки рельса, касательной к средней линии магнитной цепи $\dot{B}_{p1}(\bar{x})$ (рис. 1) вдоль носителя при наиболее рациональном соотношении ширины рабочего зазора L к толщине полюса 2Δ 0,45:1 с достаточной для практики точностью аппроксимируется выражением:

$$B_{p1}(\bar{x}) = B_{p1m} \frac{1}{1 + \bar{x}^{2,72}}, \quad (1)$$

где B_{p1m} - амплитудное значение магнитной индукции в центре метки, усредненное по ее длине поперек носителя;

$\bar{x} = \frac{x}{\Delta}$ - относительное расстояние вдоль носителя.

Величина B_{p1m} доводится до такого значения, которое обеспечивает при выключении тока записи изменение магнитной индукции участка носителя по предельной петле гистерезиса. Для типовых рельсов Р75 $B_{p1m} > 1,55$ Т.

При таких условиях коэффициент бокового выпучивания поля записывающей головки составляет

$$k_{\text{вып}} = \frac{l}{2\Delta} = 2 \dots 4, \quad (2)$$

где l - протяженность поля вдоль носителя, которая определяется на уровне 0,1 от амплитуды распределения магнитной индукции в толще носителя.

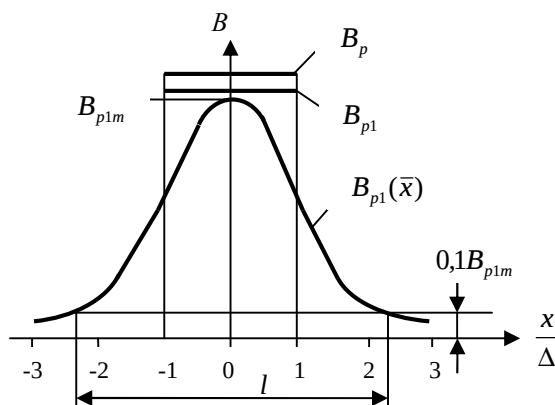


Рис. 2. Зависимость поперечной составляющей индукции в магнитносистеме $B_{p1}(\bar{x})$

В момент подачи импульсов тока записи система «магнитная головка-профильный магнитносистема» образует замкнутую цепь, упрощенная эквивалентная электрическая схема-аналог которой дана на рис. 3.

Падение магнитного напряжения в носителе определяется из выражения:

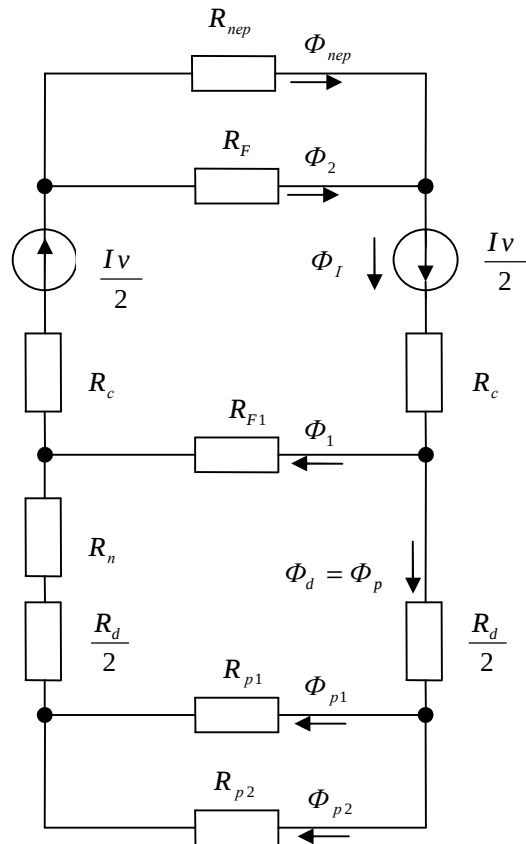


Рис. 3. Эквивалентная электрическая схема-аналог цепи намагничивания системы «магнитная головка - профильный магнитносистема»

$$U_p = \Phi_{p1} R_{p1} = \Phi_{p2} R_{p2} = B_{p1m} \frac{l_p}{m_{p1} m_0}, \quad (3)$$

где Φ_{p1} - магнитный поток в головке рельса, обусловленный поперечной составляющей магнитной индукции $B_{p1}(\bar{x})$;

R_{p1} - магнитное сопротивление потоку Φ_{p1} ;

Φ_{p2} - магнитный поток в головке рельса, обусловленный продольной составляющей магнитной индукции $B_{p2}(\bar{x})$;

R_{p2} - магнитное сопротивление потоку Φ_{p2} ;

$l_p \approx L + c$ - длина магнитного отпечатка в рельсе;

m_{p1} - относительная магнитная проницаемость рельсовой стали при индукции B_{p1m} .

Магнитный поток Φ_{p1} находится из выражения:

$$\Phi_{p1} = 2\Delta c \int_0^\infty B_{p1}(\bar{x}) d\bar{x} = 1,05 B_{p1m} S_{ГЗ} = B_{p1} S_{ГЗ}, \quad (4)$$

где $S_{ГЗ} = 2\Delta c$ - площадь сечения магнитопровода;

$B_{p1} = 1,05 B_{p1m}$ - магнитная индукция в области ка-
сания головки записи и рельса, которая считается
постоянной по сечению полюса.

Как показали исследования поля записи, маг-
нитный поток Φ_{p2} приблизительно в 9 раз меньше,
чем поток Φ_{p1} . Следовательно, суммарный магнит-
ный поток в рельсе равен $\Phi_p = 1,1\Phi_{p1}$; он достига-
ется повышением магнитной индукции в контакти-
рующей области до значения $B_p = 1,1B_{p1}$ (рис. 2).

После определения магнитного сопротивления
поток Φ_{p1} , которое равно $R_{p1} = \frac{l_p}{m_{p1}m_0}$, где
 m_{p1} - относительная магнитная проницаемость
рельсовой стали при магнитной индукции $B_{p1}(\bar{x})$,
и учитывая соотношение $R_{p2} = 9R_{p1}$, находим об-
щее магнитное сопротивление участка рельса:

$$R_p = \frac{R_{p1}R_{p2}}{R_{p1} + R_{p2}} = 0,9R_{p1}. \quad (5)$$

Поток в переходных участках, характеризую-
щий область контактирующих поверхностей магни-
топровода головки записи с головкой рельса, пола-
гаем равным Φ_p . Падение магнитного напряжения
на этих участках при равных зазорах d равно:

$$U_d = \Phi_p R_d = 8 \cdot 10^5 B_p 2d, \quad (6)$$

где R_d - магнитное сопротивление переходных уча-
стков.

Падение магнитного сопротивления в полюсе 4
запишем в виде:

$$U_n = \Phi_p R_n = B_p \frac{l_n}{m_{\Gamma 31} m_0}, \quad (7)$$

где R_n - магнитное сопротивление полюса; $l_n = c$;

$m_{\Gamma 31}$ - относительная магнитная проницаемость ма-
териала головки записи при магнитной индукции,
равной B_p .

В соответствии с рис. 3 имеем:

$$\Phi_{nep} + \Phi_2 = \Phi_{\Gamma 3} = \Phi_p + \Phi_1, \quad (8)$$

где Φ_{nep} - магнитный поток в перемычке головки
записи;

Φ_1 - магнитный поток рассеяния, шунтирующий
рельс, переходные участки и полюс;

Φ_2 - магнитный поток рассеяния, шунтирующий пе-
ремычку;

$\Phi_{\Gamma 3}$ - магнитный поток в сердечнике головки запи-
си.

Поскольку отношение магнитных потоков
 Φ_{p1} и Φ_1 обратно пропорционально магнитным со-
противлениям $R_p + R_d + R_n$ и R_{F1} , то

$$\Phi_1 = \Phi_p \frac{R_p + R_d + R_n}{R_{F1}}, \quad (9)$$

где R_{F1} - магнитное сопротивление потоку Φ_1 .

На основании (8) и (9) магнитный поток в сер-
дечниках магнитной головки равен:

$$\Phi_{\Gamma 3} = \Phi_p \left(1 + \frac{R_p + R_d + R_n}{R_{F1}}\right). \quad (10)$$

Так как соотношение потоков Φ_{nep} и Φ_2 об-
ратно пропорционально магнитным сопротивлениям
 R_{nep} и R_{F2} , то

$$\Phi_2 = \Phi_{nep} \frac{R_{nep}}{R_{F2}}, \quad (11)$$

где R_{nep} - магнитное сопротивление перемычки;

R_{F2} - магнитное сопротивление потоку Φ_2 .

Из-за того, что середина катушек находится
вблизи середины сердечников, возможно считать,
что $R_{F1} = R_{F2} = R_F$. Проводимость R_F^{-1} полагаем
равной половине проводимости потоку рассеяния
между двумя параллельными призмами, распо-
ложенными одна против другой и равной [2]:

$$R_F^{-1} = 0,5m_0(x_F h_F + y_F), \quad (12)$$

где $h_F = h - c$; $x_F = \frac{2\Delta}{L} + 0,52 + \frac{2}{p} \ln(1 + \frac{2c}{L})$;

$$y_F = 2\Delta[0,52 + \frac{2}{p} \ln(1 + \frac{2c}{L})] + c + 0,31L.$$

Падение магнитного потенциала в сердечнике
головки записи равно:

$$U_c = 2\Phi_{\Gamma 3} R_c = 2B_{\Gamma 3} \frac{l_c}{m_{\Gamma 3} m_0}, \quad (13)$$

где $R_c = \frac{l_c}{m_{\Gamma 3} m_0 S_{\Gamma 3}}$ - магнитное сопротивление сер-
дечника; $l_c = h - c$;

$m_{\Gamma 3}$ - относительная магнитная проницаемость маг-
нитопровода при индукции

$$B_{\Gamma 3} = B_p \left(1 + \frac{R_p + R_d + R_n}{R_F}\right).$$

Приближенно можно считать, что $R_{nep} \ll R_{F2}$,
тогда падение магнитного потенциала в перемычке:

$$U_{nep} \approx \Phi_{\Gamma 3} R_{nep}, \quad (14)$$

где $R_{nep} = \frac{l_{nep}}{m_{\Gamma 3} m_0}$; $l_{nep} = L + 2c$.

Используя (3), (6), (7), (14), определим падение
магнитного потенциала во всей цепи намагничива-
ния:

$$U_{\Sigma} = \Phi_p \left[\left(1 + \frac{R_p + R_d + R_n}{R_F}\right) (2R_c + R_{nep}) + R_p + R_d + R_n \right] \quad (15)$$

По данной методике для значения
 $B_{p1m} = 1,7$ Т произведен числовой расчет зависи-
мости падения магнитного напряжения во всей цепи

намагнічування от величини воздушных зазоров для головки записи, магнитопровод которой выполнен из листового пермендюра толщиной 2 мм следующих размеров: $c = 40$ мм, $h = 97$ мм, $2\Delta = 85$ мм,

$L = 37$ мм (зависимости $m(B)$ рельсовой стали и пермендюра, необходимые для расчета, приведены на рис. 4.

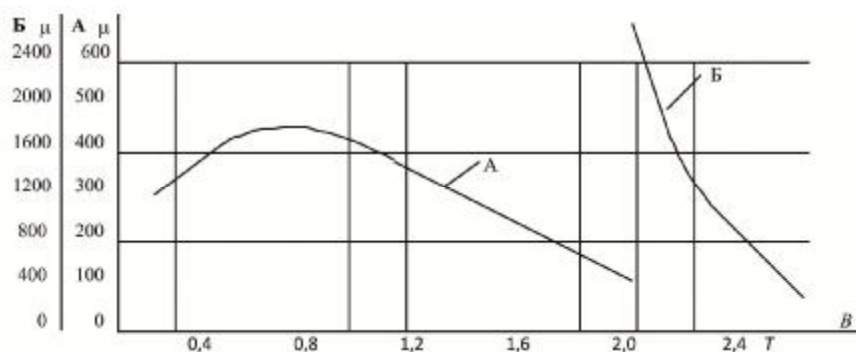


Рис. 4. Зависимости относительной магнитной проницаемости от индукции: А – рельсовая сталь; Б – пермендюр с содержанием 1,8 % V

Результаты расчета представлены на рис. 5, из которого можно заключить, что даже при применении пермендюра, имеющего индукцию насыщения $B_s = 2,4$ Т, в качестве материала магнитопровода записывающей головки суммарное падение магнитного напряжения U_Σ очень сильно возрастает при незначительном увеличении воздушных зазоров d , что подчеркивает необходимость приближаться к условиям контактной записи кода на массивный ферромагнитный носитель.

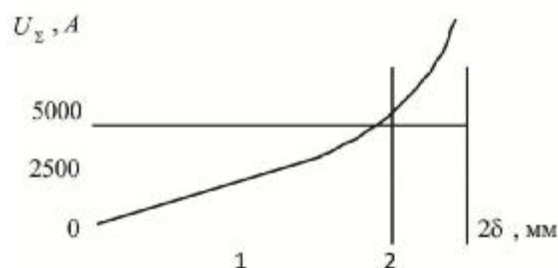


Рис. 5. Зависимость суммарного падения магнитного напряжения в цепи от величины воздушных зазоров

Выводы. Таким образом учет зависимости распределения поперечной магнитной индукции в толще профильного магнитоносителя вдоль него позволило существенно повысить точность расчета цепи намагничивания и оптимизировать число ампервитков, условия записи и габариты магнитной записывающей головки.

Литература

- Смирний М.Ф. Пристрій для зчитування інформації з профільного металевого носія // М.Ф. Смирний. – Патент України № 83545, G06K 7/08, опубл. 10.09.2013, бюл. № 17.
- Ротерс Г.К. Электромагнитные механизмы / Г.К. Ротерс. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1949.

References

- Smirny M.F. Prystrii dlya zchituvannya inbformatzii z profilnogo metalevogo nosiya // M.F. Smirny. – Patent Ukrainy 83545, G06K 7/08, opubl. 10.09.2013, bul. 17.
- Roters G.K. Elektromagnitnye mehanizmy / G.K. Roters. – M. – L.: Gosenergoizdat, 1949.

Смирний М.Ф. Методика розрахунку ланцюга намагнічування системи «магнітна головка-профільний носій» при створенні первинних перетворювачів САК на промисловому транспорті.

Розроблено еквівалентну електричну схему-аналог ланцюга намагнічування системи «магнітна головка-профільний носій». При розрахунку ланцюга враховано дзвіноподібний розподіл індукції магнітного поля мітки в товщі профільного магнітоносія, нанесеної головкою для поперечного запису.

Ключові слова: головка для поперечного запису, профільний магнітоносій, магнітний потенціал.

Smirny M. Methodology of «Magnetic head – profiling magnetic medium» magnetization chain system calculation under creation of ACS initial converter at industrial transport.

Equivalent electric scheme analogue to magnetization system 'magnetic head – profiling magnetic medium' chain has been developed. In calculation bell-like distribution of magnetic field mark induction across the width of profile magnetic medium deposited head of transverse recording has been considered.

Keywords: head for transverse recording, profiling magnetic medium, magnetic potential.

Смирний М.Ф. – д.т.н., професор, перший проректор СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: msmir@snu.edu.ua

Рецензент: Яковенко В.В., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.03.2014

УДК 656.212

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ СТАНЦИИ ПРИМЫКАНИЯ И ППЖТ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ**Строев А.П., Шворникова А.М., Капустин Д.А., Бондаренко А.В.****IMPROVING WORK STATIONS AND JUNCTION RPP NETWORK MODEL****Stroev A., Shvornikova A., Kapustin D.A., Bondarenko A.**

В данной статье рассмотрены проблемы работы станции примыкания и ППЖТ при обслуживании грузовых фронтов. Анализируются недостатки в работе станций и их причины. Выявлены основные факторы, которые влияют на время нахождения грузового вагона под технологическими операциями. Обосновывается необходимость моделирования работы станций примыкания для выбора оптимальных решений по совершенствованию организации и технологии. Изучены процессы определения показателей работы станции примыкания и ППЖТ при оптимальном интервале обслуживания грузовых фронтов на основе сетевых моделей. Определена экономическая целесообразность работы по оптимальному интервалу обслуживания грузовых фронтов.

Ключевые слова: станция примыкания, подъездной путь, простой вагона, маршрутизация, поездовая работа, маневровая работа, нитки графика.

Введение. Промышленный железнодорожный транспорт технологически связан с магистральным транспортом и обеспечивает регулярное обслуживание производственных цехов предприятий. Техническая оснащенность ППЖТ, последовательность и продолжительность выполнения технологических операций находятся в зависимости от отрасли, структуры и объемов производства, а также взаимного расположения промышленных предприятий, что определяет степень сложности и специфику работы этого вида транспорта.

Таким образом, промышленный железнодорожный транспорт предназначен для обеспечения ритмичной работы всех звеньев промышленных предприятий и одновременно, активно взаимодействуя со станциями примыкания, создает необходимые предпосылки для повышения регулярности перевозочного процесса на магистральном транспорте. [1]

Постановка проблемы. Изучение процессов и определение показателей работы станции примыкания и ППЖТ при оптимальном интервале обслуживания грузовых фронтов производится на основе сетевых моделей, которые всесторонне описывают

технологический процесс, отображают все взаимосвязи производственных операций.

Для рассматриваемого промышленного района, обслуживаемого ППЖТ, разрабатывается сетевая модель работы станции примыкания и ППЖТ. При этом учитывается, что на общесетевой модели существенное влияние оказывает точность определения интервалов подачи вагонов на грузовые фронты, продолжительность операции накопления и другие элементы технологического процесса.

При наличии критических путей, которые проходят по действительным работам, влияющим на завершающие события, может оказаться, что интервалы между прибытиями и отправлениями поездов будут расположены также на критическом пути, хотя интервалы и не являются работами. Учет этих интервалов на критических путях является методически правильным лишь при постоянно действующем расписании прибытия и отправления передач.

В сетевой модели учитываются простои локомотива из-за враждебности маршрутов, экипировки, смены бригад, что обеспечивает правильный расчет параметров сетевой модели.

Если операции по отправлению оказываются завершенными раньше, чем должен быть отправлен поезд на станцию примыкания, то вводят операцию "ожидание нитки графика" с указанием времени ожидания. При значительных величинах времени ожидания возникает потребность сделать оценку целесообразности изменения графика отправления передач. Для этого необходимо сопоставить в стоимостном выражении величины: экономия (сокращение) вагоно-часов простоя и затрат локомотиво-километров одиночного пробега, т.е. [2-3]

$$C_{в-ч} \Sigma_{nt} > C_{в-ч} \Sigma_{ml}, \quad (1)$$

где $C_{в-ч}$ - приведенная стоимость вагоно-часа;

Σ_{nt} - сумма вагоно-часов экономии на путях станции;

Σ_{ml} - суммарные локомотиво-км одиночного пробега.

Построенная сетевая модель должна быть тщательно проанализирована с целью выявления узких мест и разработки мероприятий, направленных на совершенствование работы станции примыкания и ППЖТ.

Анализ последних исследований и публикаций. Одними из важнейших факторов, которые необходимо учитывать в условиях рыночных отношений являются факторы, затрагивающие интересы грузовладельцев. К ним относятся: расходы на содержание и техническое оснащение погрузочно-разгрузочных фронтов, затраты на хранение запасов и другие. Формировании взаимоотношений между железными дорогами и промышленными предприятиями (грузовладельцами) требует использования системного подхода, который учитывает интересы грузоотправителей и грузополучателей при условии получения максимальной прибыли железными дорогами [4-5].

Исследование технологии работы подъездных путей предприятий и грузовых станций нашли отражение в работах выдающихся ученых: В.М. Акулиничева, Г.Ф. Бабушкина, А.М. Берестового, О.В. Билогуровой, В.И.Бобровського, Т.В. Бутько, В.К. Губенко, М.И.Данько, А. Т. Дерибаса, И. В. Жуковичко, Г. И. Загарий, А. М. Котенко, Л. С. Крохина, В. К. Мироненко, Е. В. Нагорного, В. Я. Негрея, Г.И.Нечаева, А. Д. Омельченко, В.В. Повороженко, А. А. Полякова, В.М.Самсонкина, А. А. Смехова и других.

На основании анализа существующих технологий работы подъездных путей и станций примыкания сделан вывод, что действующие технологии недостаточно учитывают динамичный и стохастический характер работы системы и не в полной мере рассмотрены вопросы информатизации взаимодействия промышленного и магистрального транспорта.

Постановка задачи. Взаимная связь процесса промышленного производства и ППЖТ осуществляется путем выполнения транспортных операций для каждого предприятия района, при этом технические средства и финансовые ресурсы, являются основой и используются для выполнения программы перевозки и производства погрузочно-разгрузочных работ. Своевременное и качественное составление указанной программы обеспечивает организацию устойчивых грузопотоков и эффективность всего транспортного процесса. Она объединяет технико-экономические показатели эксплуатационной работы и служит базой для разработки транспортно-финансового плана ППЖТ, основными разделами которого являются:

- объем перевозок, погрузочно-разгрузочных, складских и технологических работ;
- потребность в локомотивах, вагонах и средствах механизации грузовых работ;
- технико-эксплуатационные показатели, смета эксплуатационных расходов, себестоимость тонно-километра и тонны переработанного груза.

Определение этих показателей для ППЖТ имеет отличительную особенность от традиционно установленного порядка, которая состоит в учете изменений объемов перевозок и погрузочно-разгрузочных работ, возникающих в течение года на обслуживаемых предприятиях промышленного района.

Целью работы является совершенствование работы станции примыкания и ППЖТ с помощью сетевых моделей.

Изложение основного материала. Организация эксплуатационной работы по обслуживанию грузовых фронтов, в своей основе, предполагает наличие постоянного взаимодействия ППЖТ и станции примыкания по целесообразному распределению объемов производства маневровой и погрузочно-разгрузочных работ, средств механизации транспортного процесса и достижения при этом высокой эффективности осуществляемых мероприятий за счет строгого выполнения технологических и временных нормативов и последовательности в обработке маневровых передач, а также наличия достаточного запаса производственных мощностей, гарантирующих своевременную обработку прибывающего и отправляемого вагонопотоков.

Отклонение от этих условий значительно снижает эффективность рассматриваемого метода эксплуатационной работы. Рассмотрим порядок ее определения.

Экономическая целесообразность работы по оптимальному интервалу обслуживания грузовых фронтов устанавливается путем сопоставления общих затрат по вариантам [2, 5]:

$$E_{гр}^{оп} < E_{гр}^c$$

где $E_{гр}^{оп}$ — затраты при организации транспортной работы при оптимальном интервале, грн.;

$E_{гр}^c$ - затраты на производство работ при существующем способе обслуживания грузовых фронтов, грн.

В общую сумму затрат по каждому варианту обслуживания грузовых фронтов включают расходы на:

- подачу и уборку вагонов на подъездной путь и обратно на станцию примыкания;
- формирование и расформирование передач;
- подачу и уборку вагонов с грузовых фронтов.

При обслуживании по оптимальному интервалу указанные расходы будут стремиться к минимальному значению, зависящему от величины обрабатываемого потока. В свою очередь всякое отклонение от установленного начала интервала обслуживания грузовых фронтов приводит к росту потерь: от раннего прибытия передач $E_{рп}$ и потерь от позднего прибытия передач $E_{пд}$, т.е.

$$E_{гр}^{оп} = E_{рп} + E_{пд} \quad (2)$$

Рассмотрим эти потери путем последовательного определения составляющих их величин.

Затраты ППЖТ от преждевременного прибытия передач определяются как сумма составляющих потерь:

$$E_{\text{рн}} = \sum_{i=1}^{i=a_{\text{рн}}} E_i$$

E_i - расходы, вызываемые ранним прибытием i -ой передачи, руб.;

$a_{\text{рн}}$ - случаи раннего прибытия передачи.

В рассматриваемой работе учтены следующие виды расходов, вызываемые:

- занятостью маневровых средств и путей приема E_1 ;

- вынужденным складированием грузов, прибывающих раньше начала интервала обслуживания фронта E_2 ;

- привлечением дополнительного количества механизмов E_3 ;

- ожиданием начала грузовой работы E_4 .

Так потери от занятости маневровых средств и станционных путей определяют по формуле:

$$E_1 = (n t_{\text{дв}} C_{\text{в-ч}} + N t_{\text{ок}} C_{\text{л-ч}} + n t_{\text{ок}} C_{\text{в-ч}}) K_t \quad (3)$$

где $n t_{\text{дв}}$, $N t_{\text{ок}}$, $n t_{\text{ок}}$ - потери вагоно- и локомотиво-часов, затраченных на ожидание начала формирования;

K_t - коэффициент, учитывающий потери времени из-за занятости путей расформирования. Величина K_t изменяется в интервале от 1 до 2;

$K=1$ - пути свободны для приема передачи;

$K=1,5$ - пути заняты, но прием передач возможен при выполнении маневровой работы по осаждению вагонов или перестановке их на свободные пути, не участвующие в процессе приемки вагонопотока;

$K=2$ - пути заняты, производство маневров невозможно.

Значения K_t определены расчетами, в которых существующая вместимость путей приема вагонопотока принята за $K_t = 1$;

При $K_t \leq 1$ расходов E_1 не будет, при $K_t > 1$ расходы будут увеличиваться; при $K_t > 2$ расходы будут максимальными; временно, до освобождения путей приема, прекращается прием вагонопотока.

Прибытие передач вне интервала приводит предприятие к потерям из-за вынужденного складирования груза в склады сверх - установленных норм, т.е.

$$E_2 = Q_{\text{ск}} C_{\text{ск}} \quad (4)$$

где $Q_{\text{ск}}$ - количество тонн груза, прошедших дополнительную операцию складирования в одной подаче, прибывшей вне интервала;

$C_{\text{ск}}$ - стоимость складирования одной тонны груза, грн.

Раннее прибытие передачи требует от грузополучателя привлечения дополнительной погрузо-разгрузочной техники, при этом потери составят:

$$E_3 = Z t_{\text{м}} C_{\text{м-ч}} \quad (5)$$

где Z - количество машин дополнительно введенных в работу;

$t_{\text{м}}$ - количество машино-часов работы;

$C_{\text{м-ч}}$ - стоимость машино-часа, грн.

Условия работы по оптимальному интервалу обслуживания грузовых фронтов предусматривают меры ответственности станции примыкания и ППЖТ за соблюдение этого интервала. Раннее прибытие передачи приводит к преждевременной подаче ее на грузовой фронт предприятия. В этом случае предприятие освобождается от ответственности за перепростой вагонов на величину вагоно-часов, полученных от простоя вагона до момента подачи по интервалу. Эти потери выражены уравнением:

$$E_{\text{п}} = n t C_{\text{в-ч}}, \quad (6)$$

где t - время обработки прибывших передач, час.;

n - количество вагонов, поданных на грузовой фронт;

Подставив полученные значения E_1 , E_2 , E_3 , E_4 , получим величину общих потерь от раннего прибытия передач:

$$E_{\text{рн}} = [(n t_{\text{дв}} C_{\text{в-ч}} - N t_{\text{ок}} C_{\text{л-ч}} + n t_{\text{ок}} C_{\text{в-ч}}) K_t + Q_{\text{ск}} C_{\text{ск}} + Z t_{\text{м}} C_{\text{м-ч}} + n t C_{\text{в-ч}}] Q_{\text{рн}}.$$

Рассматривая случаи отклонения от установленных интервалов, можем убедиться, что позднее прибытие передачи также приводит к дополнительным потерям, величина которых выражается уравнением:

$$E_{\text{пд}} = (E_{\text{ож}}^{\text{л}} + E_{\text{ск}}^{\text{м}} + E_{\text{ск}}^{\text{в}} + E_{\text{ск}}^{\text{г}}) a_{\text{пд}}, \quad (7)$$

где $E_{\text{ож}}^{\text{л}}$ - потери локомотиво-часов от ожидания;

$E_{\text{ск}}^{\text{м}}$ - потери машино-часов от простоя;

$E_{\text{ск}}^{\text{в}}$ - потери от выполнения дополнительных складских операций, вызванных необходимостью возместить производству сырье из резерва предприятия;

$E_{\text{ск}}^{\text{г}}$ - потери от складирования готовой продукции, выработанной за время задержки прибытия передачи;

$a_{\text{пд}}$ - количество случаев позднего прибытия передач.

Потери локомотиво-часов определим из следующего выражения

$$E_{\text{ож}}^{\text{л}} = N t_{\text{ож}} C_{\text{л-ч}}, \quad (8)$$

где $t_{\text{ож}}$ - время, на которое задержано прибытие передачи, час;

$C_{\text{л-ч}}$ - стоимость локомотиво-часа, руб.;

N - количество локомотивов, ожидающих работы.

Потери машино-часов простоя можно определить по формуле:

$$E_{\text{ск}}^{\text{м}} = Z t C_{\text{м-ч}} \quad (9)$$

где Z - количество погрузо-разгрузочных машин и других механизмов, имеющих простои в ожидании работы;

t - время простоя, час;

$C_{\text{м-ч}}$ - стоимость машино-часа.

Потери от выполнения дополнительных складских операций, вызванных необходимостью возместить производству не прибывшее сырье по установленному интервалу за счет резерва предприятия определяют

$$E_{\text{ск}} = Q_{\text{ск}} C_{\text{ск}} \quad (10)$$

где $Q_{\text{ск}}$ - количество тонн сырья, поданного в производство за один случай позднего прибытия передачи.

Производство несет потери от необходимости частично или полностью сдавать готовую продукцию на склад, исключая ее из плана реализации. Эти потери будут определены уравнением:

$$E_{\text{ск}}^{\Gamma} = Q_{\text{ск}}^{\Gamma} C_{\text{ск}} \quad (11)$$

где $Q_{\text{ск}}^{\Gamma}$ - количество продукции, подлежащей складированию.

После подстановки аналитических выражений для вычисления $E_{\text{ож}}^{\Gamma}$, $E_{\text{ск}}^{\text{м}}$, $E_{\text{ск}}^{\text{в}}$, $E_{\text{ск}}^{\Gamma}$ в формулу (7) получим развернутую формулу для определения общих потерь, вызываемых поздним прибытием передач

$$E_{\text{пд}} = a_{\text{пд}} (N t_{\text{ож}} C_{\text{л-ч}} + Z t C_{\text{м-ч}} + Q_{\text{ск}} C_{\text{ск}} + Q_{\text{ск}}^{\Gamma} C_{\text{ск}})$$

Анализ выполнения установленных интервалов маневровых передач на пути ППЖТ показывает, что их исполнение составляет 29,8 % т.е. из четырех передач три прибыли с нарушением установленного интервала, причем, раннее прибытие имеет одна, и позднее прибытие - две передачи. Интервал по отправлению передач также имеет отклонения: из четырех, предусмотренных по технологии передач, две отправляются с опережением графика и две с опозданием от установленного времени отправления.

В этих условиях ППЖТ вынуждено содержать необходимый резерв маневровых, погрузочно-разгрузочных средств и путевого развития, что не всегда экономически оправдано.

Технология обслуживания грузовых фронтов является эффективной, если она позволяет сократить время обработки вагонопотоков, получить дополнительную экономию материальных средств от сокращения технологического времени работы механизмов, занятых на выполнении погрузочно-разгрузочных операций и т.д., выраженных в сопоставимых величинах, например, в гривнах.

Выводы. В статье рассмотрена задача совершенствования технологии работы подъездных путей промышленных предприятий и станций примыкания на основе рационального использования подвижного состава путем разработки комплекса моделей, который позволяет сократить время нахождения вагонов на технологических операциях и, как следствие, ускорить оборот грузового вагона через оптимизацию организационных вопросов, вопросов рационального технического оснащения и количества технических средств.

Проведенный анализ существующих технологической работы подъездных путей промышленных предприятий и грузовых станций магистрального транспорта. Выявлены основные факторы, которые влияют на время нахождения грузового вагона под технологическими операциями. На основании анализа множества технологических факторов сделан вывод, что действующие технологии недостаточно учитывают динамичный и стохастический характер работы системы и не в полной мере рассмотрены вопросы информатизации взаимодействия промышленного и магистрального транспорта.

Л и т е р а т у р а

1. Корнилов С.Н., Антонов А.Н. Подход к выбору приоритетов при обслуживании производственных подразделений железнодорожным транспортом // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2011. - № 1. - С. 95-99.
2. Корнилов С.Н., Антонов А.Н. Подход к выбору приоритетов при обслуживании производственных подразделений железнодорожным транспортом // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2011. № 1. С. 95-99.
3. Багинова В.В., Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А. Контроль вагонопотоков на пути необщего пользования // Мир транспорта. 2010. Т. 31. № 3. С. 108-113.
4. Корнилова М.М., Корнилов С.Н. Направления оптимизации работы станций примыкания в современных условиях // Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education. – 2012.
5. Ковальов А.О. Удосконалення технології роботи під'їзних колій незагального користування і вантажних станцій магістрального транспорту / автореф. дис. канд. техн. наук / А.О. Ковальов. – Харків, 2006. – 21 с.

R e f e r e n c e s

1. Kornilov S.N., Antonov A.N. Podhod k vyboru prioritetov pri obsluzhivanii proizvodstvennyh pod-razdelenij zheleznodorozhnym transportom // Sovre-mennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. 2011. - № 1. - S. 95-99.
2. Kornilov S.N., Antonov A.N. Podhod k vyboru prioritetov pri obsluzhivanii proizvodstvennyh pod-razdelenij zheleznodorozhnym transportom // Sovre-mennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. 2011. № 1. S. 95-99.
3. Baginova V.V., Rahmangulov A.N., Osincev N.A. Kontrol' vagonopotokov na puti neobshhego pol'zovaniya // Mir transporta. 2010. T. 31. № 3. S. 108-113.
4. Kornilova M.M., Kornilov S.N. Napravleniya optimizatsii raboty stancij primykaniya v sovremennyh usloviyah // Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education. – 2012.
5. Koval'ov A.O. Udoskonallennja tehnologii roboti pid'iznih kolij nezagal'nogo koristuvannja i vantazhnih stancij magistral'nogo transportu / avtoref. dis. kand. tehn. nauk / A.O. Koval'ov. – Harkiv, 2006. – 21 s.

Стрось А.П., Шворнікова Г.М., Капустін Д.О., Бондаренко О.В. Вдосконалення роботи станцій примикання та ППЗТ за допомогою мережевих моделей.

У статті розглянута задача вдосконалення технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і

станцій примикання на основі раціонального використання рухомого складу шляхом розробки комплексу моделей, який дозволяє скоротити час перебування вагонів на технологічних операціях і як наслідок, прискорити обіг вантажного вагона через оптимізацію організаційних питань, питань раціонального технічного оснащення та кількості технічних засобів. У даній статті розглянуті проблеми роботи станції примикання і ППЖТ при обслуговуванні вантажних фронтів. Аналізуються недоліки в роботі станцій та їх причини. Виявлено основні фактори, які впливають на час знаходження вантажного вагона під технологічними операціями. Обґрунтовується необхідність моделювання роботи станцій примикання для вибору оптимальних рішень щодо вдосконалення організації і технології. Вивчено процеси визначення показників роботи станції примикання і ППЖТ при оптимальному інтервалі обслуговування вантажних фронтів на основі мережевих моделей. Визначено економічну доцільність роботи з оптимального інтервалу обслуговування вантажних фронтів.

Ключові слова: станція примикання, під'їзна колія, простий вагону, маршрутизація, поїзна робота, маневрова робота, нитки графіка.

Stroev A., Shvornikova A., Kapustin D., Bondarenko A. Improving work stations and junction RPP network model.

In this article we consider the problem of improving the technology of industrial sidings and stations adjacency on the basis of rational use rolling stock through the development of complex models, which reduces the time spent by wagons on the manufacturing operations and , as a result, accelerate the

turnover of freight cars through the optimization of organizational issues management issues of technical equipment and the amount of hardware.

This article discusses the challenges of working and connecting station RPP serving cargo fronts. Analyzes the shortcomings of the stations and their causes. The main factors that affect the time you find a wagon technological operations. The necessity of modeling work stations abutting to select optimal solutions to improve the organization and technology. The processes of determining the performance of the connecting station and RPP at the optimum service interval cargo fronts based on network models. The economic expediency of work on optimal service interval cargo fronts.

Keywords: station abutting driveway, simple car, routing, train operation, shunting operations, thread schedule.

Строєв А.П. – магістрант кафедри кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Шворнікова Г.М. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Капустін Д.О. – к.т.н., ст. викл. кафедри кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Бондаренко О.В. – викладач Кіровського транспортного технікуму, Луганська обл., Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 22.02.2014

УДК 629.4.016 (47)

ДОСВІД ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ КРАЇН СНД

Тартаковський Е.Д., Міхєєв С.О., Сумцов А.Л., Мінеєва Ю.В.

EXPERIENCE OF TECHNICAL MANUAL TRACTION ROLLING THE RAILWAYS OF CIS COUNTRIES

Tartakovskiy E., Miheev S., Sumtsov A., Mineeva Yu.

Технічна експлуатація тягового рухомого складу важлива складова забезпечення ефективності роботи залізниць та безпеки руху на них. Розвиток науки, техніки та промисловості вимагають постійного пошуку забезпечення підвищення ефективності застосування заходів технічної експлуатації, особливо систем утримання рухомого складу. Вивчення досвіду різних країн надає можливості попередньої оцінки застосування тих чи інших заходів, водночас економлячи ресурси при виборі конкретних стратегій та напрямків їх застосування. В статті розглянуто досвід країн Співдружності незалежних держав в галузі технічної експлуатації тягового рухомого складу.

Ключові слова: технічне обслуговування, тяговий рухомий склад, країни СНД, технічна експлуатація, системи утримання, сервісне обслуговування.

Вступ. Розвиток залізничного транспорту тісно пов'язаний зі станом інфраструктури та рухомого складу. Для підтримання тягового рухомого складу (ТРС) в працездатному стані із забезпеченням необхідного рівня надійності та безпеки руху використовують систему технічного обслуговування та ремонту (ТОР). Вивчення досвіду різних країн дозволяє виявити найбільш ефективні способи управління технічною експлуатацією ТРС.

Мета роботи. Розглянути досвід країн Співдружності незалежних держав в галузі технічної експлуатації локомотивів.

Результати дослідження. Країни СНД займають особливу роль у всесвітній мережі залізниць зв'язуючи країни Європи та Азії у єдиний транспортний простір.

Всі залізниці країн СНД належать державним компаніям. Мають однакову ширину колії магістральних ліній – 1520 мм. В прикордонних районах України, Росії, Казахстану та Білорусі маються, невеликі за протяжністю, лінії з шириною колії 1435 мм.

Найбільші за розміром, серед країн СНД, є залізниці Російської Федерації вони охоплюють 85,2 тис. км експлуатаційної довжини магістральних колій, з них майже половина (43,3 тис. км) – електрифіковані двома системами – 3кВ постійного струму та 25 кВ 50Гц змінного.

Єдиним оператором Російських залізниць є компанія "Российские железные дороги" (РЖД). В своїй структурі вона має 16 філіалів – залізниць. Ці залізниці сформовані за територіальним принципом, ще за часів СРСР. Вони мають в своєму розпорядженні 20 400 локомотивів інвентарного парку [1].

На лініях постійного струму велику частину парку РЖД складають електровози ВЛ10 різних модифікацій – 2 269,5 локомотива. Окрім них досить суттєва частина парку припадає на локомотиви серій ВЛ11, ВЛ11К і ВЛ11М, загальне число яких в сумі становить 957,5 локомотива, при загальній кількості вантажних електровозів постійного струму 3 690,5 локомотивів. Інші електровози відносяться до сучасних серій що виробляються у Росії [2].

Електровозів постійного струму, що використовуються для пасажирських перевезень, у Росії 1021 одиниця. В «РЖД» знаходиться 183 машини серії ЧС2, 285 локомотивів ЧС2К і 106 електровозів ЧС2Т. Всі ці локомотиви односекційні. Двосекційні електровози представлені 10 машинами серії ЧС200, 29 локомотивами ЧС6 і 227 електровозами ЧС7. Всі ці локомотиви сконцентровані на двох залізницях – Жовтневій та Московській [2].

На мережі налічується 4179,5 вантажних електровозів змінного струму. Переважна більшість локомотивів в цьому сегменті - 3091,5 машин - складають електровози ВЛ80 різних модифікацій. Окрім них налічується 299 електровозів серії ВЛ60К. Найбільш потужними радянськими електровозами змінного струму були локомотиви серії ВЛ85, котрих на залізницях Росії налічується 254 локомотива. Всі вони знаходяться на Східно-Сибірській дорозі [2].

Парк пасажирських електровозів змінного струму складається з 1442 локомотива. Найбільша кількість електровозів в цьому сегменті, 841 секція, відноситься до ЕП1 та його модифікацій. Другим за чисельністю є парк електровозів ЧС4 – 424 електровозів. Окрім цих серій використовуються електровози ВЛ60^{ПК} та двохсекційні ЧС8 [2].

Наявність двох систем електропостачання призводить до необхідності використання багатосистемних електровозів. Нажаль на залізницях РЖД парк двосистемних електровозів незначний і представлений лише трьома серіями ВЛ82м, ЕП10 та ЕП20 [2].

Тепловозний парк залізниць РЖД складається з 10 218 тепловозів, більшу частину з яких складають маневрові тепловози (6 106 секція). Серед основних серій маневрових тепловозів необхідно відмітити тепловози сімейств ЧМЕЗ (3 351 локомотив), ТЕМ2 (2 419 тепловозів) та ТЕМ7 (193 тепловоза). Кількість тепловозів інших серій набагато менша.

Магістральні вантажні тепловози в Росії представлені переважно серіями ТЕ10 різних модифікацій (1098 тепловозів) та 2ТЕ116 різних індексів (понад 800 тепловозів). Пасажирський тепловозний парк переважно складають тепловози сімейства ТЕП70. Окрім них є ще тепловози 2ТЕ10УТ та сімейства М62.

Середній вік електровозів РЖД перевищує 26 років, тепловозів – 23 роки. Загалом середній вік парку – понад 24 років. Наведені цифри показують, що відсоток зносу локомотивів в даний час значний. Згідно з розрахунками, до 2015 р. інвентарний локомотивний парк перевищить 19 тис. од. Нових локомотивів має бути близько 40 %. Частка модернізованих машин підніметься до 24%. Крім того, в парку буде перебувати 32 % локомотивів зі вичерпаним терміном служби. Загальний відсоток локомотивів з вичерпаним терміном служби не перевищить 3 – 4 %. Серед них основна частка припадає на маневрові локомотиви. В результаті намічених заходів до 2015 вдасться знизити середній вік локомотивного парку до 21 року, в тому числі по тепловозів – до 19 років і по електровозах – до 22 років [3].

Для підтримання справного стану та забезпечення заданого рівня надійності на РЖД використовують планово-попереджувальну систему ТОР. Вона затверджена розпорядженням №3р від 17.01.2005 р «О системе технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО РЖД» [4, 5].

Відповідно до нього структура ремонтного циклу складається з чотирьох видів ТО, трьох видів поточних ремонтів (ПР), середнього та капітального ремонтів (відповідно СР та КР). При цьому ТО та ПР проводяться в базових депо, а СР і КР на спеціалізованих заводах.

Однак останнім часом з'явилася тенденція переходу від планово-попереджувальної системи ТОР на власних потужностях до системи сервісного обслуговування та ремонту [5 – 8].

Для накопичення досвіду та поступового планового переходу була сформульована концепція, що складалася з п'яти етапів [6].

Перший етап. Розробка передбачуваної моделі оптимізованої системи технічного обслуговування і ремонту локомотивів.

Другий етап. Формування нормативно-технічної бази. З цією метою протягом 2010 – 2011 рр. на залізницях з найбільш інтенсивною експлуатаційною роботою (Московська, Південно-Уральська, Східно-Сибірська, Далекосхідна) були системно проведені різні експериментальні перевірки ресурсу роботи обладнання, можливостей організації ремонту локомотивів з збільшеними інтервалами між депо-ремонтами і скороченням циклом робіт по окремих вузлах і устаткуванню. У результаті були визначені первинні межі глибини змін для існуючої системи ремонту, визначені оптимальні величини міжремонтних інтервалів.

Спираючись на досягнутий результат, групами експертів, створених з числа висококваліфікованих фахівців профільних лінійних підприємств, здійснено перегляд (оптимізація) у першу чергу керівництв по ремонту електровозів серій ВЛ10, ВЛ80, 2ЕС5К «Єрмак» і тепловозів серії 2ТЕ116.

Третій етап. Експериментальне апробування попередніх напрацювань.

Метою цього етапу є експериментальна оцінка результатів попередніх розрахунків за допомогою аналізу зміни фактичних витрат при впровадженні оптимізованої системи ремонту.

На початковій стадії, в 2010 р. експеримент був організований на ділянках з мінімальною інтенсивністю руху (депо Брянськ і Ярославль). У 2012 р. експеримент був розширений до розмірів Східного полігону РЖД.

На даний момент в результаті моніторингу технічного стану обладнання локомотивів уточнено перелік елементів, стан яких обмежує збільшення напруженості роботи локомотивів між поточними ремонтами, а також елементи, з обслуговуванням яких пов'язані найбільші витрати. В результаті сформовано пропозиції щодо коригування регламенту виконуваних ремонтних робіт і розробці типових технологічних процесів. В даний час цей етап знаходиться на стадії аналітичної обробки попередніх підсумків проведених експериментів.

Четвертий етап. У ході його проведення планується дати економічну оцінку ефективності оптимізованих технологічних процесів в ремонті ТРС та їх інтеграції з інформаційними системами РЖД.

При оцінці економічної доцільності повинна використовуватися інтегральна оцінка, що враховує частоту виникнення відмов вузлів і агрегатів, їх вплив на працездатність локомотива, величину витрат, пов'язаних як з відновленням відмовив обладнання, так і втратами в експлуатаційній роботі внаслідок відмови. Крім того, необхідно розрахувати величину витрат на діагностування обладнання, його заміну або відновлення у разі псування.

П'ятий етап . Після остаточної коригування та затвердження нормативно-технічної документації передбачається тиражування оптимізованої системи ремонту локомотивів на мережі доріг РЖД [6].

З 2008 р. було проведено ряд заходів в рамках реформування локомотивного господарства ВАТ «РЖД». На першому етапі проведено реформування заводів з капітального ремонту локомотивів та виробництва запасних частин - філій ВАТ «РЖД». У 2009 р. створено дочірнє товариство ВАТ «Желдорремаш» на базі 10 локомотиворемонтних заводів.

Другим етапом став поділ локомотивних депо та Департаменту локомотивного господарства на дві складові по спеціалізації діяльності та відповідальності - експлуатацію та ремонт. З 1 квітня 2010 р. створена вертикаль управління Дирекції з ремонту тягового рухомого складу (ЦТР), а до кінця 2011 р. завершена робота з виділення Дирекції тяги (ЦТ) [7].

Зараз перед Дирекцією тяги як балансоутримувачем та єдиним центром відповідальності за надання справних локомотивів, їх технічний стан, з точки зору виконання ремонтних робіт, підвищення надійності та модернізації в різні періоди життєвого циклу, несуть відповідальність три незалежних один від одного центри: виробники локомотивів - в гарантійний період експлуатації; ЦТР - у період між заводськими видами ремонту; локомотиворемонтні заводи - при капітальних (заводських) ремонтах.

Наступним кроком стало створення компаній з сервісного обслуговування та передачу їй права проведення ТО та ПР. Перший договір на надання послуг сервісу був укладений в 2010 р. ВАТ «РЖД» з ТОВ «ТМХ-Сервіс». У якості «пілотного» проекту передавалися на обслуговування 185 електровозів 2ЕС5К в депо Вихоревка Східно-Сибірської залізниці. Згодом кількість обслуговуваних локомотивів різних серій було збільшено по всій мережі і в даний час перевищує сім тисяч [8].

У 2011 р. утворена компанія ТОВ «СТМ-Сервіс». Вона прийняла на сервісне обслуговування 145 електровозів 2ЕС6. Зараз в цій компанії знаходиться вже більше 250 локомотивів. В лютому 2013 р. був укладений договір на сервісне обслуговування пасажирських електровозів ЕП20. Відповідно до нього виробник через уповноважену сервісну компанію несе відповідальність на всьому життєвому циклі локомотива (40 років) за виконання ремонтних робіт власним персоналом на потужностях ВАТ «РЖД».

На початковому етапі практичної діяльності сервісних компаній перед ними було поставлено головне завдання - заповнення «прогалин» постачання, функції контролю змінюваності запасних частин і технології ремонту, визначено взаємовідносини з ними через показники ефективності та надійності.

Більш гнучка та оперативна інтеграція «ТМХ-Сервіс» з виробником локомотивів і заводами «Желдорремаш» принесла позитивні результати. Направлене між ними співпрацю на своєчасне забезпе-

чення оригінальними запасними частинами, а також ряд успішно організованих і проведених модернізацій з підвищення технічної надійності, дозволили:

- На 15 % знизити час простою електровозів на планових видах ремонту ТР-1 по відношенню до локомотивів, які обслуговує ЦТР;

- На 42 % скоротити час простою тепловозів при неплановому ремонті, у тому числі на 30 % - простий з рекламацій;

- На 3 % знизити сумарний час логістичних та адміністративних затримок.

Таким чином введення сервісного обслуговування дозволило значно скоротити витрати на систему ТОР для дослідного проекту [8].

Протяжність магістральних залізничних шляхів Казахстану становить понад 14 тисяч км, з них 4,3 тисячі км – електрифіковані змінним струмом напругою 25 кВ 50 Гц. Єдиним оператором залізниць виступає Казахстан темір жолы (КТЖ) [9, 10].

Парк локомотивів налічує 1 920 одиниць. Основні серії електровозів – ВЛ80, ВЛ60, ВЛ40 та КЗ4А. Серед тепловозів найбільша кількість відноситься до сімейства ТЕ10. Окрім них експлуатуються серії ТЕП70, ТЕ3 та маневрові ТЕМ2 і ЧМЕЗ різних індексів. Останнім часом проводиться активне оновлення парку локомотивів за рахунок закупівлі електровозів КЗ4АС, КЗ4А, тепловозів ТЕ33, ТЕМ18 та модернізації тепловозів ТЕ10 [10 – 12].

В КТЖ прийнята планово-попереджувальна система ТОР. Міжремонтні пробіги встановлені наказом міністерства транспорту та комунікацій республіки Казахстан № 625 від 09.08.2013. Цей наказ регламентує час простою локомотива на плановому виді ТО чи ПР та пробіг між ними.

Окрім цього вводиться система сервісного обслуговування модернізованих та нових локомотивів. Зокрема підписано контракти з корпорацією «General Electric» на сервісне утримання тепловозів серії ТЕ33 та модернізованих тепловозів сімейства ТЕ10. Сервісна угода, розрахована на 15 років, вона являє собою найбільший в історії GE Transportation контракт на обслуговування локомотивів за межами Північної Америки, і це перший контракт подібного роду, укладений з Республікою Казахстан. За умовами угоди, GE і ТОО «Ремонтна корпорація «Камкор» співпрацюватимуть з метою підвищення ефективності експлуатації парку локомотивів 2ТЕ10 АТ «Локомотив» і забезпечать:

- гарантовану безперебійну роботу і надійність локомотивів;

- виконання графіка проведення капітального ремонту основних вузлів для захисту інвестицій АТ «Локомотив»;

- управління запасами запчастин і матеріалів для локомотивів і логістику;

- проведення тренінгів для забезпечення в довгостроковій перспективі можливостей з обслуговування локомотивів силами штатних фахівців компанії.

Цією угодою передбачається що ТОО «Ремонтна корпорація «Камкор» надасть приміщення, персонал та оригінальні запчастини для 404 локомотивів 2ТЕ10.

Поступово планується розширення парку локомотивів що перейдуть на сервісну систему утримання [7, 12 - 16].

Таким чином КТЖ поступово оновлюючи парк локомотивів вводить новий принцип функціонування системи утримання, це дозволить економити значні паливно-енергетичні ресурси одночасно зі збільшенням надійності всього залізничного комплексу.

Білоруська залізниця є одним з основних ланок транспортного комплексу країни і займає важливе місце в життєзабезпеченні Республіки Білорусь та її багатогалузевої економіки. Сьогодні Білоруська залізниця здійснює близько 75 % всіх виконуваних в республіці вантажних і більше 50 % пасажирських перевезень. Експлуатаційна довжина Білоруської залізниці складає понад 5500 кілометрів. До складу локомотивного господарства Білоруської залізниці входять 17 локомотивних депо. Основні ремонтні виробництва Білоруської залізниці розміщені в локомотивних депо Барановичі, Ліда, Вітебськ, Жлобин, Брест, Молодечно, Орша, Гомель, Валківська [17 - 19].

В Білорусі діє планово-попереджувальна система ТО та ПР. У 9 локомотивних депо проводять ремонти всіх серій тепловозів та електровозів інвентарного парку. В локомотивному депо Ліда виконують модернізацію тепловозів ЧМЕЗ та збірку тепловозів ТМЕЗ [19].

Висновки. З наведеного матеріалу можна зробити наступні висновки:

- В країнах СНД найбільше поширення має планово-попереджувальна система ремонту на власних ремонтних потужностях.
- Останнім часом з'явилася тенденція закупівлі нового ТРС з супроводженням його в процесі експлуатації сервісним обслуговуванням. Такі Системи застосовують в РЖД та КТЖ.

Л і т е р а т у р а

1. ОАО РЖД [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://rzd.ru>
2. Ильин Ю. Локомотивный парк полужурского периода. [Текст]. / Ю. Ильин. – Отечественные записки, 2013. – Вып. №3 (54). – с.
3. Карякин А. В. Обеспечить надежность парка локомотивов. [Текст]. / А.В. Карякин. – Локомотив, 2007. – №8. – с. 4 – 8.
4. О системе технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО РЖД
5. Никифоров В.А. О системе технического обслуживания тепловозов. [Текст]. / В.А. Никифоров. – Вестник ВНИИЖТ, 2013. – № 1. – с. 46 – 51.
6. Планово-предупредительной системе требуется оптимизация. [Текст]. – Локомотив, 2013. – № 3. – с.
7. Ламкин А.Г. Начинается сервисное обслуживание локомотивов. [Текст]. / А.Г. Ламкин – Локомотив, 2013. – №10. – с. 4 – 8.

8. Лебедев А.А., Ламкин А.Г. Концепция и целевая модель сервисного обслуживания локомотивов в ОАО «РЖД». [Текст]. / А.А. Лебедев, А.Г. Ламкин – Локомотив, 2013. – №11. – с.
9. Казакстан темір жолы [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.railways.kz/ru>.
10. Отчет Акционерного общества «Национальная Компания «Казакстан темір жолы» за 2012 год [Текст]. – «Казакстан темір жолы», 2013. – 74 с.
11. Виды и сроки технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1300008663>.
12. Ильин Ю. Модернизировать или купить? [Текст]. / Ю. Ильин. – Транспорт, 2011. – №10.
13. Сервисное обслуживание должно охватить все виды технического обслуживания и капитального ремонта локомотивов [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://lokomotiv.kz/media/news/5795>
14. Под маркой "General Electric" [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2004-06a13>
15. Акционерное общество Локомотив. Стратегия развития на период 2010 – 2020 гг. [Текст]. – Астана, 2010. – 41 с.
16. GE Transportation анонсирует в Казахстане два важных соглашения в сфере железнодорожного транспорта. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://www.transport.ru/23/i84_5806.htm
17. Ивуть Р.Б., Стефанович Н.В., Косовский А.А. Единая транспортная система и география транспорта. [Текст]. / Р.Б. Ивуть, Н.В. Стефанович, А.А. Косовский. – Минск, 2009. – 76 с.
18. Локомотивное и вагонное хозяйство. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://mintrans.gov.by/rus/activity/rw/funcsandtasks/locomotive_carload
19. Структура Белорусской железной дороги. [Електронный ресурс]. – Режим доступа: http://150let.rw.by/zheleznye_dorogi/belorussskaja_zhelez_naja_doroga_n/.

References

1. ОАО RZhD [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://rzd.ru>.
2. Il'in Ju. Lokomotivnyj park polujurskogo perioda. [Tekst]. / Ju. Il'in. – Otechestvennye zapiski, 2013. – Vyp. №3 (54). – s.
3. Karjakin A. B. Obespechit' nadezhnost' parka lokomotivov. [Tekst]. / A.B. Karjakin. – Lokomotiv, 2007. – №8. – s. 4 – 8.
4. O sisteme tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta lokomotivov ОАО RZhD.
5. Nikiforov V.A. O sisteme tehničeskogo obsluzhivaniya teplovozov. [Tekst]. / V.A. Nikiforov. – Vestnik VNIIZhT, 2013. – № 1. – s. 46 – 51.
6. Planovo-predupreditel'noj sisteme trebuetsja optimizacija. [Tekst]. – Lokomotiv, 2013. – № 3. – s.
7. Lamkin A.G. Nachinaetsja servisnoe obsluzhivanie lokomotivov. [Tekst]. / A.G. Lamkin – Lokomotiv, 2013. – №10. – s. 4 – 8.
8. Lebedev A.A., Lamkin A.G. Konceptija i celevaja model' servisnogo obsluzhivaniya lokomotivov v ОАО «RZhD». [Tekst]. / A.A. Lebedev, A.G. Lamkin – Lokomotiv, 2013. – №11. – s.
9. Kazaqstan temir zholy [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.railways.kz/ru>.

10. Otchet Akcionernogo obshhestva «Nacional'naja Kompanija «Kazakstan temir zholy» za 2012 god. - «Kazakstan temir zholy», 2013. - 74s.
11. Vidy i sroki tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta tjavogogo podvizhnogo sostava. [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1300008663>.
12. Il'in Ju. Modernizirovat' ili kupit'? [Tekst]. / Ju. Il'in. - Transport, 2011. - №10.
13. Servisnoe obsluzhivanie dolzhno ohvatit' vse vidy tehničeskogo obsluzhivaniya i kapital'nogo remonta lokomotivov [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://lokomotiv.kz/media/news/5795>
14. Pod markoj "General Electric" Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2004-06a13>.
15. Akcionernoe obshhestvo Lokomotiv. Strategija razvitiya na period 2010 - 2020 gg. [Tekst]. - Astana, 2010. - 41 s.
16. GE Transportation anonsiruet v Kazahstane dva vazhnyh soglasheniya v sfere zheleznodorozhnogo transporta. [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: http://www.transport.ru/23/i84_5806.htm.
17. Ivut' R.B., Stefanovich N.V., Kosovskij A.A. Edinaja transportnaja sistema i geografija transporta. [Tekst]. / R.B. Ivut', N.V. Stefanovich, A.A. Kosovskij. - Minsk, 2009. - 76 s.
18. Lokomotivnoe i vagonnoe hozjajstvo. [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: http://mintrans.gov.by/rus/activity/rw/funcsandtas/ks/locomotive_carload.
19. Struktura Belorusskoj zheleznoj dorogi. [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: http://150let.rw.by/zheleznye_dorogi/belorusskaja_zhelez_naja_doroga_n/

Тартковский Э.Д., Михеев С.А., Сумцов А.Л., Минеева Ю.В. Опыт технической эксплуатации тягового подвижного состава на железных дорогах стран СНГ.

Техническая эксплуатация тягового подвижного состава важная составляющая обеспечения эффективности работы железных дорог и безопасности движения на них. Развитие науки, техники и промышленности требуют постоянного поиска обеспечения повышения эффективности применения мер технической эксплуатации, особенно систем содержания подвижного состава. Изучение опыта разных стран предоставляет возможность предварительной оценки применения тех или иных мер, одновременно экономя ресурсы при выборе конкретных

стратегий и направлений их применения. В статье рассмотрен опыт стран Содружества независимых государств в области технической эксплуатации тягового подвижного состава.

Ключевые слова: техническое обслуживание, тяговый подвижной состав, страны СНГ, техническая эксплуатация, системы содержания, сервисное обслуживание.

Tartakovskiy E., Miheev S., Sumtsov A., Mineeva Yu. Experience of technical manual traction rolling the railways of CIS countries.

Technical operation of locomotives an important part of ensuring the effectiveness of the railways and traffic safety on them. Development of science, technology and industry require constant search to ensure better implementation of measures of technical operation, especially keeping systems of rolling stock. Studying the experience of different countries provides a preliminary assessment of the possibility of the application of any measures, while saving resources when choosing specific strategies and directions for their use. The article describes the experience of the Commonwealth of Independent States in the field of technical operation of locomotives. The analysis of the locomotive fleet and the prospects for its renewal. Provides an overview of the technical operation management strategies in different countries. Special attention is paid to the service of the new approach of traction rolling stock manufacturers, together with its operating companies. Examined the effectiveness of new approaches to the maintenance and repair of locomotives.

Keywords: maintenance, traction rolling stock, CIS, technical maintenance, system maintenance, service.

Тартаковский Едуард Давидович - д-р техн. наук, профессор, завідувач кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Українська державна академія залізничного транспорту.

Міхеев Сергій Олександрович - аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Українська державна академія залізничного транспорту.

Сумцов Андрій Леонідович - аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Українська державна академія залізничного транспорту.

Мінеева Юлія Віталіївна - к.т.н., доц., заступник декана факультету електричного транспорту ХНУМГ ім. А.Н. Бекетова

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

Стаття подана 25.02.2014

УДК 621.43.002

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ****Тимофеева Л.А., Тимофеев С.С., Дёмин А.Ю., Ягодинский Е.С.****INCREASE THE SERVICE LIFE OF CYLINDER LINERS
OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES****Timofeyeva L., Timofeyev S., Dyomin A., Yagodinskiy Y.**

В статье рассматриваются причины разрушения рабочей поверхности гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Установлено, что разрушение гильз является следствием изменения микроструктуры их поверхностного слоя под действием высокой температуры, пластических деформаций и диффузии. Был разработан метод химико-термической обработки с применением новых насыщающих сред. Проведенные исследования эксплуатационных свойств деталей, обработанных в новых насыщающих средах, показали, что применение солей аммония в обработке гильз из стали 38Х2МЮА и использование водного 20%-го раствора тиосульфата для чугуновых гильз позволяет повысить их антифрикционные свойства, а также увеличить срок службы деталей.

Ключевые слова: гильза цилиндра, износ, поверхностный слой, насыщающая среда, антифрикционные свойства.

Постановка проблемы. Эффективным способом улучшения качества и эксплуатационных свойств поверхностей деталей цилиндро-поршневой группы является использование стали 38Х2МЮА и легированных чугунов с последующим их упрочнением различными технологическими методами. Существующие технологии недостаточно и не всегда обеспечивают стабильную работу пар трения гильза цилиндра – поршневое кольцо. Известные технологии поверхностного упрочнения характеризуются длительным циклом многих последовательных технологических операций, что увеличивает расходы и сроки изготовления деталей. Не всегда обеспечивается экологическая чистота технологического процесса [1, 2].

Поэтому, совершенствование технологии изготовления и ремонта деталей цилиндро-поршневой группы, для обеспечения высокого качества их рабочих поверхностей и повышения эксплуатационных свойств, является актуальной научной задачей, которая имеет важное практическое значение.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам повышения работоспособности деталей технологическими методами, в том числе благодаря разработке и применению поверхностного упрочнения, посвящено достаточно много как аналитических, так и экспериментальных исследований известных ученых Тимофеевой Л. А., Тартаковского Э. Д., Дёмина Ю. В., Остапчука В. Н., Мороза В. И., Фалендыша А. П., Кельриха М. Б. и др.

Статистический анализ показывает, что большинство из пар трения выходит из строя в связи с их износом. Среди таких пар трения, доминирующую роль занимают детали цилиндро-поршневой группы дизельных двигателей. Повышение их работоспособности является очень важной задачей. Отказы в работе двигателя, связанные с износом его деталей, требуют значительного расходования средств на замену запасных частей, а также увеличивают расходы на обслуживание и эксплуатацию [3, 4, 5].

В наше время в отечественной и зарубежной практике известно большое количество методов поверхностного упрочнения и способов их реализации.

Анализ существующих технологий повышения эксплуатационных свойств деталей показал, что до настоящего времени не разработан технологический процесс поверхностной обработки, с помощью которого можно было бы получать на рабочей поверхности слой, повышающий износостойкость и антифрикционные свойства поверхности детали одновременно с обеспечением заданного ресурса [6,7].

Это обеспечивало бы безотказную работу деталей цилиндро-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания на протяжении заданного срока эксплуатации.

Цель статьи. Целью работы является усовершенствование технологического процесса изготовления и восстановления деталей цилиндро-

поршневой группы, путем разработки методов повышения их износостойкости.

Результаты исследований. Гильза цилиндров форсированных дизелей представляет собой тонкостенную деталь с продувочными и выпускными окнами. Условия работы гильз и поршневых колец высокофорсированных дизелей в агрессивной газовой среде при высоких температурах предъявляют ряд специфических требований к их материалу: высокую прочность при достаточном запасе пластичности, повышенные теплостойкость и износостойкость и хорошую прирабатываемость пары гильза - поршневое кольцо.

Время прирабатываемости имеет особое значение. Начальный период работы этого узла связан со значительным прорывом газов через кольца, еще плохо прилегающие к цилиндру, что вызывает перегрев деталей, выгорание и коксования смазки, а также ухудшение условий трения. Повышения износостойкости трущихся деталей обычно стараются достигнуть подбором материала и созданием на его поверхности специального износостойкого слоя с улучшенными антифрикционными свойствами.

В настоящее время гильзы цилиндров дизелей изготавливают из стали 38Х2МЮА (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав стали 38Х2МЮА

Материал	Содержание химических элементов, %										
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Fe
Сталь 38Х2МЮА	0,35-0,42	0,2-0,45	0,3-0,6	до 0,025	до 0,025	1,35-1,65	до 0,3	0,15-0,25	до 0,3	0,7-1,1	~95

Гильзы подвергаются термической и химико-термической обработке: отжигу, нормализации, закалке, высокому отпуску с последующим азотированием при температуре $t=570^{\circ}\text{C}$ в течение $\tau=3$ ч. Глубина азотированного слоя с твердостью 750 HV в окончательно обработанной детали составляет 0,3...0,5 мм.

С целью улучшения поверхности трения на нее наносится сетка микрошероховатости, затем производится травление перемычек и нанесение слоя дисульфида молибдена.

На надежность и долговечность элементов трения существенное влияние оказывает формирующийся при эксплуатации микрорельеф поверхности. Изучение структуры и изменения свойств поверхностного слоя гильз цилиндров в процессе эксплуатации производилось при помощи микрометрирования гильз, снятых непосредственно с двигателя, причем обмер велся в семи поясах с одновременным визуальным осмотром их внутренней поверхности. Для исследования трущихся поверхностей из них выре-

зались образцы по всей длине в виде полос шириной 20 мм.

В результате исследования были выявлены узлы схватывания, наплывы металла поршня, натирсы, образование белых слоев (рис. 1).

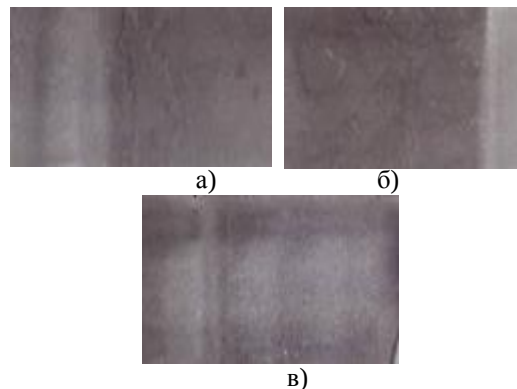


Рис. 1. Исследуемый образец внутренней поверхности гильзы цилиндра с характерными признаками износа: а) – наплывы металла поршня; б) – следы схватывания металла; в) – натирсы и образовавшиеся белые слои

С увеличением наработки дизеля число узлов схватывания увеличивается по всей длине гильзы, возрастает также зона натиров.

Исследования показали, что поверхность трения по длине гильзы имеет различное строение. Наиболее интенсивное изнашивание этой поверхности наблюдается вблизи камеры сгорания.

На этом участке металл окислен, видны глубокие царапины, темные углубления, следы выкрашенного металла, из глубины на поверхность выступают твердые составляющие. Формируются участки вторичных структур с микротвердостью 894 HV несколько большей, чем у азотированного слоя. Микротвердость темных участков составляет 535 HV. При увеличении длительности наработки двигателя средняя микротвердость рабочей поверхности гильзы уменьшается, а диаметральный износ увеличивается (рис. 2).

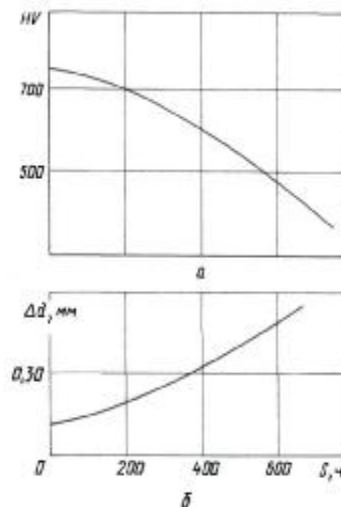


Рис. 2. Зависимость твердости (а) и диаметрального износа (б) рабочей поверхности гильзы от наработки S двигателя

Причем, износ неравномерен, а в наиболее нагруженных поясах гильзы в азотированном слое отмечены фазовые превращения: по границам бывших зерен аустенита образуется сетка белых нитевидных включений. Как показали проведенные исследования, в азотированном слое происходит формирование вторичных структур (рис. 3).

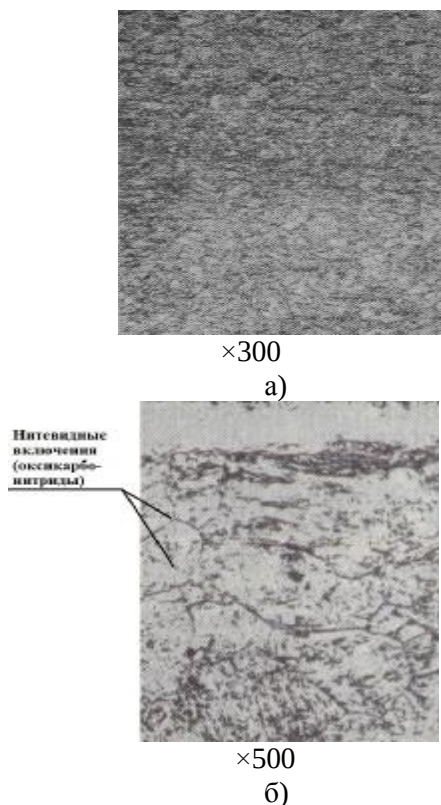


Рис. 3. Строение азотированного слоя, полученного на стали 38Х2МЮА: а) – исходная структура азотированного слоя; б) – структура азотированного слоя с образовавшейся сеткой белых нитевидных включений (вторичная структура)

Появление такой сетки обусловлено тем, что температура в высоконагруженных поясах гильзы во время вспышки в камере сгорания может превышать 800 °С. При этом в условиях действия агрессивной среды может происходить распад карбидов железа и легирующих элементов с образованием свободного углерода. Углерод в камере может также образовываться при сгорании дизельного топлива. Такие процессы могут вызвать образование сложных соединений типа оксикарбонитридов (комплексные соединения Fe, C, N₂ и O₂). Развитие этой зоны в азотированном слое сопровождается разрыхлением последнего, что приводит к разрушению и выходу из строя гильз.

Совместное действие процессов происходящих при изнашивании: нагрева, пластической деформации и диффузионных процессов в микрообъемах, вызывает изменения в микроструктуре на определенную глубину поверхностного слоя. Электронно-микроскопическое исследование показало, что эти процессы приводят к выпадению частиц оксикарбо-

нитридов, образующих пространственный разветвленный каркас. При нагреве они в значительных количествах скапливаются на плоскостях сдвига металла.

В результате процесса изнашивания мягкие структурные составляющие на поверхности гильзы уходят в продукты износа, твердые составляющие при воздействии пластической деформации выкрашиваются, что приводит к схватыванию трущихся поверхностей и последующему разрушению гильзы. Проведенные исследования подтвердили также, что схватывание трущихся поверхностей сопровождается образованием значительных очагов налипания и натиров. Образующиеся натирыв имеют сложную структуру, являющуюся результатом нагрева до температур выше критических, охлаждения и давления. Увеличение размеров натиров происходит в результате износа.

Исследование процесса износа цилиндров двигателей внутреннего сгорания показало, что разрушение рабочей поверхности стенок цилиндров происходит вследствие увеличения содержания в них оксикарбонитридов, образующихся при фазовых превращениях металла под действием высокой температуры, пластических деформаций и диффузии.

Для устранения таких эффектов необходимо, чтобы в результате термомеханохимических реакций, происходящих на поверхности детали, шла регенерация ее поверхностного слоя, без образования структур, которые по своим свойствам отличаются от исходных. Имеется ввиду, что вторичные структуры, сформировавшиеся в процессе трения, должны соответствовать исходным по химическому составу.

Для достижения этой цели были проведены испытания деталей работающих в условиях трения и изнашивания. Детали подвергались обработке в известных насыщающих средах и новой с применением солей аммония, с последующим определением их эксплуатационных свойств.

Детали испытывали на задиростойкость, теплостойкость, износостойкость и определяли время приработки (табл. 2).

Таблица 2

Результаты сравнительных испытаний стальных изделий

Насыщающая среда	Теплостойкость, °С	Время до полного разрушения детали, ч	Весовой износ, мг	Время до стабилизации момента трения, мин
Газовая – аммиак или азот (азотирование)	600	12	4,6	182
Перегретый водяной пар (пароокисление)	400	10	4,8	176
Перегретый пар водного раствора солей аммония	900	20	2,7	130

Сравнение полученных показателей показывает, что поверхностный слой, образованный в насыщающей среде перегретого пара водного раствора солей аммония и имеющий слоистую структуру, позволяет повысить теплостойкость изделий и их срок службы в 1,6 раза.

За критерий оценки теплостойкости поверхностного слоя принимали его стойкость при высоких нагрузках и температурах.

После окончания испытаний проводился внешний осмотр зеркала гильзы, с целью выявления охрупчивания и выкрашивания поверхностного слоя, а также проводили замеры внутреннего диаметра гильзы цилиндра для выявления износа, овала и конусности (табл. 3).

Таблица 3

Результаты замеров отработанных гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания с пробегом более 120 тыс. км.

Способ обработки	Состояние внутренней поверхности зеркала гильзы	Замеры внутреннего диаметра гильз (среднее в 3-х плоскостях) по поясам, мкм*				
		I	II	III	IV	V
Азотирование, пароксидирование	охрупчивание, выкрашивание до 50-60% от всей поверхности	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11
		0,08	0,09	0,12	0,14	0,12
		0,12	0,10	0,10	0,12	0,10
		овал: конус:	0,04 0,05			
Новая насыщающая среда при химико-термической обработке	охрупчивание и выкрашивание не выявлено	0,09	0,10	0,12	0,10	0,09
		0,08	0,09	0,10	0,09	0,08
		0,07	0,11	0,13	0,11	0,08
		овал: конус:	0,02 0,02			

* Отклонения от номинального размера диаметра гильзы

Проведенные исследования показали, что теплостойкость и срок службы детали увеличился, а время приработки сократилось. Данные исследования подтверждаются результатами произведенных замеров детали (табл. 4).

Таблица 4

Состав поверхностных слоев, полученных в различных насыщающих средах

Насыщающая среда	Поверхностный слой		
	Фазовый состав	Износ, мг	Значения коэффициента трения
Газообразная – сероводород	FeS	68	0,3 – 0,31
Паровая – перегретый водяной пар	FeO; Fe ₃ O ₄	49	0,45 – 0,50
Парогазовая – перегретый водяной пар раствора соли тиосульфата	FeO; Fe ₃ O ₄ ; FeOS; FeS	22	0,2 – 0,22

Таким образом, проведенные испытания выявили, что несмотря на термомеханохимические реакции, происходящие на поверхности детали, полученный слой не разрушился.

Известно, что многие гильзы цилиндров изготавливают не только стальными но и чугунами. Поэтому, с целью улучшения антифрикционных свойств поверхности чугунных гильз, были проведены испытания, в ходе которых, для чугунных гильз предлагается, в качестве насыщающей среды, использовать водный 20-% раствор тиосульфата.

Поверхностный слой, полученный в процессе насыщения, в своем составе содержит такие химические элементы: кислород, железо, сера и углерод. Проведенные исследования, структуры полученного слоя, выявили, что образованный слой состоит из различных фаз (рис. 4).



×250

а)



×340

б)

Рис. 4. Строение поверхностного слоя чугуна: а) – с пластинчатым графитом; б) – с шаровидным графитом

Верхний подслоя состоит преимущественно из сульфидов железа, хотя содержит также оксиды, а нижний – из оксидов железа и шпинелей, переходный слой состоит в основном из оксисульфидов. Это дает основание считать, что в атмосфере перегретого пара водного раствора солей, содержащих серу, на поверхности железа химические реакции идут в две стадии: окисление металлов до оксидов и взаимодействие их с серой с образованием сульфидов. Эти фазы в поверхностном слое оказывают существенное влияние на износостойкость и антифрикционные свойства железоуглеродистых сплавов, а именно улучшается прирабатываемость, снижается значение коэффициента трения (табл. 5).

Таблиця 5
Свойства железоуглеродистых сплавов после обработки в насыщающих средах

Насыщающая среда	Момент трения, Н·м	Нагрузка стабилизации трения, Н	Фазовый состав
Сероводород	38	1600	FeS
Перегретый водяной пар	50	1800	FeO; Fe ₃ O ₄
Перегретый пар раствора соли	22	1400	FeO; Fe ₃ O ₄ ; FeOS; FeS

Выводы. 1. Установлено, что разрушение гильз является следствием изменения микроструктуры поверхностного слоя гильз цилиндров под действием высокой температуры, пластических деформаций и диффузии.

2. Доказано, что для устранения эффектов разрушения необходимо, чтобы в результате термомеханохимических реакций, происходящих на поверхности детали, шла регенерация ее поверхностного слоя, без образования структур, которые по своим свойствам отличаются от исходных. Имеется ввиду, что вторичные структуры, сформировавшиеся в процессе трения, должны соответствовать исходным по химическому составу. Установлено, что формирование вторичных структур имеет важное значение, особенно при восстановлении износостойкости деталей.

3. Проведенные исследования эксплуатационных свойств деталей, обработанных в новых насыщающих средах, показали, что применение солей аммония в обработке гильз из стали 38Х2МЮА и использование водного 20-% раствора тиосульфата для чугуновых гильз позволяет повысить их антифрикционные свойства, а также увеличить срок службы деталей.

4. Детали, обработанные в новой насыщающей среде, в 1,5 раза быстрее прирабатываются, чем детали со слоями, содержащими оксиды железа и прошедшими химико-термическую обработку в известных насыщающих средах. Антифрикционные свойства, полученного слоя, также улучшаются в 1,7–2 раза, на что указывает снижение значения коэффициента трения.

Л и т е р а т у р а

- Бахтиаров, Н. И. Производство и эксплуатация прецизионных пар / Н. И. Бахтиаров, В. Е. Логинов. М.: Машиностроение, 1979. – 205 с.
- Остапчук, В. Н. Математическая модель определения износов пары трения поршневое кольцо – гильза цилиндра, цилиндро-поршневой группы дизелей / В. Н. Остапчук // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – 2004. Вип. – № 26. – С. 184–189.
- Орлин, А. С. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных дви-

гателей / А. С. Орлин, М. Г. Круглов. М.: Машиностроение, 1990. – 284 с.

- Лахтин, Ю. М. Азотирование стали / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.
- Остапчук, В. Н. Уменьшение коробления азотированного зеркала цилиндра / В. Н. Остапчук, А. Я. Мовшович // Вісник НТУ "ХПІ", зб. наук. праць "Транспортне машинобудування". – 2005. Вип. – № 37. – С. 387–390.
- Перепелица, Б. А. Совершенствование технологии изготовления деталей цилиндро-поршневой группы транспортных дизелей / Б. А. Перепелица, С. С. Тимофеев // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2005. – №69. – С. 94–99.
- Тимофеева, Л. А. Повышение эксплуатационных характеристик деталей масляного насоса двигателя СМД 60 / Л. А. Тимофеева, Л. В. Проскурина, С. С. Тимофеев // Зб. наук. праць НТУ "ХПІ". – 2001. – №1. – С. 263–265.

Reference

- Bakhtiarov, N. I. Proizvodstvo i ekspluatatsiya pretsizionnykh par / N. I. Bakhtiarov, V. Ye. Loginov. M.: Mashinostroyeniye, 1979. – 205 s.
- Ostapchuk, V. N. Matematicheskaya model opredeleniya iznosov pary treniya porshnevoye koltso – gilza tsilindra, tsilindro-porshnevoy gruppy dizeley / V. N. Ostapchuk // Visnik Kharkivskogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu silskogo gospodarstva. – 2004. Vip. – № 26. – S. 184–189.
- Orlin, A. S. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Ustroystvo i rabota porshnevykh i kombinirovannykh dvigateley / A. S. Orlin, M. G. Kruglov. M.: Mashinostroyeniye, 1990. – 284 s.
- Lakhtin, Yu. M. Azotirovaniye stali / Yu. M. Lakhtin, Ya. D. Kogan. – M.: Mashinostroyeniye, 1976. – 256 s.
- Ostapchuk, V. N. Umensheniye korobleniya azotirovannogo zerkala tsilindra / V. N. Ostapchuk, A. Ya. Movshovich // Visnik NTU "KhPI", zb. nauk. prats "Transportne mashinobuduvannya". – 2005. Vip. – № 37. – S. 387–390.
- Perepelitsa, B. A. Sovershenstvovaniye tekhnologii izgotovleniya detaley tsilindro-porshnevoy gruppy transportnykh dizeley / B. A. Perepelitsa, S. S. Timofeyev // Zb. nauk. prats UkrDAZT. – 2005. – №69. – S. 94–99.
- Timofeyeva, L. A. Povysheniye ekspluatatsionnykh kharakteristik detaley maslyanogo nasosa dvigatelya SMD 60 / L. A. Timofeyeva, L. V. Proskurina, S. S. Timofeyev // Zb. nauk. prats NTU "KhPI". – 2001. – №1. – S. 263–265.

Тимофеева Л. А., Тимофеев С. С., Дьомін А. Ю., Ягодинський Є. С. Підвищення експлуатаційного ресурсу гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання.

У статті розглядаються причини руйнування робочої поверхні гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання. Встановлено, що руйнування гільз є наслідком зміни микроструктури їх поверхневого шару під дією високої температури, пластичних деформацій і дифузії. Був розроблений метод хіміко-термічної обробки із застосуванням нових насичуючих середовищ. Проведені дослідження експлуатаційних властивостей деталей, оброблених у нових насичуючих середовищах, показали, що застосування солей амонію в обробці гільз зі сталі 38Х2МЮА і використання водного 20 - % розчину тіосульфату для чавунних гільз дозволяє підвищити їх антифрикційні властивості, а також збільшити термін служби деталей.

Ключові слова: гільза циліндра, знос, поверхневий шар, насичуюче середовище, антифрикційні властивості.

Timofeyeva L., Timofeyev S., Dyomin A., Yagodinskiy Y. Increase the service life of cylinder liners of internal combustion engines.

The article discusses the reasons for the destruction of the working surface of the cylinder liners of internal combustion engines. Investigation of the wear process of internal combustion engines showed that the destruction of the working surface of the cylinder walls is due to the increasing content of oxycarbonitrides, formed during phase transitions of the metal under the influence of high temperature, plastic deformation and diffusion. To eliminate such effects it is necessary as to result in thermomechanical and chemical reactions, occurring on the surface of the part, occurs a process of regeneration of the surface layer, without the formations of structures, whose properties differ from the original.

Developed a method of chemical heat treatment using new saturation mediums. Studies of operational properties of parts processed in the new saturation mediums showed that the use of ammonium salts in the treating of cylinder liners of steel grade 38X2MIOA (38Cr2MoAl) and using 20-% water solution sodium thiosulfate for cast iron cylinder liners can increase their friction properties and service life.

Keywords: cylinder liner, surface layer, chafe, saturation medium, anti-friction properties.

Тимофєєва Л. А. – д. т. н., професор, завідувача кафедрою матеріалів і технологією виготовлення виробів транспортного призначення, Українська державна академія залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050, E - mail: fedcirina@yandex.ru

Тимофєєв С. С. – к. т. н., доцент кафедри матеріалів і технології виготовлення виробів транспортного призначення, Українська державна академія залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050 E - mail: fedcirina@yandex.ru

Дьомін А. Ю. – аспірант кафедри матеріалів і технології виготовлення виробів транспортного призначення, Українська державна академія залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050 E - mail: a.domin@mail.ru

Ягодинський Є. С. – аспірант кафедри матеріалів і технології виготовлення виробів транспортного призначення, Українська державна академія залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050 E - mail: fedcirina@yandex.ru

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 04.03.2014

УДК 656.2

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЗМЕРЗАННІ ВАНТАЖІВ

Турпак С.М.

OPTIMIZATION TRANSPORT-TECHNOLOGICAL PROCESS AT FREEZING CARGO

Turpak S.

Розглянуто транспортно-технологічні процеси при перевезенні вантажів, які змерзаються. На підставі статистичного аналізу встановлено структуру вантажопотоків в системі, що розглядається. Шляхом використання дискретно-подійного методу імітаційного моделювання розроблено типові моделі роботи транспортної системи. Запропоновано виконувати оптимізацію транспортно-технологічних процесів за критерієм мінімізації загальних витрат шляхом збалансованого використання транспортних, технологічних та вантажних ресурсів. Розроблені моделі можуть використовуватись для визначення оптимального балансу ресурсів.

Ключові слова: транспортна система, змерзання вантажів, імітаційне моделювання, ресурс.

Постановка проблеми. Організація роботи під'їзних колій промислових підприємств в зимовий період ускладнюється не тільки утворенням перешкод для руху транспорту, але й змерзанням вантажів у залізничних вагонах.

Технологічний процес доставки та вантажопереробки доповнюється операцією по відновленню сипкості вантажів. Для цього існують різні пристрої, кожен з них потребує затримки руху вагонів на певний проміжок часу. Деякі пристрої можуть розміщуватись безпосередньо перед пунктом вивантаження вагонів та призначені для певного вантажу, деякі розміщуються відокремлено та обслуговують різні вантажопотоки.

У першому випадку організація обробки вантажопотоку може не потребувати додаткових транспортних ресурсів у вигляді тягового рухомого складу. При обслуговуванні окремих крупних пунктів відновлення сипкості вантажів, наприклад, гаражів розморожування вагонів, визначення потреби у тягових ресурсах ускладнюється.

Кількість локомотивів на станціях, які обслуговують пристрої розігрівання вантажів, залежить від багатьох факторів та оптимізація роботи цієї системи є складною науковою задачею, шляхи розв'язання якої розглядаються у даній статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Моделювання є невід'ємною частиною досліджень більшості складних задач та процесів. Метод моделювання складних систем може бути оснований на принципі самоорганізації моделей на комп'ютері [1]. Суть цього методу полягає в систематичному переборі можливих структур моделі та відбір їх за певними критеріями. Головним етапом в цій методології є правильний вибір цілей для моделей та критеріїв оптимізації.

В дослідженнях [2] розглядаються підходи до моделювання процесів та явищ у природі і суспільстві, особлива увага приділяється математичному апарату формалізації процесів в складних системах, показаний перехід від концептуальних моделей систем до формальних, приводиться методологія статичного моделювання систем, обговорюються проблеми інтерпретації отриманих за допомогою комп'ютерної моделі результатів.

Існують інші підходи до побудови імітаційних моделей [3] для рішення складних задач аналізу, оптимізації і проектування систем управління промисловістю і технологічними процесами.

Доцільним є напрямком розробки типових імітаційних моделей, які можуть бути використані при оптимізації транспортних процесів та можуть бути реалізовані на сучасних програмних засобах [4].

Мета. Метою роботи є розробка типових імітаційних моделей транспортних систем, за допомогою яких здійснюється оптимізація транспортно-технологічних процесів при змерзанні вантажів.

Результати досліджень.

Виконаємо дослідження транспортно-технологічних процесів на прикладі крупного металургійного підприємства ВАТ «Запоріжсталь». Це підприємство з повним металургійним циклом виробництва сталі, яке має агломераційний, доменний та мартенівський цехи, де переробляються значні обсяги сировини.

На рисунку 1 наведено діаграму обсягів надходження вантажів, які змерзаються.

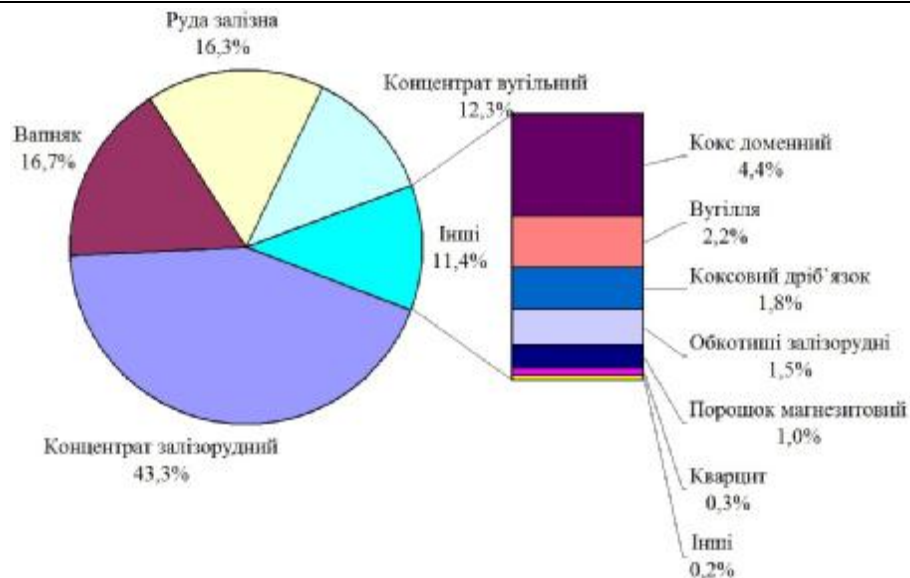


Рис. 1. Структура обсягів надходження вантажів, які змерзаються

Основний обсяг складають вантажі, які є сировиною для доменного виробництва (концентрат залізорудний, вапняк, руда залізна, обкотиші залізорудні). Інші частини складає паливо (кокс, вугільний концентрат, вугілля, коксовий дріб'язок) та компоненти для мартенівського виробництва сталі. Понад 74% вантажів для розігрівання надходять у складі маршрутних составів, решта – у складі збірних поїздів.

На металургійних підприємствах вивантаження розігрітих вантажів здійснюється на декількох крупних пунктах. Основний вагонопотік спрямований до вантажних фронтів доменного цеху, бо цехів, які здійснюють його обслуговування (цех підготовки виробництва, агломераційний цех).

Аналіз розподілу розігрітих вантажів по пунктах вивантаження металургійного підприємства наведено на рис. 2.

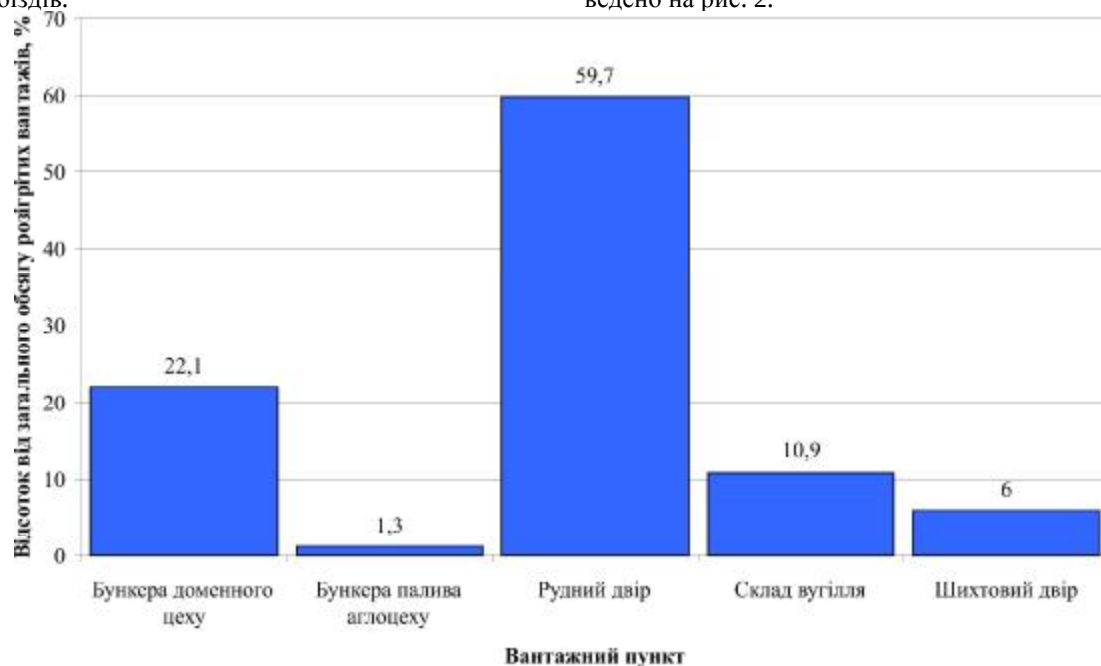


Рис. 2. Розподіл розігрітих вантажів по пунктах вивантаження

При розробці типової імітаційної моделі розморожування вантажів необхідно врахувати наступні особливості транспортної системи:

- вагони зі змерзлим вантажем надходять у складі маршрутних та збірних составів (разом з вагонами, які не потребують відновлення сипкості вантажів);

- у пристрій розморожування вагони подаються

партиями, переважно у кількості, яка відповідає місткості відповідної камери розігрівання;

- після розігрівання вагони подаються до пункту вивантаження, якщо він вільний.

Розглянемо типову базову структурну схему імітаційної моделі розморожування вантажів металургійного підприємства (рис. 3).

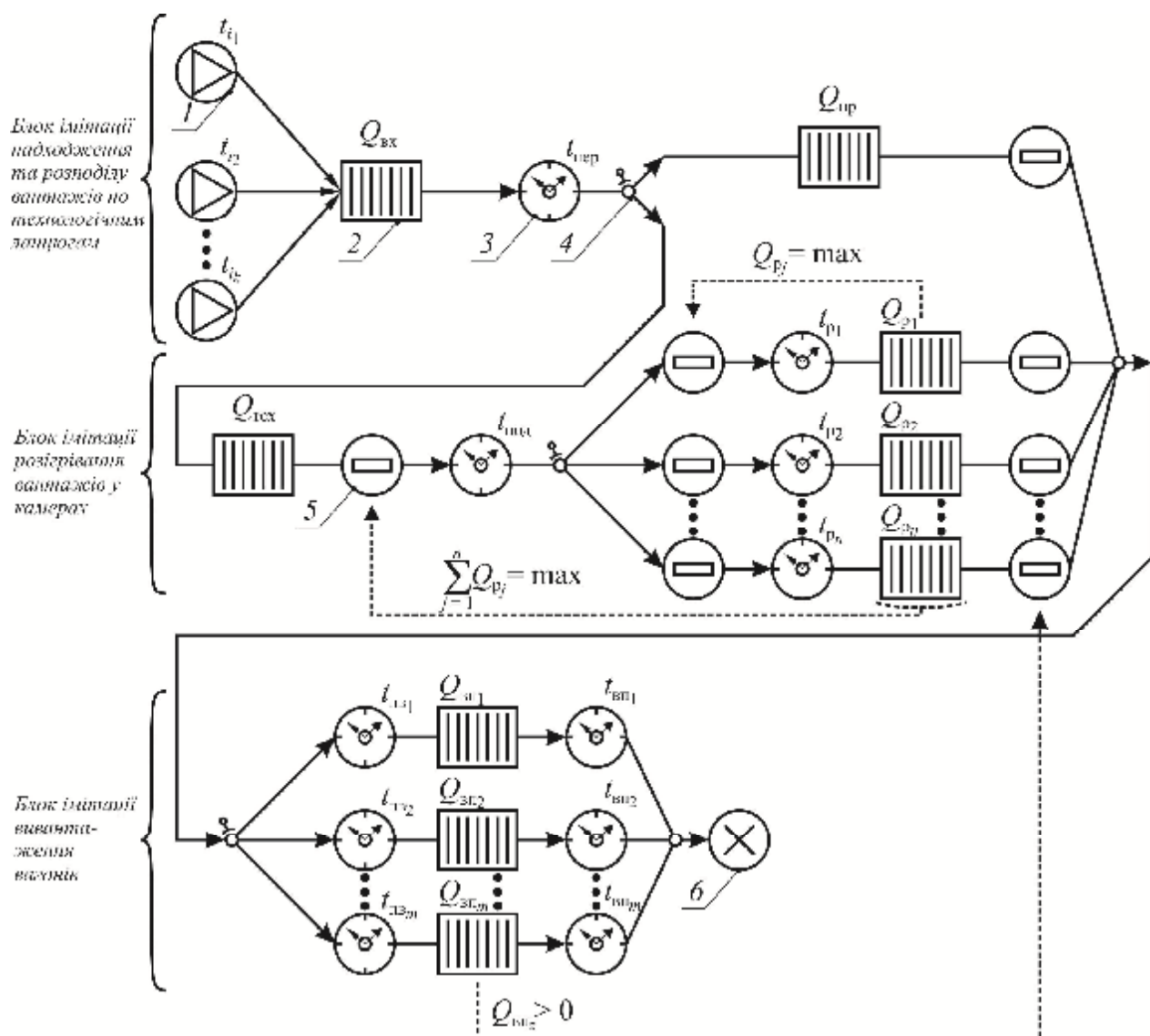


Рис. 3. Базова типова структурна схема імітаційної моделі розморожування вантажів на підприємствах

Схема складена з наступних стандартизованих елементів: 1 – генератор замовлень; 2 – черга обслуговування; 3 – пристрій обслуговування; 4 – пристрій розподілу; 5 – блокувальник замовлень; 6 – знищувач замовлень.

Замовлення-вагони надходять групами (составами) до черги – колії приймання вагонів вхідної промислової станції місткістю Q_{vx} .

Імітація розформування составів здійснюється за допомогою елемента затримки замовлень на певний проміжок часу $t_{пер}$.

Після цієї операції вагони сортуються по двох чергах:

- черга місткістю $Q_{пр}$ для накопичення вагонів на станційних коліях підприємства з вантажами, які не потребують розігрівання;
- черга місткістю $Q_{тех}$ для накопичення вагонів з вантажами, які потребують розігрівання.

З останньої, з урахуванням часу виконання маневрових робіт $t_{под}$ із постановлення вагонів до ка-

мер місткістю Q_{pj} вагони потрапляють до вільних елементів, які імітують їх розігрів шляхом затримки на час t_{pi} . Подання наступних партій заявок блокується до моменту звільнення камер розморожування, тобто у разі виконання умови:

$$Q_{pj} = \max, \quad j=1...n \quad (1)$$

де Q_{pj} – місткість j -ї камери розігрівання у вагонах;
 n – загальна кількість камер.

Після відновлення силності вантажу, вагони потрапляють до відповідних елементів затримки черг пунктів вивантаження. При цьому елементами блокування не допускається подання чергових партій замовлень-вагонів у камери розігріву до тих пір, поки не звільниться відповідний елемент затримки та не з'явиться місце у черзі, яку він обслуговує.

Вихід з черг камер пристрою розморожування

також блокується у разі відсутності вільних місць у чергах вантажних пунктів (тобто при наявності попередньо поданих вагонів на фронті вивантаження).

Дана умова потрібна для недопущення повторного змерзання розігрітого вантажу внаслідок очікування вивантаження поза камерами.

Простий в пристрої розігрівання триває при виконанні умови:

$$Q_{\text{вп}z} > 0, \quad z = 1 \dots m \quad (2)$$

де $Q_{\text{вп}z}$ – кількість вагонів, які знаходяться на z -му вантажному фронті;

m – кількість вантажних фронтів.

Більший рівень адекватності може бути досягнуто у разі використання замість виразу (2) наступної умови подавання вагонів до вантажного пункту:

$$t_{\text{зр}j} + t_{\text{пв}z} \geq t_{\text{зв}z}, \quad (3)$$

де $t_{\text{зр}j}$ – момент часу закінчення розігрівання вантажу у j -й камері;

$t_{\text{пв}z}$ – час подавання вагонів з камер розігріву до відповідного z -го вантажного фронту;

$t_{\text{зв}z}$ – момент часу закінчення вивантаження вагонів на z -му вантажному фронті.

Паралельно здійснюється передавання замовлень з черги, в якій накопичуються вантажі, що не потребують розморожування.

Завершує структуру програми елемент знищення замовлень.

Дана схема може бути реалізована, наприклад, у програмному середовищі «Anylogic». Адекватність даної схеми реальному процесу може бути підвищена шляхом використання ресурсів, адже час переміщення вагонів залежить від кількості локомотивів.

Розглянемо фрагмент графіку роботи камер розігріву вантажів при використанні одного локомотива (рис. 4).

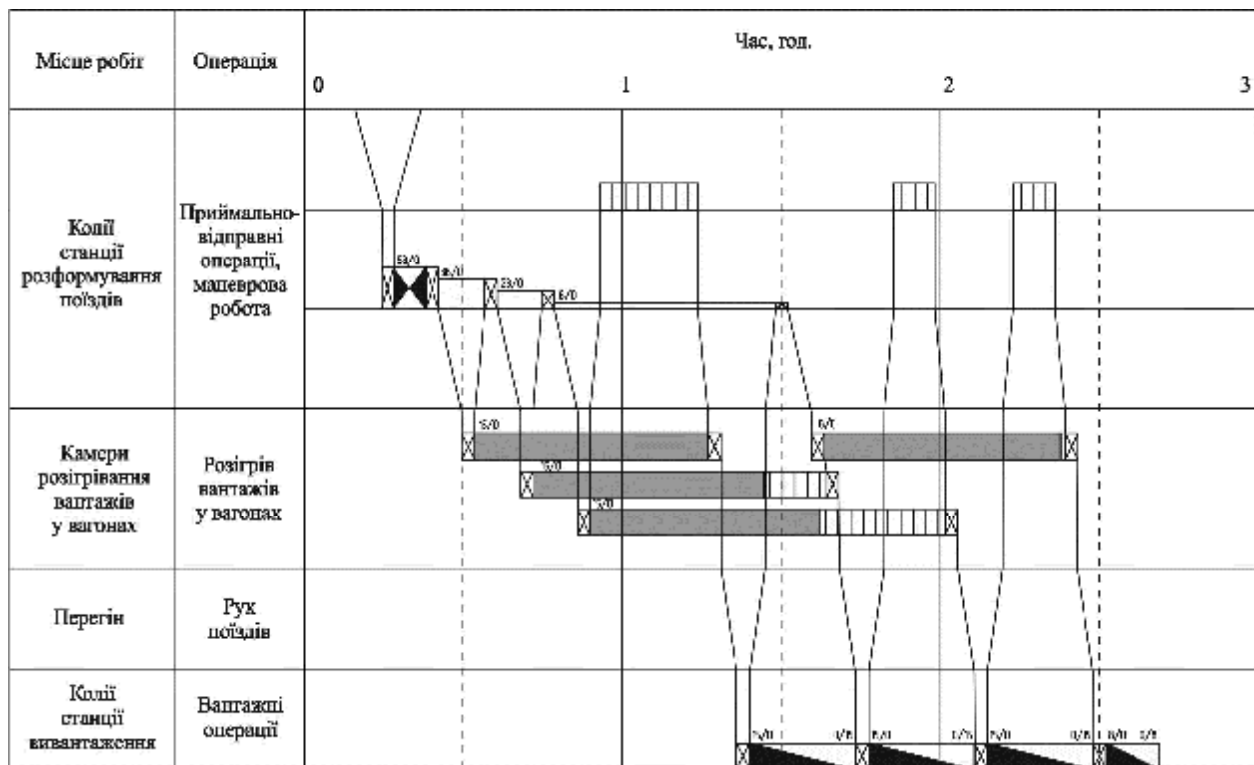


Рис. 4. Фрагмент графіку роботи камер розігріву вантажів при використанні одного локомотива

Робота маневрового локомотива починається після прибуття та обробки маршрутного поїзду на приймальних коліях. У даному прикладі використовуються три камери розігрівання вантажів, в які послідовно подаються партії по 15 вагонів. Після розігрівання вони подаються на фронт вивантаження. При заданій тривалості транспортних, вантажних та інших технологічних операцій один локомотив може забезпечити безперервну роботу пункту вивантаження.

Але при цьому, як можна бачити на графіку (рис. 4), у першій камері наявний інтервал між при-

биранням та подаванням вагонів, у другій та третій камерах також значні інтервали між готовністю та прибиранням вагонів.

При ситуації, коли вагонопотік до камер розігріву значний, потрібне більш раціональне використання пристрою розморожування, що забезпечується більш щільним графіком подавання до нього вагонів.

Розглянемо фрагмент графіку роботи камер розігріву вантажів при використанні двох локомотивів (рис. 5).

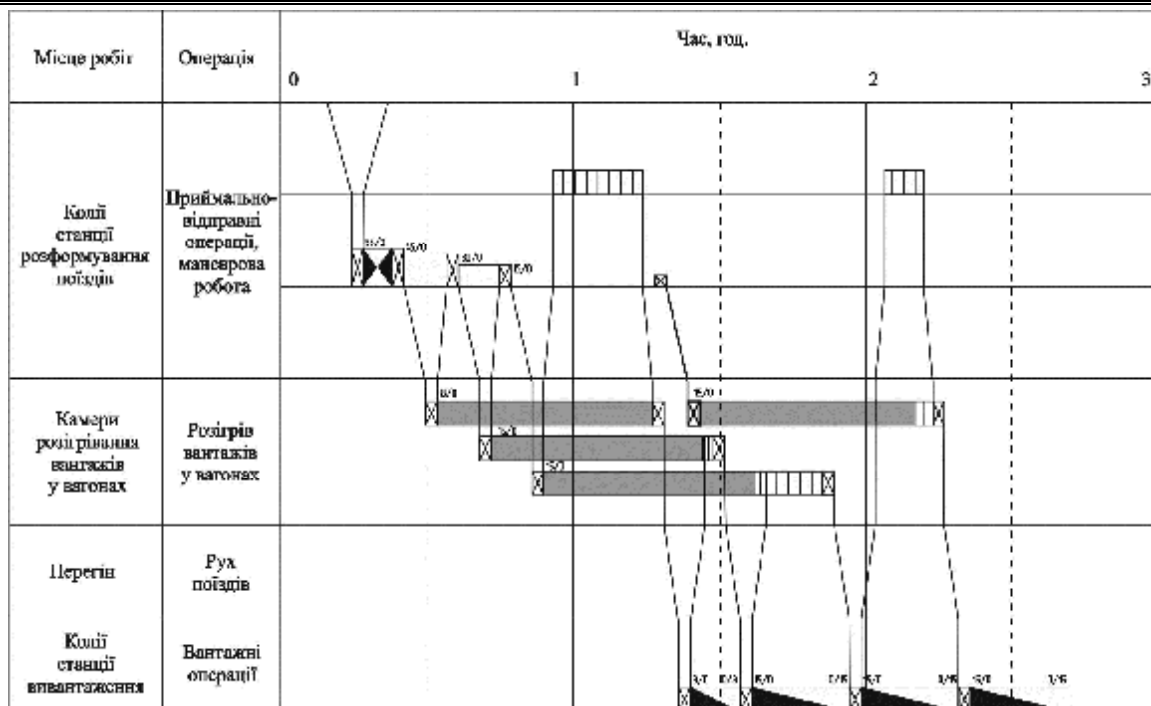


Рис. 5. Фрагмент графіку роботи камер розігріву вантажів при використанні двох локомотивів

З аналізу процесу розігрівання вантажів, бачимо, що час простою у кожній камері скорочено на 10 хвилин або на 67%. При низьких температурах навколишнього середовища, у разі інтенсивного використання пристрою розігріву, це дуже важлива економія. Але для реалізації потрібен додатковий локомотив (його роботу на графіку рис. 5 показано стовщеним лінією). На практиці, на металургійних підприємствах, в холодний період року для обслуговування пристрою розморожування додатково використовують один або два локомотиви. Не зважаючи на підвищення витрат на їх експлуатацію, цей шаг необхідний з позицій максимально ефективного використання камер розморожування, мінімізуючи непродуктивний простій.

Для визначення оптимальної кількості локомотивів, базова типова структурна схема імітаційної моделі розморожування вантажів (рис. 3) може бути представлена у наступному вигляді (рис. 6). Схема доповнена ресурсом – певною кількістю локомотивів, які захвачуються замовленнями (партиями вагонів) при передачі між елементами обслуговування та чергами.

Після прогонки моделі при різній кількості локомотивів для певних температурних умов та обсягів надходження вантажів можна визначити тривалість простою вагонів, продуктивність пристрою ро-

зморожування та максимальну довжину черги (кількості вагонів на під'їзній колії).

Більший рівень адекватності моделі може бути досягнуто врахуванням обмежень, які задаються схемою колійного розвитку станції, яка обслуговує пристрій розморожування, наприклад, шляхом побудови схеми транспортної мережі. Така модель буде більш складною, потребує значних витрат часу на налагодження та може бути використана лише для певного підприємства, на відміну від моделей, схеми яких наведено на рисунках 3 та 6, які є типовими.

Оптимізація транспортно-технологічних процесів може бути виконана за критерієм мінімізації загальних витрат шляхом збалансованого використання транспортних, технологічних та вантажних ресурсів (вагонів, локомотивів, засобів відновлення сипкості та вантажних засобів).

Цей баланс може бути встановлений шляхом прогону моделей при різних параметрах роботи шляхом оцінки вихідних показників: простою вагонів, часу використання локомотивів, камер розморожування та вантажних фронтів.

Практичні рекомендації можуть бути використані як при оперативному управлінні перевезеннями, так і при довгостроковому плануванні розвитку транспортної системи (будівництво нових вантажних пунктів, камер розморожування та ін.).

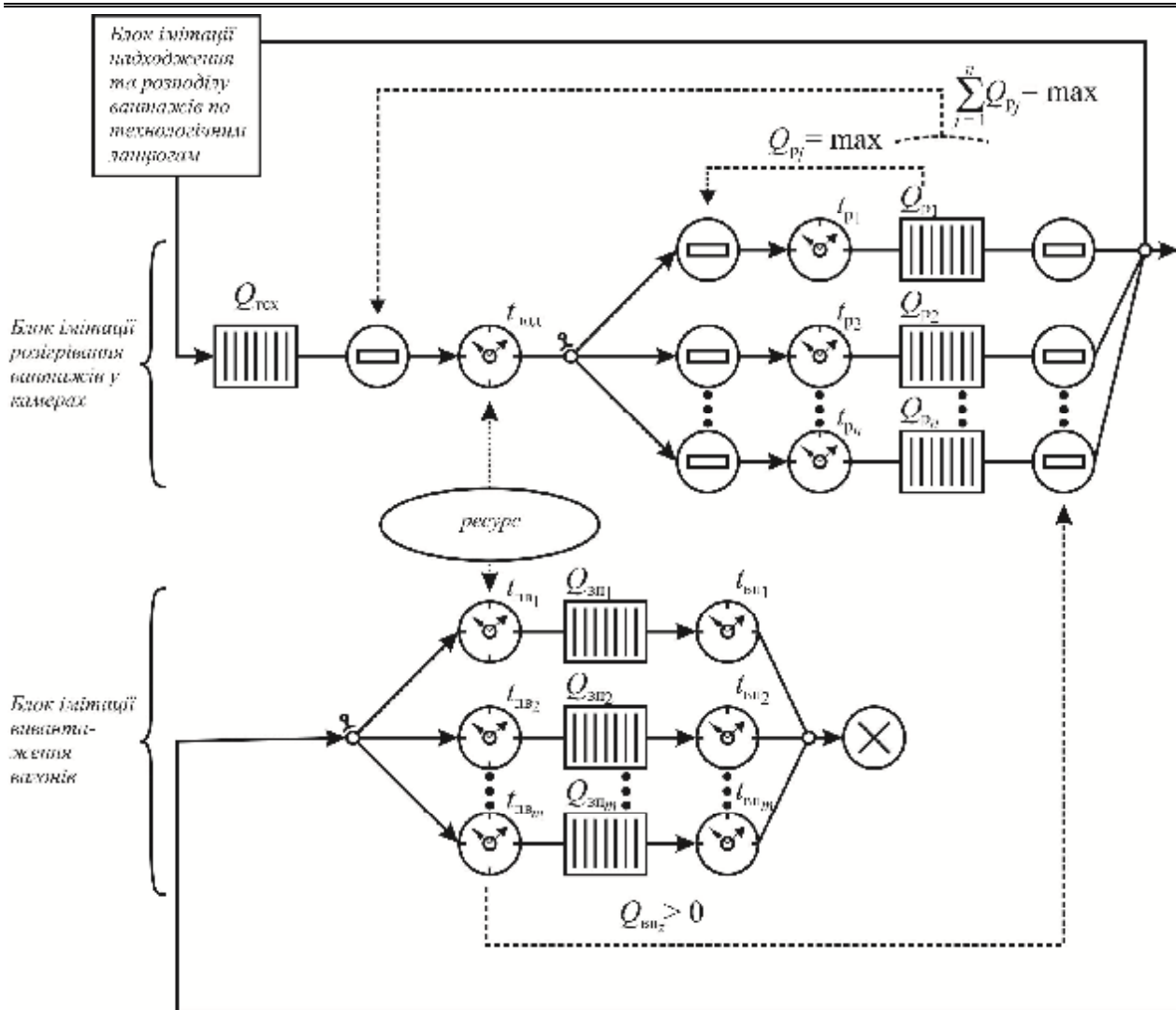


Рис. 6. Базова типова структурна схема імітаційної моделі розморожування вантажів з ресурсами

Висновки. 1. В статті розроблено типові імітаційні моделі дискретно-подійного типу доставки вантажів у виробництво при їх змерзанні.

2. Розроблені моделі можуть бути використані на різних підприємствах та дозволяють визначити оптимальну кількість локомотивів, які обслуговують пристрій розморожування.

3. Оптимізація транспортно-технологічних процесів при змерзанні вантажів може бути виконана за допомогою запропонованих моделей за різними критеріями – мінімумом часу простою вагонів, мінімальною довжиною черги, мінімальним часом непродуктивного простою вагонів у камерах тощо.

4. Запропоновані типові моделі можна інтегрувати у більш складні системи, які імітують роботу транспорту.

Література

1. Ивахненко А.Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным / А.Г. Ивахненко, Ю.П. Юрачковский. – М.: Радио и связь, 1987. – 120с.
2. Советов Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев // Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 343с.

3. Вавилов А.А. Имитационное моделирование производственных систем / Под общ. ред. чл.-кор. АН СССР А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1983. – 416с.
4. Турпак С.М. Імітаційне моделювання входних вагонопотоків під'їзної колії промислового підприємства / С.М. Турпак // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – №5, 2013. – С.75-80

References

1. Ivahnenko A.G. Modelirovanie slozhnykh sistem po eksperimentalnyim dannym / A.G. Ivahnenko, Yu.P. Yurachkovskiy. – M.: Radio i svyaz, 1987. – 120 p.
2. Sovetov B.Ya. Modelirovanie sistem / B.Ya. Sovetov, S.A. Yakovlev // Ucheb. dlya vuzov. – M.: Vyssh. shk., 2001. – 343 p.
3. Vavilov A.A. Imitatsionnoe modelirovanie proizvodstvennykh sistem / Pod obsch. red. chl.-kor. AN SSSR A.A. Vavilova. – M.: Mashinostroenie; Belin: Tehnika, 1983. – 416 p.
4. Turpak S.M. Imitatsiynе modelyuvannya vhidnih vagonopotokiv pid'yiznoyi koliiy promislivogo pidpriemstva / S.M. Turpak // Visnik Shidnoukrayinskogo

natsionalnogo universitetu imeni Volodimira Dalya. – №5, 2013. – P.75-80

Турпак С.Н. Оптимизация транспортно-технологических процессов при смерзании грузов

Рассмотрены транспортно-технологические процессы при перевозке грузов, которые смерзаются. На основании статистического анализа установлена структура грузопотоков в рассматриваемой системе. Путем использования дискретно-событийного метода имитационного моделирования разработаны типовые модели работы транспортной системы. Предложено выполнять оптимизацию транспортно-технологических процессов по критерию минимизации общих затрат путем сбалансированного использования транспортных, технологических и грузовых ресурсов. Разработанные модели могут использоваться для определения оптимального баланса ресурсов.

Ключевые слова: транспортная система, смерзание грузов, имитационное моделирование, ресурс.

Turpak S. Optimization transport-technological process at freezing cargo

In this article considered transport and technological processes at freezing cargoes. Statistical analyses of the data enabled determine the structure of cargo traffic. Standard models of the transport system are implemented using discrete-event method of simulation. Asked to perform the optimization of transport and technological processes by minimizing the total cost by the balanced use of transport, technological and commercial resources. The models can be used in different companies and can determine the optimal number of locomotives that serve the defrosting device. Optimization of transport processes at freezing of cargo can be carried out using the proposed models on different criteria: minimum downtime, the minimum queue length, minimum time non-productive idle cameras and more. The proposed model can be typical and integration in more complex systems of imitation the work of transport.

Keywords: transport system, freezing cargo, simulation, resource.

Турпак С.М. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні технології», Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна, e-mail: turpak@mail.ru.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.

Стаття подана 06.12.2013

УДК 629.4.052.2

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО И АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВА В ПЛАНЕ

Ульшин В.А., Ключев С.А.

THE DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE AND HARDWARE FOR REALIZATION AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF A POSITION OF THE WHEEL PAIR IN A HORIZONTAL AREA

Ulshin V., Klyuev S.

В статье рассмотрена разработка программного и аппаратного обеспечения для создания системы автоматического управления положением колесных пар локомотива в плане. Реализация системы автоматического управления положением колесных пар в рельсовой колее выполняется с использованием управляющего компьютера и микропроцессорного блока управления. Управление регулируемыми поводками колесных пар локомотива осуществляется электромагнитными клапанами с помощью автоматической системы регулирования давления воздуха.

Ключевые слова: система автоматического управления, поводок, микроконтроллер, программное обеспечение, управляющий компьютер, реальное время.

Введение. Все устройства, входящие в систему управления положением колесной пары в рельсовой колее, составляют единую замкнутую систему, в которой электрические и механические и гидравлические процессы неразрывно связаны между собой.

В связи с высокими требованиями по надежности и временным ограничениям на выработку и передачу управляющего сигнала на исполнительное устройство, работа автоматических систем управления локомотивом должна осуществляться в режиме реального времени [1].

Постановка проблемы. Главное требование систем реального времени является предсказуемость (или детерминизм). Если все требования тайминга (временные требования) соблюдаются при самых наихудших ситуациях, система удовлетворяет требованиям реального времени.

Управление данными в системах автоматического управления локомотивом должно придерживаться:

- предсказуемости в отношении тайминга. Наличие возможности доступа и управления данными в любой момент времени;

- механизм управления данными используемый в системе управления локомотивом должен быть достаточно эффективный, с соблюдением требований объемов памяти и загрузки процессора.

Аппаратные и программные средства, обеспечивающие техническую реализацию информационно-измерительных и управляющих систем, должны отвечать современным требованиям унификации и стандартизации, метрологической, конструктивной, информационной и эксплуатационной совместимости, принципам модульного построения. При выполнении этих требований обеспечивается надежность, построенной на основе этих средств, информационной системы, достоверность и оперативность получаемой информации, гарантированное исполнение командной информации.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [2] предложено создание моделей реального времени с учетом использования программных продуктов для моделирования динамики системы тел. Создание моделей реального времени с учетом использования средств интерактивного моделирования Simulink программного пакета Matlab изложено в публикации [3]. Но подходы, которые используются не являются полными решениями для тестирования и разработки мехатронных систем локомотива.

Цель статьи. В работе предложена реализация программного и аппаратного обеспечения для создания системы автоматического управления положением колесных пар локомотива в горизонтальной плоскости.

Результаты исследований. В полунатурном управлении применяются промышленные контроллеры (микроконтроллер), позволяющие управлять моделью управляемого модуля в реальном времени. Модель выполнена в режиме реального времени,

используя пакет Matlab/Simulink и Real-Time Workshop Real-Time Target. Имитация модели обеспечивает вычисление всех процессов в реальном времени, которые преобразуются цифро-аналоговым преобразователем и подаются на управляющую систему в виде напряжения, что близко к управлению объектом в реальной системе [4].

Алгоритм работы управляющего устройства реализуется на персональном компьютере и загружается в микроконтроллер посредством программного обеспечения.

Процесс преобразования алгоритма управления в код управления осуществляется с помощью:

1. Real-time Workshop, Visual C с использованием toolbox Real Time Target для ПК.

2. Tasking CrossView compiler version 8.0 r2, и Minimon с использованием toolbox Embedded Target for Infineon C166 Microcontrollers для микроконтроллера.

В качестве модели управляемой колесной пары локомотива в плане, используется компьютерная модель, работающая в режиме реального времени в программной среде Matlab/Simulink и связанная с платой ввода/вывода AD512 с отлаживаемым микроконтроллером C166.

Управляющие сигналы, генерируемые микроконтроллером, через преобразователь «цифра-цифра», подаются в компьютерную модель управления положением колесной пары.

Общая принципиальная схема взаимодействия ПК с ОУ в процессе управления представлена на рис. 1.

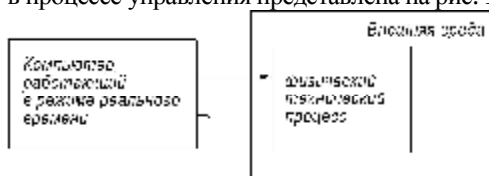


Рис. 1. Применение компьютера в управлении процесса

Цифровые системы управления работают только с информацией, представленной в цифровой форме, поэтому полученные в результате измерений электрические аналоговые величины обрабатываются с помощью аналогово-цифровых плат. В цифро-аналоговой плате 8 разрядов, фирмы Analog Device AD0808.

Система цифрового управления физическим процессом состоит из следующих компонентов (рис. 2):

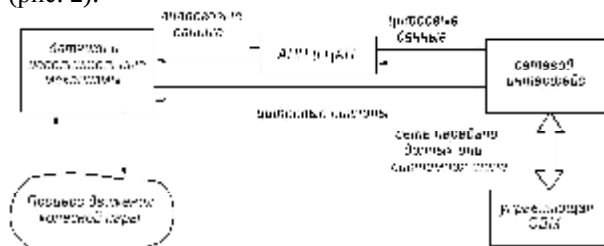


Рис. 2. Применение компьютера в управлении процесса

На основе выполненного анализа существующих операционных систем реального времени вы-

бран наиболее подходящий для эффективной работы управляющего компьютера и системы управления в целом [5].

Учитывая гибкость QNX, ее надежность, "скорость" и постоянное развитие, сделан вывод, что из всех операционных систем QNX наиболее подходит для задач управления в реальном масштабе времени [5].

В связи с тем, что системы управления локомотивом предъявляют требования к временному интервалу, то необходимо использовать СУБД РВ [6].

При запуске модели в режиме реального времени Real-Time Target принимает данные из одного или нескольких входных каналов, использует эти данные, как входные для блок-диаграммы модели, немедленно обрабатывает их и направляет обратно на выходной канал интерфейсной платы.

Связь контроллера и бортового компьютера осуществляется с помощью шнура или через параллельный интерфейс. В процессе работы контроллер передает в режиме реального времени на бортовой компьютер данные, необходимые для визуализации и протоколирования.

Благодаря встроенной программно-логической интегральной схемы, CompactRIO дает возможность реализовать алгоритм обработки измерительных данных на аппаратном уровне с детерминированным периодом исполнения 25 нс без переноса нагрузки на центральный процессор контроллера. Платформа CompactRIO используется для сбора большого объема измерительной информации и управления положением колесной пары в горизонтальной плоскости в рельсовой колее.

Управление наполнением, опорожнением пневмоцилиндра, используемого для изменения длины поводка буксы колесной пары, осуществляется автоматической системой регулирования давления.

К унифицированной микропроцессорной системе управления локомотива 2ТЭ116 подключаются датчики и управляющие устройства по интерфейсу RS485.

Блок-схема системы управления и энергетической цепи тепловоза 2ТЭ116 к которой подключается управляющий компьютер и программатор изображена на рис. 3.

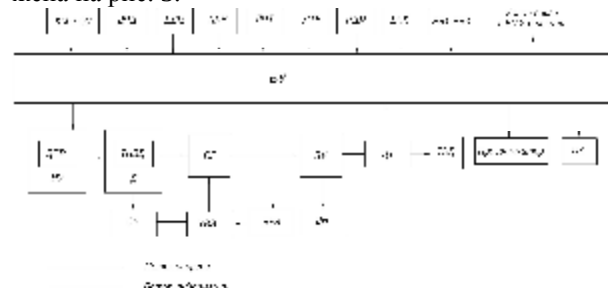


Рис. 3. Блок-схема системы управления и энергетической цепи тепловоза 2ТЭ116

где: КМ – контроллер машиниста; ОУ – органы управления тепловозом (тумблеры и кнопки); ДЧД – датчик частоты вращения коленчатого вала; ДДМ –

датчик давления масла; ДДН – датчик давления наддува; ДЧТ – датчик частоты вращения турбокомпрессора; ДТВ – датчик температуры наружного воздуха; РДМ – штатное реле давления масла РДМ-4; ДЧК – датчик частоты вращения колесной пары; ИУ – исполнительное устройство; ДПР – датчик положения реек ТНВД; ТНВД – топливные насосы высокого давления; Д – дизель; СВ – синхронный возбудитель; БУВ – блок управления возбуждением типа БА-520; СГ – тяговый синхронный генератор; УВВ – управляемый выпрямитель возбуждения типа БВК-1012; ТЭД – тяговые двигатели; ДТ – датчик выпрямленного тока СГ; ВУ – тяговый выпрямитель; ДН – датчик выпрямленного напряжения СГ; ПК – управляющий компьютер.

Вывод. Таким образом, для реализации системы автоматического управления положением колесных пар в рельсовой колее в плане предложено использовать операционную систему реального времени QNX, систему управления базами данных реального времени, которые работают на аппаратной платформе COMPACTRIO при доступном уровне капиталовложений для внедрения.

Л и т е р а т у р а

25. Meli E. A railway vehicle multibody model for real time applications / Meli E., Malvezzi M., Papini S., Pugi L., Rinchi M., Rindi A. //, Vehicle System Dynamics, 46(12), PP. 1083-1105, 2008.
26. Mei T.X. Mechatronic solution for high-speed railway vehicles / Mei T.X., Nagy Z., Goodall R.M., Wickens A.H. // Control Engineering Practice. – 2002. – vol. 10. – PP. 1023-1028.
27. Maki Y., Building a railway vehicle model for hardware-in-the-loop simulation / Maki Y., Shimomura T., Sasaki K., // QR of RTRI. – 2009. -№50(4). – PP.193–198.
28. Корзина И.В. Имитационная модель электровагона для отладки микропроцессорных систем управления // Дисс. канд. техн. наук: 05.22.07. – М.: МИИТ, 2007.
29. Спиригин М.И. Выбор направлений для создания модели системы управления транспортным средством / Спиригин М.И., Спиригин В.И., Ключев С.А. // Вестник Восточноукр. нац. ун-та. – Луганск: СНУ. – 2007. - Вип. 12(118). – С. 203-208.
30. Спиригин М.И. Аналіз баз даних для створення системи керування транспортним засобом / Спиригин М.І., Спиригин В.І., Ключев С.О. // Вестник Восточноукр. ун-та. – Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2008. – Вип №4 (122). – С. 238-243.

R e f e r e n c e s

1. Meli E. A railway vehicle multibody model for real time applications / Meli E., Malvezzi M., Papini S., Pugi L., Rinchi M., Rindi A. //, Vehicle System Dynamics, 46(12), PP. 1083-1105, 2008.
2. Mei T.X. Mechatronic solution for high-speed railway vehicles / Mei T.X., Nagy Z., Goodall R.M., Wickens A.H. // Control Engineering Practice. – 2002. – vol. 10. – PP. 1023-1028.
3. Maki Y., Building a railway vehicle model for hardware-in-the-loop simulation / Maki Y., Shimomura T., Sasaki K., // QR of RTRI. – 2009. -№50(4). – PP.193–198.

4. Korzina I.V. Imitacionnaja model' jelektrovoza dlja otladki mikroprocessornyh sistem upravlenija // Diss. kand. tehn. nauk: 05.22.07. – М.: МИИТ, 2007.
5. Spirjagin M.I. Vybory napravlenij dlja sozdanija modeli sistemy upravlenija transportnym sredstvom / Spirjagin M.I., Spirjagin V.I., Kljuev S.A. // Vestnik Vostochnoukr. nac. un-ta. – Lugansk: SNU. – 2007. - Vip. 12(118). – S. 203-208.
6. Spirjagin M.I. Analiz baz danih dlja stvorennja sistemi keruvannja transportnim zasobom / Spirjagin M.I., Spirjagin V.I., Spirjagin K.I., Kljuev S.O. // Vestnik Vostochnoukr. un-ta. – Lugansk: VNU im. V.Dalja, 2008. – Vip №4 (122). – S. 238-243.

Ульшин В.О., Ключев С.О. Розробка програмного та апаратного забезпечення для створення системи автоматичного управління положенням колісних пар локомотиву в плані.

У статті розглянута розробка програмного та апаратного забезпечення для створення системи автоматичного управління положенням колісних пар локомотива в плані. Реалізація системи автоматичного управління положенням колісних пар в рейковій колії виконано з використанням комп'ютера, що управляє, і мікропроцесорного блоку управління. Управління регульованими повідцями колісних пар локомотива здійснюється електромагнітними клапанами за допомогою автоматичної системи регулювання тиску повітря.

Ключові слова: система автоматичного управління, повідець, мікроконтролер, програмне забезпечення, керуючий комп'ютер, реальний час.

Ulshin V., Klyuev S. The development of the software and hardware for realization automatic control system of a position of the wheel pair in a horizontal area.

The paper presented the software and hardware development that has been executed to realize automatic control system with a position of the wheel pair in the rail track. To realize the ACS of the radial setting of the wheel pair it has been suggested to use the real-time operating system QNX, CSDBRT (real-time control system database), workings on the vehicle platform of COMPACTRIO having the accessible level of the capital costs for implantation. The realization of ACS with a position of the locomotive wheel pair is carried out on the diesel locomotive sample 2ТЭ116 by a controlling computer which works in the real-time mode on the basis of the real-time operating system QNX. The control over the electromagnetic valve of EV210B has been carried out by the automatic system of pressure regulation.

Keywords: automatic control system, axlebox link, microcontroller, software, control computer, real time.

Ульшин В.А. – д.т.н., професор, кафедри системної інженерії Восточноукраїнського національного університета імені Володимира Даля, г. Луганск, Україна, e-mail: ulshin@ccs.snu.edu.ua.

Ключев С.А. – асистент кафедри охорони труда і БЖД Восточноукраїнського національного університета імені Володимира Даля, г. Луганск, Україна, e-mail: sergistreet@gmail.com.

Рецензент: д.т.н., проф. Осенин Ю.И.

Статья подана 28.02.2013

УДК 629.4

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛОКОМОТИВІВ ІЗ ГІБРИДНИМ ПРИВОДОМ**Фалендиш А.П., Володарець М.В.****IMPROVEMENT OF METHODS AND MODELS DETERMINE THE TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS OF LOCOMOTIVES WITH HYBRID DRIVE****Falendysh A., Volodarets M.**

Аналіз стану існуючого парку локомотивів Укрзалізниці показав, що переважаюча кількість тепловозів знаходиться на фінальній стадії життєвого циклу, тому виникає необхідність у його оновленні. Можливим способом підвищення економічності експлуатації маневрових тепловозів, які характеризуються різко змінним режимом роботи, є створення, так званого, гібридного локомотива. Розглянуто можливість вдосконалення методів і моделей визначення техніко-економічних показників локомотивів з метою адаптації їх до гібридного рухомого складу з урахуванням технічних параметри локомотиву, показників експлуатації і вартісних показників.

Ключові слова: гібридний локомотив, показник, модель, енергетична установка, накопичувач.

Вступ. Залізничний транспорт України є однією з основних галузей економіки держави. Він забезпечує потреби виробництва та населення в перевезеннях. Проте технічна база і технологічний рівень організації перевезень по багатьом параметрам не відповідають і потребам суспільства, і європейським стандартам якості транспортних послуг. Переважаюча кількість тепловозів знаходиться на фінальній стадії життєвого циклу. А катастрофічна нехватка фінансових засобів на оновлення тягового рухомого складу ще більше загострює цю проблему.

Тому виникає необхідність у оновленні тягового рухомого складу Укрзалізниці, що можна зробити шляхом закупки нового рухомого складу або модернізацією існуючого, яка є особливо ефективною в умовах дефіциту фінансів та високої вартості нового локомотивного парку.

Постановка проблеми. З аналізу роботи маневрових тепловозів виходить, що вони характеризуються різко змінним режимом роботи: 50 – 60 % часу вони працюють на холостому ході, 45 – 70 % на низьких навантаженнях і лише 2 – 5 % часу на номінальних.

Можливим способом підвищення економічності експлуатації маневрових тепловозів є заміна існуючої дизель-генераторної установки на дизель-генераторну установку малої потужності з накопичувачем енергії, тобто створення, так званого, гібридного локомотива. В якості можливих накопичувачів енергії можуть бути використані конденсатори високої ємності, акумуляторні батареї тощо.

Виникає необхідність у вирішенні питань, що пов'язані з вибором типів і характеристик локомотивів, що мають гібридний привід. Ці питання завжди знаходили відображення у дослідженнях вчених і спеціалістів залізничного транспорту і є дуже актуальними, особливо в наш час.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах таких вітчизняних вчених, як В.Д. Кузьміч, Н.А. Фуфрянський, Є.Є. Коссов, М.Л. Забелло, А.З. Хомич, А.І. Володін, Н.Н. Заліт, П.А. Шелест, Г.В. Попов, В.П. Казанцев, Г.С. Міхальченко і багатьох інших [1-17] розглядалися питання визначення та обґрунтування основних показників локомотивів, а в деяких роботах розглядалися і гібридні локомотиви.

В роботах закордонних вчених, а саме: П.Вольфа, Ф.В. Донеллі, Р.Л. Коусіньо, Р.Н.М. Хослея, К.Р. Аклі, Б. Сарені, Х. Робоама, А. Джейніса, Л. Людвінавічіуса, Л. П. Лінгайтиса тощо [17-20] розглянуті питання як модернізації існуючих локомотивів гібридним приводом, так і створенням нових гібридних локомотивів, наведено багато принципів схем локомотивів з різними типами гібридного приводу та структурними елементами.

Проте виникає необхідність у вдосконаленні методів і моделей визначення техніко-економічних показників локомотивів з метою адаптації їх до гібридного рухомого складу з урахуванням технічних параметрів локомотиву, показників експлуатації і вартісних показників.

Мета. Мета статті полягає у вдосконаленні методів і моделей визначення техніко-економічних показників локомотивів для визначення раціональних параметрів гібридного маневрового тепловоза.

Результати досліджень. Існує багато різновидів систем гібридного тягового приводу локомотивів. На рис. 1 зображено узагальнену модель силового ланцюга маневрового тепловоза із гібридною передачею потужності, яку побудовано, виходячи з аналізу цих систем.

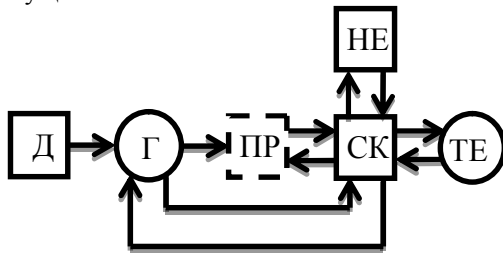


Рис. 1. Модель силового ланцюга гібридного маневрового тепловоза: Д - дизель; Г - тяговий генератор; ПР - перетворювач; СК - система керування; ТЕД (1...n) - тягові електродвигуни; НЕ - енергетичний накопичувач

Енергія з дизеля передається на генератор, причому він може бути як постійного струму, так і синхронним. З генератора енергія передається на перетворювач, за наявності, а з нього на систему керування. Система керування пов'язує між собою накопичувач енергії, тягові електродвигуни та тяговий генератор. В тяговому режимі енергія від дизель-генератора передається через перетворювач, за наявності, і систему керування на тягові двигуни, які також можуть додатково живитися ще й від накопичувача енергії у випадку, коли енергії дизель-генератора недостатньо. При роботі на холостому ході та низьких навантаженнях дизель-генератор поповнює запас енергії у накопичувач і здійснюється робота тепловоза. Для зарядження накопичувачів енергії також можливе використання тягових двигунів в якості генератора, при роботі їх в режимі рекуперації енергії під час гальмування потяга.

Для визначення техніко-економічних параметрів гібридного локомотиву було складено модель, яка включає наступні етапи розрахунку: вибір та формування вихідних даних для визначення техніко-економічних показників гібридного локомотиву; вибір та визначення параметрів накопичувача електроенергії та силового агрегату; визначення основних параметрів електричної передачі тепловоза; побудова зовнішньої характеристики тягового генератора; побудова регульовальної характеристики електропередачі; побудова тягової характеристики тепловоза; вивід кінцевих результатів розрахунків

Для визначення параметрів накопичувача енергії та силового агрегату розроблено модель визначення необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки для маневрового тепловозу із гібридною передачею потужності.

Визначення необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки гіб-

ридного маневрового тепловозу виконується наступним чином.

Спочатку для певної ділянки, на якій передбачається використовувати гібридний локомотив, аналізуються дані експлуатації існуючих тепловозів. Вхідними даними для розрахунку були: вектор потужності силової установки N_{fi} , яка визначалася протягом поїздки Δt хвилини. В результаті отримується значення кількості зафіксованих даних n , тривалість роботи тепловозу $t_{см}$, а також залежність $N_f(t)$, кількість шагів N_{steep} змінювання потужності силової установки, що розраховується, а на основі цього вектор j . Потім формується вектор коефіцієнту зміни потужності b_j .

Далі обчислюється середня потужність за даними експлуатації N_{cp} . У якості базової для розрахунків приймається потужність N_{pr} , причому:

$$N_{pr} = N_{cp}. \quad (1)$$

На основі цих даних формується вектор потужності силової установки, що розраховується, N_{ustj} .

Для розрахунку енергоємності накопичувача енергії, необхідно сформулювати матрицю необхідної енергоємності $E_{i,j}$, де $i \in (1...n-1)$, при цьому n - це кількість елементів вектору потужності силової установки N_f .

Приймаємо початкову енергоємність $E_0=0$, а для матриці $E_{i,j}$ наступну умову:

$$E_{1,j} = E_0. \quad (2)$$

Потім визначаємо енергоємність накопичувача енергії $E_{i,j}$ на кожному етапі змінювання необхідної потужності тепловозу.

Для певної j -тої потужності проектуємої силової установки на основі створеної матриці $E_{1,j}$ визначається необхідна енергоємність накопичувача енергії за наступною формулою:

$$E_{ne_j} = \left| \min \left(E^{(j)} \right) \right|. \quad (3)$$

При цьому формується вектор необхідної потужності силової установки N_{engj}

$$N_{engj} = N_{ustj}. \quad (4)$$

Потім для проектуемого тепловозу з урахуванням зміни його експлуатаційної потужності будуватиметься залежність енергоємності накопичувача енергії E_{ne} від потужності обраної силової установки N_{eng} з нанесеними на неї обмеженнями за вагою і об'ємом накопичувачів, з умови їх розміщення на тепловозі.

На наступному етапі задаються функції вартості дизель-генератора від його потужності $U1(N_{eng})$ та вартості накопичувачів енергії від їх енергоємності $U2(E_{ne})$.

Для оцінки вартості дизель-генератора було отримано залежність ціни на дизель-генератор в залежності від його тривалої потужності шляхом апроксимації ряду дискретних значень цін у дилерській мережі [21] на дизель-генератори виробництва

зель-генератора від його потужності $U1(Neng)$ та вартості накопичувачів енергії від їх енергоємності $U2(Ene)$, а ще вартість старого дизель-генератора $U0$. Необхідно ввести ще значення коефіцієнту завантаження локомотива kz і термін окупності $r0$, роки. Далі виконується розрахунок витрат палива новими дизелями на кожному режимі Gi, j , кг, розрахунок витрат палива новими дизелями за зміну $G1j$, кг, витрати палива в експлуатації до модернізації за зміну $Gekspl$, кг, зменшення витрат на паливо після модернізації $U3$, кг, загальні витрати, пов'язані із модернізацією $Uzag$, грн, і, нарешті, оптимальних значень потужності дизель-генератора $Nopt$, кВт і енергоємності накопичувача енергії $Eopt$, МДж.

На основі запропонованого алгоритму було розроблено підпрограму розрахунку необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею за допомогою пакету програм Mathcad.

Застосування програми при проектуванні маневрового тепловозу із гібридною передачею потужності дозволить визначити раціональні співвідношення його силової установки і накопичувача енергії.

Висновки. 1. Розроблено модель силового ланцюга маневрового тепловозу із гібридною передачею потужності.

2. Розроблена модель для визначення техніко-економічних характеристик гібридного маневрового тепловозу.

3. Розроблено алгоритм і програму розрахунку необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею.

Література

1. Одинцов, Л. В. Вопросы теории маневровой работы [Текст]: учебное пособие / Л. В. Одинцов. - М.: Трансжелдориздат, 1947. - 204 с.
2. Боровой, Н.Е. Влияние веса поездов на объем маневровой работы [Текст] / Н.Е. Боровой // Труды МИИТ. - М.: Трансжелдориздат, 1962. - Вып. 137. - 384с.
3. Казанцев В.П. Выбор оптимальной мощности маневрового локомотива для работы на вытяжке в текущих эксплуатационных условиях и на перспективу [Текст]: дис. канд. техн. наук./В.П. Казанцев.-М., 1966.-156с.
4. Забелло, М. Л. Маневровые локомотивы электрифицированных железных дорог [Текст] / М. Л. Забелло, А. М. Баранов. - М.: Транспорт, 1967. - 150 с.
5. Иванов Н.Е. Исследование надежности и долговечности маневровых тепловозов с гидравлическими передачами в зависимости от режимов их работы на железных дорогах промышленных предприятий [Текст]: дис. на соискание к.т.н./Н.Е. Иванов.- Д.: ДИИТ, 1969.-167с.
6. Кудряш, А.П. Повышение эффективности тепловозных дизель-генераторов в эксплуатации [Текст] / А.П. Кудряш, В.Т. Созаев, Э.Д. Тартаковский // Железнодорожный транспорт. - 1972. - № 10. - С. 38-40.
7. Амелин В.П. Выбор типа маневрового локомотива для работы на вытяжных путях станции [Текст]: дис. канд. техн. наук./В.П. Амелин.-М., 1973.- 186с.
8. Коссов, Е.Е. Выбор характеристик магистральных и маневровых тепловозов [Текст] / Е.Е. Коссов, В.А. Старо-

войт // Повышение топливной экономичности тепловозов, Труды ВНИИЖТ. - М.: Транспорт, 1991.- 238 с.

9. Неревяткин К.А. Совершенствование методики определения технических характеристик проектируемых локомотивов на основе математического моделирования [Текст]: автореф. дис. на соиск учен. степ. канд. тех. наук / К.А. Неревяткин. - М.: МГУПС, 1998г. - 23с.
10. Воронько, В. А. Обоснование выбора параметров маневровых и промышленных тепловозов с учетом условий эксплуатации [Текст]: дис. канд. техн. наук / В.А. Воронько.-М., 2005г. 148 с.
11. Михальченко, Г.С. Теория и конструкция локомотивов: Учебник для вузов ж.-д. транспорта [Текст] / Г.С. Михальченко, В.Н. Кашников, В.С. Коссов, В.А. Симонов. — М.: Маршрут, 2006. — 584 с.
12. Варакин, А.И. Маневровый и универсальный локомотив с гибридной силовой установкой и накопителем энергии на базе электрохимических конденсаторов / А.И. Варакин, И.Н.Варакин, В.В. Менухов //Наука и техника транспорта, 2007. № 12, с. 34 — 40. <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=9516479>.
13. Коссов, Е.Е. К вопросу выбора мощностных характеристик перспективного автономного тягового подвижного состава [Текст] / Е.Е. Коссов, В.А. Азаренко, М.М. Комарицкий // Наука и транспорт.-2007.-С.20-21.
14. Никипель, С. О. Повышение эффективности работы тепловозов при применении накопителя энергии в силовой цепи [Текст]: дис... канд. техн. наук / С. О. Никипель. - М., 2011. - 167 с.
15. Сергієнко, М.І. Оцінка ефективності можливих варіантів модернізації енергетичної установки маневрового тепловоза ЧМЭЗ [Текст] / М. І. Сергієнко, В.І. Пелепейченко, О.І. Гончарів, Д.О. Гордієнко // Залізничний транспорт України. - 2011. - № 6. - С. 35-38.
16. Сергієнко, М.І. Оцінка ефективності застосування накопичувачів електроенергії в енергетичній установці дизель-поїзда ДЕЛ-02 [Текст] / М. І. Сергієнко, М.В. Панасенко, В.І. Пелепейченко, Д.О. Гордієнко // Залізничний транспорт України. - 2011. - № 4. - С. 29-35.
17. Wolfs, P. 2005. Energy Storage Options for Hybrid Diesel Electric Shunting Locomotives, in Negnitsky, M. (ed), Australasian Universities Power Engineering Conference AUPEC 2005, Sep 25 2005, pp. S123-S123. Hobart, Tasmania: University of Tasmania.
18. Akli, C.R.; Sareni, B; Roboam, X; Jeunisse, A. Integrated optimal design of a hybrid locomotive with multiobjective genetic algorithms. (2009) International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, vol. 30 (n° 3-4). pp. 151-162. ISSN 1383-5416.
19. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
20. Liudvinavičius L., Lingaitis L.P.: New locomotive energy management systems. Maintenance and reliability – Eksploatacja i niezawodność, Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, No 1, 2010, pp. 35-41.
21. <http://www.energoholding.ru>.

References

1. Odincov, L. V. Voprosy teorii manevrovoj raboty [Tekst]: uchebnoe posobie / L. V. Odincov. - M.: Transzheldorizdat, 1947. - 204 s.
2. Borovoj, N.E. Vlijanie vesa poezdov na ob'em manev-rovoj raboty [Tekst] / N.E. Borovoj // Trudy MIIT. - M: Transzheldorizdat, 1962. - Vyp. 137. - 384s.
3. Kazancev V.P. Vybora optimal'noj moshhnosti manev-rovogo lokomotiva dlja raboty na vytjazhke v tekushhih

- jekspluatacionnyh uslovijah i na perspektivu [Tekst]: dis. .kand. tehn.nauk./V.P. Kazancev.-M., 1966.-156s.
4. Zabello, M. L. Manevroye lokomotivy jelektrifi-cirovannyh zheleznyh dorog [Tekst] / M. L. Zabello, A. M. Baranov. - M. : Transport, 1967. - 150 s.
 5. Ivanov N.E. Issledovanie nadezhnosti i dolgovechnosti manevrovyyh teplovozov s gidravlicheskiimi peredachami v zavisimosti ot rezhimov ih raboty na zheleznyh dorogah promyshlennyh predpriyatij [Tekst]: dis. na soiskanie k.t.n./ N.E. Ivanov.- D.: DIIT, 1969.-167s.
 6. Kudrjash, A.P. Povyshenie jeffektivnosti teplovoznyyh dizel'-generatorov v jekspluatatsii [Tekst] / A.P. Kudrjash, V.T. Sozaev, Je.D. Tartakovskij // Zheleznodo-rozhnyj transport. – 1972. – № 10. – S. 38-40.
 7. Amelin V.P. Vybory tipa manevrovogo lokomotiva dlja raboty na vytjazhnyh putjah stancii [Tekst]: dis. kand. tehn. nauk./V.P. Amelin.-M., 1973.- 186s.
 8. Kossov, E.E. Vybory harakteristik magistral'nyh i manevrovyyh teplovozov [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Starovojt // Povyshenie toplivnoj jekonomichnosti teplovozov, Trudy VNIIZhT. – M.: Transport, 1991.– 238s.
 9. Nerevjatkin K.A. Sovershenstvovanie metodiki opredelenija tehničeskih harakteristik proektiruemyh lokomotivov na osnove matematičeskogo modelirova-nija [Tekst]: avtoref. diss. na soisk učen. step. kand. teh. nauk / K.A. Nerevjatkin. – M.: MGUPS, 1998g. – 23s.
 10. Voron'ko, V. A. Obosnovanie vybora parametrov manevrovyyh i promyshlennyh teplovozov s učetom uslovij jekspluatatsii [Tekst]: diss. kand. tehn. nauk / V.A. Voron'ko.- M., 2005g. 148 s.
 11. Mihal'chenko, G.S. Teorija i konstrukcija lokomotivov: Učebnik dlja vuzov zh.-d. transporta [Tekst] / G.S. Mihal'chenko, V.N. Kashnikov, B.C. Kossov, V.A. Simonov.— M.: Marshrut, 2006. — 584 s.
 12. Varakin, A.I. Manevrovyj i universal'nyj lokomotiv s gibridnoj silovoj ustanovkoj i napitелеm jenergii na baze jelektrohimičeskih kondensatorov / A.I. Varakin, I.N. Varakin, V.V. Menuhov // Nauka i tehnika transporta, 2007. № 12, s. 34 – 40. <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=9516479>.
 13. Kossov, E.E. K voprosu vybora moshhnostnyh harakteristik perspektivnogo avtonomnogo tjažovogo podvižnogo sostava [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Azarenko, M.M. Komarickij // Nauka i transport. -2007.-S. 20-21.
 14. Nikipelyj, S. O. Povyshenie jeffektivnosti raboty teplovozov pri primenenii napititelja jenergii v si-lovoj cepi [Tekst]: dis... kand. tehn. nauk / S. O. Nikipelyj. - M., 2011. - 167 s.
 15. Sergienko, M.I. Ocinka jeffektivnosti možhlyvih variantiv modernizacii energetičnoji ustanovki manevrovogo teplovoza ChMJe3 [Tekst] / M. I. Sergienko, V.I. Pelepejchenko, O.I. Gonchariv, D.O. Gordienko // Zalizničnij transport Ukraїni. - 2011. - № 6. - S. 35-38.
 16. Sergienko, M.I. Ocinka jeffektivnosti zastosuvannja napitichuvachiv elektroenergii v energetičnij ustanovci dizel'-poїzda DEL-02 [Tekst] / M. I. Sergienko, M.V. Panasenko, V.I. Pelepejchenko, D.O. Gordienko // Zalizničnij transport Ukraїni. - 2011. - № 4. - S. 29-35.
 17. Wolfs, P. 2005. Energy Storage Options for Hybrid Diesel Electric Shunting Locomotives, in Negnitsky, M. (ed), Australasian Universities Power Engineering Conference AUPEC 2005, Sep 25 2005, pp. S123-S123. Hobart, Tasmania: University of Tasmania.
 18. Akli, C.R.; Sareni, B; Roboam, X; Jeunesse, A. Integrated optimal design of a hybrid locomotive with multiobjective genetic algorithms. (2009) International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, vol. 30 (n° 3-4). pp. 151-162. ISSN 1383-5416.
 19. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep 2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
 20. Liudvinavičius L., Lingaitis L.P.: New locomotive energy management systems. Maintenance and reliability – Eksploatacja i niezawodność, Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, No 1, 2010, pp. 35-41.
 21. <http://www.energoholding.ru>.

Фалендыш А.П., Володарец Н.В. Совершенствование методов и моделей определения технико-экономических показателей локомотивов с гибридным приводом.

Анализ существующего парка локомотивов Укрзалізнички показал, что преобладающее количество тепловозов находится на финальной стадии жизненного цикла, поэтому возникает необходимость в его обновлении. Возможным способом повышения экономичности эксплуатации маневровых тепловозов, которые характеризуются резко переменным режимом работы, является создание так называемого гибридного локомотива. Рассмотрена возможность совершенствования методов и моделей определения технико-экономических показателей локомотивов с целью адаптации их к гибриднему подвижному составу с учетом техничских параметров локомотива, показателей эксплуатации и стоимостных показателей.

Ключевые слова: гибридный локомотив, показатель, модель, энергетическая установка, накопитель.

Falendysh A., Volodarets M. Improvement of methods and models determine the technical and economic parameters of locomotives with hybrid drive.

Analysis of the existing fleet of locomotives Ukrzaliznytsi showed that the overwhelming number of locomotives is at the final stage of the life cycle, so there is a need to update it. Possible way to improve the efficiency of operation of shunting locomotives, which are characterized by rapidly alternating mode of operation is the creation of so-called hybrid locomotive. The possibility of improving the methods and models for determining the technical and economic performance of locomotives in order to adapt them to a hybrid rolling stock, taking into account the technical parameters of the locomotive operating performance and cost parameters. Algorithm and program of calculating the required power consumption of energy storage and power propulsion shunting locomotive with hybrid power transmission developed. The application program for the design of hybrid shunting locomotive power transfer will allow to define a rational ratio of its power plant and energy storage.

Keywords: hybrid locomotive, parameter, model, power plant, storage.

Фалендыш А.П. – д.т.н., професор кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна, e-mail: fap_hiit@rambler.ru.

Володарець М.В. – ст. викл. кафедри Рухомий склад залізниць, ДонІЗТ, м. Донецьк, Україна, e-mail: nikita_01091988@mail.ru.

Рецензент: Бабанін А.Б., д.т.н., проф.

УДК629.4

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ТЯГОВЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Хворост Н.В., Закурдай С.А., Герасименко В.А.

IMPROVING ELECTRIC DRIVE ENERGY EFFICIENCY WITH DC TRACTION MOTORS EXCITATION SEQUENCE

Hvorost M., Zakurday S., Gerasimenko V.

В статье рассмотрены проблемы, связанные с повышением энергетической эффективности функционирования электроприводов с тяговыми электродвигателями постоянного тока последовательного возбуждения. Для решения поставленной задачи предлагается использовать DC/DC преобразователь при работе в режиме ослабленного поля. Экономия энергии при использовании предложенного устройства достигается за счет того, что DC/DC преобразователь трансформирует энергию, которая в серийных схемах тратилась на нагрев резисторов, и направляет ее для питания ТЭД. В ходе работы были получены зависимости, позволяющие получить коэффициент регулирования возбуждения от параметров преобразователя.

Ключевые слова: преобразователь, коэффициент, регулирование, двигатель, возбуждение, электропривод.

Постановка проблемы. Процесс регулирования скорости электроподвижного состава с тяговыми двигателями постоянного тока (ТЭД) можно разделить на две стадии. На первой стадии изменяется подведенное напряжение к ТЭД от нуля до номинального значения (режим полного поля – ПП). На второй стадии регулируется величина магнитного потока (режим ослабленного поля – ОП). При этом большую часть времени при пуске, ТЭД работает в режиме ОП.

Наиболее простым, с конструктивной точки зрения, способом ослабления поля ТЭД с последовательным возбуждением является использование активных сопротивлений [1]. Сопротивления подключаются параллельно обмотке возбуждения и для исключения нежелательных переходных процессов в цепь включаются индуктивные шунты.

Основной недостаток таких устройств – потери энергии в шунтирующих сопротивлениях.

Анализ публикаций показывает, что регулирование скорости выше номинальной с ТЭД после-

довательного возбуждения возможно одним из следующих способов:

- отключением части витков последовательного возбуждения [2];
- использованием активных сопротивлений [3];
- регулированием тока возбуждения с использованием специальных возбудителей [4];
- использованием импульсных регуляторов, подключаемых последовательно или параллельно обмотке возбуждения [5].

При отключении части витков обмотки возбуждения электродвигателя, необходимо иметь дополнительные выводы от обмоток, что приводит к увеличению радиальных размеров, веса и конструкции ТЭД.

Использование для ослабления поля ТЭД активных сопротивлений вызывает необходимость применения индуктивных шунтов. Использование резисторов отрицательно влияет на стабильность электромеханических характеристик за счет их нагрева. Кроме того, в активных сопротивлениях и индуктивных шунтах происходят дополнительные потери энергии.

К недостаткам перечисленных способов необходимо отнести тот факт, что изменение тока якоря ТЭД при ОП происходит ступенчато и увеличиваются динамические нагрузки в тяговой передаче подвижного состава.

На основании анализа способов ОП было определено направление усовершенствования регулирования частоты вращения ТЭД с использованием DC/DC преобразователя [6]. Предложенный способ ослабления поля с использованием DC/DC преобразователя иллюстрируется схемой, приведенной на рис. 1.

Принцип действия схемы состоит в том, что с помощью входной цепи DC/DC преобразователя

выполняется шунтирование последовательной обмотки возбуждения. Выход преобразователя включен параллельно с питающей сетью через разделительный диод.

Экономия энергии при использовании предложенного устройства достигается за счет того, что DC/DC преобразователь трансформирует энергию, которая в серийных схемах тратилась на нагрев резисторов, и направляет ее для питания ТЭД.

Плавность и степень ОП достигается за счет изменения коэффициента заполнения преобразователя.

Целью статьи является исследование энергоэффективного способа ослабления поля тяговых двигателей постоянного тока последовательного возбуждения при использовании высокочастотных преобразователей.

Материалы исследований. На рис. 1 приведена принципиальная электрическая схема энергоэффективного электропривода.

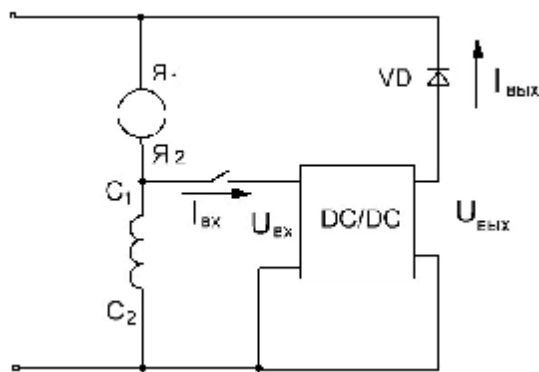


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема энергоэффективного электропривода

Определим соотношение между параметрами предложенной схемы и коэффициентом регулирования возбуждения.

Для повышающего преобразователя справедливо соотношение [7]:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вх}}}{(1-g)},$$

где

$U_{\text{вых}}$ – выходное напряжение DC/DC преобразователя, равное напряжению контактной сети;

$U_{\text{вх}}$ – входное напряжение преобразователя, которое соответствует падению напряжения на обмотке последовательного возбуждения тягового электродвигателя;

g – коэффициент заполнения импульсного прерывателя.

В соответствии с законом сохранения энергии можно записать следующее:

$$I_{\text{вх}} \cdot U_{\text{вх}} = I_{\text{вых}} \cdot U_{\text{вых}} \cdot h_{\text{DC}},$$

где

$I_{\text{вх}}, I_{\text{вых}}$ – соответственно входной и выходной ток DC/DC преобразователя;

η_{DC} – коэффициент полезного действия преобразователя.

Подставим в выражение значение выходного напряжения преобразователя:

$$I_{\text{вх}} \cdot U_{\text{вх}} = I_{\text{вых}} \cdot \frac{U_{\text{вх}}}{1-g} \cdot h_{\text{DC}}.$$

В соответствии со схемой устройства представленной на рис. 1, выходной ток равен:

$$I_{\text{вых}} = I_{\text{вх}} \cdot \frac{(1-g)}{h_{\text{DC}}}.$$

В выражении можно заменить $I_{\text{вх}}$ на $(I_{\text{я}} - I_{\text{в}})$:

$$I_{\text{вых}} = I_{\text{я}} - I_{\text{в}} \cdot \frac{(1-g)}{h_{\text{DC}}}.$$

Разделив выражение на ток якоря ТЭД, получим:

$$\frac{I_{\text{в}}}{I_{\text{я}}} (1-g) = (1-g) - \frac{I_{\text{вых}} \cdot h_{\text{DC}}}{I_{\text{я}}}.$$

Так как отношение $\frac{I_{\text{в}}}{I_{\text{я}}} = a$, то:

$$a = \frac{(1-g) - \frac{I_{\text{вых}} \cdot h_{\text{DC}}}{I_{\text{я}}}}{1-g}.$$

Обозначив отношение $\frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{я}}} = K_{\text{н}}$ окончательно

получим выражение для коэффициента регулирования возбуждения:

$$a = \frac{(1-g) - K_{\text{н}} \cdot h_{\text{DC}}}{1-g}.$$

В соответствии с выражением построены зависимости изменения коэффициента регулирования возбуждения a от коэффициента заполнения импульсного прерывателя при различных значениях $K_{\text{н}}$ и $\eta_{\text{DC}} = 0,9$. Эти зависимости представлены на рис. 2.

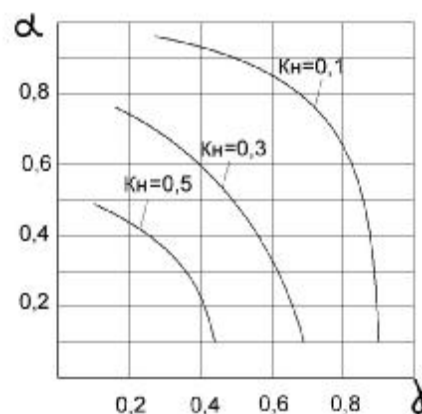


Рис. 2. Зависимость a от коэффициента заполнения DC/DC преобразователя

Вывод. Таким образом, выполнен анализ способов ослабления поля тяговых электродвигателей последовательного возбуждения, определены их достоинства и недостатки.

1. Предложен энергоэффективный способ ослабления поля ТЭД с использованием DC/DC преобразователя и схема его реализации для электроприводов постоянного тока.
2. Получены зависимости, позволяющие реализовать ослабление поля при использовании DC/DC преобразователя.
3. Предложенные решения позволят повысить энергоэффективность электроприводов постоянного тока с тяговыми электродвигателями последовательного возбуждения.

Л и т е р а т у р а

1. Ефремов И. С. Теория и расчет троллейбуса: Электрооборудование / И. С. Ефремов, Г. Е. Косарев. – М.: Высш. шк., 1981 – 248 с.
2. Тихменев Б. Н. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования. Электрические схемы и аппараты. / Б. Н. Тихменев, Л. М. Трахтман. – М.: Транспорт. 1980 – 471 с.
3. Ротанов Н. А. Проектирование систем управления электроподвижным составом / Н. А. Ротанов, Д. Д. Захарченко и др.; Под ред. Н. А. Ротанова. – М.: Транспорт. 1986 – 327 с.
4. Байриева Л. С. Электрическая тяга. Городской наземный транспорт / Л. С. Байриева, В. В. Шевченко. – М.: Транспорт. 1986 – 206 с.
5. Гаврилов Я. И. Вагоны метрополитена с импульсными преобразователями / Я. И. Гаврилов, В. А. Мнацаканов. – М.: Транспорт. 1986 – 206 с.
6. Патент № 73041 Україна. МПК (2012.01) H02P 7/00 Спосіб ослаблення поля тягового електродвигуна послідовного збудження / В. П. Андрійченко, І. О. Костенко, В. А. Герасименко: Власник: Харківська національна академія міського господарства. – № 73041 заявл. 21.02.2012; опубл. 10.09.2012, Бюл Н17.
7. Мелешин В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин – Москва: Техносфера, 2005 – 632 с.

R e f e r e n c e s

1. Efremov I. Theory and calculation of trolley : Electrical / I. Efremov, G. Kosarev. - M.: Higher. wk., 1981 - 248 p.
2. B. Tikhmenev Rolling electrified railways . Theory of electrical equipment. Electric circuits and devices / B. Tikhmenev, L. Trachtman. - M.: Transport. 1980 - 471 p.
3. N. Rotanov Designing control systems of electric rolling stock / N. Rotanov, D. Zaharchenko and others, ed. N. Rotanova. - M.: Transport. 1986 - 327 p.
4. L. Bairieva Electric traction/ Urban Surface Transportation / L. Bairieva, V. Shevchenko. - M.: Transport. 1986 – 206 p.
5. Y. Gavrilov Subway cars with pulse converters/Y. Gavrilov, V. Mnazakanov. - M.: Transport. 1986 - 206p.

6. Patent № 73041 Ukraine. IPC (2012.01) H02P 7/00 Спосіб ослаблення поля тягових електродвигунів послідовного збудження / V. Andriychenko, I. Kostenko, V. Gerasimenko. Kharkiv National academy of municipal economy. - № 73041 appl. 21.02.2012, publ. 10.09.2012, Bull H17.
7. V. Melyoshin Transistor converter equipment / V. Melyoshin - Moscow: Technosphere, 2005 - 632 p.

Хворост М.В., Закурдай С.О., Герасименко В.А.
Підвищення енергоефективності електроприводів з тяговими електродвигунами постійного струму послідовного збудження.

У статті розглянуті проблеми, пов'язані з підвищенням енергетичної ефективності функціонування електроприводів з тяговими електродвигунами постійного струму послідовного збудження. Для вирішення поставленого завдання пропонується використовувати DC/DC перетворювач при роботі в режимі ослабленого поля. Економія енергії при використанні запропонованого пристрою досягається за рахунок того, що DC/DC перетворювач трансформувє енергію, яка в серійних схемах витрачалася на нагрів резисторів, і направляє її для живлення ТЕД. У ході роботи були отримані залежності, що дозволяють отримати коефіцієнт регулювання збудження від параметрів перетворювача.

Ключові слова: перетворювач, коефіцієнт, регулювання, двигун, збудження, електропривод.

Hvorost M., Zakurday S., Gerasimenko V.
Improving electric drive energy efficiency with DC traction motors excitation sequence.

This article gives an analysis of the methods of field weakening traction motors with series excitation, identified their strengths and weaknesses. The problems associated with increasing the energy efficiency of electric traction motors with DC series excitation. To solve this problem are encouraged to use DC / DC converter when working in the field weakening. Energy saving by using the proposed device is achieved by the fact that the DC / DC converter transforms the energy that was spent on production schemes heating resistors, and sends it to the power of TED. Smoothness and degree of ETA is achieved by changing the duty cycle of the converter. During the work we obtained the enabling factor to get control of excitation of the drive parameters.

Keywords: transducer, coefficient, regulation, electric motor, electric excitation, electric drive.

Хворост М.В. – д.т.н., професор кафедри «Електричного транспорту» ХНУМГ ім. А.Н. Бекетова.
e-mail: dekanatzn@ksame.kharkov.ua

Закурдай С.А. – к.т.н., доцент кафедри «Електричного транспорту» ХНУМГ ім. А.Н. Бекетова.

Герасименко В.А. – аспірант кафедри «Електричного транспорту» ХНУМГ ім. А.Н. Бекетова.

Рецензент: д.т.н., проф. Фалендиш А.П.

Стаття подана 05.03.2014

УДК 656.22

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОВОЗІВ У ЯКОСТІ ГІРОЧНОГО ЛОКОМОТИВУ**Чеботарьов Д.В., Ключев О.О., Максименцева К.Ю.****RESEARCH OF POSSIBILITY OF USE OF ELECTRIC LOCOMOTIVES AS HUMP LOCOMOTIVES****Chebotarov D., Klyuev A., Maksimentseva K.**

У статті проведено дослідження можливості використання електровозів у якості гірочних локомотивів. Розглянута доцільність заміни тепловозної тяги при виконанні маневрової роботи на електровозну тягу. Особливості ведення маневрової роботи вказують на часткову таку заміну, а також ретельні дослідження особливостей станції. Повний перехід сортувальної роботи з тепловозів на електровози не доцільний. Електрифікація сортувального парку не проводиться, то осаджування складів у сортувальному парку виконується тепловозами. Наведені розрахунки експлуатаційних витрат на маневрову роботу із використанням тепловозів та електровозів.

Ключові слова: гірочний локомотив, маневровий напіврейс, сортувальна гірка, опір руху, розгін, гальмування, експлуатаційні витрати.

Вступ. Виробнича діяльність сортувальних станцій полягає у розформуванні більшої частини поїздів, що поступають на станцію, накопиченні із них составів нових призначень, формуванні і відправленні поїздів, а також обслуговуванні транзитних поїздів без переробки. На сортувальних станціях з великими об'ємами роботи для переробки поїздів споруджуються сортувальні гірки різної потужності.

Маневрова робота на сортувальній гірці уявляє собою наступну послідовність операцій: заїзд гірочного локомотива у парк прийому, насув на горб гірки, та розпуск. На великих сортувальних станціях такі операції виконуються майже неперервно продовж доби і тому пробіг гірочного локомотива дуже значний [1].

Постановка проблеми. У якості гірочних локомотивів використовуються здебільшого тепловози. Оскільки в останні роки відбувається здороження дизельного палива, то й експлуатаційні витрати також зростають. В умовах ринкової економіки їх необхідно знижувати, через що і постала необхідність використання іншого більш економічного рухомого складу.

Аналіз попередніх досліджень. Задля зниження експлуатаційних витрат під час виконання маневрової роботи ще у радянські часи розроблялися рушії вагонів із електричним приводом. До них відносилися такі пристрої, як лебідки та електроштовхачі. Вони використовуються здебільшого на під'їзних коліях промислових підприємств, кар'єрів, морських та річкових портів, тощо. Особливістю маневрової роботи на цих підприємствах є велика кількість виконуваних маневрових напіврейсів. Така особливість характерна також і для сортувальних гірок. У Радянському Союзі у Всесоюзному науководослідному інституті залізничного транспорту проводилися дослідження із використання на важких маневрах електровозів. Вони показали, що використання електровозів замість тепловозів за певних умов може дати великий економічний ефект. Розмір економії залежить від системи струму, режиму живлення та конструкції електровозів. З початку 90-х років на залізницях України відбувається електрифікація найбільш напружених залізничних дільниць і напрямків. Державною п'ятирічною програмою електрифікації залізниць України на 2011-2016 передбачено охоплення електрифікацією 1,5 тис. км залізниць, внаслідок чого частка електрифікованих колій зросте до 50% від їх експлуатаційної довжини. Це дозволить досягти суттєвої економії при виконанні поїзної роботи. Економії також можна досягти використовуючи електровози і в маневровій роботі.

Ціль статті. Розглянути доцільність часткової заміни тепловозної тяги при виконанні маневрової роботи на електровозну тягу

Результати досліджень. Виконаємо дослідження та порівняння експлуатаційних витрати на виконання маневрової роботи тепловозами і електровозами.

Один із найчастіше повторюваних маневрових напіврейсів на сортувальній гірці це насув складу

вагонів на горб гірки, завдяки чому і відбувається його розформування.

Швидкість руху маневрового складу повинна відповідати вимогам Інструкції з руху поїздів та маневрової роботи на залізницях України. Оскільки склад буде рухатися вагонами вперед, максимальна швидкість із якою він може рухатися -25 км/год. Швидкість руху маневрового складу залежить від таких факторів, як загальний опір руху, позиція контролера машиніста на якій відбувається розформування, ухил колії та напрямок руху на ній [2].

Основною складовою частиною маневрової роботи на сортувальній гірці, як загалом і для маневрової роботи є маневровий напіврейс. За призначенням ці маневри виконують формування і розформування складів. За складністю маневри можуть бути простими, коли величина маневрового складу і відстань переміщення залишаються майже незмінними і складними, якщо ці значення змінюються у процесі виконання операцій.

Розформування складу на гірці включає декілька операцій: заїзд гірочного локомотива в парк прийому, насув на горб гірки, розпуск з гірки. У процесі розпуску вагонів на коліях сортувального парку між окремими відчепами утворюють відстані, які мають назву «вікна». Для їх ліквідації вагони або підтягують у глиб парку маневровими локомотивами з боку витяжних колій формування, або осаджують гірочними локомотивами, одночасно виконуючи операції формування.

Кожний напіврейс уявляє собою поєднання різних елементів, які входять до його складу. Такими елементами є розгін, гальмування, рух за інерцією, та рух із встановленою швидкістю. Маневровий напіврейс насуву складу на гірку є складним. Його особливістю є те, що протягом виконання цього напіврейсу величина маневрового складу змінюється. Це відбувається таким чином: під час насуву складу на горб гірки кількість вагонів у ньому поступово зменшується, оскільки після переходу через горб гірки відчепи рухаються самостійно, під дією сили тяжіння.

Для розрахунку витрат палива та електроенергії необхідно побудувати графік маневрового напіврейсу, на якому необхідно позначити усі його складові.

Різниця у розрахунку витрат палива та електроенергії для поїзної та маневрової роботи полягає у тому, що рух потягу на перегоні є більш тривалим та однорідним порівняно із маневою роботою.

Маневровий напіврейс складається із двох основних частин: перша – переміщення маневрового складу із парку прийому до горба гірки, друга – розпуск вагонів на гірці і дорівнює довжині складу без маневрового локомотива.

На початку руху складу до гірки відбувається розгін, і під час переміщення до горба гірки рухається з певною встановленою швидкістю. Коли починається розформування по мірі того, як відчепи рухаються до сортувального парку опір руху складу зме-

ншується. Завдяки цьому під час розформування швидкість руху може незначно зростати. Після того, як усі відчепи перемістилися до сортувального парку локомотив гальмує.

Для знаходження витрат палива чи електроенергії маневрового локомотиву необхідно математично описати його рух при виконанні маневрового напіврейсу. При експлуатації маневрового локомотиву найчастіше має місце нерівномірний рух. Слідування маневрового складу з нерівномірною швидкістю можна описати, про інтегрувавши диференціальне рівняння руху поїзда:

$$\frac{dV}{dt} = x (f_k \pm w_k - b_m) \text{ км/год}^2 \quad (1)$$

де f_k - питома дотична сила тяги локомотива, Н/кН;

w_k - питоми загальний опір руху поїзда, Н/кН;

b_m - питома гальмівна сила, що діє на поїзд, Н;

x - середньозважене питома прискорення, км/год*хв.

Характер залежностей руху локомотиву розраховувався на основі наступних залежностей:

1. Режим тяги з нерівномірною швидкістю руху ($V \neq \text{const}$).

$$\frac{dV}{dt} = x (f_k \pm w_k) \text{ км/год}^2 \quad (2)$$

2. Режим вибігу ($V \neq \text{const}$)

$$\frac{dV}{dt} = \pm x \cdot w_k \text{ км/год}^2 \quad (3)$$

3. Режим гальмування:

$$\frac{dV}{dt} = -x (\pm w_k - b_m) \text{ км/год}^2 \quad (4)$$

При інтегруванні використаний метод кінцевих приростів швидкості $\Delta V = V_{n+1} - V_n$. Використані наступні формули:

$$t = \frac{30 \cdot (V_{n+1} - V)}{(f_k \pm w_k - b_{cp})}, \text{ с} \quad (5)$$

$$S = \frac{4.17 \cdot (V_{n+1}^2 - V^2)}{(f_k \pm w_k - b_{cp})}, \text{ м} \quad (6)$$

В межах кожного інтервалу ΔV рух поїзда приймається рівноприскореним або рівномірно сповільненим.

Витрати, пов'язані з переміщенням вагонів на маневрах включають витрати, пов'язані з витратами палива і мастильних матеріалів.

$$E_m = \left(\frac{t_{\delta m}}{3600} \cdot q_{xx} + B_m \right) \cdot a_{cn} \cdot (e_m + e_m \cdot k_m), \text{ грн./год} \quad (7)$$

де T_m - витрати часу на маневри, с;

$t_{\delta m}$ - тривалість роботи локомотива без тяги, с;
 q_{xx} - витрати палива при мінімальній частоті обертання колінчатого валу дизеля, кг/год;
 a_{cn} - коефіцієнт, що враховує витрати палива на власні потреби, 1,05;
 e_m - вартість 1кг дизельного палива, грн.;
 $e_{\text{м}}$ - вартість 1 кг мастила, грн.;
 k_m - витрати мастила по відношенню до витрат дизельного палива;
 B_m - витрати палива при роботі локомотиву у режимі тяги, кг/год.

$$t_{\delta m} = \frac{t_{\text{хд}} \cdot T_m}{100}, \text{ с} \quad (8)$$

При визначенні тривалості маневрів T_m , приймається повне використання потужності локомотива, яка витрачається на скорочення шляху розгону, якщо завдана його кінцева швидкість.

Визначення витрат палива при роботі локомотива у режимі тяги є доволі трудомісткою задачею і розрахунок відбувається для певних частин маневрового напіврейсу [3,4].

Для того, щоб розрахувати витрати палива для локомотива слід використовувати паливні карти. Паливна карта уявляє собою графік із багатьма кривими. Осі Х відповідає швидкість руху локомотиву, осі Y відповідають витрати палива, кг/хв. Кількість кривих на цьому графіку така ж сама, як і кількість позицій контролера машиніста.

Знаючи тривалість виконання певних частин маневрового напіврейсу та позицію контролера на якій працює локомотив можна визначити середні витрати палива за одиницю часу.

Для розрахунку витрат електроенергії електровазми використовується інша методика. Витрати електроенергії розраховуються за певний проміжок часу, за який локомотив рухається зі складом.

Витрати електроенергії розраховуються за наступними формулами:

Для електровазів постійного струму:

$$A_0 = \frac{U_{KC} \cdot \sum I_{\delta i}^{cp} \cdot \Delta t_i}{60 \cdot 1000}, \text{ кВт} \times \text{год} \quad (9)$$

де U_{KC} - напруга у контактній мережі, 3000 В для постійного струму;

$I_{\delta i}^{cp}$ - середнє на інтервалі значення сили струму, А;

Δt_i - час проходження і-го інтервалу.

Для електровазів змінного струму:

$$A_0 = \frac{U_{KC} \cdot \sum I_{dai}^{cp} \cdot \Delta t_i}{60 \cdot 1000}, \text{ кВт} \times \text{год} \quad (10)$$

U_{KC} - напруга у контактній мережі, для змінного струму 25000 В;

I_{dai}^{cp} - середнє значення на і-му інтервалі діючого значення активного струму, що використовується на тягу.

Отримавши таким чином час на виконання одного напіврейсу можна розрахувати витрати палива чи електроенергії. Якщо взяти всі маневрові напіврейси, які виконує локомотив протягом доби, то це дозволить визначити сумарні експлуатаційні витрати. Таким чином, отримавши усі необхідні значення можна проаналізувати об'єми витрат з певним типом локомотиву, та визначити – використання якого є більш доцільним.

Висновок. Повний перехід сортувальної роботи з тепловозів на електровази не доцільний. Оскільки електрифікація сортувального парку не проводиться, то осаджування складів у сортувальному парку виконується тепловозами. Електрифікація сортувального парку вимагатиме значних капітальних витрат. Сумарна протяжність напіврейсів у сортувальному парку значно менша ніж під час розформування на гірці і тому в електрифікації колій сортувального парку немає необхідності.

Л и т е р а т у р а

1. Акулиничев В. М. Организация перевозок на промышленном транспорте: Учебник. – М.: Высш. шк., 1983. – 247 с., ил.
2. Гончаров И. Е., Казанцев В. П. Маневровая работа на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт., 1978, - 183 с.
3. Нечай Т. А. Адаптация методики расчета времени переформирования состава для промышленных и грузовых станций / Т. А. Нечай, А. А. Ключев, А. С. Роговой, Г. В. Короп // Актуальные проблемы экономики и управления на транспорте: Сб. материалов 8-й Всероссийской научно-практической конференции – 21 мая 2010 г.: – Владивосток: МГУ им. Адм. Г. И. Невельского, 2010. – С.22–25
4. Пуха Е.В. Этапы разработки учебных программных продуктов для выполнения тяговых расчетов / Пуха Е.В., Соколова Я.В., Ключев А.А., Нечай Т.А. // Вісник СХУ ім.В.Даля. – Луганськ: Вид-во СХУ ім.В.Даля, - 2012. - №3(174). - С. 169-173.

References

1. Akulinechev V. M. Organizacija perevozok na promyshlennom transporte: Uchebnik. – M.: Vyssh.shk., 1983. – 247 s., il. Akulinechev V. M. Organizacija perevozok na promyshlennom transporte: Uchebnik. – M.: Vyssh.shk., 1983. – 247 s., il.
2. Goncharov I. E., Kazancev V. P. Manevrovaja rabota na heleznodorozhnom transporte. M.: Transport, 1978, - 183 s.
3. Nechaj T. A. Adaptacija metodiki rascheta vremeni pereformirovanija sostava dlja promyshlennyh i gruzovyh stancij / T. A. Nechaj, A. A. Klyuev, A. S. Rogovoj, G. V. Korop // Aktual'nye problemy jekonomiki i upravlenija na transporte: Sb. materialov 8-j Vserosijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii – 21 maja 2010 g.: – Vladivostok: MGU im. Adm. G. I. Nevel'skogo, 2010. – S.22–25
4. Puha E.V. Stages of development of educational software for performing traction calculations /Puha E.V., Sokolova Ja.V., Kljuev A.A.,// Announcer Volodimir Dal East-

Ukrainian national universiti: Scientific Journal/ Volodimir Dal East-Ukrainian national universiti - Lugansk, - V. 3(174). – 290 p.

Чеботарёв Д.В., Ключев А.А., Максименцева Е.Ю.
Исследование возможности использования электро-
зов в качестве горочных локомотивов.

В статье проведено исследование возможности использования электрозлов в качестве горочных локомотивов. Рассмотрена целесообразность замены тепловозной тяги при выполнении маневровой работы на электрозловую тягу. Особенности ведения маневровой работы указывают на частичную такую замену, а также тщательные исследования особенностей станции. Полный переход сортировальной работы из тепловозов на электрозловы не целесообразен. Электрификация сортировального парка не проводится, то осажжение составов в сортировальном парке выполняется тепловозами. Приведены расчеты эксплуатационных расходов на маневровую работу с использованием тепловозов и электрозлов.

Ключевые слова: горочный локомотив, сортировочная горка, сопротивление движению, разгон, торможение, эксплуатационные затраты

Chebotarov D., Klyuev A., Maksimentseva K. Research of possibility of use of electric locomotives as hump locomotives.

In the article research of possibility of the use of electric locomotives is conducted as locomotives. Expedience of replacement of diesel engine traction is considered at implementation of mobile work on electric locomotive traction. Complete transition of sorting work from diesel engines on electric locomotives not expedient. As electrification of sorting park is not conducted, the that besieging of compositions in a sorting park is executed diesel engines. Electrification of sorting park will require considerable capital charges. The total slowness of semitrips considerably less than, than disbandments on a mountain and that is why there is not a necessity in electrification of tracks of sorting park in a sorting park. The calculations of running expenses on mobile work with the use of diesel engines and electric locomotives are resulted .

Keywords: locomotive, sorting hill, resistance motion, acceleration, braking, operating costs

Ключев О.О. - Доцент кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті СНУ ім. В. Даля, м.Луганськ, Україна, mail: klyuev@ukr.net

Чеботарьов Д.В. – Студент кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті СНУ ім. В. Даля, м.Луганськ, Україна

Максименцева К.Ю. – Студент кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті СНУ ім. В. Даля, м.Луганськ, Україна

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

Статья подана 28.02.2013

УДК 656.212.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ УНІВЕРСАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОГО КОМПЛЕКСУ В МЕРЕЖАХ ПЕТРІ**Чеклов В.Ф., Криштафович Н.О.****DEVELOPMENT OF MODEL OF TECHNOLOGY OF WORK OF THE UNIVERSAL TRANSPORT WAREHOUSE COMPLEX IN PETRI NETS****Cheklov V., Krushtafovich N.**

В статті представлена модель технології роботи універсального транспортно-складського комплексу по переробці упакованих вантажів, згідно раніше розроблених положень та особливостей по ньому. Модель представлена в мережах Петрі. Використання запропонованої моделі, дозволяє для універсальних транспортно-складських комплексів визначати найбільш раціональні технологічні процеси. Моделювання роботи необхідно для визначення потрібної кількості робочих зон, технічних засобів та іншого технічного оснащення. Це потрібно для проектування нових універсальних транспортно-складських комплексів або реконструкції існуючих.

Ключові слова: універсальний транспортно-складський комплекс, мережі Петрі, модель, технологія роботи, прямий варіант, складський варіант.

Вступ. Транспорт забезпечує міжнародні економічні зв'язки між країнами світу. З розвитком зв'язків, особливу актуальність отримує проблема удосконалення організації перевезень вантажопотоків в світовій торгівлі. При перевезенні будь-яким видом транспорту, більшість вантажів приймається упакованими. Упаковка забезпечує схоронність вантажів при транспортуванні та виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт. Крім того дозволяє ефективніше використовувати транспортні засоби та забезпечує умови для пакетування й маркування вантажів при перевезенні.

Постановка проблеми. Створення універсального транспортно-складського комплексу (УТСК) по переробці упакованих вантажів стає однією з важливих задач транспортної галузі нашої країни, а розробка раціональної технології роботи УТСК забезпечить перевезення вантажів з підвищеною безпекою, мінімальними витратами часу та ресурсів на їх перевалку.

Аналіз останніх досліджень. Взаємодія різних видів транспорту залежить від багатьох умов економічного, технічного, технологічного, організаційно-

го та управлінського характеру. У розробці питань комплексного розвитку транспорту брали участь такі вчені, як Є.С.Альошинський, М.І.Данько, В.В.Звонков, А.М.Котенко, І.В.Кочетов, Д.В.Ломотько, В.Н.Образцов, В.Н.Орлов, В.В.Осипов, В.И.Петров, В.В.Повороженко, Е.Д.Хануков, Т.С.Хачатуров.

Одним із математичних апаратів дослідження технології роботи структурних одиниць транспорту є теорія мереж Петрі. Теорія мереж Петрі призначається для роботи з паралельними та асинхронними системами. Вперше описана в 1962 р. німецьким математиком Карлом Петрі. [1] В теперішній час теорія має широке застосування, із-за своїх можливостей майже в усіх галузях наукових досліджень.

Мета статті. Розробка моделі технології роботи універсального транспортно-складського комплексу в мережах Петрі.

Результати досліджень. На основі раніше розроблених положень та особливостей універсального транспортно-складського комплексу, необхідно розробити модель технології його роботи. В УТСК відбувається концентрація, перевалка та розпилення тарно-штучного вантажу, транспортних пакетів та контейнерів.

В УТСК концентрується вантаж, що потребує подальшого перевезення певним видом транспорту. Виконується також розпилення вантажів, які надходять та призначаються в промислові зони, склади населених пунктів та інше. Структура та функції складського комплексу, дозволяють зберігати вантажі, а також формувати та розформовувати контейнерні відправки. Така особливість універсального транспортно-складського комплексу дозволяє зменшити кількість складських комплексів в регіоні, що допоможе розвантажити транспортні автомобільні магістралі від великовагового автомобільного транспорту та підвищити екологічну безпеку навколишнього середовища.

Перевалка відбувається для вантажів, що потребують перевезення декількома видами транспорту. Рациональна технологія роботи УТСК забезпечує перевалку з мінімальними витратами часу та ресурсів, а також перевезення вантажів з підвищеною

екологічною безпекою. Процес перевалки вантажу відбувається за прямим варіантом або через склад. Узагальнений алгоритм роботи УТСК представлений на рисунку 1.

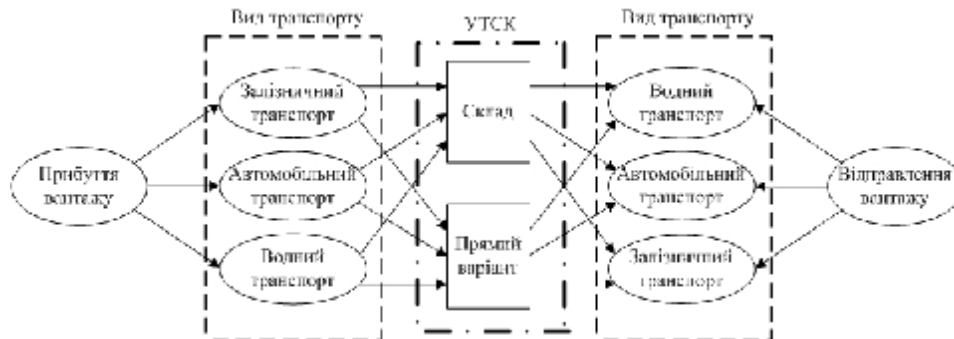


Рис. 1. Узагальнений алгоритм технології роботи універсального транспортно-складського комплексу

Запропоновану модель технології роботи УТСК виконуємо в мережах Петрі. Мережі Петрі є найбільш раціональними для моделювання систем з розподіленим управлінням, в яких декілька процесів виконуються одночасно; в мережах також відсутнє вимірювання часу (його перебіг).[2] Таким чином, з допомогою мереж Петрі, можливо розробити адекватну модель технології роботи УТСК.

Площадка універсального транспортно-складського комплексу налічує певну кількість зон. Вантаж потрапляє у відповідну зону в залежності від призначення та виходячи з обмежень по вантажопідйомності, способу складування, зберігання та розділення вантажних операцій для тих чи інших вантажів. [3]

Модель технології роботи УТСК в мережі Петрі зображено на рисунку 2.

Вантажі в УТСК надходять одним з трьох видів транспорту (Т1 – залізничним, Т2 – автомобільним, Т3 – морським транспортом) для перевалки, розпилення або концентрації вантажу.

Вантаж, що прибуває залізничним транспортним засобом (Т1), може бути завантажений у великотоннажні (Т4) або м'які контейнери (Т29), а також сформований у транспортні пакети (Т5). При необхідності перевалки контейнерів (Р5) без вивантаження (Т6) на морський транспорт (Т9) при наявності судна (Т11) відбувається перевалка (Р21), а при відсутності морського судна (Т12) контейнери переставляються у зону приймання контейнерів з залізничного транспорту (Р9) та після подачі транспортного засобу (Т13) відбувається перевалка контейнерів (Р21). Для перевалки контейнерів (Р5) без вивантаження (Т6) на автомобільний транспорт (Т10) визначаємо наявність транспортного засобу (Р8), а при його наявності (Т16) відбувається перевалка на автомобільний транспортний засіб (Р11), а при відсутності автомобільного транспортного засобу (Т14) контейнери переставляються у зону приймання контейнерів з залізничного транспорту (Р10), а після подачі транспортного засобу (Т15) відбувається пе-

ревалка контейнерів (Р11). Якщо контейнери підлягають вивантаженню (Т7), то вони переставляються у зону приймання контейнерів з залізничного транспорту (Р12), де очікують своєї черги (Т8) на перестановку у зону вивантаження-навантаження великотоннажних контейнерів (Р45).

При необхідності перевалки транспортних пакетів з залізничного транспорту (Т5) вони переставляються в зону приймання вантажів у транспортних пакетах з залізничного транспорту (Р13). Якщо транспортні пакети підлягають перевалці (Т17) на автомобільний транспорт (Р14) та при наявності транспортного засобу (Т19) вантаж перевалюється (Р16), а при відсутності автомобільного транспортного засобу (Т18) вантаж зберігається у зоні приймання вантажів у транспортних пакетах з залізничного транспорту (Р15) та по прибуттю транспортного засобу (Т20) завантажується (Р16).

При необхідності перевантаження транспортних пакетів з залізничного транспорту в контейнери (Т21) перевіряємо наявність порожніх контейнерів (Р17) та можливість їх навантаження (Р18). Після завантаження контейнера у зоні навантаження великотоннажних контейнерів (Т22) визначаємо вид транспорту для їх завантаження (Р19). Контейнери, що потребують навантаження на морське судно (Т23), переставляємо у зону приймання контейнерів з морського транспорту (Р20) для очікування відповідного транспортного засобу, а при появі морського транспортного засобу (Т24) завантажуюмо контейнери (Р21). Контейнери, що потребують для навантаження на автомобільний транспорт (Т25), переставляємо у зону приймання контейнерів з автомобільного транспорту (Р22) для очікування відповідного транспортного засобу, а по прибуттю автомобільного транспортного засобу (Т26) завантажуюмо контейнери (Р11). Контейнери, що потребують навантаження на залізничний транспорт (Т27), переставляємо у зону приймання контейнерів з залізничного транспорту (Р23) для очікування

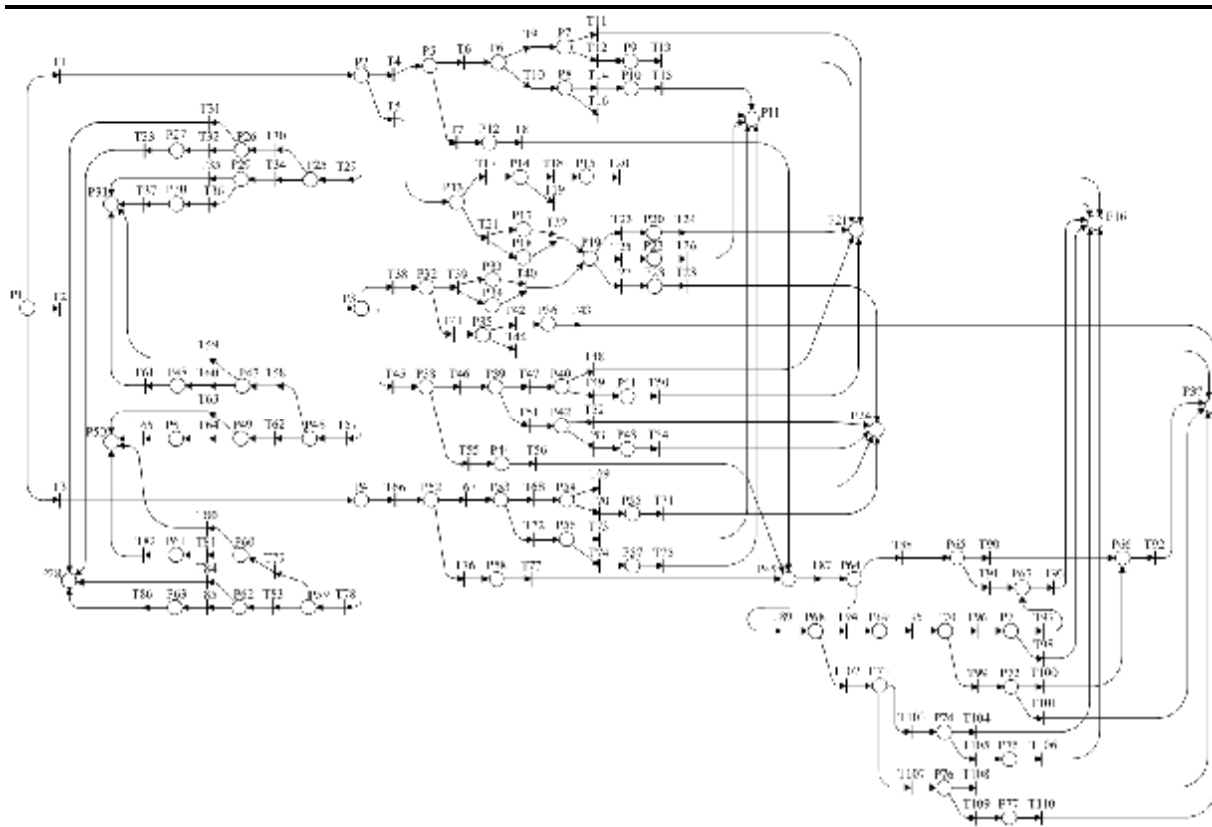


Рис. 2. Модель технології роботи універсального транспортно-складського комплексу

відповідного транспортного засобу, а по прибуттю транспортного засобу (T28) навантажуюмо контейнери (P24).

Вантаж, що прибуває автомобільним транспортним засобом (T2), може бути завантажений у великотоннажні (T45) або м'які контейнери (T57) та сформований у транспортні пакети (T38). Для перевалки контейнерів (P38) на морський транспорт (T47) без вивантаження (T46), визначаємо наявність транспортного засобу (P40) та при наявності судна (T48) відбувається перевалка (P21), а при відсутності морського судна (T49) контейнери переставляються в зону приймання контейнерів з автомобільного транспорту (P41). При подачі транспортного засобу (T50) відбувається перевалка контейнерів (P21). Для перевалки контейнерів (P38) на залізничний транспорт (T51) без вивантаження (T46) визначаємо наявність транспортного засобу (P42) та при його наявності (T52) відбувається перевалка на залізничний транспортний засіб (P24), а при відсутності залізничного транспортного засобу (T53) контейнери переставляються у зону приймання контейнерів з автомобільного транспорту (P43). Після подачі транспортного засобу (T54), відбувається перевалка контейнерів (P24). Якщо контейнери підлягають вивантаженню (T55), то вони переставляються в зону приймання контейнерів з автомобільного транспорту (P44), де очікують своєї черги (T56) на перестановку у зону вивантаження-навантаження великотоннажних контейнерів (P45).

При необхідності перевалки транспортних пакетів з автомобільного транспорту (T38) вони перес-

тавляються у відповідну зону приймання вантажів у транспортних пакетах (P32). Якщо транспортні пакети підлягають перевалці (T41) на залізничний транспорт (P35), то при наявності транспортного засобу (T44), вантаж перевалюється (P37). При відсутності залізничного транспортного засобу (T42) вантаж зберігається у зоні приймання вантажів у транспортних пакетах з автомобільного транспорту (P36), а по прибуттю транспортного засобу (T43) завантажуються (P37). При необхідності перенавантаження транспортних пакетів з автомобільного транспорту в контейнери (T39), перевіряємо наявність порожніх контейнерів (P33) та можливість їх завантаження (P34). Після завантаження контейнерів у зоні навантаження великотоннажних контейнерів (T40) визначаємо вид транспорту для їх навантаження (P19).

Вантаж, що прибуває морським транспортним засобом (T3), може бути завантажений у великотоннажні (T66) або у м'які контейнери (T77). Для перевалки контейнерів (P52) на залізничний транспорт (T68) без вивантаження (T67) визначаємо наявність транспортного засобу (P54) та при його наявності (T69) відбувається перевалка (P24), а при відсутності залізничного транспортного засобу (T70) контейнери переставляються у зону приймання контейнерів з залізничного транспорту (P55). При подачі транспортного засобу (T71), відбувається перевалка контейнерів (P24). При необхідності перевалки контейнерів (P52) на автомобільний транспорт (T72) без вивантаження (T67) визначаємо наявність транспортного засобу (P56) та при його наявності (T73) відбувається перевалка на автомобільний транспортний

засіб (P11), а при відсутності автомобільного транспортного засобу (T74) контейнери переставляються у зону приймання контейнерів з автомобільного транспорту (P57). Після подачі транспортного засобу (T75) відбувається перевалка контейнерів (P11). Якщо контейнери підлягають вивантаженню (T76), то вони переставляються у зону приймання контейнерів з морського транспорту (P58), де очікують своєї черги (T77) на перестановку у зону вивантаження-навантаження великотоннажних контейнерів (P45).

При надходженні залізничним транспортом (T1) м'яких контейнерів (T29) визначаємо вид транспорту на який необхідно здійснити перевалку (P25). При необхідності перевалки м'яких контейнерів на автомобільний транспорт (T30) та наявності транспортного засобу (T31) відбувається перевалка (P28), а при відсутності транспортного засобу (T32) вони переставляються в зону приймання м'яких контейнерів (P27). При подачі транспортного засобу (T33) відбувається перевалка м'яких контейнерів (P28). При необхідності перевалки м'яких контейнерів на морський транспорт (T34) та наявності транспортного засобу (T35) відбувається перевалка (P31), а при відсутності морського транспортного засобу (T36) м'які контейнери переставляються в зону приймання м'яких контейнерів (P27). При подачі відповідного транспортного засобу (T37) відбувається перевалка м'яких контейнерів (P31).

При надходженні автомобільним транспортом (T2) м'яких контейнерів (T57) визначаємо вид транспорту на який необхідно здійснити перевалку (P46). При необхідності перевалки м'яких контейнерів на морський транспорт (T58) та наявності транспортного засобу (T59) відбувається перевалка (P31), а при відсутності морського транспортного засобу (T60) м'які контейнери переставляються в зону приймання м'яких контейнерів (P48) та при подачі відповідного транспортного засобу (T61) відбувається перевалка м'яких контейнерів (P31). При необхідності перевалки м'яких контейнерів на залізничний транспорт (T62) та наявності транспортного засобу (T63) відбувається перевалка (P50), а при відсутності транспортного засобу (T64) м'які контейнери переставляються в зону приймання м'яких контейнерів (P51) та при подачі транспортного засобу (T65) відбувається перевалка м'яких контейнерів (P50).

При надходженні морським транспортом (T3) м'яких контейнерів (T77) визначаємо вид транспорту на який необхідно здійснити перевалку (P59). При необхідності перевалки м'яких контейнерів на залізничний транспорт (T78) та наявності транспортного засобу (T79) відбувається перевалка (P50), а при відсутності транспортного засобу (T80) м'які контейнери переставляються в зону приймання м'яких контейнерів (P61) та при подачі транспортного засобу (T81) відбувається перевалка м'яких контейнерів (P50). При необхідності перевалки м'яких контейнерів на автомобільний транспорт (T82) та

наявності транспортного засобу (T83) відбувається перевалка (P28), а при відсутності автомобільного транспортного засобу (T84) м'які контейнери переставляються в зону приймання м'яких контейнерів (P63) та при подачі відповідного транспортного засобу (T85) відбувається перевалка м'яких контейнерів (P28).

Контейнери, що підлягає вивантаженню, розвантажуються у зоні вивантаження-навантаження великотоннажних контейнерів (P45). По закінченню розвантаження (T87) визначаємо вид упаковки вантажу з контейнерів (P64), якщо вантаж сформований у транспортні пакети (T88) та призначається для перевезення залізничним транспортом (T90), то його переставляємо у зону приймання вантажів у транспортних пакетах з залізничного транспорту (P66). При подачі залізничного транспортного засобу (T92) завантажуюмо транспортні пакети у вагон (P37). Якщо вантаж у транспортних пакетах (T88) призначається для перевезення автомобільним транспортом (T91), то переставляємо його у зону приймання вантажів у транспортних пакетах з автомобільного транспорту (P67) та при подачі автомобільного транспортного засобу (T93) навантажуюмо транспортні пакети (P16).

Якщо вантаж не сформований у транспортні пакети (T89), то переміщуємо його в склад ангарного типу для зберігання (P68). Якщо такий вантаж призначається для перевезення автомобільним транспортом (T103), то при наявності транспортного засобу (T104) відбувається завантаження автомашини (P16). При відсутності транспортного засобу (T105), вантаж очікує відповідний транспортний засіб (P75). Після подачі автомашини (T106) відбувається завантаження (P16). Якщо вантаж призначається для перевезення залізничним транспортом (T107) та при наявності транспортного засобу (T108) відбувається завантаження вагону (P37), а при відсутності транспортного засобу (T109) вантаж очікує відповідний транспортний засіб (P77). Після подачі вагону (T110) відбувається навантаження (P37).

При необхідності формування вантажу зі складу ангарного типу у транспортні пакети (T94) - формуємо їх (P69). По закінченню формування транспортних пакетів (T95) визначаємо вид транспорту для їх перевезення (P70). Якщо вантаж призначається для перевезення автомобільним транспортом (T96) та при наявності транспортного засобу (T98) відбувається навантаження автомашин (P16), а при відсутності відповідного транспортного засобу (T97) переставляємо транспортні пакети у зону приймання вантажів у транспортних пакетах з автомобільного транспорту (P67). При подачі автомобільного транспортного засобу (T93) завантажуюмо транспортні пакети (P16). Якщо вантаж призначається для перевезення залізничним транспортом (T99) та при наявності транспортного засобу (T101) відбувається завантаження вагону (P16). При відсутності відповідного транспортного засобу (T100), переставляємо транспортні пакети у зону приймання вантажів в

транспортних пакетах з залізничного транспорту (Р66). При подачі залізничного транспортного засобу (Т92) навантажуються транспортні пакети (Р37).

Розроблена модель дозволяє мінімізувати більшість видів витрат, які пов'язані з роботою УТСК.

Висновок Розроблена модель роботи універсального транспортно-складського комплексу дає можливість:

- визначати необхідні засоби для виконання запропонованого обсягу робіт в УТСК;
- визначати кількість комплексів територіально розміщених у регіоні;
- розробити технологію взаємодії транспортної системи населеного пункту та промислових підприємств регіону;
- розвантажити автотранспортні магістралі регіону;
- підвищити екологічну безпеку навколишнього середовища.

Література

1. Котов В.Е. Сети Петри: Пер. с англ. / Котов В.Е. - М.: Наука, 1984. - 160 с.
2. Лекции по моделированию систем. Сетевые модели (N-схемы). Сети Петри. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.studfiles.ru/dir/cat32/subj1235/file11060/view111224.html>
3. Чеклов В.Ф., Чеклова В.М., Криштафович Н.О. Структура та алгоритм роботи елементів універсального транспортно-складського комплексу // Залізничний транспорт України. – 2013 - №3/4., с. 73-79.

References

1. Kotov V.E. Sety Petry: Per. s angl. / Kotov V.E. - M.: Nauka, 1984. - 160 s.
2. Lekcii po modelirovaniyu sistem. Setevye modeli (N-shemy). Sety Petry. [Elektronnyj resurs]: Rezhym dostupu: <http://www.studfiles.ru/dir/cat32/subj1235/file11060/view111224.html>
3. Cheklov V.F., Cheklova V.M., Kryshatfovych N.O. Struktura ta alhorytm roboty elementiv universal'nogo transportno-sklads'kogo kompleksu // Zaliznychnyj transport Ukrainy. – 2013 - №3/4., s. 73-79.

Чеклов В.Ф., Криштафович Н.О. Разработка модели технологии работы универсального транспортно-складского комплекса в сетях Петри.

В статье представлена модель технологии работы универсального транспортно-складского комплекса по переработке упакованных грузов, согласно ранее разработанных положений и особенностей по нему. Модель представлена в сетях Петри. Использование предложенной модели, разрешает для конкретных универсальных транспортно-складских комплексов определять наиболее рациональные технологические процессы. Это необходимо для проектирования новых универсальных транспортно-складских комплексов и реконструкции, существующих. Моделирование работы необходимо для определения потребного количества рабочих зон, технических средств и другого технического оснащения.

Ключевые слова: универсальный транспортно-складской комплекс, сети Петри, модель, технология работы, прямой вариант, складской вариант.

Cheklov V., Krushtafovich N. Development of model of technology of work of the universal transport warehouse complex in Petri nets.

The paper developed a model of technology of work of the universal transport and warehouse complex (UTWC) on processing of packaged goods, according to the provisions of previously developed and features on it. The model is presented in Petri nets. The use of the proposed model, allows for specific universal transport-warehouse complexes is to determine the most efficient technological processes. This is necessary for the design of new universal transport and warehouse facilities and reconstruction of existing. The modeling work is necessary to determine the necessary number of working areas, technical means and other technical equipment. As well designed model enables: the number of complexes is geographically located in the region; to develop the technology of interaction of the transport system of locality and industrial enterprises of the region; unload the regional highway; to improve environmental safety of the environment.

Keywords: universal transport warehouse complex, Petri nets, model, technology of work, direct option, warehouse option.

Криштафович Н.О. – старший викладач кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ДонІЗТ.

Чеклов В.Ф. – к.т.н., проф., зав. кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ДонІЗТ.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.

Стаття подана 05.03.2014

УДК 656.222.1

РОЗРОБКА ЕКОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ СТАНЦІЙ ПРИМИКАННЯ І ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ПОРТІВ

Чеклов В.Ф., Шеховцов О.І., Матвієнко С.А.

DEVELOPMENT OF AN ECOLOGICAL MODEL OF INTERACTION BETWEEN JUNCTION STATIONS AND SPUR TRACKS OF PORTS

Cheklov V., Shekhovtsov O., Matviienko S.

У статті виконано аналіз використання переробних потужностей портів та стану технічних засобів, які використовуються для подавання вагонів в порти. Проведено формалізацію технології взаємодії станцій примикання і портів та запропоновано заходи з її удосконалення. Запропоновано граф безпечної взаємодії станцій і під'їзних колій, на основі якого розроблено модель, що дозволить покращити взаємодію станцій примикання і портів, а саме: збільшити пропускну та переробну спроможність ділянок передачі, зменшити витрати палива та шкідливі викиди в атмосферу.

Ключові слова: станція примикання, порт, передаточний поїзд, безпека руху, екологічна безпека, гальмівні засоби, ділянка передачі.

Вступ. Екологічна безпека на сучасному етапі розглядається як один з найважливіших елементів національної безпеки держави, саме тому наукові дослідження, присвячені пошуку та реалізації на практиці принципів екологічної політики здійснюються в усьому світі з 1970 року. Заходи, спрямовані на зменшення шкідливого впливу на навколишнє природне середовище вважаються одними з найважливіших [1, 2]. Саме тому, задача зменшення впливу залізничного транспорту на екологію при взаємодії станцій примикання та портів є актуальною. Обслуговування портів виконується тепловозами, таким чином існує необхідність зміни технології подавання вагонів, для зменшення шкідливих викидів та шуму.

Відомо, що до токсичних речовин, що виділяються дизельним установками тепловозів, відносяться оксид вуглецю, оксиди азоту, сажа, вуглеводні, діоксид сірки, сірководень, а також бензопірен та поліциклічні ароматичні вуглеводні. Дія цих речовин на оточуюче середовище залежить від їх часток (об'ємних чи масових), що містяться у сухих відпрацьованих газах, та оцінюється згідно із ДСТУ 32.001-94 «Викиди забруднюючих речовин із відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення». Згідно із цим стандартом, оці-

нка екологічних показників експлуатації тепловоза виконується за питомими викидами забруднюючих речовин (у г) на 1 кВт·год ефективної роботи дизеля, в залежності від режиму навантаження та тривалості роботи на даному режимі. Так, дослідження свідчать, що середньоексплуатаційні питомі викиди оксиду вуглецю складають 5,6 г/(кВт·год), а оксиду азоту – 14,5 г/(кВт·год), що не перевищує встановлені норми [3].

Актуальність теми. На сьогоднішній день знос тягового рухомого складу залізниць України сягає 90% [4]. За даними Державної служби статистики України [5] кількість локомотивів поступово зменшується (рис. 1), саме через їх знос.

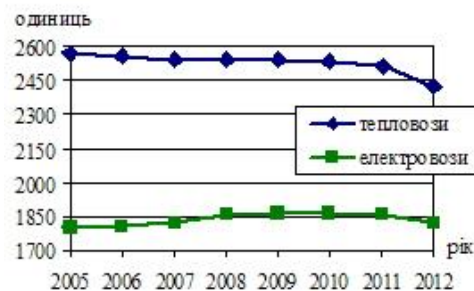


Рис. 1. Графік кількості локомотивів, які були в експлуатації на залізницях України

На Донецькій залізниці експлуатуються 228 електровозів, з них ВЛ-8 – 198 одиниць, середній термін служби яких – 50,3 роки, при нормативному – 30 років [6]. Хоча поступово виконується оновлення основних фондів: у 2010 р. було придбано 7 електровозів, 2011 р. – 6 електровозів, 2012 р. – 4 електровози, 2013 р. – 9 електровозів, 2014 р. – планується 72 електровози [7], проте цього недостатньо.

Для маневрової роботи при обслуговуванні під'їзних колій використовують тепловози, ресурс яких також вичерпаний в значній мірі. Наприклад, тепловозам ЧМЕЗ, яких на залізницях України на-

раховується більше 1500 одиниць, встановлено нормативний термін служби 25 років, а експлуатуються вони більше 30 років [4]. Зношеність та незадовільний технічний стан тепловозів приводять до зниження паливної економічності та збільшення шкідливих викидів, що викликають додаткові чинники ризику і негативно впливають на безпеку руху. Саме тому необхідно шукати шляхи підвищення ефективності організації обслуговування локомотивами передаточних поїздів, зокрема шляхом обґрунтованого збільшення кількості вагонів в подачі, що дозволить зменшити кількість рейсів з подач-забирань вагонів та, відповідно, питомі витрати палива на одиницю роботи.

Аналіз останніх досліджень. За результатами досліджень, якщо тенденція використання локомотивів без їх оновлення буде продовжуватися, то вже в найближчі роки може спостерігатися дефіцит локомотивів для забезпечення вантажного руху (рис. 2) [8]. Це підтверджує, що першочерговим завданням є використання тягових засобів залізничного транспорту максимально ефективно.



Рис. 2. Графік прогнозованого дефіциту локомотивів, без оновлення парку

За дослідженнями Центру транспортних стратегій [9] переробні потужності морських портів України є надлишковими. Максимально (на 83%) завантажені потужності з перевалки навалочних вантажів, а середнє завантаження портів за всіма видами вантажів складає лише 48%.

Постановка задачі. З усього перерахованого вище виникає необхідність розв'язання прикладної задачі з обґрунтування максимальної кількості вагонів, які подаються на колії портів, та зменшення самої кількості подач, при дотриманні умов безпеки. Це дозволить: зменшити викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, збільшити завантаження переробних потужностей портів, покращити умови експлуатації тягових засобів.

Основний матеріал. Для розв'язання поставленої задачі було застосовано комплексне удосконалення технології взаємодії станцій і під'їзних колій портів та технології використання технічних засобів. Моделювання проводилося в умовах взаємодії станції Миколаїв-Вантажний ДП «Одеська залізниця» та морського порту Миколаїв.

Діюча технологія взаємодії (рис. 3) передбачає подавання вагонів з колій парку приймання станції на колії парку приймання порту. Подавання вагонів в порт та повернення їх виконується локомотивами залізниці. Передавальні операції при подаванні в порт та при поверненні на станцію виконуються на коліях порту.

Комерційний огляд та передача вагонів виконується працівниками станції й порту за участю представника портового оператора. Технічний огляд виконується оглядачем-ремонтником вагонів та представником порту за участю представника портового оператора.

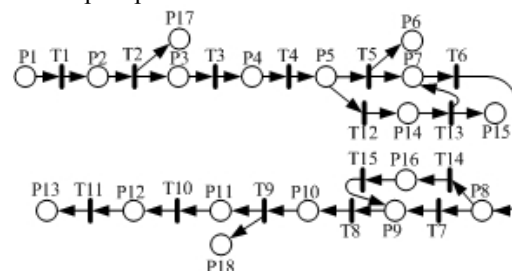


Рис. 3. Модель взаємодії станції Миколаїв-Вантажний та під'їзної колії ДП «Миколаївський морський торговельний порт» за існуючої технології

За наявності на станції вагонів, призначених для порту (P1), з них формується состав передаточного поїзду, про що повідомляється диспетчер порту (T1). Після виконання необхідних операцій з підготовки маршрутів приймання в порт та відправлення зі станції й повідомлення номеру колії приймання в порт (P2), відкривається вихідний світлофор з відповідної колії і черговий по станції дає команду складачу поїздів станції про відправлення передаточного поїзду (T2). При заїзді на колії порту поїзд зустрічається черговим стрілочного поста (T3). При прибутті на вказану колію (P4), состав закріплюється та від нього відчіплюється локомотив (T4). Далі працівники станції та порту виконують передавальні операції (P5), у випадку відсутності порушень вагони приймаються портом (T5), про це складається Пам'ятка про подавання вагонів. За наявності порушень, вантаж видається відповідно вимог статті 52 Статуту залізниць України [10] (T12), зі складанням Акту загальної форми (P14) та виконанням інших необхідних операцій відповідно вимог [10] (T13), в будь-якому разі вагони передаються порту (P6, P15).

Локомотиву станції готується маршрут проїзду на колію, де знаходяться вагони, готові до повернення на станцію (P7), після переїзду локомотива на колію (T6), на якій працівники станції та порту виконували передавальні операції (P8). При прийнятті вагонів залізницею складається Пам'ятка про забирання вагонів, локомотив з'єднуються з вагонами і з-під состава вилучаються гальмівні башмаки (T7). Якщо вагони були неочищені, пошкоджені або з інших причин вони не приймаються (T14), тоді складається Акт загальної форми (P16) та виконуються інші необхідні операції (T15). Локомотивною бригадою виконується випробування автогальм (P9) і ди-

спетчер порту повідомляє чергового по станції про готовність передаточного поїзду (Т8).

Після підготовки маршруту приймання на станцію та відправлення з порту й повідомлення про готовність маршруту приймання на колії станції (Р10), складачу поїздів станції подається сигнал про відправлення з колій порту (Т9). По прибуттю передаточного поїзда на відповідну колію станції (Р12) вагони закріплюються і від них відчіплюється локомотив (Т11). В позиціях Р17 та Р18 знаходяться лічильники кількості вагонів поданих в порт та повернутих з порту.

За технологією, що пропонується (рис. 4), вагони будуть подаватися з колій парку приймання та сортувального парку станції на колії парку приймання порту. Подавання вагонів в порт та повернення їх виконується локомотивом порту. Передавальні операції виконуються: при подаванні на коліях парків станції (сортувального та приймання), при поверненні на коліях парку приймання порту.

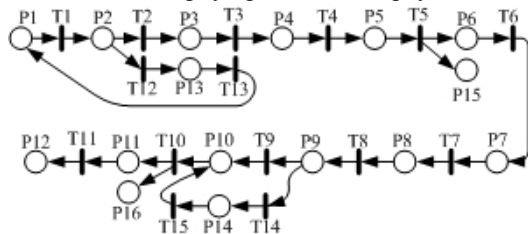


Рис. 4. Модель взаємодії станції Миколаїв-Вантажний та під'їзної колії ДП «Миколаївський морський торговельний порт» за технології, що пропонується

За наявності в порту вагонів, готових до повернення залізниці (Р1), про це повідомляють працівників станції (Т1), та після їх прибуття виконують передавальні операції (Р2). При відсутності порушень вагони приймаються залізницею (Т2) про що складається Пам'ятка про забирання вагонів, готується маршрут заїзду локомотива на відповідну колію (Р3) порту, локомотив заїжджає, зчіплюється з вагонами (Т3), проводиться випробування гальм (Р4), вилучають башмаки та повідомляють диспетчера порту про готовність передаточного поїзду (Т4). Якщо при виконанні передавальних операцій з вагонами, які знаходилися в користуванні порту виявлено порушення (Т12), то складається Акт загальної форми із зазначенням порушень та вагони залишаються у користуванні порту (Р13) до моменту усунення порушень (Т13).

Після приготування маршруту поїзду на станцію, погоджень відправлення з колій порту (Р5) машиністу порту дається команда про відправлення на станцію (Т5). По прибуттю передаточного поїзда на станцію (Р7) состав закріплюється, а локомотив відчіплюється від составу (Т7).

За наявності на станції вагонів, призначених для порту, погоджується відправлення передаточного поїзду в порт, після чого локомотив порту заїжджає на колію без з'єднання з составом (Т8). Якщо при виконанні передавальних операцій (Р9) порушень не виявлено, то вагони приймаються, а локо-

мотив з'єднується з вагонами, з-під составу вилучають гальмівні башмаки (Т9). За наявності порушень, вантаж видається відповідно вимог статті 52 [10] (Т14), зі складанням Акту загальної форми (Р14) та виконанням інших необхідних операцій відповідно вимог [10] (Т15).

Після випробування гальм, готується маршрут відправлення з колій станції та приймання на колії порту (Р10), погоджується відправлення передаточного поїзда, повідомляється номер колії приймання та відкривається вихідний світлофор з колії відправлення (Т10). Далі передаточний поїзд відправляється в порт (Р11), в порту черговий стрілочного поста зустрічає поїзд (Т11), що прибуває на визначену колію (Р12).

В позиціях Р16 та Р15 знаходяться лічильники кількості вагонів поданих в порт та повернутих з порту.

Для удосконалення технології використання технічних засобів запропоновано граф безпечної взаємодії порту та станції примикання (рис. 5).



Рис. 5. Граф безпечної взаємодії порту та станції примикання

Згідно із графом безпечної взаємодії, удосконалення технології використання технічних засобів може бути розглянута як задача визначення раціонального составу передаточного поїзда від станції до порту з метою мінімізувати екологічну шкоду навколишньому середовищу та експлуатаційні витрати. На технічні рішення накладаються обмеження, обумовлені пріоритетами базового рівня та середнього рівня.

Вимоги безпеки руху (базового рівня пріоритетів) визначають максимально допустиму швидкість руху $V_{\max}$, яка, зазвичай, не перевищує 25 км/год. Переважна більшість ділянок передачі мають невелику протяжність (від 2 до 10 км), однак їх поздовжній профіль характеризується суцільним спуском в бік порту із значними ухилами (до 25 %) та невеликою довжиною окремих елементів (до 500 м). Такі нетипові для вивізної роботи умови вимагають введення додаткових обмежень на режими руху поїзду, що і формує пріоритети середнього рівня.

У напрямку від порту до станції руху ділянкою передачі прямують здебільшого поїзди з порожніми вагонами, а тягові можливості локомотива з урахуванням обмеження за зчепленням створюють знач-

ний запас довжини составу, яка в даному випадку обмежується, головним чином, довжиною колій прийому станції та порту. Тому умови цього рівня стосуються не стільки процесів тяги поїзда, як його гальмування на значних ухилах при вузькому діапазоні допустимих швидкостей, що потребує враховувати особливості реалізації гальмових режимів на ділянках передачі.

Ввімкнення та випробування гальм сформованого на станції передаточного поїзда визначається нормативними вимогами [11] для поїздів, що прямують на спусках, крутіших за 18‰. Після відправлення поїзд відразу ж переходить на ділянку зі спусками, стрімко збільшує свою швидкість і, для запобігання перевищення швидкості понад допустиму, машиніст виконує гальмування порядком, встановленим п. 10.3.4 [11]. Після досягнення гальмівного ефекту гальма відпускають, але не повністю, оскільки велика імовірність того, що ще до закінчення підзаряджання гальмівної магістралі (ГМ) поїзда його швидкість перевищить допустиму і виникне потреба у додатковому гальмуванні. При цьому частково для уповільнення темпу наростання швидкості, а також для запобігання поздовжніх реакцій у поїзді рекомендується використовувати допоміжне гальмо локомотива (п.п. 10.3.9, 10.4.2 [11]). Після виконання повторного розрядження ГМ цей процес повторюється, до прибуття поїзду на колії порту.

Практика руху поїздів на ділянках передачі свідчить, що навіть при найвищому тиску у головних резервуарах (ГР) локомотиву після відправлення поїзда зі станції запасу повітря у них вистачає для виконання тільки одного циклу «гальмування-відпуск», тому майже відразу регулятор тиску ГР вмикає компресор, який поповнює витоки повітря з ГР та ГМ під час гальмувань і відпусків. Таких повторних гальмувань може бути до п'яти, при цьому час підвищення швидкості до максимально встановленої в режимі відпуску гальм наближається до граничного відповідно до п.10.3.3 [11], який необхідно витримати між гальмуваннями для підзаряджання ГМ (не менше ніж 1,5 хв.).

На підставі вище зазначеного робимо висновок, що ємності ГР не вистачає для підзаряджання ГМ при повторних гальмуваннях та живлення гальм виконується напряму від компресора, тому не має необхідності обмежувати довжину составу за об'ємом ГР. Разом із тим виникає підвищене навантаження на компресор через майже безперервну його роботу протягом всього руху по ділянці. Для нових компресорних установок тривалість безперервної роботи $T_{компр.}$ не повинна перевищувати для двоступеневих компресорів 45 хв. [12]; для компресорів, що були в експлуатації, цей час скорочується до 15-20 хв. із обов'язковою наступною зупинкою компресора протягом подвоєного часу попередньої роботи. Це накладає обмеження на сумарний час ходу поїзда ділянку $T_{ходу}$.

Наступним обмеженням є продуктивність компресора Q_k , необхідна для відновлення тиску у ГР, а

також для забезпечення стиснення повітрям ГМ для відпуску гальм поїзда. При цьому слід врахувати, що для збільшення Q_k прийнято залучати допоміжний локомотив, який працює в якості додаткового джерела стисненого повітря.

Час, необхідний для зарядження ГМ після службового гальмування згідно з [13], обчислюється за формулою:

$$T'_3(n_g) = \frac{5}{\frac{A}{(l_n)^3} \sqrt{\frac{2p_{зм} - \Delta p_z}{\Delta p_z}} - 0,42B}, \quad (1)$$

де n_g – кількість вагонів у составі передаточного поїзда, ваг.;

A – емпіричний коефіцієнт, (30000 - для умови достатнього підзаряджання при повторних гальмуваннях);

l_n – довжина поїзда, м;

$p_{зм}$ – абсолютний зарядний тиск у ГМ в поїзному положенні, МПа;

Δp_z – величина зниження тиску у ГМ при гальмуванні, МПа;

B – коефіцієнт, що враховує збільшення витоків з ГМ порівняно із встановленими нормами.

Формула (1) не враховує постановку другого локомотива у составі із пропорційним збільшенням продуктивності компресорів, а також витрати повітря гальмами допоміжного локомотива, а тому має оціночний характер. Отже, час заряджання ГМ, визначений за формулою (1), так само як і встановлений із значним запасом в п.10.3.3 [11], вимагає уточнення для знаходження гранично допустимої кількості вагонів з умови продуктивності компресорів.

Така модель підзаряджання ГМ була складена на підставі гіпотези про рівність температур у початковій та гальмівній магістралі [14] для стаціонарного режиму роботи компресора. У моделі враховано також неповний відпуск гальм та застосування допоміжного гальма локомотива згідно із п.п. 10.3.9, 10.3.43, 10.4.2 [11].

Найменша потрібна продуктивність компресора можлива в разі додаткового забирання повітря з ГР, але це можливо лише після першого гальмування. В цьому випадку процес заряджання описується рівнянням балансу обсягів повітря джерел та споживачів стисненого повітря

$$\begin{aligned} \sum_{n_i} V_{cp} \frac{(p_{\max} - p_{\min})}{p_a} + \sum_{n_i} Q_k t = (n_l + n_g) \times \\ \times V_{зм} \frac{(\Delta p_z - \Delta p_g)}{p_a} + \sum_{n_i} V_{зцп} \frac{\Delta p_{зп}}{p_a} + \\ + \Delta p_t \left((n_l + n_g) V_{зм} + \sum_{n_i} V_{cp} \right) t, \end{aligned} \quad (2)$$

де n_l – кількість локомотивів у составі передаточного поїзда, лок.;

V_{cp} – об'єм головних резервуарів за кожним локомотивом, м³;

$p_{\max}, p_{\min}$ – відповідно мінімальний та максимальний тиск у ГР, МПа, на який відрегульовано автоматичне вмикання/вимикання компресора;

p_a – атмосферний тиск, МПа;

Q_k – подача компресора за кожним з локомотивів, м³/хв.;

t – час відпуску гальм, хв.;

V_{zm} – об'єм ГМ рухомої одиниці (приймається рівним для локомотива і чотиривісного вагону), м³;

Δp_g – різниця між зарядним тиском у ГМ та тиском, який забезпечує відпуск гальм, МПа;

V_{zcl} – сумарний об'єм гальмівних циліндрів (ГЦ) за кожним локомотивом, м³;

Δp_{znp} – тиск у ГЦ за кожним з локомотивів, МПа, при використанні допоміжного гальма локомотива під час відпуску гальм у составі;

Δp_t – зниження тиску у гальмівній мережі поїзду за рахунок витоків, МПа/хв.

При повторних гальмуваннях при низькій швидкості тиск у ГР перед початком наступного відпуску може не встигнути піднятися вище $p_{\min}$, тому подача компресора для тих самих кількостей вагонів та часі відпуску повинна бути більша. При цьому тиск у ГР буде дещо збільшуватися (до величини $p'_{\max}$), оскільки діаметр прохідного отвору у крані машиніста, через який відбувається заряджання ГМ, відрізняється від діаметру труби живильної магістралі. Величину такого підвищення тиску також впливатиме на продуктивність компресора, яка буде максимальна для випадку $p'_{\max} = p_{\max}$. В загальному випадку обсяг повітря для зарядження ГМ складатиме

$$\sum_{n_i} Q_k t = \sum_{n_i} V_{zp} \frac{(p'_{\max} - p_{\min})}{p_a} + (n_l + n_g) \times \\ \times V_{zm} \frac{(\Delta p_g - \Delta p_g)}{p_a} + \sum_{n_i} V_{zcl} \frac{\Delta p_{znp}}{p_a} + \\ + \Delta p_t \left((n_l + n_g) V_{zm} + \sum_{n_i} V_{zp} \right) t. \quad (3)$$

В залежності від кількості робочих локомотивів n_l у поїзді, з рівняння (3) можна виразити час, потрібний для відновлення тиску в ГМ, достатнього для відпуску гальм, від кількості вагонів у составі передаточного поїзда n_g :

$$T_3(n_l, n_g) = \left[\sum_{n_i} V_{zp} (p'_{\max} - p_{\min}) + (n_l + n_g) \times \right. \\ \times V_{zm} (\Delta p_g - \Delta p_g) + \sum_{n_i} V_{zcl} \Delta p_{znp} \left. \right] / \\ \left[\sum_{n_i} Q_k p_a - \Delta p_t \left((n_l + n_g) V_{zm} + \sum_{n_i} V_{zp} \right) \right]. \quad (4)$$

Очевидно, що цей час має границю при

$$\sum_{n_i} Q_k p_a - \Delta p_t \left((n_l + n_g) V_{zm} + \sum_{n_i} V_{zp} \right) = 0, \quad (5)$$

яка визначає максимально можливу довжину ГМ (у кількості вагонів составу n_g) за умовою поповнення наявних в експлуатації витоків.

Отриманий час необхідно порівняти із часом, протягом якого швидкість передаточного поїзда збільшується від швидкості наприкінці гальмування V_n до максимальної $V_{\max}$. З урахуванням неповного відпуску гальм поїзда та застосування допоміжного гальма локомотива на ухилі постійної крутості такий час визначається за формулою

$$T_p(n_l, n_g, i) = \frac{1}{z} \int_{V_n}^{V_{\max}} \left\{ \left(\sum_{n_i} P + n_g q \right) dv \right\} / \left[- (w'_o(v) + \right. \\ \left. + b'_z(v)) \sum_{n_i} P - (w''_o(v) + b''_z(v)) n_g q - i \left(\sum_{n_i} P + n_g q \right) \right], \quad (6)$$

де ζ – коефіцієнт пропорційності, що має зміст прискорення, в км/год², яке викликається дією однічної питомої прискорюючої сили 1 Н/кН;

i – крутість ухилу (з урахуванням фіктивного підйому від кривих), ‰;

v – швидкість руху, км/год;

P, q – маса відповідно кожного з локомотивів та вагона, т;

w'_o, w''_o – питомий основний опір руху відповідно локомотива та составу, Н/кН;

b'_z, b''_z – питома гальмова сила відповідно допоміжного гальма локомотива та автоматичного гальма составу, Н/кН, згідно із виразами

$$b'_z = \frac{k'_z j'_{kp}(v) \sum_{n_i} K_{pl}}{\sum_{n_i} P g}, \quad (7)$$

$$b''_z = \frac{k''_z j''_{kp}(v) \sum_{n_i} K_{pg}}{n_g q g}, \quad (8)$$

k'_z, k''_z – коефіцієнт повноти гальмування відповідно для локомотиву та составу поїзда, який характеризує відношення реалізованої гальмівної сили за обраним режимом до її максимального значення;

$\varphi'_{kp}(v), \varphi''_{kp}(v)$ – розрахунковий коефіцієнт тертя колодки по колесу відповідно для локомотива та вагонів;

K_{pl}, K_{pg} – розрахункове гальмівне натиснення на вісь відповідно локомотиву та вагону, Н/вісь;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Взаємне розташування графіків $T_3(n_l = \text{const}, n_g)$ та $T_p(n_l = \text{const}, n_g, i = \text{const})$ в залежності від кількості вагонів n_g для найбільш типових значень експлуатаційних параметрів наведено на рис. 4.

Точка перетину графіків, що відповідає умові

$$T_3(n_l = \text{const}, n_g) = T_p(n_l = \text{const}, n_g, i = \text{const}), \quad (9)$$

визначає раціональну кількість вагонів у составі передаточного поїзда n_g^* , що забезпечує час заряджання ГМ на гранично допустимому рівні без збільшення швидкості за цей час та створення загрози безпеці руху.

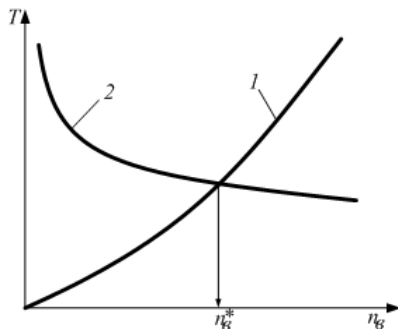


Рис. 6. Графік визначення кількості вагонів у складі передаточного поїзда в залежності від режимів роботи локомотиву: 1 – час зарядження ГМ при відпуску гальм; 2 – час збільшення швидкості до максимально допустимої

Положення кривої 1 на рис. 6 залежить від залишкового тиску у ГР та співвідношення $\Delta p_c - \Delta p_e$. Наявність певної кількості повітря у ГР визначається його витратами на попередній частині ділянки і може перемістити криву донизу, тобто збільшити $n_{в*}$. Навпаки, задіяння допоміжного гальма локомотива та неповний відпуск гальм призводить до переміщення кривої вгору, зменшуючи $n_{в*}$; ці ж режими впливають і на положення кривої 2. Це викликає необхідність створення режимної карти керування гальмами передаточного поїзда з метою визначення найбільшої можливої кількості вагонів у складі передаточного поїзда.

Значення $T_p(n_l, n_e, i)$ можуть бути уточнені шляхом побудови кривих швидкості та часу для ділянки в цілому, тому що при русі ділянкою поїзд може знаходитися на декількох елементах різної крутості одночасно, змінюючи під час відпуску гальм значення уклону i під поїздом.

Визначивши таким чином обмеження на середньому рівні пріоритетів графу (рис. 5), можемо сформулювати критерії ефективності вищого рівня.

Це наступні критерії: мінімум споживання дизельного палива (G) та мінімум викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище (E). Обидва ці критерії пов'язані із величиною середньої ефективної потужності дизельної установки N_e , причому витрати палива також можна подати у вигляді питомих витрат.

Тому в якості об'єднаного критерію ефективності для вищих рівнів можна прийняти величину сумарної роботи дизеля, що протягом рейсу складається з роботи у режимі тяги поїзда та приводу власних агрегатів локомотивів. Суттєвим для вирішення задачі є те, що в останню групу входять також витрати на привод гальмового компресора. Оскільки для збільшення сумарної продуктивності компресорів є можливість постановки другого локомотиву у поїзд, потрібно також визначити раціональну кількість локомотивів n_l^* у передаточному поїзді з урахуванням її впливу на значення T_3 та T_p , а також обмеження сумарної довжини складу за виразом (5).

У загальному вигляді модель визначення кількості вагонів у складі передаточного поїзда має наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} T_3(n_l^*, n_e^*) &= T_p(n_l^*, n_e^*, i); \\ n_l^* + n_e^* &= \frac{\sum Q_k p_a - \Delta p_t \sum V_{zp}}{\Delta p_t V_{zm}}; \\ T_{ходу} &\leq T_{компр}; \\ \frac{G}{N_e T_{ходу}} &\rightarrow \min; \\ E &\rightarrow \min. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Висновки. За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1. На сьогоднішній день існують значні резерви переробної спроможності вантажних фронтів портів, які можуть бути використані при покращенні взаємодії портів і станцій примикання.

2. Технічні засоби, які використовуються при обслуговуванні портів значно вичерпали свій ресурс, що створює загрозу безпеці руху, під час їх експлуатації та збільшення негативного впливу на екологію прилеглих територій.

3. Для покращення взаємодії портів та станцій примикання необхідно провести комплекс заходів удосконалення використання технічних засобів при повному забезпеченні безпеки руху.

4. Розроблена модель дозволяє збільшити пропускну та переробну спроможність ділянок передачі, а також мінімізувати витрати палива й шкідливі викиди в атмосферу.

Література

1. Костюченко В.Н. Эколого-экономическая безопасность в контексте национального суверенитета Украины / В.Н. Костюченко, А.В. Бохан // Вісник ЖДТУ. Серія: Економічні науки. – 2013. – № 1 (63). – С. 260 – 265.
2. Гаркушенко О.Н. Реализация принципов экологической политики в Украине: реалии и перспективы / О.Н. Гаркушенко // Економіка промисловості. – 2012. – № 3 – 4 (59 – 60). – С. 316 – 327.
3. Черняк Ю.В. Порівняння методів оцінки токсичності відпрацьованих газів дизелів / Ю.В. Черняк // Підвищення експлуатаційної ефективності тягового рухомого складу: Межвузівський зб. наук. праць ХарДАЗТ. – Х., 2000. – Вип. 41.
4. Одеська залізниця отримала перший модернізований тепловоз серії ЧМЕЗ [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/366112/.
5. Державна служба статистики України: Статистичний щорічник України за 2012 рік / За редакцією О.Г. Осауленка // К., 2013. – 552 с.
6. Начальник Донецкой железной дороги: Мы «задыхаемся» без нового подвижного состава [Электронный ресурс] / Л. Загоровская. – Режим доступа: <http://economics.unian.net/transport/838693-nachalnik-donetskoy-jeleznoy-dorogi-myi-zadyhaemsa-bez-novogo-podvijnogo-sostava.html>.
7. Оновлення основних фондів залишається пріоритетним завданням Укрзалізниці і в 2014 році [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/369328/.
8. "Укрзалізниця" оновит старий парк локомотивов чтобы увеличить грузоперевозки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://delo.ua/business/ukrzhelznycja-obnovit-staryj-park-lokomotivov-chtoby-uvlichit-216493/>.

9. ЦТС: Специализация украинских морских портов: ограничение или возможность для роста [Электронный ресурс] / С. Вовк, А. Шкляр. – 2013. – Режим доступа: http://cfts.org.ua/analitics/AShklar_fin.pdf.
10. Статут залізниць України [Текст] / Затверджений Постановою Кабінету Міністрів України № 457 від 6.04.1998 р. – К.: Транспорт України, 1998. – 83 с.
11. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015: офіційний текст: [затв. Наказом Укрзалізничі від 28 жовт. 1997 р. №264-Ц зі змінами від 7 черв. 2001 р. №312-Ц]. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2002. – 145 с.
12. Крылов В.И. Автоматические тормоза подвижного состава / В.И. Крылов, В.В. Крылов. – М.: Транспорт, 1983. – 360 с.
13. Иноземцев В.Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава: Вопросы и ответы / В.Г. Иноземцев. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
14. Иноземцев В.Г. Автоматические тормоза / В.Г. Иноземцев, В.М. Казаринов, В.Ф. Ясенцев. – М.: Транспорт, 1981. – 463 с.

References

1. Kostjuchenko V.N. Jekologo-jekonomicheskaja bezopasnost' v kontekste nacional'nogo suvereniteta Ukrainy / V.N. Kostjuchenko, A.V. Bohan // Visnyk ZhDTU. Serija: Ekonomichni nauky. – 2013. – № 1 (63). – S. 260 – 265.
2. Garkushenko O.N. Realizacija principov jekologicheskoy politiki v Ukraine: realii i perspektivy / O.N. Garkushenko // Ekonomika promyslovosti. – 2012. – № 3 – 4 (59 – 60). – S. 316 – 327.
3. Chernjak Ju.V. Porivnannja metodiv ocinky toksychnosti vidprac'ovanyh gaziv dyzeliv / Ju.V. Chernjak // Pidvyshhennja ekspluatacijnoi efektyvnosti tjavovogo ruhomogo skladu: Mezhdvuziv's'kyj zb. nauk. prac' HarDAZT. – H., 2000. – Vyp. 41.
4. Odes'ka zaliznycja otrymala pershyj modernizovanyj teplovoz serii' ChME3 [Elektronnyj resurs] – Rezhym dostupu: http://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/366112/.
5. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrai'ny: Statystychnyj shhorichnyk Ukrai'ny za 2012 rik / Za redakciju O.G. Osaulenka // K., 2013. – 552 s.
6. Nachal'nik Doneckoj zheleznoj dorogi: My «zadyhaemsa» bez novogo podvizhnogo sostava [Elektronnyj resurs] / L. Zagorovskaja. – Rezhim dostupa: <http://economics.unian.net/transport/838693-nachalnik-donetskoy-zheleznoj-dorogi-myi-zadyhaemsa-bez-novogo-podvizhnogo-sostava.html>.
7. Onovlennja osnovnyh fondiv zalyshajet'sja priorytetnym zavdannjam Ukrzaliznyci i v 2014 roci [Elektronnyj resurs] – Rezhym dostupu: http://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/369328/.
8. "Ukrzaliznycja" obnovit staryj park lokomotivov chtoby uvelichit' gruzoperevozki [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://delo.ua/business/ukrzaliznycja-obnovit-staryj-park-lokomotivov-chtoby-uvelichit-216493/>.
9. CTS: Specializacija ukrainskih morskikh portov: ogranichenie ili vozmozhnost' dlja rosta [Elektronnyj resurs] / S. Vovk, A. Shklyar. – 2013. – Rezhim dostupa: http://cfts.org.ua/analitics/AShklar_fin.pdf.
10. Statut zaliznyci' Ukrai'ny [Tekst] / Zatverdzenyj Postanovoju Kabinetu Ministriv Ukrai'ny № 457 vid 6.04.1998 r. – K.: Transport Ukrai'ny, 1998. – 83 s.
11. Instrukcija z ekspluatacij' gal'm ruhomogo skladu na zaliznycjah Ukrai'ny: CT-CV-CL-0015: oficijnyj tekst: [zatv. Nakazom Ukrzaliznyci vid 28 zhovt. 1997 r. №264-C zi

- zminamy vid 7 cherv. 2001 r. №312-C]. – K.: TOV «NVP Poligrafservis», 2002. – 145 s.
12. Krylov V.I. Avtomaticheskie tormoza podvizhnogo sostava / V.I. Krylov, V.V. Krylov. – M.: Transport, 1983. – 360 s.
13. Inozemcev V.G. Tormoza zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava: Voprosy i otvety / V.G. Inozemcev. – M.: Transport, 1987. – 207 s.
14. Inozemcev V.G. Avtomaticheskie tormoza / V.G. Inozemcev, V.M. Kazarinov, V.F. Jasencev. – M.: Transport, 1981. – 463 s.

Чеклов В.Ф., Шеховцов А.И., Матвиенко С.А. Разработка экологической модели взаимодействия станций примыкания и подъездных путей портов.

В статье выполнен анализ использования перерабатывающих способностей портов и состояния технических средств, используемых для подачи-уборки вагонов в порты. Формализована технология взаимодействия станций примыкания и подъездных путей портов, а также предложены способы ее усовершенствования. Предложен граф безопасного взаимодействия станций и подъездных путей, на основе которого разработана модель, позволяющая улучшить взаимодействие станций примыкания и портов, а именно: увеличить пропускную и перерабатывающую способность участков передачи, уменьшить объемы расхода топлива и вредных выбросов в атмосферу.

Ключевые слова: станция примыкания, порт, перелачный поезд, безопасность движения, экологическая безопасность, тормозные средства, участок передачи.

Cheklov V., Shekhovtsov O., Matvienko S. Development of an ecological model of interaction between junction stations and spur tracks of ports.

Analysis of the condition of locomotives of railways was held. Locomotives must be used with great caution, their condition may lead to violation of traffic safety. Also it leads to increase of fuel consumption and emissions. The processing of capacity of the ports is not fully used. Formalization of interaction technology of stations and ports was held. Formalization carried out using the mathematical apparatus of Petri nets. Ways of improving of interaction were proposed. Graph of secure interaction between stations and ports was proposed. Main directions: driving safety, operation modes, environmental security, economic security, were considered in the graph. Methods of optimization of the use of the brakes of the composition and safety of the movement were proposed. The model of determination of the optimal number of cars was developed. The model allows to increase throughput and processing capability of transfer sections. You can also reduce fuel consumption and harmful emissions into the atmosphere.

Keywords: junction station, seaport, train, driving safety, environmental security, brakes, the transfer section.

Чеклов В.Ф. – к.т.н., проф., зав. кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ДонІЗТ, e-mail: zavoput@mail.ru.

Шеховцов О.І. – ст. викладач кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» ДонІЗТ, e-mail: oleksa.i@mail.ru.

Матвиенко С.А. – ст. викладач кафедри «Рухомий склад залізниць» ДонІЗТ, e-mail: sedricus@yandex.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

Стаття подана 03.03.2014

УДК 656.211:626.212

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ В ГАЛУЗІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Чеклова В.М., Ходаківська Є.В., Євсейчик Т.І.

ANALYSIS OF RESEARCH AND PUBLICATIONS IN THE FIELD OF PASSENGER RAILWAY TRANSPORTATION

Cheklova V., Hodakivs'ka E., Evseychik T.

Розвиток економіки не можливий без добре розвинених пасажирських перевезень. Тому актуальність вдосконалення та розвитку пасажирських перевезень залізничним транспортом сприяє постійній зацікавленості з боку різних авторських колективів, науковців, які висвітлюють зловживання питання у цій галузі, а також найчастіше пропонують шляхи їх вирішення. У статті наведено аналіз деяких досліджень і публікацій в галузі пасажирських перевезень залізничним транспортом, визначено їх вплив на подальший розвиток системи пасажирських перевезень.

Ключові слова: пасажирські перевезення, залізничний транспорт, пасажирський транспортний комплекс.

Вступ. Транспорт представляє собою важливу ключову складову економіки держави, без якісного функціонування якої неможливий наступний економічний розвиток суспільства. Пасажирський транспортний комплекс - одна із значущих галузей транспортної системи, яка має велике соціально-економічне значення через її важливу роль в життєзабезпеченні світової спільноти.

В сучасних умовах подальший розвиток економіки не можливий без добре налагоджених пасажирських перевезень. Від їх чіткості і надійності залежить трудовий ритм підприємств промисловості, будівництва і сільського господарства, стан і настрої людей, їх працездатність. Тому перед наукою постала задача щодо творчого узагальнення практики організації пасажирських перевезень в ринкових умовах і проведення теоретичних досліджень з метою відпрацювання стратегії розвитку пасажирського транспортного комплексу.

В сучасних умовах систему пасажирських перевезень необхідно вивчати з технічної, технологічної, економічної, а також соціальної сторони [1], враховуючи при цьому правові та політичні, інші сфери діяльності пасажирського транспорту.

При вивченні та аналізі технічних питань необхідно розглядати існуючий стан технічного оснащення пасажирського комплексу, визначати перспективи розвитку та модернізації, спираючись на досвід інших держав. Щодо технологічної сторони, то тут необхідним є удосконалення процесу функціонування пасажирського транспорту для задоволення потреб як пасажирів, так і отримання більшого економічного ефекту транспортними підприємствами та державою. Метою соціальних досліджень в галузі пасажирських перевезень залізничним транспортом повинне бути визначення потреб населення у обсягах перевезень, їх якості, тарифній політиці перевізника, необхідності надання додаткових супутніх послуг, що, в свою чергу, впливає і на технічно-технологічну сферу діяльності пасажирського транспорту. Крім того, важливим є правове регулювання пасажирських перевезень залізничним транспортом, що обумовлено недосконалістю законодавства, нормативної бази в даній галузі.

Для постійної модернізації пасажирського транспортного комплексу та удосконалення процесу перевезень пасажирів залізничним транспортом необхідно виявляти «вузькі» місця та недосконалості роботи даної господарської діяльності шляхом постійного контролю, вивчення і аналізу.

Мета статті. Надати аналіз досліджень і публікацій в галузі пасажирських перевезень залізничним транспортом, визначити їх вплив на подальший розвиток системи пасажирських перевезень.

Аналіз останніх досліджень. Актуальність вдосконалення та розвитку пасажирських перевезень залізничним транспортом сприяє постійній зацікавленості з боку різних авторських колективів, науковців, які висвітлюють зловживання питання у

цій галузі, а також найчастіше пропонують шляхи їх вирішення.

Наприклад, проблемами транспортної логістики та маркетингу займалися зарубіжні вчені, зокрема Д. Бауерсокс, Д.Дж. Клос, Д. Ламберт, Дж. Сток, М. Хаммер та ін. Серйозні наукові дослідження проводять російські вчені, зокрема А.У. Альбеков, Н.В. Афанасьєва, Є.А. Голіков, М.І. Данько, Д.В. Ломотько, С.Б. Карнаухов, Д.Д. Костоглодов, А.В. Парфьонов, С.М. Розер та ін. Серед вітчизняних вчених – І.М. Аксьонов, Ю.С. Бараш, О.В. Дикань, Є.В. Крикавський, Ю.Ф. Кулаєв, М.В. Макаренко, В.К. Мироненко, М.Л. Окландер, Ю.Є. Пашенко, Є.М. Сич, Н.І. Чухрай. Проте сьогодні специфіка застосування маркетингових та логістичних методів на залізничному транспорті не отримала належного відображення. Тому ці дослідження надзвичайно актуальні. [2]

Питаннями формування технологій організації пасажирських перевезень залізничним транспортом займаються Т.В. Бутько, Д.В. Константинов, О.В. Середина, А.В. Прохорченко, О.О. Журба, І.А. Труфанова, інші.

Питаннями удосконалення процесу перевезень пасажирів залізничним транспортом досліджують О.А. Малахова, Д.В. Константинов.

Питання конкурентоспроможності залізничної галузі досліджували такі українські та російські вчені-економісти: Ю.С. Бараш, В.Л. Дикань, Д.Г. Ейтутіс, Б.М. Лапідус, Д.О. Мачерет, В. І. Пасічник, Є.М. Сич, Н.П. Терьохина та інші. [3]

Проблеми підвищення конкурентоспроможності підприємств пасажирського транспорту займалися І. Аксьонов, Ю. Бараш, І. Белов, В. Галабурда, В. Гудкова, М. Євлахов, А. Кисельов.

Проблеми управління експлуатаційними витратами і собівартість перевезень на залізничному транспорті досліджували: Ю.Кулаєв, В.Орлов, Я.Плоткін, Н.Смехова, Я.Соколов, В.Стоян, М.Чумаченко та ін. [4]

Теоретико-методологічними проблемами та практичними аспектами управління експлуатаційними витратами і собівартістю перевезень на залізничному транспорті займалися Ю. Кулаєв, В. Орлов, Я. Плоткін, Л. Понкратова, Н. Смехова, Я. Соколов, В. Стоян, О. Янушкевич. Проте, на даний час не розроблено єдиних методологічних засад підвищення ефективності виробництва вагонів на основі здійснення своєчасної реорганізації вагонобудівних підприємств. До того ж специфіка роботи підприємств у сфері виробництва залізничного рухомого складу потребує спеціального наукового обґрунтування. [5]

Актуальність наукового напрямку для розвитку у регіоні (країні) залізничного транспорту в приміському сполученні формує постійну зацікавленість з боку різних наукових шкіл та авторських колективів, серед яких варто виділити: В. Глушенко, О. Гурченков, В. Дикань, Б. Дерев'янка, Н. Волканова, М. Кристопчук та інші. [6]

З'ясуванню особливостей щодо відповідальності за правопорушення у сфері пасажирських перевезень на залізничному транспорті присвячено чимало наукових праць іноземних та вітчизняних учених. Серед їх авторів - П.М. Білий, В.К. Гіжевський, В.В. Голіна, О.М. Костенко, А.В. Мілашевич, В.Й. Развадовський, В.І. Шакур, О.О. Юхно та ін. [7]

Основний матеріал досліджень. Розглянемо деякі дослідження та публікації у галузі пасажирських перевезень залізничним транспортом, визначимо їх актуальність.

Маркетинго-логістичний підхід в організації пасажирських перевезень на залізничному транспорті. Актуальність цієї теми для України полягає у тому, що сучасний рівень транспортного обслуговування пасажирів ґрунтується на застосуванні сучасних транспортних, митних та інформаційних технологій, на максимальній реалізації можливостей кожного виду транспорту, що забезпечить інтеграцію України в європейську та міжнародну транспортну систему. Збитковість пасажирських перевезень залізницями України вимагає нових підходів до їх організації. Покращення фінансового стану лише за рахунок підвищення тарифів на вартість проїзду у потягах, а також традиційних видів послуг з обслуговування пасажирів безпосередньо на вокзалах не дають істотного зростання доходів. Разом з тим у пасажирів з'являється великий спектр нових, сучасних потреб: комп'ютерні послуги, послуги ксерокса, зв'язок через комп'ютер, нотаріальні послуги, оренда автомобілів, туристично-екскурсійні послуги, доставка пасажирів та багажу на вокзал та з вокзалу, прийом замовлень на залізничні квитки через електронну пошту та телефон, бронювання та оформлення проживання в готелях, проїзних документів на інтермодальні перевезення, бронювання місць на поїзди, що відправляються з інших залізничних станцій і т. д.

В умовах поглиблення світових інтеграційних процесів проходять зміни у функціонуванні транспортних ринків як окремих країн, так і у світовому масштабі. Це особливо проявляється посиленням координації та взаємодії різних видів транспорту, прискоренням пересування пасажирів як в межах держав, так і в міжнародних масштабах, що вимагає застосування принципів маркетингу та логістики. Створення ефективно моделі пасажирських перевезень на основі маркетинго-логістичного підходу стає сьогодні важливим чинником реформування всієї транспортної системи, зокрема залізничної.

Відповідно до цього, у даній роботі розглядається необхідність застосування елементів маркетингу та логістики, що необхідно в умовах реформування залізничного транспорту, де посилення координації і взаємодії різних видів транспорту значно впливає на обсяги пасажирських перевезень на залізничному транспорті. Аналізуються проблеми, вирішення яких сприяє пошуку раціональної

моделі управління, особливості розвитку сучасної організації перевезень пасажирів, важливу роль в яких займає взаємозв'язок маркетингових і логістичних досліджень. [2]

Форми та методи забезпечення пасажирських перевезень на залізничному транспорті. Забезпечення пасажирських перевезень - цілеспрямована діяльність відповідних суб'єктів у напрямку створення, підтримання на належному рівні, а також ефективного використання техніко-економічної системи, що сформувалася у відповідній галузі народного господарства. Таку діяльність, як і будь-яку іншу можна успішно проводити у визначених формах, застосовуючи різні методи, що були апробовані на практиці. Аналіз цих форм і методів показує, яким чином і за допомогою чого можна реалізовувати мету, завдання і функції, що стоять перед системою пасажирських перевезень.

Для освітлення цього питання у даній публікації аналізуються нормативні акти органів виконавчої влади, якими регулюються суспільні відносини, що складаються у сфері пасажирських перевезень, визначаються та характеризуються форми та методи забезпечення таких перевезень на залізничному транспорті, обґрунтовується необхідність застосування адміністративно-попереджувальних заходів, зокрема адміністративного примусу державними суб'єктами пасажирських перевезень на залізничному транспорті. [8]

Стан залізничного транспорту приміського сполучення у розвинених регіонах (країнах) світу. Основним питання, що розглядається у даній праці є наступне. Залізничний транспорт посідає важливе місце в економіці і виконує низку функцій, основними з яких є виробнича і соціально-психологічна.

Виробнича функція залежить від кінцевого виходу продукції чи її вартості від використання різних факторів виробництва, конкретних видів ресурсів і затрат.

Соціально-психологічна функція визначається можливістю надання доступних транспортних послуг найширшим верствам населення. Якість транспортних послуг впливає на продуктивність праці, трудову дисципліну, настрій і здоров'я членів суспільства.

Поєднання виробничої та соціально-психологічної функцій залізничного транспорту суттєво впливає на розвиток нових інтеграційних зв'язків міста і приміських регіонів.

Для вдосконалення транспортної галузі регіону та подальших перетворень до рівня стандартів світових розвинених країн, при незбалансованій ринковій економіці України потрібен комплекс заходів по реструктуризації на всіх рівнях управління підприємствами державної транспортної галузі.

Спираючись на вищезазначене, у статті проаналізовано напрямки підвищення швидкості руху, обладнання вокзалів сучасним устаткуванням,

приладами та іншими засобами автоматизації квитково-касових операцій у провідних регіонах світу. [6]

Інноваційна логістика в реформуванні та розвитку сфери послуг пасажирського залізничного транспорту. Актуальність даної дисертації полягає у тому, що створення прозорої та ефективної бізнес-моделі пасажирських залізничних перевезень стає в даний час ключовим елементом реформи залізничного транспорту. Проблеми перехресного субсидування і недостатня інвестиційна привабливість пасажирського комплексу негативно впливають на систему залізничних перевезень в цілому і в кінцевому результаті знижують конкурентоспроможність всієї економіки. В умовах реформування економіки посилюється взаємозв'язок розвитку транспорту з розвитком інших галузей господарства та соціальної сфери, які не тільки визначають вимоги до транспорту щодо напрямків, обсягів та якості перевезень, але і можливості його розвитку, оскільки від обсягів перевезень залежать доходи транспортних підприємств, які є в сучасних умовах основним джерелом інвестицій. Здешевлення, прискорення та підвищення якості пасажирського сполучення призводять до зростання мобільності населення і поліпшенню умов його життя.

Інтеграція країни у світову транспортну систему, формування міжнародних транспортних коридорів, зростання пасажиропотоків викликають необхідність вивчення ряду проблем, пов'язаних з логістичними технологіями. Розвиток мережевої інфраструктури пасажирського залізничного комплексу, регіональних інформаційних логістичних центрів, розгалуженої термінальної і вокзальної мережі має будуватися шляхом формування цілісних логістичних систем управління пасажирськими перевезеннями.

Формування гармонійної структури пасажирського залізничного комплексу країни на базі технологій інноваційної логістики створить умови для оптимізації перевізного процесу та формування інтермодальних транспортних систем; формування науково обґрунтованого графіка руху рухомого складу та його оперативного контролю диспетчерами, розвитку інноваційно-логістичної системи залізничного транспорту, економічно доцільного розподілу повноважень та фінансових коштів у договорах державно-приватного партнерства, формування комплексного інформаційного супроводу та забезпечення уніфікації систем управління пасажирськими перевезеннями в ході проектування та будівництва високошвидкісних магістралей (ВШМ); підвищення економічно обґрунтованих сфер конкурентної діяльності компаній - перевізників у різних сегментах.

Затребуваність інноваційної логістики у сфері пасажирських перевезень залізничного транспорту органічно пов'язана з характером завдань раціоналізації та оптимізації пасажиропотоків, що ускладнюється, скороченням стадій життєвого цик-

лу перевізних засобів, інтенсифікацією процесів інформатизації перевізного процесу.

Водночас специфіка застосування логістичного інструментарію стосовно ринку пасажирських перевезень на сьогодні не отримала належного відображення. Тим часом, як видається, це питання вимагає особливого підходу, оскільки від урахування специфіки транспортної логістики в сфері пасажирських перевезень залежить організація пасажиропотоків і конфігурація мережі залізниць, а, отже, якість забезпечення різних категорій споживачів транспортними послугами, що робить вельми актуальним науковий пошук організаційно-економічних рішень для логістизації цієї сфери.

Вищевикладене і визначило тему данного дисертаційного дослідження, його мету і завдання. [9]

Мотиваційні моделі пасажирів залізничного транспорту. Основною положенню даної статті є те, що є те, що попит населення на транспортні послуги майже завжди вторинний і служить для задоволення потреб, що мають «первинний» характер (робота, навчання, відпочинку і т.п., які є відображенням їх творчих вишукувань і можливостей). Звідси випливає, що при аналізі потенціалу ринку транспортних послуг потрібно обов'язково враховувати зміни первинних потреб, які залежать від рівня соціально-економічного розвитку регіону та способу життя проживає в ньому населення.

У статті викладено основні сучасні напрями маркетингу послуг, наведено деякі особливості потреб пасажирів при наданні їх послуг по перевезенню залізничним транспортом. [10]

Обґрунтування системи управління витратами з пасажирських перевезень на залізничному транспорті. Пасажирські перевезення відіграють важливу соціальну та економічну роль в житті суспільства, на їх частку припадає 41 % від загального пасажирообігу. Так у рамках структурної реформи залізничного транспорту Росії за період 2003-2008 рр. були створені нові структури управління пасажирським комплексом: у дальньому сполученні - Федеральна пасажирська дирекція та Дирекція залізничних вокзалів; у приміському сполученні - 42 Дирекції з обслуговування пасажирів у приміському сполученні та 11 приміських пасажирських компаній у формі відкритих акціонерних товариств - дочірніх або залежних ВАТ «РЖД» і 8 компаній-перевізників, що не входять в холдинг ВАТ «РЖД».

Перехід до нової організаційної структури пасажирського комплексу, заснованої на ринкових принципах, передбачає модернізацію системи управління витратами і економічними результатами. У наслідок цього, на стратегічному рівні потурбувалися впровадження збалансованої системи оціночних показників ефективної діяльності підрозділів пасажирського комплексу, а на оперативному рівні - досягнення прозорості управлінського обліку, вдосконалення системи бюджетного управління, методів розрахунку питомих витрат та проведення на їх основі економічних

оцінок за сферами відповідальності пасажирського комплексу.

У зв'язку з вищевикладеним, тема дисертаційного дослідження є досить актуальною. [11]

Виявлення, розкриття і попередження злочинів економічної спрямованості у сфері пасажирських перевезень на залізничному транспорті. Будь-які зміни несуть в собі як позитивні, так і негативні тенденції, що безпосередньо торкнулося залізничного транспорту - найбільшого державного монополіста стратегічного значення.

В даний час на залізничному транспорті здійснюються корінні структурно - економічні перетворення, що супроводжуються криміналізацією найбільш прибуткових сфер ринку транспортних послуг, зокрема сфери пасажирських перевезень, а також значним зростанням економічних злочинів. Не випадково боротьба з економічними злочинами, в тому числі і на залізничному транспорті, визнана актуальним напрямком боротьби зі злочинністю.

У роботі оперативних підрозділів по боротьбі з економічними злочинами на транспорті прийнято виділяти два основних напрямки оперативного обслуговування: це вантажні та пасажирські перевезення, тобто напрями, що приносять основний прибуток транспортному комплексу, а вже потім виділяються і піддаються оперативному обслуговуванню інші напрями (соціальний сектор, будівництво, фінансово-кредитна сфера та ін.)

В експлуатаційній діяльності Російського залізничного транспорту для здійснення пасажирських перевезень зайнято близько третини загального числа працівників залізничного транспорту, витрачається майже п'ята частина всіх експлуатаційних витрат, а це близько 100 млрд. рублів основних засобів та понад 140 тис. штатних працівників.

Однак особлива увага з боку вчених і практиків у юридичній літературі приділяється злочинам, що вчиняються у сфері вантажних перевезень, в той час як протягом останніх п'яти років кількість виявлених злочинів у сфері пасажирських перевезень щороку майже в 11 разів перевищує число виявлених злочинів у сфері вантажних перевезень. Підтвердженням актуальності проблеми є і статистичні дані.

Злочини економічної спрямованості, скоєних на об'єктах залізничного транспорту в сфері пасажирських перевезень, відрізняються певною специфікою, що відноситься, в першу чергу, до їх суб'єктів і способів скоєння злочинних дій. Зокрема, це стосується наявності злочинних зв'язків у суб'єктів вчинення злочинів з іншими відомствами, що не відносяться до залізничного транспорту, але тісно співпрацюють з ним (служба військових сполучень, туристичні фірми, агентства з продажу залізничних квитків).

Результати дослідження свідчать, що в діяльності оперативних підрозділів органів внутрішніх справ на транспорті по боротьбі з

економічними злочинами, обслуговуючих сферу пасажирські перевезення, є істотні недоліки. Співробітники оперативних підрозділів не до кінця знайомі з об'єктами оперативного обслуговування, що входять до сфери пасажирських перевезень на залізничному транспорті, а також особливостями економічних і технологічних процесів досліджуваної сфери. Оперативні співробітники не володіють необхідними знаннями про способи вчинення злочинів у досліджуваній сфері, а також особливості та способи виявлення та закріплення інформації про злочинну діяльність осіб у процесі розкриття злочинів економічної спрямованості у сфері пасажирських перевезень на залізничному транспорті.

Таке положення робить негативний вплив на ефективність боротьби зі злочинністю.

Оперативно-розшукова робота з виявлення, розкриття та попередження злочинів економічної спрямованості у сфері пасажирських перевезень на залізничному транспорті, що проводиться оперативними підрозділами органів внутрішніх справ, обслуговуючими дану сферу, потребує науково обґрунтованих пропозицій і рекомендацій щодо вдосконалення правових, організаційних, методичних і тактичних аспектів їх професійної діяльності. Це вимагає окремого наукового дослідження всього комплексу пов'язаних з цим предметом проблем, спеціальної розробки їх як на теоретичному, так і прикладному рівні.

Сформована практика боротьби з економічними злочинами на залізничному транспорті у сфері пасажирських перевезень показує наявність наступних негативних факторів:

- Складність виявлення, попередження і розкриття даних злочинів;
- Особливості даних злочинів не дозволяють повною мірою застосувати до них наявні організаційно - тактичні рекомендації, що раніше застосовувалися в теорії оперативно-розшукової діяльності органів внутрішніх справ;
- Низька ефективність роботи оперативних підрозділів органів внутрішніх справ на транспорті.

Зазначені обставини визначили актуальність та основні напрямки даного дисертаційного дослідження. [12]

Адміністративна відповідальність за правопорушення у сфері пасажирських перевезень на залізничному транспорті. У даній праці проаналізовано адміністративне законодавство у частині його нормативно-правового регулювання питань, що виникають у зв'язку з відповідальністю за правопорушення у сфері пасажирських перевезень на залізничному транспорті.

Адміністративні проступки, вчинені у сфері перевезень залізничним транспортом, які можуть спричинити виникнення надзвичайної ситуації, завдають шкоду і відносинам власності, тому що в результаті цього процесу може відбуватися пошкодження або знищення об'єктів матеріального

світу, що перебувають у власності різних учасників суспільних відносин. Основною ідеєю даної праці доповнення відповідної глави КУпАП нормою, яка передбачала б відповідальність за умисне знищення або пошкодження чужого майна, якщо ці дії не завдали значних збитків, що було б превентивним заходом щодо виникнення надзвичайних подій та їх наслідків, так як законодавець не передбачив адміністративної відповідальності за конкретні дії, які впливають на безпеку руху. [7]

Аналіз нормованих параметрів комфортабельності салону пасажирського вагона. У даній статті визначено взаємозв'язки між нормованими параметрами мікроклімату салону пасажирського вагона і його технічними характеристиками. Визначено вимоги до комфортабельності пасажирських вагонів, що являють собою сукупність різноманітних параметрів, які, у першу чергу, створюють оптимальні мікрокліматичні й санітарно-гігієнічні умови (температура, відносна вологість, рухливість повітря й т.п.), а також необхідні вимоги безпеки для пасажирів (температура огорожень вагона, кількість подаваного свіжого повітря й т.п.). [13]

Маркетингове забезпечення введення нової послуги на пасажирському залізничному транспорті. Очевидно, що пасажирське господарство на залізничному транспорті є ширшим і складнішим, ніж вантажне. Так, поряд з основною послугою пасажиром пропонується біля 200 додаткових сервісних послуг - як на вокзалах, так і у поїздах залізниць України, причому низка цих послуг пов'язана в єдині ланцюжки технологією їхнього надання. І якщо прагнути до системного підвищення рівня та якості обслуговування пасажирів, то без застосування логістики у пасажирському господарстві не обійтись.

Відповідно до цього у даній праці виконано маркетингове дослідження умов введення нової послуги у сфері сервісного обслуговування пасажирів на залізничному транспорті, визначено організаційні аспекти її забезпечення на базі застосування логістичних принципів управління поточними процесами. [14]

Моделювання системи оперативного прогнозування пасажиропотоків у приміському сполученні на основі використання інтелектуальних технологій. Актуальність даної роботи полягає у високому рівні невизначеності та коливань пасажиропотоків приміських пасажирських перевезень, що ускладнює ефективність роботи приміського сектора пасажирського господарства Укрзалізниці. Організація приміських перевезень на сучасному етапі здійснюється на основі застарілих методів управління, що не враховує існуючого коливання попиту на перевезення. Це потребує впровадження нових гнучких технологій в організацію перевізного процесу, що засновані на принципах адаптації та раціоналізації використання рухомого складу в умовах дефіциту.

Відповідно до вище вказано пропонується створення нової моделі прогнозування приміських пасажиропотоків у реальному часі, адаптованої до особливостей їх динамічних погодинних коливань протягом доби. Це обумовлює необхідність перенавчання та адаптації раніше запропонованої методики до особливостей більш суттєвої невизначеності, притаманної приміським перевезенням з подальшим створенням нової моделі, придатної для адекватної роботи у відповідному середовищі.

У результаті комплексного застосування запропонованої методики прогнозування в системі підтримки прийняття рішень оперативного персоналу стосовно раціоналізації та ефективності використання рухомого складу стає можливим отримання своєчасних і більш точних рішень. Це дозволить оперативно реагувати і формувати управляючі дії на перевізний процес, розробити найбільш ефективну та раціональну технологію курсування рейкових автобусів, удосконалити графік обороту приміських поїздів на основі принципів немаятникового руху та організувати загалом роботу приміського комплексу на принципах пасажирської логістики. [15]

Моделювання розподілу пасажиропотоків по поїздам на основі колективного інтелекту. Основою даної праці є вирішення задачі управління пасажирським комплексом на основі застосування якісно нових підходів до реалізації системи освоєння пасажиропотоків.

В роботі розглядаються питання удосконалення організації пасажирських перевезень в дальньому та місцевому сполученнях на основі моделювання різних варіантів проїзду пасажирів в поїздах з урахуванням пересадок на залізничних вокзалах. Для рішення поставленої задачі використано автономну емерджентну PSO-систему (Particle swarm optimization), перевагою якої є швидкість знаходження рішення для транспортної мережі великої розмірності.

Запропонована PSO-система для моделювання розподілу пасажиропотоків доводить перспективність застосування моделей на основі колективного інтелекту для формалізації гнучкої технології організації пасажирських перевезень, що дозволить залізницям в умовах значних коливань пасажиропотоків надавати транспортні послуги з мінімальними витратами ресурсів та підвищити якість обслуговування. [16]

Математичне моделювання динаміки руху пасажиропотоків на залізничному вокзалі. Процеси інтеграції до Європейської системи пасажирських перевезень та зростання конкуренції на ринку транспортних послуг України вимагають застосування якісно нових концепцій управління залізничними пасажирськими вокзалами, які здатні гнучко реагувати на умови коливання ринкового середовища і на пріоритети споживачів, які постійно змінюються.

Відповідно до цього в роботі запропоновано удосконалити технологію управління пасажиропотоками на залізничних вокзалах за рахунок математичного моделювання руху пасажирів при здійсненні пересадки з урахуванням особливостей індивідуального характеру поведінки кожного пасажирів в потоці виходячи із глобальної мети та локальної інформації

Запропонована модель динаміки руху пасажиропотоків дозволить проаналізувати час пересадки пасажирів, що надасть можливість розробити узгоджений графік прибуття та відправлення міського пасажирського транспорту у взаємодії із залізничним та визначити основні напрямки удосконалення технології організації безперервного перевізного процесу в транспортному вузлі в години «пік». Це в свою чергу дозволить отримати економічний ефект за рахунок більш раціонального використання транспортних засобів у вузлі, підвищення рівня обслуговування та можливості реалізації подорожі пасажирів «від двері до двері», що, як наслідок, підвищить доходи від покращення конкурентних позицій залізниць на ринку пасажирських перевезень. [17]

Розробка адаптивної технології організації схем обігу пасажирських составів на основі процедур еволюційного моделювання. Питання збитковості пасажирських перевезень залізничним транспортом є досить актуальним для Укрзалізниці. Однією з причин цьому є незмінні технології перевізного процесу, які обмежують здатність пасажирського комплексу гнучко реагувати на умови функціонування ринку пасажирських перевезень і на вимоги споживачів, які постійно змінюються.

Виходячи з цього, у даній праці для зниження збитковості пасажирських перевезень в дальньому та місцевому сполученнях пропонується застосування організаційних технологій, в основу яких покладені концепції, що відповідають вимогам змінної основи організації пасажирських перевезень та базуються на застосуванні принципів маркетингу і логістики, зокрема одного із напрямків науки управління потоками – пасажирської логістики. [18]

Навчальний посібник. У даному посібнику викладено основи сучасної технології і організації роботи пасажирського транспорту в умовах міських, приміських, міжміських та міжнародних перевезень. Показано особливості і роль залізничного, автомобільного та водного (морського і річкового) транспорту у розвитку й удосконаленні організації пасажирських перевезень. Наведено експлуатаційно-технічну характеристику транспортних засобів, класифікацію пасажирських перевезень, сервіс пасажирських перевезень, методи дослідження пасажиропотоків, принципи організації і управління пасажирськими перевезеннями, особливості взаємодії різних видів транспорту в транспортних вузлах, порядок обслуговування пасажирів на вокзалах, у портах і в процесі перевезення. А також, визначено сутність і особливості транспортного ринку України у сфері

пасажирських перевезень, особливості динаміки і тенденції розвитку пасажирських перевезень в Україні. [1]

Розглянувши вище надані публікації, статті, дослідження у галузі пасажирських перевезень залізничним транспортом, можна відмітити в них дієві заходи по покращенню якості надання транспортної послуги пасажиром, оптимізації технології організації пасажирських перевезень залізничним транспортом, удосконаленню обладнання пасажирського рухомого складу, правовому урегулюванню відносин, що виникають між учасниками транспортного процесу, інші, при реалізації яких можливим є удосконалення транспортного процесу та пасажирського транспортного комплексу.

Висновки

1. Організація пасажирських перевезень - складний процес, що повинен враховувати правові, економічні, технічні, технологічні, соціальні, правові та політичні особливості транспортного обслуговування, забезпечуючи надання якісних транспортних послуг населенню.

2. Постійна модернізація пасажирського транспортного комплексу та удосконалення процесу перевезень пасажирів залізничним транспортом потребує своєчасного виявлення «вузьких» місць та недосконалостей роботи даної господарської діяльності шляхом постійного контролю, вивчення і аналізу.

3. Розвиток пасажирських перевезень залізничним транспортом сприяє постійній зацікавленості з боку колективів, науковців, які висвітлюють злободенні питання у цій галузі у своїх працях.

4. На сьогодні пасажирські перевезення стали об'єктом вивчення багатьма науковцями, що розглядають питання пов'язані з тарифною політикою на залізничному транспорті у сфері пасажирських перевезень, організацією перевезень, технічним станом пасажирського рухомого складу, питання з правового регулювання відносин, що виникають між учасниками транспортного процесу, а також маркетингові дослідження у даній галузі, інші питання.

5. Вивчення і аналіз актуальних проблем у сфері пасажирських перевезень залізничним транспортом відіграє значну роль у подальшому удосконаленні провадження господарської діяльності щодо надання послуг з перевезення пасажирів залізничним транспортом.

Література

- Яновський П.О. Пасажирські перевезення: Навчальний посібник [Електронний ресурс].- Режим доступу: http://nashaucheba.ru/v44666/яновський_п.о._пасажирські_перевезення_навчальний_посібник
- Копитко В.І. Маркетинго-логістичний підхід в організації пасажирських перевезень на залізничному транспорті [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/27171/11.pdf>
- Удосконалення механізму конкурентоспроможності послуг на транспортному підприємстві на прикладі служби перевезень Південної залізниці [Електронний ресурс].
- [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4946/1/13.pdf>
- [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://ir.kneu.edu.ua:8080/bitstream/2010/782/1/Kukoba.pdf>
- Козлов В.С. Стан залізничного транспорту приміського сполучення у розвинених регіонах (країнах) світу [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/economy/2010/145-132-10.pdf>
- Ковалів М.В. Адміністративна відповідальність за правопорушення у сфері пасажирських перевезень на залізничному транспорті [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://vuzlib.com/content/view/2234/10>
- Чорномаз О.Б. Форми та методи забезпечення пасажирських перевезень на залізничному транспорті [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://vuzlib.com/content/view/2210/10>
- Голоскоков В.Н. Инновационная логистика в реформировании и развитии сферы услуг пассажирского железнодорожного транспорта [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://ru.znatoch.com/docs/index-14717.html>
- Голоскоков В.Н. Мотивационные модели пассажиров железнодорожного транспорта [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.creativeconomy.ru/articles/3177/>
- Морозова М.В. Обоснование системы управления затратами по пассажирским перевозкам на железнодорожном транспорте [Електронний ресурс].- Режим доступу: http://www.ceninauku.ru/page_13830.html
- Ярошенко С.А. Выявление, раскрытие и предупреждение преступлений экономической направленности в сфере пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.pandia.ru/text/77/170/26327.php>
- Голубенко О.Л., Кузьменко С.В., Соколова Я.В., Ключев О.О. Аналіз нормованих параметрів комфортабельності салону пасажирського вагона
- Мельник Т.С. Маркетингове забезпечення введення нової послуги на пасажирському залізничному транспорті [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.vuzlib.org/articles/5418->Маркетингове_забезпечення_введення_нової_послуги_на_пасажирському_залізничному_транспорті/1.html
- Бутько Т.В., Константинов Д.В., Середина О.В. Моделирование системы оперативного прогнозирования пассажиропотоков у приміському сполученні на основі використання інтелектуальних технологій
- Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Журба О.О. Моделирование розподілу пассажиропотоков по поездам на основі колективного інтелекту [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2653/2459>
- Прохорченко А.В., Труфанова І.А. Математичне моделювання динаміки руху пасажиропотоків на залізничному вокзалі
- Бутько Т.В., д.т.н., Прохорченко А.В., Чеклова С.В. Розробка адаптивної технології організації схем обігу пасажирських составів на основі процедур еволюційного моделювання

References

1. Janovs'kij P.O. Pasazhirs'ki perevezennja: Navchal'nij posibnik [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: http://nashaucheba.ru/v44666/janovs'kij_p.o._pasazhir'ki_perevezennja_navchal'nij_posibnik
2. Kopitko V.I. Marketingo-logistichnij pidhid v organizacii pasazhirs'kih perevezen' na zalizničnomu transporti [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/2717/1/11.pdf>
3. Udoskonalennja mehanizmu konkurentospromozhnosti poslug na transportnomu pidpriemstvi na prikladi sluzhbi perevezen' Pivdennoї zaliznici [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://5fan.ru/wiejob.php?id=38579>
4. [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4946/1/13.pdf>
5. [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://ir.kneu.edu.ua:8080/bitstream/2010/782/1/Kukoba.pdf>
6. Kozlov V.S. Stan zalizničnogo transportu primis'kogo spoluchennja u rozvinenih regionah (kraїnah) svitu [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/economy/2010/145-132-10.pdf>
7. Kovaliv M.V. Administrativna vidpovidal'nist' za pravoporushennja u sferi pasazhirs'kih perevezen' na zalizničnomu transporti [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://vuzlib.com/content/view/2234/10>
8. Chornomaz O.B. Formi ta metodi zabezpechennja pasazhirs'kih perevezen' na zalizničnomu transporti [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://vuzlib.com/content/view/2210/10>
9. Goloskokov V.N. Innovacionnaja logistika v reformirovanii i razvitii sfery uslug passazhirs'kogo zheleznodorozhnogo transporta [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://ru.znatoch.com/docs/index-14717.html>
10. Goloskokov V.N. Motivacionnye modeli passazhirovo zheleznodorozhnogo transporta [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://www.creativeconomy.ru/articles/3177/>
11. Morozova M.V. Obosnovanie sistemy upravlenija zatratami po passazhirskim perovozkam na zheleznodorozhnom transporte [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: http://www.ceninauku.ru/page_13830.html
12. Jaroshenko S.A. Vyjavlenie, raskrytie i preduprezhdenie prestuplenij jekonomicheskoy napravlenosti v sfere passazhirskih perevozok na zheleznodorozhnom transporte [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://www.pandia.ru/text/77/170/26327.php>
13. Golubenko O.L., Kuz'menko S.V., Sokolova Ja.V., Ključev O.O. Analiz normovanih parametriv komfortabel'nosti salonu pasazhirs'kogo vagona
14. Mel'nik T.S. Marketingove zabezpechennja vvedennja novoї poslugi na pasazhirs'komu zalizničnomu transporti [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: http://www.vuzlib.org/articles/5418-Marketingove_zabezpechennja_vvedennja_novoї_poslugi_na_pasazhirs'komu_zalizničnomu_transporti/1.html
15. But'ko T.V., Konstantinov D.V., Seredina O.V. Modeljuvannja sistemi operativnogo prognozuvannja pasazhiropotokiv u primis'komu spoluchenni na osnovi vikoristannja intelektual'nih tehnologij
16. But'ko T.V., Prohorchenko A.V., Zhurba O.O. Modeljuvannja rozpodilu pasazhiropotokiv po poїzdam na osnovi kolektivnogo intelektu [Elektronnij resurs].- Rezhim dostupu: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/2653/2459>
17. Prohorchenko A.V., Trufanova I.A. Matematichne modeljuvannja dinamiki ruhu pasazhiropotokiv na zalizničnomu vokzali
18. But'ko T.V., d.t.n., Prohorchenko A.V., Cheklova E.V. Rozrobka adaptivnoї tehnologii organizacii shem obigu pasazhirs'kih sostaviv na osnovi procedur evoljucijnogo modeljuvannja

Чеклова В.М., Ходаковская Е.В., Евсейчик Т.И.
Анализ исследований и публикаций в области пассажирских перевозок железнодорожным транспортом.

Развитие экономики невозможно без хорошо развитых пассажирских перевозок. Поэтому актуальность совершенствования и развития пассажирских перевозок железнодорожным транспортом способствует постоянной заинтересованности со стороны различных авторских коллективов, ученых, освещающих злободневные вопросы в этой области, а также зачастую предлагают пути их решения. В статье приведен анализ некоторых исследований и публикаций в области пассажирских перевозок железнодорожным транспортом, определено их влияние на дальнейшее развитие системы пассажирских перевозок.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, железнодорожный транспорт, пассажирский транспортный комплекс

Cheklova V.M., Hodakiv's'ka E.V., Evseychik T.I.
Analysis of research and publications in the field of passenger transportation железнодорожным transport.

Economic development is impossible without well-developed passenger traffic. Providing quality public transport services is a complex process that should take into account the features of passenger services. Improvement of the process requires the timely identification of deficiencies of economic activity in the travel industry by continuously monitoring, research and analysis. Hence the relevance of the improvement and development of passenger rail transport contributes to the continued interest of the various groups of authors, scientists, covering topical issues in this area, and often offer solutions. Study and analysis of current problems in the field of passenger rail transport plays a significant role in improving the implementation of the economic development and competitiveness of rail transport. The article provides an analysis of several studies and publications in the field of passenger transport by rail, defined by their influence on the further development of passenger traffic.

Keywords: passenger transport, rail transport, passenger transport complex.

Чеклова В.М. – к.т.н., доцент кафедры «Организація перевезень і управління на залізничному транспорті» ДонІЗТ, e-mail: goposput@mail.ru.

Ходаківська Є.В. – к.т.н., асистент кафедри «Управління експлуатаційною роботою» УкрДАЗТ, e-mail: cheklova@yandex.ru.

Евсейчик Т.И. – спеціаліст, ДП «Донецька залізниця», e-mail: eusei4ik.tanya@yandex.ua.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 06.03.2014

УДК 629.076

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ПОТОКОМ В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Крайнюк А.А., Баранов И.О., Клопинкова И.О.

INTERACTION WITH ROLLING AERODYNAMIC FLOW IN CONFINED SPACES

Chernetskaya N., Kraynyuk A., Klopinkova I.

В статье представлены исследования существующих наработок авторов по движению подвижного состава в тоннелях, определены направления исследований в области снижения аэродинамического воздействия потока на стенки вагонов. Рассмотрены направления исследований аэродинамических характеристик транспортных средств и тоннелей с более полным учетом основных эксплуатационных и конструктивных параметров, влияния различных параметров на процессы воздухообмена в тоннеле с целью уменьшения эффекта "дутья", исследования аварийных ситуаций в тоннеле. Приведен механизм влияния воздушного сопротивления на энергетические характеристики поездов. Исследованы взаимовлияния вентиляционных и циркуляционных потоков воздуха в тоннеле.

Ключевые слова: подвижной состав, аэродинамический поток, тоннель, сопротивление движению, эксплуатационные показатели, воздухообмен.

Введение. При движении поезда по трассе значительная часть энергии тратится на преодоление сил сопротивления движению. Особенно большой величины эта часть энергии достигает в тоннеле, где сопротивление движению поезда намного выше, чем на открытой территории. Значительное влияние сопротивления движению на эксплуатационные показатели работы транспортных средств в тоннеле заставляет уделять этому вопросу повышенное внимание. Для оценки роли сопротивления движению в общем балансе расхода электроэнергии на тягу поездов можно определить составляющие этого расхода для различных типов вагонов и влияние на него обтекаемости вагонов и габаритов тоннеля.

Постановка проблемы. Определим, какое влияние оказывает воздушное сопротивление на энергетические характеристики поездов (рис. 1.1).

Для оценки этих составляющих рассмотрим более подробно существующие методы расчета воздушного сопротивления.

В настоящее время известно несколько инженерных методов расчета сопротивления воздушной среды при движении поезда в тоннеле [1], основан-

ные на применении теории течения в трубопроводах. Эти методы позволяют определить влияние условий движения на величину сопротивления, выявить зависимость сопротивления от различных параметров подвижного состава и тоннеля, что дает возможность оценить в первом приближении экономическую целесообразность конструктивных изменений подвижного состава и тоннеля. Однако указанные методы содержат много допущений, которые искажают полную картину аэродинамики подвижных транспортных средств.

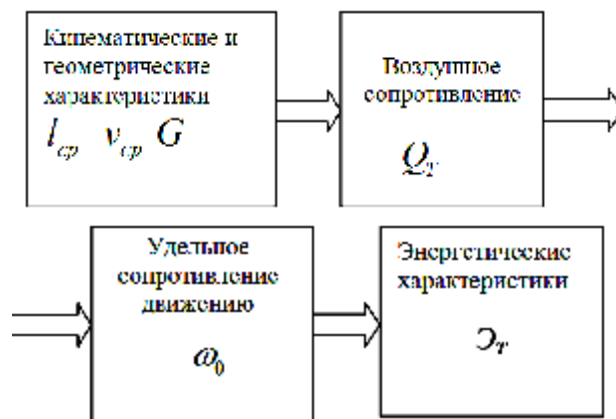


Рис.1.1. Механизм влияния воздушного сопротивления на энергетические характеристики поездов

Наиболее распространенным в практике инженерных расчетов является метод, предложенный Абрамович Г.Н., в котором сопротивление воздушной среды в тоннеле определяется как произведение сопротивления воздуха движению состава вне тоннеля (на открытой трассе) на коэффициент, величина которого зависит от габаритов тоннеля и внешней формы поезда. Из приведенных в его работе расчетов видно, что величина воздушного сопротивления отличается от опытных данных на 20%.

Сравнение расчетных данных воздушного сопротивления с опытными данными, приведенными в работе [2], показывает, что максимальная величина расхождений достигает 35%. Недостаточная точность расчетных данных обусловлены допущениями, использованными при выводе формулы сопротивления: коэффициенты трения воздуха о стенки тоннеля приняты без учета шероховатости стен, а сопротивление трения воздушного потока о стенки вагона определяется без учета неравномерности скорости этого потока в зазоре между поездом и стенками тоннеля.

С целью приближения расчетных данных к опытным в работе сделана попытка уточнить предложенный Абрамович Г. Н. метод расчета воздушного сопротивления поезда в тоннеле. При этом предложенное в работе Радченко В. Д. уточнение формулы расчета сопротивления воздушной среды при движении поезда в тоннеле касается только полуэмпирических коэффициентов.

Необходимо отметить, что в описанных выше методах вентиляционные потоки в тоннеле не учитываются.

Исследованию взаимовлияния вентиляционных и циркуляционных потоков воздуха в тоннеле посвящены работы Цодикова В. Я. Для учета вентиляционных потоков при расчете суммарного циркуляционного потока, Цодиков В. Я. предложил учесть скорость $C_{вент}$ воздушного потока, индуцированную работающей вентиляционной установкой

$$C_{вент} = \frac{G_{вент}}{f} = \frac{Q_{наб}}{((I_{кон} - I_{нач}) - \frac{Q_{наб}}{4G_{ц}}) \cdot f}$$

где

$$G_{ц} \approx G_{общ} - G_{вент}$$

$Q_{наб}$ - теплоизбытки в тоннелях, ассимилируемые воздухом, подаваемым системой тоннельной вентиляции;

$I_{кон}$ - конечное, расчетное теплосодержание воздуха в тоннеле в конце расчетного участка $ккал/ч$;

$I_{нач}$ - начальное, расчетное теплосодержание наружного воздуха, соответствующее для теплого периода года, $ккал/кг$;

$G_{общ}$ - суммарное количество воздуха.

При движении поездов по однопутному тоннелю и при работе системы тоннельной вентиляции по продольной схеме направление вентиляционных потоков воздуха $G_{вент}$ совпадает с направлением движения поездов и циркуляционных потоков $G_{ц}$.

В работе [2] показано, что вентиляционные потоки оказывают существенное влияние на суммарное течение воздушных масс в тоннеле и они должны быть учтены при анализе сопротивления подвижного состава. Необходимо отметить, что в работах Цодикова В. Я. объект исследования представ-

ляет собой изолированный тоннель бесконечной длины, а сама методика расчета основного сопротивления учитывает только стационарное течение воздуха.

Анализ последних исследований и публикаций. Таким образом, анализ существующих инженерных методов расчета аэродинамических характеристик «вагон-тоннель» показывает, что основными их недостатками являются допущения о стационарности потока и пренебрежение вентиляционными потоками в тоннеле.

Анализ литературных источников позволяет выделить следующие основные направления исследований по аэродинамике транспортных средств:

1. Исследование аэродинамических характеристик транспортных средств и тоннелей с более полным учетом основных эксплуатационных и конструктивных параметров;

2. Исследование влияния различных параметров на процессы воздухообмена в тоннеле с целью уменьшения эффекта "дутья";

3. Исследование аварийных ситуаций в тоннеле, с целью выработки рациональных мероприятий по борьбе с чрезвычайными ситуациями в тоннеле (локализация пожара и др.).

Цель статьи. В данной работе основное внимание уделяется разработке метода расчета аэродинамических характеристик подвижного состава, учитывающей неоднородности воздушной среды, т.е. решению первой, из приведенного выше списка, задачи.

Результаты исследований. Рассмотрим перемещение длинного тела, движущегося внутри длинного тоннеля, имеющего постоянное поперечное сечение круговой формы (рис.1.2). Движение тела возникает и поддерживается в дальнейшем в результате действия некоторой пропульсивной силы, приложенной в промежутке между телом и стенкой тоннеля (например, в результате действия силы трения между колесами и рельсами). В общем случае эта пропульсивная сила некоторым образом зависит от скорости перемещения тела и определяется тяговой характеристикой двигателя.

В данном случае мы имеем дело с разновидностью течения в трубе, стационарного или нестационарного в зависимости от выбранной системы [4]. При анализе удобно разделить поле течения на: 1) дальнее поле, занимающее все пространство тоннеля, за исключением движущегося вагона и зоны, простирающейся на несколько калибров тоннеля позади и впереди вагона (L_1 и L_3 соответственно) и 2) ближнее поле – пространство L_2 , непосредственно прилегающее к вагону и не занятое дальним полем. Преимущество такого разделения заключается в том, что дальнее поле может анализироваться как соответствующее одномерному неустановившемуся, а ближнее – установившемуся течению в системе координат, связанной с движущимся телом. Ограничение потока стенками тоннеля оказывает существенное влияние на ближнее поле. Если рассматри-

вается течение в зоне, достаточно далеко удаленной от носовой или кормовой частей вагона, условие ограничения пространства стенками тоннеля требует, чтобы массовый расход в системе координат, связанной с вагоном, был одним и тем же в сечениях перед вагоном и позади его. Скорость (или поток количества движения) относительно вагона должна быть одинаковой, если течение несжимаемое, или возрастающей, если течение сжимаемое. Наличие лобового сопротивления тела при движении связано с перепадом давления на теле. Такая ситуация аналогична случаю установившегося течения в трубе, где сила сопротивления стенок вызывает падение давления вниз по течению и его ускорение (для сжимаемого потока).

Поток в кольцевом зазоре малой площади между стенками тоннеля и движущегося вагона будет ускоряться; при этом в зазоре могут достигаться числа Маха, равные единице, при умеренных числах Маха перед вагоном. Число Маха перед вагоном, соответствующее условиям запирания течения в кольцевом зазоре будет максимальным числом, которое может устанавливаться для течения перед вагоном. При запирании потока в кольцевом зазоре условия за вагоном уже не будут оказывать влияния на условия перед ним. Лобовое сопротивление вагона уже не будет непосредственно зависеть от его характеристик, но будет более сильно зависеть от характеристик тоннеля. При достаточно больших скоростях движения подвижного состава расширяющийся за звуковой областью поток будет ускоряться вплоть до закритических скоростей и затем запирается, либо плавно замедляется до критических скоростей.

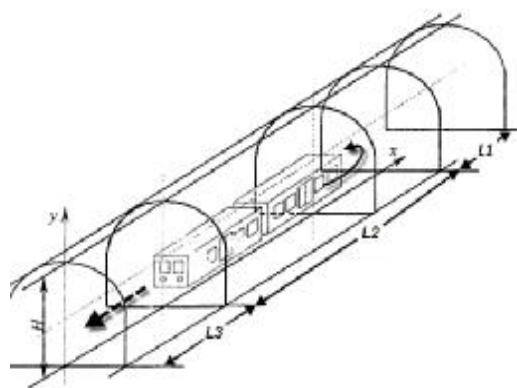


Рис. 1.2. Схема взаимодействия подвижного состава с воздушной средой

Ближнее поле взаимосвязано с дальним полем. Дальнее поле течения обусловлено переходными явлениями в начале движения тела. При этом возникают волны давления, распространяющиеся на большие расстояния по тоннелю. Стенки тоннеля воздействуют на эти волны как ограничитель и не дают им диссипировать в трех измерениях, однако волны затухают в результате передачи тепла и дей-

ствия сил трения у стенок тоннеля. Дальнее поле существенно неустойчиво.

Тоннель имеет конечную длину и заканчивается у обоих концов резервуарами с постоянным, (но не обязательно одинаковым) давлением. В случае натурального полноразмерного поезда тоннель естественно оканчивается обычно зоной с атмосферным давлением, ввиду чего давление на обоих концах тоннеля примерно одинаково.

Физическая картина взаимодействия транспортного средства с воздушной средой представляется следующей [4]. При движении в тоннеле, работающая наподобие поршня, поезд приводит в движение воздух тоннеля. Возникающий перед поездом избыток давления расходуется на преодоление воздушного сопротивления в переднем участке тоннеля. Возникающее за поездом разрежение расходуется на преодоление воздушного сопротивления заднего участка тоннеля. Разность давлений перед головным и за последним вагонами поезда вызывает перетекание воздуха вдоль зазора между стенками тоннеля и вагонами, в сторону обратную направлению движения.

В то же время сила сопротивления поезда увлекает воздух в зазоре по направлению движения. Взаимодействие этих двух факторов приводит к тому, что в одних случаях в зазоре образуется попутное течение, а других – встречное. В образовании воздушных потоков большое влияние оказывают вентиляционные установки. Суммарный поток образуется за счет сложения двух потоков: 1) поток от электропоездов; 2) поток от вентиляционных установок. Возможно присутствие конвективных потоков за счет разности температур, но эти потоки пренебрежительно малы и поэтому их можно не учитывать.

Рассматривается взаимодействие подвижного состава и элементов сооружений тоннеля.

Ставится задача определения аэродинамических характеристик транспортных средств с учетом циркуляционных потоков и местных гидравлических сопротивлений.

В следующих разделах рассмотрены задачи тяговых расчетов и задачи оптимизации энергетических характеристик подвижного состава метрополитена с использованием аэродинамических характеристик транспортных средств.

Задачей тяговых расчетов является нахождение зависимостей, обуславливающих характер движения поезда. Характер движения однозначно определяется величиной и направлением равнодействующей силы, приложенной к поезду. Зависимость между ускорением и равнодействующей силой описывается дифференциальным уравнением движения поезда. Таким образом, задача сводится к решению различными методами уравнения движения поезда в форме задачи Коши.

Учитывая дискретность управления силой тяги, поставленную задачу оптимизации целесообразно

решать дискретным методом динамического программирования в следующей постановке.

Требуется построить оптимальные траектории движения поезда $V(S)$, $T(S)$, $N(S)$, характеризующиеся минимальным расходом энергии

$$A = \int_{S_n}^{S_k} UI \frac{dS}{V}$$

где U - напряжение на токоприемнике;
 I - ток электропоезда;
 V - скорость;
 S - путь;
 T - время;
 S_n - координата начала движения;
 S_k - координата конца движения;
 N - позиция управления.

Оптимизация программ движения по расходу энергии приводит к увеличению количества переключений позиций управления, а минимизация количества переключений приводит к перерасходу энергии. Расход энергии и количество переключений не равноценны по стоимости, приоритет следует отдавать расходу энергии, но стремиться при расчете программ ведения поезда сократить количество переключений позиций управления с целью повышения надежности силовой коммутационной аппаратуры поездов.

Основными характеристиками, которые необходимо определить в ходе решения поставленной задачи, являются аэродинамические характеристики подвижного состава с учетом неоднородностей воздушной среды. С помощью полученных характеристик предполагается улучшить технико-экономические показатели, снизить расход электроэнергии на тягу поездов, связанный со значительными материальными затратами.

Вывод. В результате исследований существующих наработок авторов по движению подвижного состава в туннелях определены следующие направления исследований в области снижения аэродинамического воздействия потока на стенки вагонов. Кроме того определены дальнейшие направления исследований в этой сфере, а именно:

- исследование аэродинамических характеристик транспортных средств и тоннелей с более полным учетом основных эксплуатационных и конструктивных параметров.
- исследование влияния различных параметров на процессы воздухообмена в туннеле с целью уменьшения эффекта "дуття".
- исследование аварийных ситуаций в туннеле, с целью выработки рациональных мероприятий по борьбе с чрезвычайными ситуациями в туннеле.

Л и т е р а т у р а

1. Исаев Л. А. В конце тоннеля – свет / Л. А. Исаев. – Харьков: ПРАПОР, 2000. – 285 с.

2. Бабичков А. М., Гурский П.А., Новиков А. П. Тяга поездов и тяговые расчеты. – М.: Транспорт, 1971. – 280 с.
3. А. А. Сабанеев. О неустановившемся движении жидкости в жестких стенах. Известия ВНИИГ им. Веденеева, т.50, стр. 3-26.
4. Марков С. Б. Экспериментальное исследование скоростной структуры и гидравлических сопротивлений в неустановившихся напорных турбулентных потоках / С. Б. Марков. – М. : 1973. - №2. – 65 с. (Механика жидкости и газа).
5. Осипов С.И. Основы электрической и тепловозной тяги. – М.: Транспорт, 1985. – 408 с.
6. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
7. Лисенков В. М. Теория автоматических систем интервального регулирования. М.: Транспорт, 1987. - 285с.
8. Баранов Л. А. Принципы построения программных устройств для систем автоведения поездов / Баранов Л. А., Ерофеев Е. В., Головичер Я. М. - Тр. МИИТ, 1980. - Вып. 664, 90-96 с.

R e f e r e n c e s

1. Isaev L. At the end of the tunnel - light / L. Isaev .- Kharkov: ensign , 2000 . - 285 .
- 2 . Babichkov A, Gursky P, Novikov A. Link of trains and traction calculations . - Moscow: Transport , 1971 . - 280 .
- 3 . A. Sabaneyev. On the transient motion of the liquid in rigid walls. Proceedings VNIIG . Vedeneyeva , vol.50 , pp. 3-26 .
- 4 . Markov S. Experimental study of velocity stnoy structure and hydraulic resistance in unsteady turbulent flow pressure / S. Markov. - M. : 1973 . - № 2 . - 65 . (Fluid Mechanics) .
- 5 . Osipov S. Fundamentals electric and diesel traction .- Moscow: Transport , 1985 . - 408 .
6. Terms traction calculations for train operation. - Moscow: Transport , 1985 . - 287 .
7. Lisenkov V. theory automatic systems wiper intermittent control . Moscow: Transport , 1987. – 285 p .
8. L. Baranov., Principles of software devices for automatic driving systems trains / L. Baranov, Erofeev E, Golovicher Y - Tr. MIIT , 1980 . - Issue . 664 , 90-96 p.

Чернецька-Білецька Н.Б., Крайнюк А.О., Баранов І.О., Клопінкова І.О. Взаємодія рухомого складу з аеродинамічним потоком в замкнутому просторі.

У статті представлені дослідження існуючих напрацювань авторів по руху рухомого складу в тунелях, визначено напрями досліджень в області зниження аеродинамічного впливу потоку на стінки вагонів. Розглянуто напрямки досліджень аеродинамічних характеристик транспортних засобів і тунелів з більш повним урахуванням основних експлуатаційних і конструктивних параметрів, впливу різних параметрів на процеси повітряного обміну в тунелі з метою зменшення ефекту "дуття", дослідження аварійних ситуацій в тунелі. Наведено механізм впливу повітряного опору на енергетичні характеристики поїздів. Досліджено взаємовплив вентиляційних і циркуляційних потоків повітря в тунелі.

Ключові слова: рухомий склад, аеродинамічний потік, тунель, опір руху, експлуатаційні показники, повітряобмін.

Chernetskaya N., Kraynyuk A., Baranov I., Klopinkova I. Interaction with rolling aerodynamic flow in confined spaces.

The paper presents the study of existing developments authors motion rolling stock in tunnels, the directions research in the field of reducing aerodynamic effect flow on the sides trucks. The directions research of aerodynamic characteristics vehicles and tunnels with a more complete view basic operating and design parameters, the influence various parameters on process air in the tunnel to reduce effect of "blowing", the study emergency in the tunnel, in order to develop rational measures to deal with emergencies in the tunnel. The main characteristics that is necessary to determine in the solution problem are the aerodynamic characteristics rolling stock, taking into account the inhomogeneities of the air environment. Using these characteristics is supposed to improve technical and economic parameters, to reduce the consumption electricity for traction associated with significant governmental material costs. Is a mechanism effect of air resistance on the energy characteristics trains. Investigated mutual

ventilation and circulation airflow in the tunnel. A scheme interaction of rolling stock with air environment.

Keywords: rolling, aerodynamic flow, tunnel, resistance to movement, operational performance, breathability.

Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Крайнюк А.О. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Баранов І.О. – інженер кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Клопінкова І.О. – магістрант кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

Стаття подана 28.02.2013

УДК 629.4.018

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЗОВ

Чигирик Н.Д., Зиньковский А.Н., Брагин Н.И.

INVESTIGATING THE USE OF IMPROVED MODELS AT CARRYING OUT OPERATIONAL OF TESTS DIESEL LOCOMOTIVES

Chigirik N., Zinkivskyi A., Bragin N.

В статье рассмотрены основные положения усовершенствования модели эксплуатационных испытаний модернизированных локомотивов. Предложен перечень контрольных параметров для проведения эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов на работоспособность, который основан на усовершенствованной классификации эксплуатационных испытаний подвижного состава, и был использован при испытаниях модернизированных тепловозов М62. Описана зависимость между стоимостью испытаний, количеством контролируемых параметров и достоверностью результатов испытаний.

Ключевые слова: контрольные параметры, эксплуатационные испытания тепловозов, точность и достоверность результатов.

Введение. В данное время в сфере железнодорожного транспорта Украины сложилась критическая ситуация связанная с необходимостью скорейшего обновления парка магистральных и маневровых тепловозов [1, 2]. В то же время расширяется электрификация сети железных дорог, что позволит снизить расход энергоресурсов на перевозки грузов и пассажиров [3]. В то же время остается вопрос об обеспечении перевозочного процесса на не электрифицированных участках железных дорог.

Выходом из сложившейся ситуации была принята модернизация существующего парка тепловозов, которые отработали свой регламентированный срок службы, но после прохождения оценки технического состояния ответственных узлов (рамы кузова, рам тележек) получили разрешение на продление срока службы. Предложенные варианты модернизации тепловозов, для пополнения парка существующих, предусматривают замену силового и вспомогательного оборудования, а так же изменение компоновки локомотива и приборов его управления [4, 5].

Регламент выпуска новой продукции и модернизации существующей предусматривает ее обяза-

тельное испытание перед допуском в эксплуатацию. Объем проводимых испытаний влияет на стоимость их проведения и на стоимость модернизируемого локомотива в целом [6, 7].

Постановка проблемы. Обеспечение перевозок с использованием современной тепловозной тяги вызывает необходимость своевременно обеспечивать исправными и новыми локомотивами. В данный момент обеспечение новых поставок тепловозов обеспечивается за счет модернизации существующих, которые перед выходом на магистральные линии железных дорог в обязательном порядке проходят различные испытания. Основным требованием к таким испытаниям является их точность и достоверность результатов, что может быть достигнуто за счет точного контроля необходимого перечня параметров работы испытуемого локомотива, согласно цели испытаний сформулированной их заказчиком.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах Басова Г.Г., Боднаря Б.Е., Горобец В.Л., Грищенко С.Г., Демина Ю.В., Демина Р.Ю., Кельриха М.Б., Кудряша А.П., Мищенко К.П., Найша Н.М., Самсонкина В.Н., Тартаковского Э.Д., и др. неоднократно рассматривались разные виды испытаний локомотивов и их узлов как новых, так и модернизированных. При проведении испытаний выполнялось определение широкого спектра параметров работы образца тягового подвижного состава, по которым определялись его фактические технические характеристики. Однако, усовершенствование методов проведения испытаний, в частности эксплуатационных ними не рассматривалось, что позволило бы выполнить сокращение объема контролируемых параметров до необходимого количества, которое характеризует определенный тип испытаний, определенного заказчика испытаний.

Цель статьи. На основе обзора и оценки результатов проведенных эксплуатационных испытаний модернизированных локомотивов по усовер-

шенствованным моделям дать рекомендации по их применению для новых типов подвижного состава.

Результаты исследований. Согласно разработанной усовершенствованной классификации эксплуатационных испытаний модернизированного тягового подвижного состава (рис. 1), которая предусматривает проведение испытаний локомотивов с конкретизацией их цели с заранее определенным перечнем контрольных параметров.



Рис. 1. Классификация усовершенствованных эксплуатационных испытаний подвижного состава

Испытания по данной классификации проводились для модернизированных тепловозов типа М62 и ЧМЭЗ с целью определения показателей работоспособности данных локомотивов.

Для определения показателей функционирования тягового подвижного состава при соответствующем типе эксплуатационных испытаний рекомендуется применение усовершенствованной методики их проведения. Ее особенностью является использование рациональной номенклатуры контрольных показателей, что позволит контролировать изменение параметров испытуемого объекта в зависимости от цели испытаний. При этом для оценки узлов, используемых на других типах подвижного состава возможно применение собранной статистической базы с учетом конструкции локомотива и региона его эксплуатации.

Для решения задачи совершенствования процесса проведения эксплуатационных испытаний модернизированных локомотивов применены экспертные методы достоверной оценки параметров эксплуатации, методы прогнозирования ресурса и диагностики.

При усовершенствовании процесса проведения эксплуатационных испытаний применены методы статистического моделирования на основе накопленной статистической информации.

При построении и проверке правильности составления математических моделей – их адекватности применены условные методы оптимизации и методы нелинейного программирования [8].

Испытания модернизированных тепловозов типа М62 проводились на территории Львовской железной дороги – основного места эксплуатации тепловозов данной серии. Заказчиком эксплуатационных испытаний выступала служба локомотивного хозяйства Львовской железной дороги, которое определило цель данных испытаний – определение работоспособности. При этом еще одним из требований к испытаниям была их низкая стоимость, что и было положено в основу целевой функции:

$$E_{\text{раб.}}^{\text{исп.}}(M_{\text{ус.}}^{\text{раб.}}) = E_{\text{раб.}}^{\text{орг.}} + E_{\text{раб.}}^{\text{обсл.}} \Rightarrow \min$$

где, $E_{\text{раб.}}^{\text{орг.}}$ – расходы на организацию проведения эксплуатационных испытаний сотрудниками испытательной организации, грн.;

$E_{\text{раб.}}^{\text{обсл.}}$ – расходы на проведение технических обслуживаний и текущих ремонтов испытуемых модернизированных тепловозов.

Целевая функция является функцией минимизации расходов при проведении эксплуатационных испытаний в зависимости от типа используемой номенклатуры контрольных показателей и количества отказов и неисправностей за время их проведения.

Оценку работоспособности магистральных локомотивов следует проводить при отсутствии отказов и неисправностей за период времени или пробег локомотива, который равен пробегу определенному для проведения испытаний, поэтому за критерий оценки эксплуатационных испытаний принято критерий работоспособности, который соответствует требованиям цели испытаний и согласован с заказчиком испытаний. Отсутствие отказов в течение всего периода эксплуатационных испытаний на работоспособность ($L \geq 5000$ км) является условием соблюдения критерия, т.е.:

$$K_{\text{исп.}}^{\text{раб.}} = N_{\text{отк.}} = 0 \text{ при } L \geq 5000 \text{ км}$$

Критерий работоспособности влияет на выбор составляющих массива контрольных показателей и показывает по каким показателям будет проводиться оценка работоспособности испытуемого объекта.

Для определения работоспособности модернизированного тепловоза типа М62 проводятся эксплуатационные испытания на работоспособность с пробегом $L = 5000$ км, для которых выбирается план наблюдений $[N_U(r, T)]$, по условиям которого, испытания начинаются для определенного числа объектов (N_r), при возникновении неисправности, испытания прекращаются для восстановления работоспособного состояния, проведения ремонта и устранения повреждений, при этом объекты не заменяются. После приведения объектов в работоспособное состояние испытания начинаются сначала. Ис-

пытания заканчиваются после достижения наработки (Т). Данная процедура используется для установления безотказности и работоспособности испытуемых объектов в течение всего срока испытаний, который будет соответствовать пробегу локомотива в эксплуатации.

Для определения рациональной номенклатуры показателей применены экспертные методы ранжирования. Данная процедура заключается в определении приоритета контроля показателей для проведения соответствующего типа эксплуатационных испытаний рядом экспертов.

Так, из общего перечня рабочих параметров тепловозов выполняется выбор только тех параметров, которые будут удовлетворять требования к определению свойств работоспособности без учета общих рабочих показателей, сформированные в массив:

$$M_{yc}^{pab} = \{L, g_e, N_{TO, TP}^i, Q_n^i, N_{отк}^i\},$$

где, M_{yc}^{pab} – усовершенствованный массив контрольных показателей при эксплуатации испытаний на работоспособность;

L – пробег испытуемого локомотива, км;

g_e – удельный эффективный расход топлива, г/кВт час;

$N_{TO, TP}^i$ – количество выполненных технических обслуживаний и текущих ремонтов;

Q_n^i – вес поезда, т;

$N_{отк}^i$ – количество возникших отказов за время проведения испытаний.

Для проведения эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов на работоспособность заранее определен перечень контрольных параметров, которые будет фиксировать сотрудник испытательной организации на протяжении определенного срока испытаний. При необходимости повышения достоверности результатов испытаний, количество контрольных параметров можно увеличивать, но при этом увеличивается и стоимость самих испытаний за счет увеличения объемов работ выполняемых специалистами, задействованными в сборе и обработке данных.

Сбор данных при проведении эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов выполняется с применением комбинации методов статистического входного контроля и методов по количественному признаку, соответствующее применение которых предусматривает выборочный контроль качества продукции, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества продукции установленным требованиям и принятия решения, а также измерения и записи числовых значений признака для каждой единицы продукции рассматриваемой груп-

пы, предназначенные для сопоставления с некоторой непрерывной шкале.

Накопление статистических данных и выполнения выборочного контроля результатов испытаний выполняется по сложившейся номенклатуре показателей. Для создания номенклатуры применены экспертные методы оказания весомости показателям, с учетом, что их состав описывается теорией множеств, после чего определяем их количественные характеристики, как для неоднородных критериев и выполняем их приведения к одной порядковой шкалы оценивания, по которой определяется очередность и важность определения характеристик. Для установления состава рациональной номенклатуры согласно типам эксплуатационных испытаний необходимо определить коэффициент весомости показателей. Определенный коэффициент весомости будет указывать на необходимость включения показателя качества продукции (контрольного показателя) в состав соответствующей номенклатуры.

С учетом целей и условий эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов на работоспособность при построении модели испытаний, для соблюдения выполнения условий целевой функции, использовано формирования системы ограничений на основе критерия оценки, требований плана наблюдений и массива контрольных параметров модернизированного тепловоза М62, которые есть и аргументом целевой функции.

$$\lim^{pab} = \begin{cases} L \geq 5000 \text{ км}; \\ N_{HP} = 0; \\ P(l) \geq 0,96; \\ K_{\Gamma} \geq 0,95; \\ g_m, g_m \Rightarrow \min; \\ N_{TO, TP}^{pac} \Rightarrow \min. \end{cases}$$

где, L – пробег испытуемого локомотива, км;

N_{HP} – количество неплановых ремонтов локомотива за время испытаний;

$P(l)$ – вероятность безотказной работы испытуемого локомотива;

K_{Γ} – коэффициент готовности испытуемого локомотива;

g_m, g_m – удельный расход испытуемым локомотивом соответственно топлива и масла при выполнении поездной работы во время испытаний, г/кВт;

$N_{TO, TP}^{pac}$ – минимально необходимое количество технических обслуживаний и текущих ремонтов проводимых испытуемому локомотиву.

Оценка результатов эксплуатационных испытаний на работоспособность и анализ свойств работоспособности модернизированного тепловоза типа М62 выполняется путем сравнения полученных ве-

личин с их допустимыми значениями, указанными в техническом задании и в действующей нормативно-технической документации УЗ.

В зависимости от необходимой степени достоверности результатов испытаний, заданной заказчиком испытаний, изменяется их цена, что будет одним из определяющих факторов образования цены. При этом достоверность результатов испытаний будет определяться по формуле:

$$m = \frac{s}{\sqrt{n}},$$

где σ – среднеквадратическое отклонение;

n – количество параметров при проведении эксплуатационных испытаний, которые входят в контрольную группу.

$$s = f(M_{yc}^{pab}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}},$$

где X_i – анализируемый показатель работы локомотива;

$\bar{x}$ – среднее значение показателя.

Выводы. Использование рациональной номенклатуры контрольных показателей при проведении эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов на работоспособность дает возможность сократить расходы на их проведение, также влияет на цену приобретения локомотива.

Результаты исследований дают возможность установить возможность применения усовершенствованных моделей проведения эксплуатационных испытаний тепловозов с помощью выбора рационального количества контролируемых параметров и определяются при их проведении в соответствии с целью испытаний.

Л и т е р а т у р а

1. «Укрзалізниця» починає оновлення локомотивного парка [Електронний ресурс] / Режим доступу: vchaspik.ua/ukraina/237473ukrzeliznytsya-nachinaet-obnovlenie-lokomotivnogo-parka – Название с экрана.
2. Время обновления [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.magistral-uz.com.ua/articles/vremja-obnovlenija.html – Название с экрана.
3. Реализация Программы электрификации железных дорог позволит снизить себестоимость перевозок на 55% [Електронний ресурс] / Режим доступу: transport-journal.com/transportna-politika/otraslevoe-regulirovanie/realizatsiya-programmyi-elektrifikatsyyi-zheleznyih-doroh-pozvolyt-snyzyt-sebestoymost-perevozok-na-55/ – Название с экрана.
4. Модернізація тепловозів м62 на залізницях України [Текст] / С.В. Хорунжий, А.Л. Сумцов, А.М. Зінківський, О.В. Камчатний // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 127 – С. 122 – 127.

5. «Укрзалізниця» до 2015 г. модернізує 1,5 тис. тепловозов [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.rzd-partner.ru/news/lokomotivy/ukrzeliznytsia--do-2015-g--moderniziruet-1-5-tys--teplovozov/ – Название с экрана.
6. Кучеренко, А. М. Модель проведення експлуатаційних випробувань [Текст] (матер. наук.-практ. конф.) / А. М. Кучеренко // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології. – Київ. 2011. – С. 89.
7. ГСТУ 32.0.08.001-97. Порядок розроблення та поставлення продукції на виробництво для потреб залізничного транспорту в системі Міністерства транспорту України [Текст]. – Введ. 1999-05-10 – Київ: Галузевий стандарт України: Міністерство транспорту України, 2000. I, 96 с.
8. Половко, А. М., Основы теории надежности [Текст] / А. М. Половко, С.В. Гуров - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ - Петербург, 2006. - 706 с.

R e f e r e n c e s

1. «Ukrzeliznytsya» nachinaet obnovenie lokomotivnogo parka [Jelektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: vchaspik.ua/ukraina/237473ukrzeliznytsya-nachinaet-obnovlenie-lokomotivnogo-parka – Nazvanie s jekrana.
2. Vremja obnovenija [Jelektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: www.magistral-uz.com.ua/articles/vremja-obnovlenija.html – Nazvanie s jekrana.
3. Realizacija Programmy jelektrifikacii zheleznyh dorog pozvolyt snizit' sebestoimost' perevozok na 55% [Jelektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: transport-journal.com/transportna-politika/otraslevoe-regulirovanie/realizatsiya-programmyi-elektrifikatsyyi-zheleznyih-doroh-pozvolyt-snyzyt-sebestoymost-perevozok-na-55/ – Nazvanie s jekrana.
4. Modernizacija teplovoziv m62 na zaliznicjah Ukraini [Tekst] / S.V. Horunzhij, A.L. Sumcov, A.M. Zin'-kivs'kij, O.V. Kamchatnij // Zbirnik naukovih prac' UkrDAZT. – Harkiv: UkrDAZT, 2011. – Vip. 127 – S. 122 – 127.
5. «Ukrzeliznytsya» do 2015 g. moderniziruet 1,5 tys. teplovozov [Jelektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: www.rzd-partner.ru/news/lokomotivy/ukrzeliznytsia--do-2015-g--moderniziruet-1-5-tys--teplovozov/ – Nazvanie s jekrana.
6. Kucherenko, A. M. Model' provedennja ekspluatacijnih viprobuvanj [Tekst] (mater. nauk.-prakt. konf.) / A. M. Kucherenko // Problemi ta perspektivi rozvitku transportnih sistem v umovah reformuvannja zaliz-nichnogo transportu: upravlinnja, ekonomika i tehnologii. – Kiïv. 2011. – S. 89.
7. GSTU 32.0.08.001-97. Porjadok rozroblennja ta postavlennja produkcii na virobnictvo dlja potreb zaliznichnogo transportu v sistemi Ministerstva transportu Ukraini [Tekst]. – Vved. 1999-05-10 – Kiïv: Galuzevij standart Ukraini: Ministerstvo transportu Ukraini, 2000. I, 96 s.
8. Polovko, A. M., Osnovy teorii nadezhnosti [Tekst] / A. M. Polovko, S.V. Gurov - 2-e izd., pererab. i dop. - SPb.: BHV - Peterburg, 2006. - 706 s.

Чигирик Н.Д., Зінківський А.М., Брагін М.І. Дослідження використання удосконалених моделей при проведенні експлуатаційних випробувань тепловозів.

У статті розглянуті основні положення удосконалення моделі експлуатаційних випробувань модернізованих локомотивів. Запропоновано перелік контрольних па-

раметрів для проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів на працездатність, який заснований на вдосконаленій класифікації експлуатаційних випробувань рухомого складу, і був використаний при випробуваннях модернізованих тепловозів М62. Описана залежність між вартістю випробувань, кількістю контрольованих параметрів і достовірністю результатів випробувань.

Ключові слова: контрольні параметри, експлуатаційні випробування тепловозів, точність і достовірність результатів.

Chigirik N., Zinkivskyi A., Bragin N. Investigating the use of improved models at carrying out operational of tests diesel locomotives

Authors of this article discussed the basic methods of improvement model of operational testing modernized locomotives. Are given an improved classification of of operational tests modernized rolling stock, which takes into account the purpose of their implementation. Offered a list of of control parameters for the operational trials the modernized diesel locomotives on performance, which is based on an improved classification of operational tests rolling stock, and has been

used during the test modernized diesel locomotives M62. Proposed methods and principles for the collection of statistical information on the operation of the locomotive in accordance with the purpose of the operational trials modernized locomotives. Establishes the principle of determining the validity of the test results. The dependence of between the value of testing, quantity of controlled characteristics and fair presentation the test results. The conclusions about the appropriateness of applying improved models of the at carrying out of operational tests modernized locomotives.

Keywords: control parameters, operational trials of locomotives accuracy and reliability of results.

Чигирик Н.Д. – к.т.н., доцент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ, Тел. (057) 730-1999м; **Зінківський А.М.** – к.т.н., асистент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ, e-mail: kuma-siktem@gmail.com.

Брагін Микита Ігорович – аспірант УкрДАЗТ

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 04.03.2014

УДК 622.278

**РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ
ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ ВОДОВУГІЛЬНИХ СУСПЕНЗІЙ****Шворнікова Г.М.****CALCULATION OF HYDRAULIC TRANSPORTATION PARAMETERS
WATER- COAL SLURRIES****Shvornikova A.**

У статті розглянуто основні гідрравлічні параметри транспортування висококонцентрованих водовугільних суспензій (ВВС). Визначено основні фактори, що впливають на реологічну поведінку ВВС, седиментаційну стабільність та гідрравлічні параметри течії. До основних з них було віднесено концентрацію у суспензії вугільних часток, їх гранулометричний склад та фізико-хімічні властивості вихідного вугілля. У статті отримані залежності, що дозволяють встановити зв'язок між реологічними властивостями ВВС, її концентрацією і гранулометричним складом твердого компоненту, фізико-хімічними характеристиками початкового продукту, а також енергетичними витратами на транспортування по трубопроводу.

Ключові слова: концентрація, реологічні характеристики, напруження зсуву, втрати тиску, в'язкість, гідрравлічні параметри.

Вступ. На сучасному етапі розвитку обчислювальної і експериментальної техніки математичне моделювання сформувалося як самостійний напрям в механіці рідини, в її додатках до гідродинаміки.

Для систем промислового трубопровідного транспорту потрібний все більш точний розрахунок параметрів плин у реологічно складних системах, що дає можливість пошуку раціональних конструкторських і технологічних рішень, направлених на підвищення ефективності, зменшення енерговитрат і підвищення екологічної безпеки гідротранспортування.

Математичне моделювання течії висококонцентрованих водо вугільних суспензій (ВВС) в системах промислового гідротранспорту дозволяє прогнозувати ще на стадії їх приготування основні параметри гідротранспортування, залежно від концентрації, гранулометрії і властивостей вихідної сировини, шляхом опису реальних процесів за допомогою математичного апарату і чисельних методів інтеграції диференціальних рівнянь.

Постановка проблеми. Трубопровідний транспорт ВВС ставить цілий ряд завдань в аспекті реології. Однією з проблем є реологічна поведінка рі-

дини при різних режимах транспортування, тобто при постійній швидкості транспортування і при її зміні, при режимах запуску, зупинки і зміни напрямку руху суміші. Суспензії є типовим представником висококонцентрованих дисперсних систем. Часто ВВС проявляє властивості в'язкопластичних та псевдопластичних середовищ. Застосування методів традиційної гідродинаміки для гідрравлічного розрахунку руху таких систем не є достатньо коректним.

Для розгляду фізики явища запровадимо декілька припущень (гіпотез). Перша гіпотеза – про прилипання потоку в'язкої рідини до стінки.

При течії цієї рідини уздовж твердої стінки відбувається гальмування потоку, обумовлене в'язкістю. Швидкість u зменшується у міру зменшення відстані y від стінки аж до $u=0$ при $y=0$ а між шарами відбувається прослизання, що супроводжується виникненням дотичної напруженості.

Згідно другій гіпотезі (гіпотеза Ньютона) при шаруватому русі в рідині виникає дотична напруженість t пропорційна поперечному градієнту швидкості du/dy а коефіцієнтом пропорційності є динамічна в'язкість m_0 .

Досить часто цей показник в'язкості називають ньютонівською в'язкістю.

Поперечним градієнтом швидкості є зміна швидкості плин рідини в напрямі перпендикулярному напрямку течії і, отже, характеризує швидкість зсуву рідини в даній точці.

Із закону тертя виходить, що напруження тертя можливе тільки в рухомій рідині, або іншими словами – в'язкість рідини виявляється лише при її течії [1, 2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Не дивлячись на те, що в літературі є велика кількість інформації з цього питання, більшість досліджень носять чисто прикладний характер і не відбивають загальних закономірностей зміни реологічних влас-

тивостей ВВС від гранулометричного розподілу твердих часток, виду хімічних добавок, якості і марки початкового вугілля, концентрації і так далі. Дуже мало досліджень, що відбивають поведінку ВВС в різних нестандартних умовах (наприклад, при зміні температурного режиму експлуатації, зупинці насосів, при приготуванні суспензій з використанням шахтних вод і так далі).

Таким чином, очевидна необхідність комплексних досліджень фізичних, хімічних і реологічних характеристик ВВС.

Мета статті полягає у висвітленні залежностей, за допомогою яких можна розраховувати гідрравлічні параметри транспортування ВВС з урахуванням вищезазначених факторів впливу.

Результати досліджень. Водовугільне паливо утворюється при змішуванні тонкоподрібнених вугільних часток з водою та пластифікатором. Від кількості вугільних часток в об'ємі води, що вміщає їх, залежать основні властивості ВВС. При малих концентраціях вугільних часток суспензія мало відрізняється від звичайної ньютонівської рідини, а моделлю цієї суспензії буде закон в'язкого тертя Ньютона, інтеграція якого приводить до відомої в гідромеханіці формули Гагена-Пуазейля для витрати рідини

$$Q = \frac{p R^4 \Delta p}{8mL} = \frac{p d^4 \Delta p}{128mL}, \quad (1)$$

або для середньої швидкості потоку

$$u_{cp} = \frac{d^2 \Delta p}{32mL}, \quad (2)$$

де R - внутрішній радіус труби, Δp - перепад тиску на виділеній ділянці трубопроводу завдовжки L , $d = 2R$

$$m_0 = \frac{d \Delta p / 4L}{32Q / p d^3}. \quad (3)$$

У чисельнику рівняння (3) вираз для дотичного напруження зсуву t на стінці трубопроводу, а в знаменнику вираз для градієнта швидкості зсуву $\dot{\gamma}$, тобто

$$\dot{\gamma} = \frac{du_{cp}}{dr} = \frac{32Q}{p d^3}, \quad (4)$$

а з урахуванням того, що об'ємна витрата в даному перетині труби пропорційна середній лінійній швидкості потоку і площі перетину труби, отримаємо для градієнта швидкості зсуву

$$\dot{\gamma} = \frac{8u_{cp}}{d}. \quad (5)$$

Приведені вирази справедливі для в'язких рідин, при течії яких в ламінарному режимі ($Re \leq 2200$) виникають опори, обумовлені дотичним напруженням, відповідно до закону тертя Ньютона. У випадку водовугільної суспензії справедливість приведених виразів забезпечується при низькій концентрації вугільних часток, коли їх присутність ще не призводить до утворення просторової струк-

тури суспензії, а реологічні параметри відповідають в'язкій рідині.

З підвищенням концентрації вугільних частинок до деякого граничного значення в об'ємі суспензії формується просторова структура з деякою впорядкованою орієнтацією вугільних частинок по перетину трубопроводу. При цьому реологічні характеристики суспензії починають значно відрізнятися від їх значень у разі простого в'язкого тертя. Для цього випадку можна скористатися рішенням, запропонованим Б. Рабіновичем [4], щодо градієнта швидкості зсуву:

$$\dot{\gamma} = \left(-\frac{du_{cp}}{dr} \right) = 3 \left(\frac{8Q}{p d^3} \right) + \frac{d \Delta p}{4L} \frac{d(8Q / p d^3)}{d(d \Delta p / 4L)}, \quad (6)$$

яке при заміні $\frac{d[\ln(D \Delta p / 4L)]}{d[\ln(8u_{cp} / D)]} = n$ запишеться у

вигляді

$$\dot{\gamma} = \frac{3n+1}{4n} \cdot \frac{8u_{cp}}{D}, \quad (7)$$

де D - внутрішній діаметр трубопроводу.

З урахуванням цих перетворень початкове рівняння залежності напруження зсуву від швидкості деформації набуває вигляду

$$\frac{d \Delta p}{4L} = k \left(\frac{8u_{cp}}{d} \right)^n \quad \text{или} \quad t = k(\dot{\gamma})^n \Rightarrow t = k \left(\frac{du_{cp}}{dr} \right)^n. \quad (8)$$

Останній вираз встановлює зв'язок напруження зсуву на стінці трубопроводу в ламінарній області потоку для рідин і суспензій, що відрізняються по реологічних параметрах від ньютонівських рідин. Коефіцієнт k є деякою в'язкістю (псевдов'язкістю) з розмірністю $[Pa \cdot c^n]$, що відрізняє цей параметр від коефіцієнта в'язкості ньютонівської рідини. Показник ступеня n визначає в логарифмічних координатах кут нахилу кривої течії до осі $\ln \dot{\gamma}$ і відповідно показує, на скільки дана неньютонівська рідина відрізняється від ньютонівської і носить назву структурного числа. Формула (8) носить назву реологічної моделі Оствальда-де Вілія і описує залежність дотичного напруження зсуву від градієнта швидкості деформації для статичного закону тертя.

Для визначення зв'язку параметрів k і n запишемо рівняння напруження зсуву у вигляді співвідношення рівноваги сил у напрямі потоку для циліндрового елемента радіусом r і завдовжки dL - $t = -\frac{1}{2} \frac{\Delta p}{\Delta L} r$, тоді формулу (8) можна записати

$$k \left| \frac{du_{cp}}{dr} \right|^{n-1} \left| \frac{du_{cp}}{dr} \right| = \frac{1}{2} \frac{\Delta p}{\Delta L} r,$$

Оскільки $\frac{du_{cp}}{dr} < 0$, то звідси виходить

$$\left| \frac{du_{cp}}{dr} \right| = \left(\frac{\Delta p}{2k\Delta L} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot r^{\frac{1}{n}}.$$

Інтегруючи це рівняння з граничною умовою $r = R$ і $u(r_0) = 0$, що означає, що швидкість рідини на стінках труби дорівнює нулю, знаходимо закон розподілу швидкості

$$u_{cp}(r) = \frac{n}{3n+1} \left(\frac{\Delta p}{2k\Delta L} \right)^{\frac{1}{n}} \left(r^{\frac{n+1}{n}} - r_0^{\frac{n+1}{n}} \right),$$

і вираз для середньої швидкості потоку

$$u_{cp} = \frac{n}{3n+1} \left(\frac{\Delta p}{2k\Delta L} \right)^{\frac{1}{n}} R^{\frac{n+1}{n}}.$$

Максимальна швидкість течії досягається на осі труби при $r = 0$:

$$u_{cp\max}(r) = \frac{n}{3n+1} \left(\frac{\Delta p}{2k\Delta L} \right)^{\frac{1}{n}} r_0^{\frac{n+1}{n}}.$$

Витрату рідини обчислимо за формулою

$$Q = 2\pi \int_0^{r_0} r u_{cp}(r) dr = 2\pi \frac{n}{3n+1} \left(\frac{\Delta p}{2k\Delta L} \right)^{\frac{1}{n}} \times \int_0^{r_0} r \left(r_0^{\frac{n+1}{n}} - r^{\frac{n+1}{n}} \right) dr.$$

Після інтегрування отримуємо

$$Q = \frac{\pi r_0^3 n}{3n+1} \left(\frac{R\Delta p}{2k\Delta L} \right)^{\frac{1}{n}}. \quad (9)$$

Для повного перерізу трубопроводу, коли $r_0 = R$ витрата в трубопроводі буде дорівнювати

$$Q = \frac{\pi R^3 n}{3n+1} \left(\frac{R\Delta p}{2k\Delta L} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (10)$$

що при $n=1$ переходить у формулу Гагена-Пуазейля (1).

Якщо ввести в розгляд середню по перетину швидкість v течії і узагальнене число Re відповідно до рівності

$$u_{cp} = \frac{Q}{\pi R^2}, \text{ і } Re^* = \left(\frac{n}{2+6n} \right)^n \frac{8u_{cp}^{2-n} d^n r}{k},$$

то формулу для витрати рідини по моделі Оствальда де Віля можна записати в звичній формі закону Дарсі-Вейсбаха, тобто через коефіцієнт гідравлічного

$$\text{опору } \frac{\Delta p}{\Delta L} = l \frac{ru_{cp}^2}{2d}, \text{ де } l = \frac{8 \left(\frac{6n+2}{n} \right)^n}{Re^*}.$$

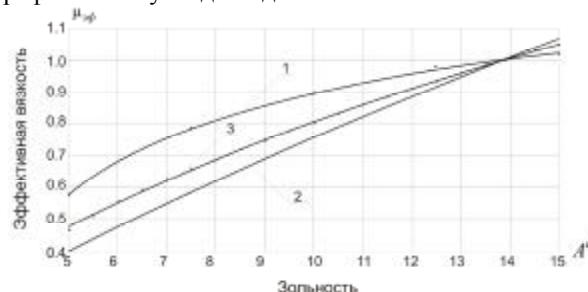
Таким чином, із збільшенням концентрації вугільних часток в об'ємі суспензії модель в'язкої рідини трансформується в модель статичної рідини, відповідній формулі Оствальда - де Віля, яка по відношенню до моделі Ньютона буде узагальненою, оскільки при значенні структурного числа $n=1$ остання переходить в модель Ньютона. Величина концентрації вугільних часток, досягши якої почи-

нають виявлятися вязкопластические властивості, відповідні статичній моделі Оствальда - де Віля, є граничною (або критичною) концентрацією - $C_{кр1}$.

Величина граничної концентрації $C_{кр1}$ може бути встановлена на основі дослідних даних.

Раніше вже говорилося про те, що в'язкість ВВС залежить від багатьох параметрів, у тому числі і від властивостей початкового вугілля. Одним з основних параметрів, що характеризують властивості початкового продукту і що впливають на в'язкість приготованої ВВС, є зольність (A^d). Значення зольності різне для кожної конкретної марки вугілля.

На рис. 1 представлений апроксимований графік залежності ефективної в'язкості ВВС від зольності початкового продукту, а на рис. 2 – графік залежності дотичного напруження зсуву від градієнта швидкості зсуву. Між представленими на малюнках графіками існує відповідність.



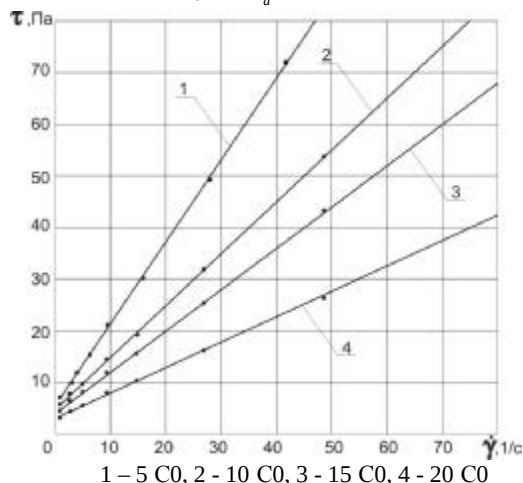
1 – при $\delta = 9c^{-1}$; 2 – при $\delta = 11c^{-1}$; 3 – залежність апроксимації

Рис. 1. Вплив зольності на ефективну в'язкість ВВП

Крива, представлена на рис. 1 описується наступною функцією залежності ефективної в'язкості від зольності [5, 6]

$$m_{эф} = 0,17 + 0,12 (\ln A^d)^2. \quad (11)$$

Графічне диференціювання залежностей, представлених на рис. 2, дозволяє набути значення динамічної в'язкості $m_d = C_{m_d}$.



1 – 5 C0, 2 – 10 C0, 3 – 15 C0, 4 – 20 C0

Рис. 2. Залежність дотичного напруження у ВВС, приготованому з вугілля марки «Д, Г» з концентрацією 65% від градієнта швидкості зсуву при різних температурах

Тоді з урахуванням виразу (11) залежність для індексу потоку від ефективної в'язкості можна записати у вигляді [5, 6]

$$n = \frac{C_{m_d}}{0,17 + 0,12(\ln A^d)^2} \quad (12)$$

З урахуванням реологічної моделі псевдопластичної рідини залежність коефіцієнта консистентності k від зольності початкового вугілля може бути знайдена таким чином

$$k = \frac{t}{\Delta^n} = \frac{t}{\Delta^{[C_{m_d}/0,17+0,12(\ln A^d)^2]}} \quad (13)$$

Позначивши знаменник виразу (13) змінною N , отримаємо

$$k = \frac{t}{N} \quad (14)$$

З графіка, представленого на рис. 2.3. і залежностей (13) і (14) видно, що коефіцієнт k є функцією від зольності початкового продукту $k = (A^d)$, а отже залежить від марки вугілля.

Можливість ефективного транспортування ВВС істотно залежить від енерговитрат, які в частині реології характеризуються питомими втратами тиску $\frac{\Delta p}{\Delta L}$.

З урахуванням виразів (14) і того, що $t = \frac{D\Delta p}{4L}$

отримаємо залежність для питомих втрат тиску по довжині трубопроводу від зольності початкового продукту [5, 6]

$$i = \frac{\Delta p}{L} = \frac{4kN}{D} = \frac{4k\Delta^{[C_{m_d}/0,17+0,12(\ln A^d)^2]}}{D} \quad (15)$$

Таким чином, отримані залежності дозволяють встановити зв'язок між реологічними властивостями водовугільного палива, його концентрацією і гранулометричним складом твердого компоненту, фізико-хімічними характеристиками початкового продукту, а також енергетичними витратами на його транспортування по трубопроводу.

З урахуванням того, що відносне напруження є відношення початкового напруження зсуву до загального напруження зсуву (на стінці трубопроводу), і, повертаючись до реологічної моделі плинину потоку суспензії, можна записати

$$t - t_0 = m_{\text{эф}} \cdot \Delta = t(1-s);$$

$$t = \frac{m_{\text{эф}} \Delta}{1-s} \quad (16)$$

або, для початкового напруження зсуву

$$t_0 = \frac{s}{1-s} m_{\text{эф}} \Delta \quad (17)$$

Формули (16) і (17) легко переходять у вирази для витрат тиску по довжині трубопроводу, якщо записати напруження зсуву через нормальне напруження від дії перепаду тиску:

$$t = \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{D}{4} = i \cdot \frac{D}{4},$$

де i - втрати натиску по довжині трубопроводу, Па/м.

Підставивши у формулу (17) вираз для напруження зсуву, отримаємо для втрат тиску:

$$i = \frac{4m_{\text{эф}} \Delta}{(1-s)D} \quad (18)$$

З іншого боку $\frac{\Delta P}{L} = r_{\text{см}} g i$ і $t = i \frac{r_{\text{см}} g D}{4}$, де i - питомі втрати тиску по довжині трубопроводу, м; $r_{\text{см}}$ - щільність суміші, кг/м³. Тобто, втрати тиску можна записати у вигляді формули

$$i = \frac{4m_{\text{эф}} \Delta}{(1-s) r_{\text{см}} g D} \quad (19)$$

Замінімо градієнт швидкості на відповідний вираз, а динамічний коефіцієнт ефективної в'язкості на вираз через число Рейнольдса, тобто:

$$\Delta = \frac{8u_{\text{cp}}}{D}, \quad \text{Re} = \frac{u_{\text{cp}} D r_{\text{см}}}{m_{\text{эф}}},$$

що приводить до залежності

$$i = \frac{32u_{\text{cp}}^2}{(1-s) \text{Re} g D}.$$

У загальному виді витрати тиску суспензії, можна розрахувати за формулою Дарсі

$$i = l \frac{u_{\text{cp}}^2}{2gD}.$$

З порівняння виразів приходимо до формули для гідравлічних опорів:

$$l = \frac{64}{(1-s) \text{Re}}, \quad (20)$$

де $\text{Re} = \frac{u_{\text{cp}} D r_{\text{см}}}{m_{\text{эф}}}$ - критичне значення числа Рейнольдса для ламінарного режиму течії.

У остаточному виді витрати тиску при плинні ВВС визначаються з виразу [7]

$$i = l \frac{u_{\text{cp}}^2}{2gD} = \frac{64}{\text{Re}} \cdot \frac{1}{1-s} \cdot \frac{u_{\text{cp}}^2}{2gD}, \quad (21)$$

а визначальними чинниками при цьому є в'язкість ВВС і концентрація твердих часток.

Висновок. Отримана формула для гідравлічних опорів відрізняється від відомої залежності для ламінарного плинину чистих рідин наявністю в знаменнику параметра, що характеризує напружений стан суспензії, виражений відношенням початкового напруження до загального напруження зсуву.

З формули виходить, що із збільшенням відносного напруження коефіцієнт гідравлічних опорів також збільшується.

Отримані формули свідчать також про те, що виконані теоретичні дослідження і отримані в результаті їх залежності не суперечать відомим і загальноприйнятим моделям плинину зваженого потоку і,

в той же час, вона враховує залежність гідравлічних опорів від пластичних властивостей суспензії, визначуваних відносним напруженням зсуву.

Л і т е р а т у р а

1. Методы регулирования структурно-реологических свойств и коррозионной активности высококонцентрированных дисперсных систем: сборник научных трудов. – М.: ВНИИПИгидротрубопровод, 1987. – 116 с.
2. Теория и прикладные аспекты гидротранспортирования твердых материалов / [Асауленко И.А., Витошкин Ю.К., Карасик В.М. и др.] ; под ред. А.Я. Олейника. – К.: Наукова думка, 1981. – 364 с.
3. Урьев Н.Б. Текучесть суспензий и порошков / Н.Б. Урьев, А.А. Потанин. – М.: Химия, 1992. – 256 с.
4. Rabinovich B. Über die Viscosität und Elastizität von Solen / B. Rabinovich. – Z. phys. Chem., 1929. – Bd. 145.
5. Шворникова А.М. Исследование влияния зольности исходного угля на реологические характеристики водоугольного топлива/ А.М. Шворникова, Н.Б. Чернецкая, О.В. Кущенко, Е.А. Варакута // Политранспортные системы: VI Всерос. науч.-техн. конф., 21-23 апреля 2009 г.: тезисы докл. – Ч.2. – Новосибирск, 2009. – С. 362-366.
6. Шворникова Г.М. Дослідження закономірностей впливу властивостей вихідного вугілля на реологічні характеристики водовугільного палива / Г.М. Шворникова, Н.Б. Чернецка, О.В. Кущенко // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2009. – №2(132). – С. 447 – 451.
7. Шворникова Г.М. Математична модель плинності водовугільного палива у промислових гідротранспортних системах / Г.М. Шворникова // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2010. – №1(143). – С. 254 – 259.

References

1. Metody regulirovaniya strukturno-reologicheskikh svoystv i korrozionnoj aktivnosti vysokokontsentririrovannykh dispersnykh sistem: sbornik nauchnykh trudov. – M.: VNIPIgidrotuboprovod, 1987. – 116 s.
2. Teoriya i prikladnye aspekty gidrotransportirovaniya tverdykh materialov / [Asaulenko I.A., Vitoshkin Ju.K., Karasik V.M. i dr.] ; pod red. A.Ja. Olejnika. – K.: Naukova dumka, 1981. – 364 s.
3. Ur'ev N.B. Tekuchest' suspenzij i poroshkov / N.B. Ur'ev, A.A. Potanin. – M.: Himija, 1992. – 256 s.
4. Rabinovich B. Über die Viscosität und Elastizität von Solen / B. Rabinovich. – Z. phys. Chem., 1929. – Bd. 145.
5. Shvornikova A.M. Issledovanie vlijaniya zol'nosti ishodnogo uglja na reologicheskie harakteristiki vodougol'nogo topliva/ A.M. Shvornikova, N.B. Chernetskaja, O.V. Kushhenko, E.A. Varakuta // Politransportnye sistemy: VI Vseros. nauch.-tehn. konf., 21-23 aprelja 2009 g.: tezisy dokl. – Ch.2. – Novosibirsk, 2009. – S. 362-366.
6. Shvornikova G.M. Doslidzhennja zakonimirostey vplivu vlastivostej vihidnogo vugillja na reologichni harakteristiki vodovugil'nogo paliva / G.M. Shvornikova, N.B. Chernec'ka, O.V. Kushhenko // Visnik Shidnoukrai'nskogo nac. un-tu im. V. Dalja. – 2009. – №2(132). – S. 447 – 451.
7. Shvornikova G.M. Matematichna model' plinu vodovugil'nogo paliva u promislovihi gidrotransportnih si-stemah / G.M. Shvornikova // Visnik Shidnoukrai'nskogo nac. un-tu im. V. Dalja. – 2010. – №1(143). – S. 254 – 259.

N.B. Chernec'ka, O.V. Kushhenko // Visnik Shidnoukrai'nskogo nac. un-tu im. V. Dalja. – 2009. – №2(132). – S. 447 – 451.

7. Shvornikova G.M. Matematichna model' plinu vodovugil'nogo paliva u promislovihi gidrotransportnih si-stemah / G.M. Shvornikova // Visnik Shidnoukrai'nskogo nac. un-tu im. V. Dalja. – 2010. – №1(143). – S. 254 – 259.

Шворникова А.М. Расчет параметров транспортирования высококонцентрированных водоугольных суспензий.

В статье рассмотрены основные гидравлические параметры транспортирования высококонцентрированных водоугольных суспензий (ВВС). Определены основные факторы, влияющие на реологическое поведение ВВС, седиментационную стабильность и гидравлические параметры течения. К основным из них были отнесены концентрация в суспензии угольных частиц, их гранулометрический состав и физико-химические свойства исходного угля. В статье получены зависимости, позволяющие установить связь между реологическими свойствами ВВС, ее концентрацией и гранулометрическим составом твердого компонента, физико-химическими характеристиками исходного продукта, а также энергетическими затратами на транспортировку по трубопроводу.

Ключевые слова: концентрация, реологические характеристики, напряжение сдвига, потери давления, вязкость, гидравлические параметры.

Shvornikova A. Calculation of hydraulic transportation parameters water-coal slurries.

The article describes the main hydraulic parameters transporting highly coal-water slurries (WCF). The main factors affecting the rheological behavior of the WCF, sedimentation stability and hydraulic flow parameters. The main of them are allocated in a slurry concentration of coal particles, their particle size distribution and physical- chemical properties of starting coal. In this paper, according to enable the connection between the rheological properties of the WCF, its concentration and particle size distribution of the solid component, the physico-chemical characteristics of the starting material and energy costs for transportation by pipeline. The resulting formula for hydraulic resistance differs from the known dependence for laminar flow clean liquids presence in the denominator of the parameter characterizing the stress state of suspension, expressed initial stress ratio to the total shear stress.

Keywords: the concentration of rheological characteristics shift voltage, the loss of pressure, viscosity, hydraulic parameters.

Шворникова Г.М. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: shvorni@mail.ru

Рецензент: Соколов В.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 22.02.2014

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 3 (210) 2014**

Науковий журнал

Відповідальний за випуск
Технічний редактор
Оригінал-макет

Чернецька-Білецька Н.Б.
Кліпаков М.В.
Шворнікова Г.М.

Підписано до друку 21.03.2014 р.
Формат 60 x 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк лазерний. Умов. друк. арк. 19,07. Обл. друк. арк. 20,15.
Наклад 300 прим. Вид. № 2931. Зам. № _____. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля
Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.
Адреса видавництва: 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20 а,
Телефон (0642) 41-34-12. Факс (0642) 41-31-60.
E-mail: izdat.snu@gmail.com