

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

ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 1 (218)
2015**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Сєвєродонецьк 2015

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 1 (218) 2015

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

№ 1 (218) 2015

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),
Паркуян О.В., докт. техн. наук (заступник головного редактора),
Марченко Д.Н., докт. техн. наук (заступник головного редактора),
Осенін Ю.І., докт. техн. наук
Смірний М.Ф., докт. техн. наук
Вер Р., dr hab,
Idjer M., dr hab,
Krasowski E., dr hab,
Архипов О.Г., докт. техн. наук,
Мичко А.А., докт. техн. наук,
Татарченко Г.О., докт. техн. наук,
Носко П.Л., докт. техн. наук,
Рач В.А., докт. техн. наук,
Соколов В.І., докт. техн. наук,
Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,
Шарка М., dr hab,
Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,
Бузько І.Р., докт. екон. наук,

Козаченко Г.В., докт. екон. наук,
Калінеску Т.В., докт. екон. наук,
Даніч В.М., докт. екон. наук,
Заблюцька І.В., докт. екон. наук,
Чернявська Є.І. докт. екон. наук,
Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук,
Nowakowski A., dr. hab,
Галстян Г.А., докт. хім. наук,
Глікін М.А., докт. техн. наук,
Кондратов С.О., докт. хім. наук,
Кудюков Ю.П., докт. хім. наук,
Суворін О.В., докт. техн. 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 № 5 від 26. 03. 2015 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2015
© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2015

ЗМІСТ

Гущин О.В., Чернецкая-Белецкая Н.Б. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПНЕВМОТРАНСПОРТА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ.....	12
Колодяжна Л.Г., Глушко В.І. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ І ЛОГІСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	17
Сумцов А.Л., Белан А.Н., Клецкая О.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ.....	21
Чернецкая-Белецкая Н.Б., Баранов И.О., Мирошникова М.В. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНЫХ УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ.....	25
Чигирик Н.Д., Сумцов А.Л., Білецький Ю.В. ДОСВІД ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ КРАЇН ЄВРОПИ	29
Колодяжный П.В. ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ЛОКОМОТИВОВ ПУТЕМ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СПОСОБОВ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ	33
Фомін О.В., Ловська А.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КРУГЛИХ ТРУБ В ЯКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ НЕСУЧИХ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ-ПЛАТФОРМ	38
Мартинов І. Е., Рейдеймейстер О. Г., Равлюк В. Г., Равлюк М. Г. ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ПРИ НЕСПРАВНОСТЯХ ГІДРАВЛІЧНИХ ГАСИТЕЛІВ КОЛИВАНЬ	46
Турпак С. М. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВХІДНИХ ВАГОНОПОТОКІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ	51
Теслик А.Г., Дацун Ю.М., Зіньківський А.М. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ КРАЇН ЄВРОПИ ТА ПІВНІЧНОЇ АМЕРИКИ	57
Білецький Ю.В., Герчак М.О., Найш Н.М. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РОЗВЕЗЕННЯ МІСЦЕВИХ ВАГОНІВ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВУЗЛІ.....	61
Драпалюк М.В. ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СУХОГО ФОРМОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА.....	64
Роговий А.С. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПНЕВМОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК, ПОБУДОВАНИХ НА ОСНОВІ БЕЗРОТОРНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ	68

Дошечкін В.С., Роговий А.С., Романюк В.В. СТВОРЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ МАГІСТРАЛІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ МАТРИЦІ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	74
Дацун Ю.Н. ВЫБОР СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	77
Ольховська Т.О. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ ЗАПАСУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ УТРИМАННЯ ЛОКОМОТИВІВ.....	81
Семенов С.А., Михайлов Е.В. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ РЕЛЬСОВОГО ЭКИПАЖА	85
Анісімова Т.І., Касьянов М.А. БЕЗПЕКА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ	90
Кичкин А.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОЙ Поезда НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ RFID.....	96
Белецкий Ю.В., Данилина И.В., Шепитько О.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ДВИЖЕНИЯ ПРИГОРОДНЫХ Поездов	100
Черніков В.Д., Наталуха Н.В., Брагін М.І. УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ СТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ	103
Чернецкая-Белецкая Н.Б., Баранов И.О., Солдаткин Д.О. АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОСТИ	107
Обозний О.М. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ШВИДКОСТІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВА ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	110
Гусенцова Е.С. ВЕНТИЛЯТОР С ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИННОЙ ЛОПАТКИ	113
Чернецька-Білецька Н.Б., Сєврук К.В. СПРОЩЕННЯ ПРОЦЕДУР МИТНОГО КОНТРОЛЮ ЗА РАХУНОК ШИРОКОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ДЕКЛАРУВАННЯ.....	117
Михайлов Е.В., Дебижа Е.Л. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕВОЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ	122
Пархотько А.В. ВЛИЯНИЕ ИНТЕГРАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ НА УЧАСТКЕ ПОГРУЗКИ-РАЗГРУЗКИ ПОРТА НА СТОЯНОЧНОЕ ВРЕМЯ СУДНА	126
Белецкий Ю.В., Будников Е. Д., Полякова Т.Ю. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ОБОРОТА ГРУЗОВОГО ВАГОНА.....	130
Жолтикова К.О., Коваль О.П., Пивоварова Н.В., Роговий А.С., Хуснутдінов І.Г. УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ МЕТОДАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	133

Чернецька-Білецька Н.Б., Рязанцева А.К., Вітер В.Г. АНАЛІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	138
Черніков В.Д., Семенов С.О., Молякова К.М. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	143
Білецький Ю.В., Семенов С.О., Горюшко Я.С. ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТНОЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ЗА РАХУНОК КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	148
Таранцова В.С., Шворнікова Г.М. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ЦЕМЕНТУ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ	152
Черніков В.Д., Бодрухін О.М., Хілобок К.О. ВИКОРИСТАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТУ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ УХВАЛЕННЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ СТАНЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ	157
Медведева О.А., Семененко Е.В., Витушко О.В. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИДРОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ ИЗ ХРАНИЛИЩ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ.....	161
Белецкий Ю.В., Баранов И.О., Горбачева Ю.С. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДЫХ НИТОК ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ..	166
Гриндей Е.О. МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РАМИ ВЕДУЩЕЙ ТЕЛЕЖКИ ДИЗЕЛЬ ПОЕЗДА Д1	170
Шевчук П.А., Гриндей П.О. МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РАМИ МОТОРНОГО ВІЗКА ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ДР1А.....	179
Чернецька-Білецька Н.Б., Шепітько О.В., Рябчиков А.В. АНАЛІЗ ШЛЯХІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ	185
Касьянов М.А., Андріанова О.О., Андріанов В.С. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПРОФЕСІЙНОЇ АДАПТАЦІЇ ДО МОНТАЖНИХ РОБІТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ КЛІМАТИЧНОЇ ТЕХНІКИ ЯК ОДНІЄЇ З УМОВ ПІДВИЩЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ БЕЗПЕКИ	189
Рамазанов С.К., Велігура А.В., Івановська М.В. ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	194
Горбунов М.І., Ноженко О.С., Кара С.В., Кравченко К.О., Кравченко К. О., Макарова В.Д. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ВІЗКА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА.....	200
Ямшинський М.М., Назаренко В.С., Кравченко К.О. АНАЛІЗ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ТА ШЛЯХИ ОЦІНКИ ЇХ ПЕРСПЕКТИВНИХ КОНСТРУКЦІЙ	204
Белецкий Ю.В., Мирошникова М.В., Сергиенко А.В. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ.....	210

Горбунов М.І., Просвірова О.В., Ноженко В.С., Ковтанець М.В., Кравченко К.О. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВЕНТИЛЬОВАНОМУ ГАЛЬМОВОМУ ДИСКУ З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ	213
Черніков В.Д., Джуган А.М., Брагін М.І. МІНІМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ЗА РАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВАГОННОГО ПАРКУ	217
Кічкіна О.І. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОГО КОМПЛЕКСУ В СКЛАДІ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ	222
Оліскевич М. С. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОСТАЧАННЯ ЗА УМОВ ПРОГНОЗОВАНОЇ ЗМІНИ ПОПИТУ НА ПРОДУКЦІЮ	226
Горбунов Н.И., Ковтанець М.В., Ноженко Е.С., Ноженко В.С., Просвірова О.В., Черников В.Д. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПОДАЧИ АБРАЗИВНОГО МАТЕРІАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО ПНЕВМОДОЗИРОВАНИЯ	230
Білецький Ю.В., Сергієнко А.А., Найш Н.М. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ	236
Загорій К.Е., Шворнікова Г.М. СУЧАСНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	240
Міхєєв С.О. ОБґРУНТУВАННЯ КОНТРОЛЮ МАЛОЇ КІЛЬКОСТІ ПАРАМЕТРІВ МОДЕРНІЗОВАНОГО ТЕПЛОВОЗУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАН НА НАДІЙНІСТЬ	244
Зиньковский А.Н., Брагин Н.И., Трубихин О.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ И СЕРИЙНЫХ ТЕПЛОВОЗОВ ЧМЭЗ НА БЕЗОТКАЗНОСТЬ	248
Фалендиш А.П., Володарець М.В., Артеменко О.В. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІБРИДНОГО МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗАНА БАЗІ ЧМЕЗ	253
Іванченко Д.А. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ВЫБОРА ОБЪЕМА ИСПЫТАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА	257
Гурьева А. Г., Чернецка-Белецкая Н.Б. ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ	262
Ткаченко В.П., Сапронова С.Ю. ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЕКПАЖІВ ВІД СХОДУ З РЕЙОК	266
Анацький О.О., Бобрицький С.В. АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВАЮЧИХ НА ПУСКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ТЕПЛОВОЗІВ ТА ДОПОМІЖНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПОЛЕГШЕННЯ ПУСКУ	272

Грисюк Ю.С., Лабута А.В.

АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ ПАРТНЕРСТВА
ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В РОЗВИТКУ СИСТЕМ
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ПАРКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ276

Белозерова Я.А.

ВЫДЕЛЕНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИКТОРА
НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-РАЗЛОЖЕНИЯ ГОЛОСОВОГО СИГНАЛА.....280

Яровий Р.О.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МАНЕВРОВОГО ЛОКОМОТИВУ
З НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ У СИЛОВОМУ ЛАНЦЮГУ284

Білецький Ю.В., Бистрицький Р.В., Мірошникова М.В.

АНАЛІЗ СТАНУ ВАНТАЖНОЇ І КОМЕРЦІЙНОЇ РОБОТИ
І ТЕРМІНІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ288

Найш Н.М., Аксьонов М.В., Івченко Ж.М.

АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ,
ЯК ЗАСІБ ЕКОНОМІЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ293

Горобец В.Л., Бабяк Н.А., Ярмач А.Я., Бондарев А.М.

МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ
НАКЛАДОК ТОКОПРИЕМНИКОВ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА297

CONTENTS

Gushchin O., Chernetskaya-Beletskaya N. IMPROVEMENT OF PNEUMOTRANSPORT OF BULKS ON THE BASIS OF THE SYNERGETIC CONCEPTION.....	12
Kolodyazhnaya L., Glushko V. IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE BORDER CROSSING STATIONS THROUGH THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY AND LOGISTICS.....	17
Sumtsov A., Belan A., Kletska O. IMPROVING ENERGY EFFICIENCY SERVICE LOCATION LOCOMOTIVES	21
Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Miroshnykova M. PROSPECTS OF TECHNOLOGY BURNING LOW-GRADE COAL FUELS	25
Chigirik N., Sumtsov A., Biletskiy U. EXPERIENCE OF TECHNICAL MANUAL TRACTION ROLLING THE RAILWAYS OF EUROPE ...	29
Kolodyazhniy P. IMPROVE THE WEAR RESISTANCE GEARS LOCOMOTIVES BY SELECTING TECHNOLOGICAL WAY TO REINFORCING TREATMENT	33
Fomin O., Lovskaya A. RESEARCH OF EXPEDIENCE APPLICATION OF ROUND PIPES IS IN QUALITY ELEMENTS BEARINGS SYSTEMS OF RAILWAY CARRIAGES-PLATFORMS	38
Martinov I., Reidemeister O., Ravlyuk V., Ravlyuk N. DEFINITION OF PERMISSIBLE SPEEDS OF PASSENGER RAILROAD CARS DURING MALFUNCTIONS OF THE HYDRAULIC SHOCK ABSORBERS	46
Turpak S. IMPROVEMENT OF SIMULATION TECHNIQUE OF THE INPUT CAR TRAFFIC VOLUMES OF METALLURGICAL ENTERPRISES.....	51
Teslik A., Datsun Y., Zinkivskiy A. ANALYSIS OF MAINTENANCE SERVICE AND REPAIR ROLLING STOCK OF RAILWAYS EUROPE AND NORTH AMERICA	57
Beletsky Y., Gerchak M., Naish N. IMPROVING SYSTEM OF DISTRIBUTION LOCAL RAILWAY JUNCTION IN CARS	61
Drupaluk M. THE IMPACT OF TECHNOLOGY FEATURES DRY MOLDING CONCRETE PRODUCTS TRANSPORT FACILITIES ON THEIR PERFORMANCE PROPERTIES.....	64
Rogovyi A. CALCULATION FEATURES OF THE PNEUMATIC TRANSPORT INSTALLATIONS, CONSTRUCTED ON THE BASIS OF IRROTATIONAL CENTRIFUGAL PUMPS	68
Doshchechkin V., Rogovoj A., Romanjuk V. CREATION OF A HIGH-SPEED HIGHWAY ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF A CORRESPONDENCE MATRIX OF RAILWAY PASSENGER TRANSPORTATIONS.....	74
Datsun Y. THE CHOICE OF THE STRATEGY OF THE TECHNICAL SERVICE AND REPAIR OF LOCOMOTIVES BASED ON THE METHODS OF FUZZY LOGIC	77
Olxovska T.O. MODELLING OF PROCESS CREATION STOCK SPARE PARTS FOR THE MAINTENANCE OF LOCOMOTIVES	81

Semenov S., Mikhailov E. APPLICATION OF THE SIMILARITY THEORY FOR MODELING THE MOTION RESISTANCE OF THE RAIL VEHICLE.....	85
Anisimova T.I., Kasyanov M.A. SAFETY OF AUTOMOBILE TRANSPORT IN UKRAINE.....	90
Kichkin A.V. AUTOMATION OF THE TRAIN TRACTION CONTROL BASED ON RFID TECHNOLOGY	96
Beletsky Y., Danilina I., Shepitko O. INVESTIGATION METHODS FOR CALCULATING THE SIZE OF LOCAL TRAINS.....	100
Chernikov V., Nataluha N., Bragin N. IMPROVING FUNCTIONING MODELS OF STATIONARY OBJECTS RAILWAY AUTOMATICS ...	103
Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Soldatkin D. ANALYSIS OPTIONS FOR TRAFFIC CONTROL RAILWAYS IN TERMS OF UNEVEN	107
Obozny O. DETERMINATION OF DEPENDING OF MODIFICATION SPEED OF LOCOMOTIVE'S NODES PARAMETERS FROM OPERATING CONDITIONS	110
Gusentsova E. FAN WITH VARYING LENGTH OF BLADES	113
Chernetskaya-Beletskaya N., Sevruck K. SIMPLIFICATION OF CUSTOMS CONTROL THROUGH THE WIDESPREAD INTRODUCTION OF ELECTRONIC DECLARATION	117
Mikhailov E., Debija E. IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES IN THE TRANSPORTATION OF BULK CARGO.....	122
Parkhotko A. INFLUENCE OF INTEGRATION INTO INFORMATION SYSTEM AT THE AREA OF LOADING UNLOADING OF PORT ON PARKING TIME OF THE VESSEL.....	126
Beletsky Y., Budnikov E., Polyakova T. DEVELOPING PREDICTIVE MODELS VALUE OF FREIGHT CARS	130
Zholtikova K., Koval E., Pivovarova N., Rogovoy A., Husnutdinov I. PERFECTION OF RAILWAY STATION WORK BY METHODS OF IMITATING MODELLING	133
Chernetckaya-Beletskaya N., Ryazantseva A., Viter V. ANALYSIS OF QUALITY ASSURANCE PROCESSES FOR THE PRODUCTION OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL PRODUCTS IN RAILWAY TRANSPORT	138
Chernikov V., Semenov S., Molyakova K. ANALYSIS THE FUNCTIONING OF PASSENGER FACILITIES AT RAILWAY TRANSPORT.....	143
Beletskyj Yu., Semenov S., Goryushko Ya. IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF RAIL TRANSPORT BY CONTAINER CARRIAGE.....	148
Tarantsova V., Shvornikova A. ANALYSIS OF METHODS TO INCREASE ECONOMIC EFFICIENCY OF CEMENT DELIVERY BY RAIL	152
Chernikov V., Bodruhin O., Hilobok K. USING FORECASTING AS PART OF THE SYSTEM OF DECISION SUPPORT FOR OPTIMIZATION OF PLANT PROCESSES	157

Medvedeva O., Semenenko E., Vitushko O. CALCULATION OF PARAMETERS AND THE OPERATING MODES OF HYDROTRANSPORT COMPLEX WHEN DEVELOPING OF MAN-MADE PLACER FROM WASTE STORAGE AT ENRICHMENT	161
Beletsky Y., Baranov I., Gorbacheva Y. IMPROVING EFFICIENCY TRANSPORTATION PROCESS BASED ON THE MODEL OF BUILDING A SOLID THREAD TRAIN SCHEDULE	166
Gryndei E. MODAL ANALYSIS OF THE LEADING BOGIE FRAME OF THE DIESEL-MULTIPLE UNIT TRAIN OF D1 SERIES	170
Shevchuk P., Grindey P. MODAL ANALYSIS OF BOGIE FRAMES OF A DIESEL-MULTIPLE UNIT TRAIN DR1A	179
Chernetckaya-Beletskaya N., Shepit'ko O., Ryabchikov A. ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE THE SYSTEM FOR CARRIAGE FLOWS ORGANIZATION	185
Kasyanov M., Andrianova A., Andrianov V. ANALYSIS OF THE PROBLEMS OF PROFESSIONAL ADAPTATION TO INSTALLATION AND OPERATION OF THE CLIMATE TECHNOLOGY AS ONE OF TERMS OF IMPROVING INDUSTRIAL SAFETY	189
Ramazanov S., Veligura A., Ivanovska M. INFORMATION SUPPORT OF RAILWAY TRANSPORT OBJECTS LIFE CYCLE	194
Gorbunov M., Nozhenko O., Kara S., Kravchenko Kateryna, Kravchenko Kostyantyn, Makarova V. JUSTIFICATION OF TECHNICAL SOLUTIONS TO IMPROVE STRENGTH OF THE WAGON BOGIE	200
Yamshinsky M., Nazarenko V., Kravchenko K. ANALYSIS OF THE BRAKE PADS AND THE WAYS OF ASSESSING THEIR PERSPECTIVE DESIGNS	204
Beletsky Y., Miroshnykova M., Sergienko A. ANALYSIS INTERACTION BETWEEN DIFFERENT SYSTEMS OF TRANSPORT THROUGH THE DEVELOPMENT TRANSPORT AND LOGISTICS CHAINS IN MULTIMODAL TRANSPORT	210
Gorbunov N., Prosvirova O., Nozhenko V., Kovtanec M. Kravchenko K. THE STUDY OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN RAILWAY VENTILATED BRAKE DISK CONSIDERING THE PARAMETERS OF AIRFLOW	213
Chernikov V., Dzhuhan A., Bragin M. MINIMIZE OPERATING COSTS THROUGH OPTIMAL USE OF ROLLING STOCK	217
Kichkina O.I. SYSTEM ANALYSIS TRANSPORT - WAREHOUSE COMPLEX IN STRUCTURES LOGISTICS SYSTEM	222
Oliskevych M. THE RESEARCH OF THE STRUCTURE AND PARAMETERS OF TRANSPORTATION TECHNOLOGY SYSTEM OF MATERIAL SUPPLY UNDER PROJECTED CHANGES OF PRODUCTS DEMAND	226
Gorbunov N., Kovtanets M., Nozhenko O., Nozhenko V., Prosvirova O., Chernikov V. AUTOMATED SYSTEM FOR SUPPLYING ABRASIVE MATERIAL USING CONTROLLED PNEUMATIC DOSING	230

Beletsky Yu., Sergienko A., Naish N. THE IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY MANAGEMENT TRAFFIC WITH THE USE OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS	236
Zagoriy K., Shvornikova A. MODERN METHODS OF IMPROVING THE QUALITY OF SERVICE IN RAIL TRANSPORT	240
Mikheev S. SUBSTANTIATION OF CONTROL SMALL SCALE QUANTITY OF PARAMETERS IN UPGRADED LOCOMOTIVES START-RELIABILITY TESTING.....	244
Zinkivskiy A., Bragin N., Trubikhin O. USING UPGRADED MODEL FOR THE COMPARATIVE PERFORMANCE TESTING OF THE MODERNIZED AND SERIAL DIESEL LOCOMOTIVES ON FAILURE-FREE OPERATION	248
Falendish A., Volodarets M., Artemenko A. DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF HYBRID SHUNTING LOCOMOTIVE BASED CHME3	253
Ivanchenko D. METHODS AND MODELS FOR DETERMINING THE EXTENT OF TEST OF THE MODERNIZED TRACTION ROLLING STOCK.....	257
Gureva A., Chernetskaya N. FUNDAMENTALS OF MODELING OF PROCESSES OF MAINTENANCE OF LOCOMOTIVES	262
Tkachenko V., Sapronova S. EVALUATION OF STABILITY RAILWAY CARRIAGE DERAILMENT	266
Anatskiy O., Bobritskiy S. ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING STARTING CHARACTERISTICS AND DIESEL ENGINES ASSISTIVE DEVICES TO FACILITATE PUSKU	272
Grysjuk Y., Labuta A. ANALYSIS PREREQUISITE FOR REALIZATION OF PARTNERSHIP GROUND TRANSPORTATION IN THE DEVELOPMENT OF SYSTEMS MAINTENANCE AND REPAIR VEHICLE PARKS.....	276
Byelozorova Ya. THE ISOLATION SPEAKER IDENTIFICATION CHARACTERISTICS ON THE BASIS OF WAVELET DECOMPOSITION OF VOICE SIGNAL.....	280
Yarovoy R. MODELING TRACTION ELECTRIC DRIVE SHUNTING LOCOMOTIVES WITH ENERGY STORAGE IN THE POWER CIRCUIT.....	284
Beletsky Y., Bystritskiy R., Miroshnykova M. ANALYSIS OF THE CONDITION OF THE CARGO AND COMMERCIAL WORK AND TERMS OF DELIVERY OF CARGOES ON RAILWAYS OF UKRAINE	288
Naish N., Aksenov N., Ivchenko J. ANALYSIS OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS, AS A WAY OF ECONOMIC INTEGRATION OF UKRAINE.....	293
Horobets V., Babyak N., Yarmak A., Bondarev A. METHODOLOGY OF COMPLEX ESTIMATION OF OPERATING QVOLITIES OF ELECTRIC LOCO CURRENT COLLECTORS SHIN	297

УДК 627.867.82

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПНЕВМОТРАНСПОРТА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ

Гущин О.В., Чернецкая-Белецкая Н.Б.

IMPROVEMENT OF PNEUMOTRANSPORT OF BULKES ON THE BASIS OF THE SYNERGETIC CONCEPTION

Gushchin O., Chernetskaya-Beletskaya N.

Процессы взаимодействия движущегося воздушного потока с перемещаемыми сыпучими материалами в пневмотранспортном трубопроводе рассматриваются на основе синергетической концепции. Совершенствование и разработка новых высокоэффективных энергосберегающих способов пневматического транспортирования сыпучих материалов осуществляется с использованием структурированных режимов движения аэросмесей. Рассмотрены протекающие в пневмотранспортном трубопроводе бифуркационные процессы, формирование и особенности структурированных режимов течения аэросмесей.

Ключевые слова: пневмотранспорт, аэросмесь, синергетика, воздушный поток, сыпучий материал.

Введение. Дальнейший научно-технический прогресс, направленный на решение важнейших проблем, стоящих перед промышленностью Украины, в первую очередь топливных, энергетических, металлургических, строительных, экологических и других невозможен без повышения эффективности промышленного транспорта. Благодаря своей высокой производительности, непрерывному процессу перемещения насыпных грузов, высокой степени автоматизации и другим позитивным сторонам пневматический транспорт получил широкое распространение в различных отраслях промышленности. На промышленных предприятиях металлургического комплекса системами трубопроводного транспорта за год перемещается около 500 млн. тонн сырья, больше 40% которого составляют сыпучие грузы. Затраты на разработку транспортных систем составляют 30-45% себестоимости продукции, а эксплуатационные расходы достигают 30-50% стоимости оборудования. В этих условиях, совершенствование промышленного пневматического трубопроводного транспорта сыпучих материалов играет первостепенную роль.

На промышленных предприятиях широкое распространение получили высоконапорные пневмот-

транспортные установки, как известно, имеющие ряд существенных недостатков: высокая энергоемкость процесса транспортирования, большой расход воздуха, деградация частиц сыпучего материала в процессе перемещения, малые сроки службы магистральных трубопроводов, закупорка трубопроводов, необходимость очистки больших объемов воздуха, выбросы пыли в окружающую среду и др. [1, 2].

Разработка принципиально новых энергосберегающих, экологически чистых высокоэффективных способов пневматического транспортирования сыпучих материалов способствует улучшению технико-экономических показателей транспорта промышленных предприятий. Применение экологически чистого пневматического транспорта актуально как для больших грузопотоков, так и для небольших технологических систем. Задача рационального использования возможностей пневмотранспорта сыпучих материалов может быть решена на основе снижения энергозатрат на процесс транспортирования, уменьшения эксплуатационных расходов, повышении сроков службы и надежности установок и улучшения экологии окружающей среды.

Постановка проблемы. В связи с этим актуальной проблемой является разработка научно обоснованной концепции совершенствования пневматического транспорта сыпучих материалов. Данная концепция заключается в разработке новых энергосберегающих способов пневматического транспортирования сыпучих материалов, основанная на использовании структурированных режимов движения аэросмесей.

Анализ последних исследований и публикаций. Существующие способы пневматического транспортирования сыпучих материалов, как известно, обладают высокой энергоемкостью процесса транспортирования вследствие высокой скорости движения аэросмесей [1...7]. Пневматический транспорт с движением частиц во взвешенном состоянии являе-

тя наиболее изученным. В пневмотранспортном трубопроводе имеет место силовое взаимодействие газового потока с твердыми границами сыпучего материала и стенками трубопровода. Механизм этого взаимодействия определяет закономерности течения аэросмесей, влияет на потери давления по длине транспортного трубопровода, расход энергии на процесс транспортирования и износ транспортного трубопровода. Вопросы определения сопротивлений движению твердой и несущей компоненты рассмотрены в работах [8...16].

Современный подход к созданию пневмотранспортных установок, работающих при нетрадиционных режимах движения аэросмесей, базируется на исследованиях фазовых состояний и переходов аэросмесей, условий их формирования и сохранения на различных участках транспортного трубопровода [18, 19]. Улучшение технических показателей пневмотранспорта сыпучих материалов достигается интенсификацией массопереноса путем энергетической подпитки посредством дополнительно вдуваемых воздушных струй, созданием завихренности потока, вибрационным воздействием на сыпучий материал или объединенным действием нескольких факторов [20, 21]. Улучшению массопереноса способствуют и колебательные процессы, возникающие в трубопроводе, обусловленные структурированным движением аэросмесей и волнами «сжатия – разрежения» газоматериального потока.

Цель статьи. Целью работы является исследование взаимодействия воздушных потоков с движущимися в пневмотранспортном трубопроводе сыпучими материалами, установление закономерностей протекающих процессов и, на этой базе, разработка физических и научных основ создания высокоэффективных энергосберегающих способов пневматического транспортирования.

Результаты исследований. Исследования режимов движения гомогенных и гетерогенных потоков показали, что в пневмотранспортном трубопроводе наблюдается переход от ламинарного в устойчивое турбулентное движение через ряд промежуточных неустойчивых состояний по постоянно повторяющейся схеме (П↔Х) «Порядок↔Хаос» [22,23]. Формирование структурированных режимов движения аэросмесей в трубопроводе под воздействием дополнительно подводимого воздушного потока сопровождается возникновением бифуркационных зон в области вдуваемой воздушной струи (рис. 1, 2).

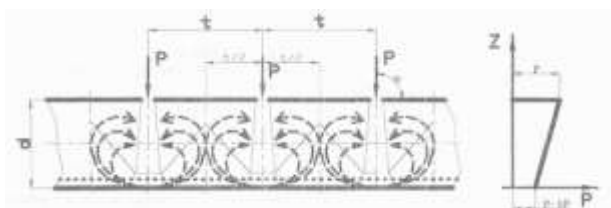


Рис. 1. Схема формирования вихревых структур аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе ($\alpha=90^0$)

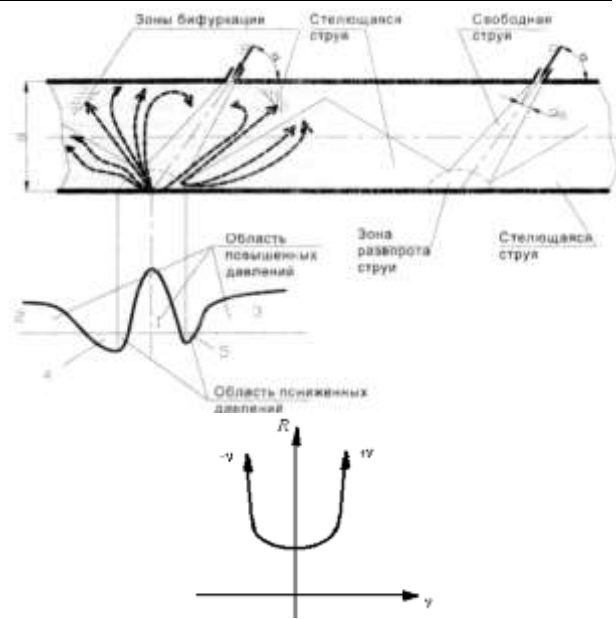


Рис. 2. Схема формирования бифуркационных зон в пневмотранспортном трубопроводе (угол атаки воздушной струи $\alpha=45^0$)

Течение i -го элемента газоматериального потока (рис.3) описывается системой уравнений:

$$(m_M + m_B) \left(\frac{dU}{dt} \right)_i + s(P_{i+1} - P_i) + \frac{U_i^2}{D} (m_B \lambda_B + m_M \lambda_M) = 0;$$

$$P_i = \rho_i RT_i; h_i = C_p T; \int_0^{l_0} \varepsilon_{B_i} \rho_{B_i} s de = G_B; \quad (1)$$

$$\int_0^{l_0} \varepsilon_{M_i} \rho_{M_i} s de = G_M; \quad \varepsilon_{B_i} + \varepsilon_{M_i} = 1,$$

где m_M, m_B – массы материала и воздуха входящего в i - q элемент протяженностью l_0 ; U_i – скорость центра тяжести элемента; s – площадь поперечного сечения материалопровода; D – диаметр материалопровода; P_{i+1}, P_i – статическое давление воздуха перед i -ой и за i -ой массой смеси; λ_M, λ_B – коэффициенты сопротивления движению соответственно несущей среды и транспортируемого материала; ρ_i – плотность несущего воздушного потока; R – газовая постоянная; T – температура по Кельвину; h_i – энтальпия газа; C_p – коэффициент теплоемкости газа при постоянном давлении; $\varepsilon_{M_i}, \varepsilon_{B_i}$ – объемные плотности воздуха и материала.

В результате решения системы уравнений критическое значение скорости $U_{кр}$ у выходного сечения пневмотранспортного трубопровода определяется из уравнения:

$$U_{\text{ед}} = b \left[1 + \sqrt{1 + 2 \frac{B(\chi - 1) - \chi \cdot k(1 + \mu_\phi) b^2}{b^2 [2\chi \cdot k - (\chi - 1)] (1 + \mu_\phi)}} \right], \quad (2)$$

где B – постоянная уравнения энергии; $\chi = c_p/c_v$ – отношение теплоемкостей при постоянном объеме;

k – коэффициент изменения интенсивности изменения энтальпии; b – ширина потока; μ_φ – массовая концентрация аэросмеси зависящая от соотношения скоростей несущего воздушного потока и твердой компоненты.

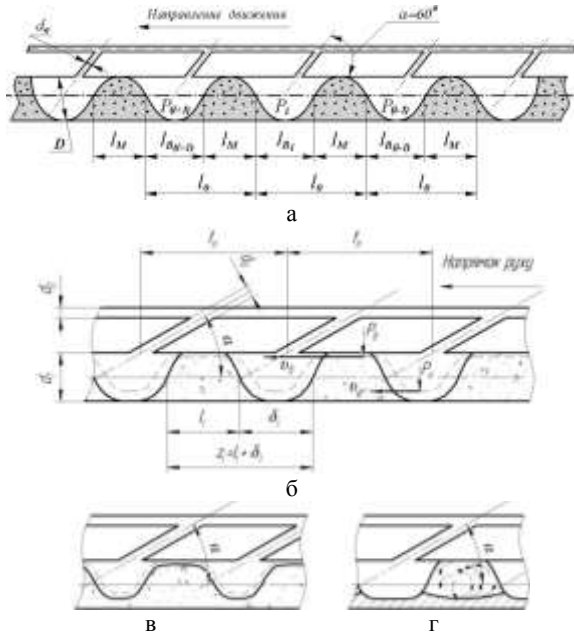


Рис.3. Схемы формирования структурированного движения аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе: порциями (а, б) и волнами (в, г)

Анализ графиков изменения критической скорости движения потока в зависимости от массовой концентрации смеси, построенных по уравнению (2), свидетельствует, что критическая скорость движения потока уменьшается с увеличением массовой концентрации (рис.4).

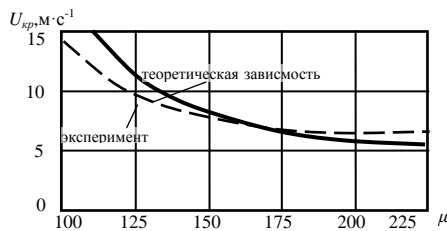


Рис. 4. Изменение критической скорости движения аэросмеси от её массовой концентрации при $T=300\text{K}$

При массовой концентрации $\mu=130\dots 200$ кг/кг, отвечающий стабильному структурированному движению, среднее значение скорости движения потока находится в пределах $5\dots 8$ м·с⁻¹, что согласуется с результатами экспериментальных исследований.

Анализ течения высококонцентрированных аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе показал, что структурированные режимы движения волновой и порционный характеризуются постоянными взаимными переходами. Процессы перехода

вызваны следующими возмущениями: набегающего воздушного потока, формой частиц и их положения по поперечному сечению материалопровода, шероховатостью внутренней поверхности трубы и самих частиц, изменением энтропии и постоянно протекающими осцилляционными процессами. Внутриволновая и внутриволновая турбулентность сопровождаются диссипацией энергии в масштабных вихревых структурах. Энергетическая подпитка для поддержания турбулентности осуществляется воздействием дополнительных воздушных потоков [24]. Визуализация на макроуровне рассматриваемых режимов движения аэросмесей показала, что упорядоченные структуры имеют место вдоль всего трубопровода, структуры повторяются как в направлении стелющегося потока, так и в общем направлении движения. Крупные структуры играют важную роль в механике переноса энергии сквозь развитую область автомодельного течения. Подобность структур турбулентности отображается в границах распределения, таких как перемеживаемость и нормированная частота прохождения границ распределения, для описания которых используются соотношения [25]:

$$\gamma = 0,5 - \exp\left[\frac{1}{0,41}\left(\frac{y - y_m}{b} - 0,11\right)\right];$$

$$\frac{f_v}{f_{vm}} = \exp\left[-0,5\left(\frac{y - y_m}{0,41b}\right)^2\right],$$
(3)

где γ – коэффициент перемеживаемости; y – поперечная координата; y_m – поперечная координата области с максимальной частотой прохождения границы раздела; b – ширина потока; f_v – частота прохождения границы раздела; f_{vm} – максимальная частота прохождения границы раздела.

График изменения $C_1 = C_1 = f(x/d)$ (рис. 5), построенный по результатам визуализации течения аэросмесей, подтверждает гипотезу об асимптотическом его приближении к своему автомодельному значению

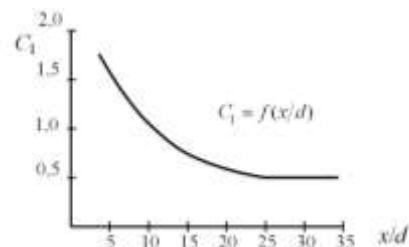


Рис. 5. Изменение критической скорости движения аэросмеси от её массовой концентрации при $T=300\text{K}$

Выводы. 1 Современный подход к совершенствованию и созданию новых высокоэффективных пневмотранспортных установок для сыпучих мате-

риалов базирується на исследованиях фазовых состояний, условий формирования аэросмесей и их сохранения на различных участках пневмотранспортного трубопровода. Улучшение технических показателей пневмотранспорта достигается интенсификацией массопереноса путем использования структурированных режимов движения аэросмесей, т.е. волнового и порционного.

2 Разработана концепция самоорганизации и управления движением двухкомпонентного гомогенного и гетерогенного потоков в пневмотранспортном трубопроводе. Разработаны физические и математические модели массопереноса сыпучих материалов при структурированных режимах движения аэросмесей. Обосновано, что наиболее перспективным является использование волнового или порционного режимов движения аэросмеси, для которых разность скоростей несомой и несущей компоненты минимальна.

3 Объяснение явлений, протекающих при движении аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе, позволило наметить и осуществить ряд новых технических решений по совершенствованию пневматического транспорта сыпучих материалов на основе использования структурированных режимов движения аэросмесей.

Л и т е р а т у р а

- Смолдырев А.Е. Трубопроводный транспорт / А.Е. Смолдырев. – М.: Недра, 1980. – 293с.
- Волошин А.И. Механика пневмотранспортирования сыпучих материалов / А.И. Волошин, Б.В. Пономарев. – К.: Наук. думка, 2001. – 519с.
- Смолдырев А.Е. Гидро и пневмотранспорт в металлургии / А.Е. Смолдырев. – М.: Металлургия, 1985. – 280с.
- Потураев В.Н. Вибрационно-пневматическое оборудование сыпучих материалов / В.Н. Потураев, В.И. Волошин, Б.В. Пономарев. – К.: Наук. Думка, 1989. – 248с.
- Клячко Л.С. Пневматический транспорт сыпучих материалов / Л.С. Клячко, Э.Х. Одельский, Б.М. Хрусталев. – Минск: Наука и техника, 1983. – 216с.
- Разумов И.М. Псевдооживление и пневматический транспорт сыпучих материалов / И.М. Разумов. – М.: Химия, 1984. – 346с.
- Островский Г.М. Прикладная механика неоднородных сред / Г.М. Островский. – СПб.: Наука, 2000. – 359с.
- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1978. – 736с.
- Бусройд Р. Течение газа со взвешенными частицами / Р. Бусройд. – М.: Мир, 1975. – 378с.
- Соу С. Гидродинамика многофазных систем / С.Соу. – М.: Мир, 1971. – 536с.
- Михаэлидис Е.Е. Движение частиц в газовом потоке. Средняя скорость и потеря давления / Е.Е. Михаэлидис // Теоретические основы инженерных расчетов. Труды Американского общества инженеров-механиков. – М.: Мир, 1988. № 1. – С. 276-288.
- Цой Ё.Д. Исследование турбулентного течения в трубе газа с взвешенными твердыми частицами / Ё.Д. Цой // Теоретические основы инженерных расчетов. Труды Американского общества инженеров-механиков. – М.: 1983, №3. – С. 166-172.
- Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред / Р.И. Нигматулин. – М.: Наука, 1987. – 464с.
- Gousthine V. Synergetyczna koncepcja opracowywania nowych instalacji transport pneumatycznego dla przemyslu odlewniczego / V. Gousthine // nowoczesne odlewnicze. – Ochrona srodowiska, III miedzyna, rodnova konferengja. Krakow, 7-9 wrznsnia, 2000. – P. 69-76.
- Dmitrienko D. Modeling the motion of particles in the pneumatic transport mills / D. Dmitrienko, S. Lenich // Teca Kom. of Mot. and Energ. in Arg. – 2012, Vol. 12, № 3, P.19-23
- Нечаев Г.І. Моделювання руху частинок вугілля в пневмотранспортних подріблювальних установках / Г.І. Нечаєв, Д.В. Дмитренко, С.В. Леніч // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Далі. – Луганськ, 2012. - №9(180) частина 1. – С. 71-76.
- Гущин В.М. Нова концепція та її реалізація в розробках високоефективних засобів пневматичного транспортування сипучих матеріалів / В.М. Гущин // Машинознавство, 2000, №2 (23). – С. 39-43.
- Гущин В.М. Анализ режимов движения аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе / В.М. Гущин // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. 36. Наук. Праць. – Краматорськ, 2010. - №1 (18). – С. 78-83.
- Гущин В.М. Интенсификация процессов пневматического транспортирования сыпучих материалов / В.М. Гущин // Промислова гідраліка і пневматика. – 2004. - №2 (4). – С. 29-32.
- Гущин В.М. Управление и интенсификация процессов пневматического транспортирования сыпучих материалов струйным воздействием воздушного потока / В.М. Гущин, О.В. Гущин // Теорія і практика будівництва. – 2009. - №5. – С. 6-15.
- Гущин В.М. Управление движением аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе струйным воздействием воздушного потока / В.М. Гущин // Промислова гідраліка і пневматика. – 2006. - №4 (10). – С. 21-25.
- Хакен Г. Информация и самоорганизация: макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен // Пер. с англ. – М.: Наука, 1991. – 204с.
- Берже П. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности / П. Берже, И. Помо, К. Видаль. – М.: Мир, 1991. – 368с.
- Гущин В.М. Новые пневмотранспортные установки для перемещения сыпучих материалов / В.М. Гущин // Зб. наук. праць. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – К.: Вип. 55, 2000. – С. 70-74.
- Абрамович Н.Г. Теория турбулентных струй / Н.Г. Абрамович. – М.: Гл. ред. физ-мат. лит-ры., 1984. – 716с.

References

- Smoldyrev A.E. Truboprovodnyj transport / A.E. Smoldyrev. – М.: Nedra, 1980. – 293s.
- Voloshin A.I. Mehanika pnevmotransportirovaniya sypuchih materialov / A.I. Voloshin, B.V. Ponomarev. – К.: Nauk. dumka, 2001. – 519s.
- Smoldyrev A.E. Gidro i pnevmotransport v metallurgii / A.E. Smoldyrev. – М.: Metallurgiya, 1985. – 280s.
- Poturaev V.N. Vibracionno-pnevmaticheskoe oborudovanie sypuchih materialov / V.N. Poturaev, V.I. Voloshin, B.V. Ponomarev. – К.: Nauk. Dumka, 1989. – 248s.

5. Klyachko L.S. Pnevmaticheskij transport sybuchih materialov / L.S. Klyachko, È.H. Odel'skij, B.M. Hrustalev. – Minsk: Nauka i tehnika, 1983. – 216s.
 6. Razumov I.M. Pseudoojijenie i pnevmaticheskij transport sybuchih materialov / I.M. Razumov. – M.: Himiya, 1984. – 346s.
 7. Ostrovskij G.M. Prikladnaya mehanika neodnorodnyh sred / G.M. Ostrovskij. – SPB.: Nauka, 2000. – 359s.
 8. Lojcyanskij L.G. Mehanika jidkosti i gaza / L.G. Lojcyanskij. – M.: Nauka, 1978. – 736s.
 9. Busrojd R. Techenie gaza so vzveshennymi chasticami / R. Busrojd. – M.: Mir, 1975. – 378s.
 10. Sou S. Gidrodinamika mnogofaznyh sistem / S.Sou. – M.: Mir, 1971. – 536s.
 11. Mihaelidis E.E. Dvijenie chastic v gazovom potoke. Srednââ skorost' i poterâ davleniâ / E.E. Mihaelidis // Teoreticheskie osnovy inženernyh raschetov. Trudy Amerikanskogo obščestva inženirov-mehanikov. – M.: Mir, 1988. № 1. – S. 276-288.
 12. Coj E.D. Issledovanie turbulentnogo techeniya v trube gaza s vzveshennymi tverdyimi chasticami / E.D. Coj // Teoreticheskie osnovy inženernyh raschetov. Trudy Amerikanskogo obščestva inženirov-mehanikov. – M.: 1983, №3. – S. 166-172.
 13. Nigmatulin R.I. Dinamika mnogofaznyh sred / R.I. Nigmatulin. – M.: Nauka, 1987. – 464s.
 14. Gousthine V. Synergetychna koncepcija opracowywania nowych instalacji transport pneumatycznego dla przemysłu odlewniczego / V. Gousthine // nowoczesne odlewnicze. – Ochrona srodowiska, III miedzyna, rodnova konferencja. Krakow, 7-9 wrzsnia, 2000. – P. 69-76.
 15. Dmitrienko D. Modeling the motion of particles in the pneumatic transport mills / D. Dmitrienko, S. Lenich // Teca Kom. of Mot. and Energ. in Arg. – 2012, Vol. 12, № 3, P.19-23/
 16. Nechaev G.I. Modelyuvannya ruhu chastinok vugillya v pnevmotransportnye podriblival'nih ustanovkah / G.I. Nechaev, D.V. Dmitrienko, S.V. Lenich // // Visnik Shidnoukrains'kogo nac. un-tu im. V. Dalja. – 2012. - №9(180) chastina 1. – S. 71 – 76.
 17. Guschin V.M. Nova koncepcija ta її realizacija v rozrobkah visokoeffektivnih zasobiv pnevmatichnogo transportuvannya sipuchih materialiv / V.M. Guschin // Mashinoznavstvo, 2000, №2 (23). – S. 39-43.
 18. Guschin V.M. Analiz rejimov dvijeniya aerosmesej v pnevmotransportnom truboprovode / V.M. Guschin // Visnik donbas'koï derjavnoï mashinobudivnoyi akademiyi. Zb. Nauk. Prac'. – Kramators'k, 2010. - №1 (18). – S. 78-83.
 19. Guschin V.M. Intensifikacija processov pnevmaticheskogo transportirovaniya sybuchih materialov / V.M. Guschin // Promislova gidravlika i pnevmatika. – 2004. - №2 (4). – S. 29-32.
 20. Guschin V.M. Upravlenie i intensifikacija processov pnevmaticheskogo transportirovaniya sybuchih materialov strujnym vozdeystviem vozdushnogo potoka / V.M. Guschin, O.V. Guschin // Teoriya i praktika budivnictva. – 2009. - №5. – S. 6-15.
 21. Guschin V.M. Upravlenie dvijeniem aerosmesej v pnevmotransportnom truboprovode strujnym vozdeystviem vozdushnogo potoka / V.M. Guschin // Promislova gidravlika i pnevmatika. – 2006. - №4 (10). – S. 21-25.
 22. Haken G. Informaciya i samoorganizaciya: makroskopicheskij podhod k slojnym sistemam / G. Haken // Per. sangl. – M.: Nauka, 1991. – 204s.
 23. Berje P. Poryadok v haose. O deterministskom podhode k turbulentnosti / P. Berje, I. Pomo, K. Vidal'. – M.: Mir, 1991. – 368s.
 24. Guschin V.M. Novye pnevmotransportnye ustanovki dlya peremesceeniya sybuchih materialov / V.M. Guschin // Zb. nauk. prac'. Girnichi, budivel'ni, dorojni ta meliorativni mashini. – K.: Vip. 55, 2000. – S. 70-74.
 25. Abramovich N.G. Teoriya turbulentnyh struj / N.G. Abramovich. – M.: Gl. red. fiz.-mat. lit.-ry., 1984. – 716s.
- Гущин О.В., Чернецкая-Белецкая Н.Б. Вдосконалення пневмотранспорту сипких матеріалів на основі синергетичної концепції.**
- Процеси взаємодії повітряного потоку з сипким матеріалом, що рухається у пневмотранспортному трубопроводі, розглядаються на основі синергетичної концепції. Вдосконалення та розробка новітніх вискоелективних енергозберігаючих засобів пневматичного транспортування сипких матеріалів виконується з використанням структурованих режимів руху аеросумішей. Розглянуто біфуркаційні процеси, які мають місце у пневмотранспортному трубопроводі і особливості формування та руху структурованих режимів течії аеросумішей.*
- Ключові слова:** пневмотранспорт, аеросуміш, синергетика, повітряний потік, сипкий матеріал.
- Gushchin O., Chernetskaya-Beletskaya N. Improvement of pneumotransport of bulks on the basis of the synergetic concept.**
- Processes of interaction of a moving air stream with moved bulks in the pneumotransportny pipeline are considered on the basis of the synergetic concept. Improvement and development of new highly effective energy saving ways of pneumatic transportation of bulks is carried out with use of the structured modes of movement of aero mixes. Bifurcation processes proceeding in the pneumotransport pipeline are considered, formation and features of the structured modes of a current aerosme-sow.*
- Improving the technical performance of pneumatic intensification of mass transfer is achieved through the use of structure-tered driving modes fuel mixture, ie, wave and a la carte.*
- Keywords:** pneumotransport, aero mix, synergetics, air stream, bulk.
- Гущин О.В.** – к.т.н., докторант СХУ ім. В. Даля.
e-mail: app@dgma.donetsk.ua
- Чернецка-Білецька Н.Б.** – д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.
- Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

УДК 656.13:656.212

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ І ЛОГІСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Колодяжна Л.Г., Глушко В.І.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE BORDER CROSSING STATIONS THROUGH THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY AND LOGISTICS

Kolodyazhnaya L., Glushko V.

У статті проаналізовано існуючі інформаційні технології управління вагонопотоками. Проаналізовано використання діючих інформаційних систем управління перевізним процесом. Встановлено наявність недоліків, пов'язаних з ручним введенням інформації, відсутністю зв'язку з системами станційної централізації. Існуючі системи орієнтовані тільки на вирішення інформаційних задач з надання довідок і звітів. Проаналізовано технології функціонування прикордонної передавальної станції при виконанні додаткової маневрової роботи із затриманими вагонами. Доведено, що удосконалення роботи прикордонних передавальних станцій за рахунок застосування логістичних технологій дозволяє скоротити вагоно-години простою в очікуванні перевантажувальної операції та знизити витрати на маневрові операції по збиранню та доставці порожніх платформ для навантаження транспортної партії великотоннажних контейнерів.

Ключові слова: вагонопотоки, інформаційні технології, управління перевізним процесом, прикордонні передавальні станції, логістичні технології, перевантажувальні операції.

Вступ. В умовах ринкової економіки у забезпеченні нормальних взаємовідносин із закордонними країнами важлива роль належить прикордонним станціям, через які проходять близько 60% імпорتنих і більш ніж 40% експортних вантажів, перевезених у міжнародних сполученнях.

Ефективність роботи залізниць при перевезенні вантажів у міжнародному сполученні залежить від роботи прикордонних передавальних станцій (ППС). Безперешкодний пропуск вагонопотоків забезпечується за рахунок раціональної технології обробки експортно-імпортного вагонопотоку, передачі вантажів з однієї країни в іншу. Це досягається шляхом впровадження удосконаленої технології управління вагонопотоками на прикордонних передавальних станціях. Особливо це важливо при виконанні додаткової маневрової роботи із затриманими вагонами на прикордонних перевантажувальних станціях (ППВС). На

таких станціях є значні простої вагонів в очікуванні перевантажувальної операції з вагонів колії 1435 мм у вагони колії 1520 мм, переважно платформ з великотоннажними контейнерами. Актуальність роботи полягає в тому, що виникає необхідність зменшення непродуктивних простоїв платформ та раціонального використання вагонного парку на підставі логістичної технології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною реалізації цієї технології є впровадження сучасних інформаційно-керуючих систем з використанням інтелектуальних підходів.

Для удосконалення функціонування інформаційної підсистеми прикордонних передавальних станцій у роботі [1] запропоновано введення електронної передачі митних документів між країнами, удосконалення лінії обробки інформації, об'єднання операцій, розробку єдиних тарифів для країн-партнерів з міжнародних транзитних перевезень, за допомогою яких частка затриманих вагонів для деяких станцій зменшилась у 1,5 рази.

Розв'язанню проблеми підвищення ефективності роботи прикордонних передавальних станцій, застосування інформаційних і логістичних технологій в експлуатаційній роботі приділена значна увага також у працях провідних фахівців.

На основі аналізу попередніх досліджень щодо удосконалення роботи прикордонних станцій, встановлено, що не в повній мірі розглянуто питання виконання додаткової маневрової роботи на ППС, пов'язаної з неприйманням вагонів прикордонною станцією та поверненням їх назад до суміжної країни, а також із затриманням вагонів на станції. У роботах недостатньо досліджено питання використання сучасних логістичних технологій в умовах ППС. Аналіз наукових досліджень функціонування прикордонних передавальних станцій довів, що в основному вони присвячені технології перетинання вагонопотоків ко-

рдону та обробки перевізних документів з урахуванням митних та інших операцій. Тому необхідність удосконалення функціонування прикордонної передавальної станції є сучасною проблемою, що вимагає подальшого вирішення

В умовах ринку транспортних послуг гостро постають питання підвищення ефективності роботи залізничного транспорту, в тому числі прикордонних станцій, зниження витрат, зменшення вартості перевезень, дотримання термінів доставки вантажів і забезпечення їх схоронності. Виконання таких вимог можливо завдяки використанню в перевізному процесі інформаційних систем.

Мета. Метою роботи є удосконалення роботи прикордонних передавальних станцій на основі логістичної технології управління вагонопотоками. Для реалізації зазначеної мети визначені такі задачі дослідження:

- аналіз роботи прикордонних передавальних станцій в Україні та за кордоном;
- аналіз технології функціонування прикордонної передавальної станції при виконанні додаткової маневрової роботи із затриманими вагонами;
- аналіз логістичної технології в умовах прикордонної перевантажувальної станції при управлінні вагонопотоками, що надходять із суміжної держави залізничним і автомобільним транспортом;
- економічне обґрунтування ефективності впровадження запропонованої технології.

Матеріали та результати досліджень Прикордонні передавальні станції можуть бути безперевантажувальними та перевантажувальними. На прикордонних передавальних станціях забезпечується виконання встановлених розмірів руху, операції з прийому, відправлення, розформування та формування поїздів, технічного та комерційного оглядів і ремонту вагонів, перевантаження вантажів, перестановки візків, а також прикордонного, митного, ветеринарного, фітосанітарного, екологічного, санітарно-епідеміологічного контролів [2-4].

На об'єднаних передавальних станціях технічні, комерційні, перевантажувальні операції, прикордонний та митний контроль виконуються спільно агентами обох країн, що прискорює обробку вагонів та скорочує їх простой. Вантажні поїзди, оглянуті та прийняті агентами обох сторін до кордону між двома залізницями прямують без зупинки.

Аналіз сучасної технології роботи прикордонних станцій показав, що на багатьох ППС пункти комерційного огляду (ПКО) облаштовані автоматизованою системою комерційного огляду поїздів і вагонів. Автоматизована система дозволяє проводити комерційний огляд составів у процесі їх руху з моніторів, встановлених у приміщеннях працівників ПКО. Ця система дозволила скоротити комерційний огляд поїздів у середньому на 20 хвилин.

На прикордонних перевантажувальних станціях діють автоматизовані системи керування (АСК) обслуговуванням великих прикордонних перевантажувальних районів. Автоматизовано облік переходу че-

рез кордон як іноземних, так і вітчизняних вагонів і контейнерів. Це дозволяє реалізовувати автоматизоване поточне та змінно-добове планування роботи кожного підрозділу перевантажувальних районів.

В Укрзалізниці розроблено ряд автоматизованих програм, що дозволили в електронному вигляді створити базу перевізних документів і використовувати її всіма учасниками перевізного процесу [5-7].

Зараз автоматизовані системи контролюють більше сотні технічних, комерційних та експлуатаційних характеристик вагону. Працівник станції без автоматизованої системи не може визначити приналежність вагона, його термін експлуатації (при здаванні в оренду), пробіг, під який вантаж його можна використовувати та інше. Все це впливає на швидкість і правильність прийняття рішень [8].

Інформаційно-керуючі системи (ІКС) на залізничному транспорті мають все більш велике значення. Важливою передумовою якісного транспортного обслуговування залізничним транспортом є забезпечення перевезень логістичною інформацією - про послуги, про підхід вагонів, просування вантажів і можливі схеми доставки.

Удосконалення технологій роботи транспортних систем можливо за рахунок впровадження ІКС, які побудовані на моделях з урахуванням логістичних принципів [9, 10]. Впровадження логістичних принципів у технологію перевезень базується на використанні сучасних ІКС [11].

Вирішенню задачі застосування інформаційних систем в експлуатаційній роботі приділена значна увага в багатьох працях [12-18]. У роботі [19] визначені перспективи розвитку інформаційних систем управління перевізним процесом з метою інтеграції існуючих інформаційних систем в єдину інформаційно-керуючу систему. Застосування логістичних технологій і базових підходів щодо забезпечення інтероперабельності в логістичних підсистемах спрямовано на оптимізацію транспортного процесу [20].

На основі аналізу зазначених досліджень встановлено, що не в повній мірі розглянуто питання формування інформаційно-керуючих систем прикордонних передавальних станцій. У роботах не приділено достатньої уваги питанням автоматизації технологічних процесів з урахуванням інтелектуальних підходів до технології управління вагонопотоками на прикордонних станціях.

Аналіз використання діючих інформаційних систем управління перевізним процесом довів, що при їх багатьох перевагах все ж таки вони мають свої недоліки:

- орієнтація на ручне введення інформації, що не дозволяє досягнути високої оперативності та достовірності інформаційної бази АСК;

- відсутність зв'язку з системами станційної централізації (електричної централізації, гіркової автоматичної централізації), що не дає можливість отримання достовірної інформації про переміщення рухомих об'єктів (поїздів, вагонів, локомотивів);

– орієнтація тільки на вирішення інформаційних задач з надання довідок і звітів.

Потенційні можливості існуючих інформаційних систем дозволяють використати їх в якості основи для нових керуючих систем.

У сучасних умовах велике значення має забезпечення виконання потреб учасників транспортного бізнесу до швидкості проходження вантажів по залізницях, їх скоронності, в наданні повного циклу якісних логістичних послуг.

Економічна ефективність впровадження автоматизованої логістичної технології підтверджується розрахунками комплексу показників: величиною економічного ефекту за розрахунковий період реалізації запропонованих рішень; строком окупності одноразових інвестиційних витрат.

Економічний ефект від впровадження автоматизованої логістичної технології типу в умовах прикордонної перевантажувальної станції забезпечується за рахунок:

– скорочення вагоно-годин простою в очікуванні перевантажувальної операції;

– зниження витрат на маневрові операції по збиранню та доставці порожніх платформ колії 1520 мм для навантаження транспортної партії великотоннажних контейнерів.

Висновки. 1. Для ефективної організації та управління роботою прикордонних перевантажувальних станцій буде доцільним впровадження автоматизованої логістичної технології управління вагонопотоками. 2. Аналіз використання діючих інформаційних систем управління перевізним процесом довів, що вони мають свої недоліки: орієнтація на ручне введення інформації; відсутність зв'язку з системами станційної централізації, що не дає можливості отримання достовірної інформації про переміщення рухомих об'єктів (поїздів, вагонів, локомотивів); орієнтація тільки на вирішення інформаційних задач з надання довідок і звітів.

Л і т е р а т у р а

- 1 Кіхтева Ю.В. Удосконалення функціонування інформаційної підсистеми прикордонних передавальних станцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01 "Транспортні системи" / Ю.В. Кіхтева. – Харків, УкрДАЗТ, 2010. – 20 с.
- 2 Контейнери и крупнотоннажные контейнеры / [Л.А. Коган, Г.П. Ефимов, А.Т. Дерибас, Т.И. Петрова]. – М.: Трансжелдориздат, 1962. – 188 с.
- 3 Типовий технологічний процес роботи сортувальної станції. – К.: Транспорт України, 1998. – 201 с.
- 4 Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте: учебник / Под ред. А.А. Смехова. – М.: Транспорт, 1990. – 352 с.
- 5 Емелина М.А. Электронный обмен данными с зарубежными дорогами / М.А. Емелина // Автоматика, связь, информатика. – 2005. – №6. – С. 54 – 57.
- 6 Зябиров Х.Ш. Развивать электронный документооборот при перевозках грузов в международном сообщении / Зябиров Х.Ш. // Железнодорожный транспорт. – 2005. – № 7. – С. 12 – 15.

- 7 Илларионов А.В. Автоматизированная система электронного документооборота: внедрение и перспективы развития / А.В. Илларионов // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 10. – С. 22 – 30.
- 8 Сачко В.И. Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений / В.И. Сачко, В.А. Тартынский // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 8. – С. 43-46.
- 9 Панкратов В.И. Организация та управління системою промислового залізничного транспорту на основі принципів логістики: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01 "Транспортні системи" / В.И. Панкратов. – Харків, УкрДАЗТ, 2008. – 20 с.
- 10 Панкратов В.И. Удосконалення технології роботи залізничного транспорту незагального користування на базі інформаційно-керуючої системи / В.И. Панкратов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 85. – С. 12 – 24.
- 11 Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах: учеб. для вузов ж.-д. тр-та / В.А. Гапанович, А.А. Грачев и др.; под ред. В.И. Ковалева, А.Т. Осьминина, Г.М. Грошева. – М.: Маршрут, 2006. – 544 с.
- 12 Алексенов С., Рейтенбах А., Дубейко А. Информационные системы в транспортной логистике / С. Алексенов, А. Рейтенбах, А. Дубейко // Прикладная логистика. – 2008. – №3. – С.53 – 54.
- 13 Жуковский Е.М. Повышение эффективности автоматизированных систем управления сортировочными станциями / Е.М. Жуковский, Н.А. Сапунов // Межвуз. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ДИИТ, 1981. – Вип. 218/10. – С. 22 – 25.
- 14 Интегрированная АСУ станции в действии / [В.В. Новичихин, В.А. Никандров, А.И. Поздняков, Д.А. Соснов] // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 8. – С. 28 – 31.
- 15 Міжнародні організації, конвенції та багатосторонні угоди в галузі транспорту. Т. 3: Залізничний транспорт: посібник / За ред. Редзюка А.М., Матвіїв І.Б. – К.: ДП «Державтотрансдніпроект», 2006. – 216 с.
- 16 Смехов А.А. Развитие автоматизированной системы управления грузовой работой / А.А. Смехов. – М.: Транспорт. 1996. – 144с.
- 17 Тулулов Л.П. Автоматизированные системы управления перевозочными процессами на железных дорогах: учеб. пособ. для вузов / Л.П. Тулулов, Е.М. Жуковский, А.М. Гусятинер. – М.: Транспорт, 1991. – 208 с.
- 18 Ушпик С.А. Взаимодействие АСУ пограничных станций / С.А. Ушпик, А.С. Балалаев // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 34 – 38.
- 19 Централізація інформаційних ресурсів та формування корпоративного інформаційного середовища на залізничному транспорті / Т.А. Мукмінова, В.Д. Міненко, О.П. Бочаров // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 4. – С.11 – 14.
- 20 Левківський О.П. Вибір стратегії формування транспортного процесу різних видів транспорту на базі логістичних принципів / О.П. Левківський О.П. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків, 2008. – № 4. – С. 9 – 20.

References

1. Kihiteva Udoskonalennya funktsionuvannya informatsiynoi pidsystemi prikordonnih peredavaynih stantsiy: Author. dis. in zdobuttya Scientiarum. Candidate scaena. tehn. Scientiarum: 05.22.01 "Transportni System" / JV Kihiteva.– Kharkiv.– UkrDAZT, 2010. – XX p.

2. Contrailers magna continentia ac / [LA Kogan, GP Efimov, AT Deribas, TI Petrov]. – M.: Transzheldorizdat, 1962. – CLXXXVIII p.
3. Praeterea, rationes rerum, tehnologichny sortuvalnoї stantsii robot. – M. Nulla Ucraina, 1998. – CCI p.
4. Procuratio of commercial oneris, et opus in Railway onerariis: Textbook / Ed. AA Smehova. – M. Asportarent, 1990. – CCCLII p.
5. Emelin MA Electronic data commercio cum peregrinis itinerum / MA // Emelin Automation, Communications, Science. – 2005 – №6. – S. LIV- LVII.
6. Zyabirov Kh.Sh. Evolvere electronic document in bonis in supplemento traicere internationale commercii / Zyabirov Kh.Sh. Rail // – 2005 – № 7.– pp XII - XV.
7. A. Illarionov Electronic Automated document management system: et executionem progressionem spes / AV Rail Illarionov // – 2009. – № 10. – S. XXII - XXX.
8. Sachko VI Information et analytica arbitrium firmamentum ratio / VI Net, VA Rail Tartynsky // . – 2010. – № 8. – S. 43-46.
9. Pankratov V.I. Quod ratio Organizatsiya upravlinnya Promyslova Zaliznicnovo Transport osnovi printsipiv logistiki: Author. dis. in zdobuttya Scientiarum. Candidate scaena. tehn. Scientiarum: 05.22.01 "Transportni System" / V.I. Pankratov.Kharkiv, UkrDAZT, 2008. – XX p.
10. Pankratov V.I. Udoskonalennya tehnologii Zaliznicnovo Transport nezagalnogo koristuvannya in robot-bazi informatsiyno keruyuchoї ratio / V.I. ST Pankratov // . Scientiarum. Pratzen UkrDAZT. – Kharkiv: UkrDAZT, 2007.– VIP. 85.– P. XII - XXIV.
11. Ratio Automation administratione Africa et in negotiatione railways: Phil. Quae de universitatibus railroad tr-ta / VA Gapanovich, AA Grachev, etc.; sub. Ed. VI Kovalev, AT Osmalina, GM Groshev. – M.: Route, 2006. – DXLIV p.
12. S. Aleksenov, Reytenbah A., A. Dubeyko Information in onerariis logistics ratio / C. Aleksenov, Reytenbah A., A. De Logistics Dubeyko // . – 2008 – №3. – P.53 - LIV.
13. Zhukovsky EM Automated control ratio pro melioremque efficientiam et optime navalibus / EM Zhukovsky, NA // Breather Intercollege. Sat. scientificae. Tr Dnepropetrovsk:– DTIS 1981.–Vol. 218/10. – S. XXII - XXV.
14. Processus integrated control cuiusque actio 14. / [V. Novichikhin, VA Nikandrov, AI Pozdnyakov, DA Sasnou] // Rail.– 2010.— № 8.– S. XXVIII - XXXI.
15. Mizhnarodni organizatsii, qui autem ad orientem konventsii bagatoronni Transport. Volume III: Zaliznichny onerariis: posibnik / Ed enim. Redzyuka AM, Matviiva I.B. – K.: DP "Derzhavtotransdniproekt", 2006. – CCXVI p.
16. AA Smekhov An automated progressio imperium ratio de onerariis operationes / AA Risus. – M.: Transport. 1996. – 144c.
17. Tulupov LP Quia ratio in railways Automated negotiatio imperium: Phil. beneficia. pro scholis / LP Sheepskins, EM Zhukovsky, AM Gusyatiner. – M. Asportarent, 1991. – CCVIII p.
18. Ushpik SA Fusarium ACS terminum statuerit / SA Ushpik, AS // Balalae Railway trans portum. – 2006. – № 7. – pp XXXIV - XXXVIII.
19. Tsentralizatsiya informatsiynih resursiv qui formuvannya corporatum in informatsiynogo seredovischa zaliznichnomu transporti / TA Mukminova, VD Minenko, OP // Bocharov Zaliznichny onerariis Ucraina. – 2007. – № 4. – p.11 - XIV.
20. Levkivsky OP Vibir strategii formuvannya onerariis processus riziniv vidiv bazi logistichnih printsipiv Transport / OP Levkivsky OP // Informatsiyno keruyuchi system-on zaliznichnomu transporti.Kharkiv. –2008. – № 4.– S. IX - XX.

Колодяжная Л.Г., Глушко В.И. Повышение эффективности работы пограничных передаточных станций за счет применения информационных и логистических технологий.

В статье проанализированы существующие информационные технологии управления вагонопотоками. Проанализировано использование действующих информационных систем управления перевозочным процессом. Установлено наличие недостатков, связанных с ручным введением информации, отсутствием связи с системами станционной централизации. Существующие системы ориентированы только на решение информационных задач для предоставления справок и отчетов. Проанализированы технологии функционирования пограничной передаточной станции при выполнении дополнительной маневровой работы с задержанными вагонами. Доказано, что усовершенствование работы пограничных передаточных станций за счет применения логистических технологий позволяет сократить вагоно-часы простоя в ожидании перегрузочной операции и снизить расходы на маневровые операции по сбору и доставке пустых платформ для погрузки транспортной партии крупнотоннажных контейнеров.

Ключевые слова : вагонопотоки, информационные технологии, управление перевозочным процессом, пограничные передаточные станции, логистические технологии, перегрузочные операции.

Kolodyazhnaya L.G., Glushko V.I. Improving the efficiency of the border crossing stations through the use of information technology and logistics

The paper analyzes the existing information technology management traffic volumes. Reviewing the use of existing information systems of transportation process. The presence of the disadvantages associated with manual input of information, lack of communication systems with centralized station. Existing systems are focused only on the solution of information problems to provide information and reports. Analyzed the functioning of border technology transfer station when the additional shunting of wagons with detainees. It is proved that the improvement of border transfer stations through the use of logistics technology reduces the wagon-hours of downtime waiting for transshipment operation and reduce the cost of shunting operations on the collection and delivery of empty platforms for loading the transport of large containers party.

Keywords: wagon, information technology, traffic control, border crossing stations, logistics technology transfer operations.

Колодяжна Л.Г. – к.т.н., доцент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, e-mail: kolodyazhnaya.lg@gmail.com.

Глушко В.И. – магістрант групи ТЛІз-201м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 24.02.2015

УДК 629.4.08+629.47+629.48

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

Сумцов А.Л., Белан А.Н., Клецкая О.В.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY SERVICE LOCATION LOCOMOTIVES

Sumtsov A., Belan A., Kletska O.

В статье рассмотрена концепция повышения энергоэффективности путем применения принципов бережливого производства и возможность его внедрения в производственный процесс пункта технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ). Сформулированы направления снижения затрат на тяговые нужды на основе принципов бережливого производства. Проведена оценка снижения затрат при использовании сформулированных принципов.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, пункт технического обслуживания, потери производственных процессов, тяговые нужды, бережливое производство.

Введение. Мировой опыт показывает, что в основе повышения эффективности компаний лежит инновационная деятельность. Под инновацией понимается техническое, организационное или какое-либо другое нововведение, серьезно повышающее эффективность действующей системы.

Основное производство предприятий по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава, с точки зрения энергосбережения, представляет собой технологическую энергетическую систему (ТЭС), включающую в себя комплекс технологического оборудования, нормативно-методических и технологических документов, технологических процессов, где квалифицированными кадрами используются топливно-энергетические ресурсы для преобразования сырья, веществ, материалов, комплектующих изделий в конечную продукцию с учетом мероприятий по безопасности и экологическому управлению.

Постановка проблемы. Согласно Программы повышения энергоэффективности на железнодорожном транспорте в 2010 - 2014 гг. основные усилия сосредоточены именно на уменьшении расходов на тяге поездов: приобретение новых локомотивов с улучшенными тягово-энергетическими характеристиками, а также глубокая модернизация существующего парка; улучшение качественных показателей использования подвижного состава, увеличение об-

ъемов рекуперации электроэнергии; уменьшение расходов топливно-энергетических ресурсов на прогрев ТПС; отмена энергоемких ограничений скорости движения поездов; уменьшение непродуктивных расходов ТЭР путем снижения резервного пробега и простоя локомотивов, неграфиковых остановок и времени введения поездов в график [1].

В 2013 году при затратах 32 млн. грн. на реализацию мероприятий "Программы энергосбережения на железнодорожном транспорте Украины" получено экономии ориентировочной стоимостью 82 млн. грн. [2].

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [1, 2, 11] рассмотрены состояние железнодорожной отрасли и общие вопросы внедрения принципов энергоэффективности в работу железнодорожного транспорта Украины. Однако в них не исследованы возможности внедрения инструментов энергетической эффективности в работу локомотивного хозяйства.

Цель статьи. В работе сделана оценка возможности внедрения системы бережливого производства и энергетической эффективности на не тяговые нужды локомотивного депо.

Результаты исследований. Энергетическая эффективность - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю [3,4].

«Бережливое производство» (lean production) - инновационные управленческие технологии, направленные на сокращение непроизводительных потерь и повышение эффективности технологических процессов [5].

Все действия компании, которые не приводят в конечном итоге к созданию ценности для потребителя, являются потерями - потерями рабочего вре-

мени, избыточным оборудованием, производственными площадями, материально-техническими ресурсами (рис. 1). Цель бережливого производства направлена на сокращение и устранение потерь.



Рис. 1. Виды потерь производственной деятельности предприятия

Существует восемь видов потерь, встречающихся при всех видах производственной деятельности предприятия:

1) перепроизводство - вид потерь, связанный с выпуском изделий в избыточном количестве;

2) излишние запасы - вид потерь, связанный с наличием сверхнормативного количества изделий, непосредственно хранящихся на предприятии или за его пределами. К запасам относятся сырье и материалы, незавершенное производство, запасные детали и готовые изделия. Наличие излишних запасов говорит о нестабильности производства на предприятии;

3) транспортировка - вид потерь, связанный с перемещением материалов, запасных частей, деталей и готовых изделий;

4) потери из-за дефектов - вид потерь, связанный с возникновением дефектов, затратами на их выявление и устранение. Дефекты возникают из-за ошибок, а также вследствие отклонения в работе оборудования.

5) потери при излишней обработке возникают при выполнении операций и процессов, без которых можно обойтись;

6) потери при излишних перемещениях - вид потерь, возникающий в связи с движениями персонала, которые не являются необходимыми.

7) простои - вид потерь, связанный с задержками и возникающий в результате ожидания готовности оборудования, персонала, транспортных задержек, слишком быстрого или слишком медленного темпа работы отдельных подразделений предприятия.

8) интеллектуальные потери - не востребованность идей, предложений работника, направленных на улучшение деятельности компании, а также его потенциала.

Инструменты бережливого производства:

1. Картирование (составление карты) потока создания ценности (КПСЦ).

Карта потока создания ценности дает возможность сразу увидеть проблемные места потока и на основе его анализа выявить все непроизводительные затраты и процессы, разработать план улучшений.

2. 5 «С» - система эффективной организации рабочего места (рабочего пространства), основанная на визуальном контроле. Включает в себя пять принципов:

- сортировка, т.е. удаление ненужного - отделить нужные инструменты, детали и документы от ненужных с тем, чтобы убрать последние подальше (удалить их),

- создание порядка, т.е. рациональное размещение предметов - расположить (и маркировать) детали и инструменты на рабочем месте так, чтобы с ними было удобно работать;

- содержание в чистоте - поддерживать чистоту на рабочем месте, прежде всего для максимально раннего выявления и устранения проблем;

- стандартизация - регулярно выполнять первые 3«С» каждый день, чтобы поддерживать рабочее место в отличном состоянии;

- совершенствование и соблюдение - сделать выполнение первых четырех «С» привычкой, системой в работе и совершенствовать рабочее пространство далее.

3. Вытягивающее поточное производство - это такая организация производства, при которой последующие операции сообщают о своих потребностях предыдущим операциям.

4. Всеобщий уход за оборудованием (Total Productive Maintenance - TPM), вовлечение в процесс обслуживания оборудования производственных рабочих.

5. Визуализация - это любое средство, информирующее о том, как должна выполняться работа. Это такое размещение инструментов, деталей, тары и других индикаторов состояния производства, при котором каждый с первого взгляда может понять состояние системы - норма или отклонение. Наиболее часто используемые методы визуализации: оконтуривание, цветовая маркировка, метод дорожных знаков, маркировка краской, «Было» - «стало», графические рабочие инструкции. Оконтурить - значит обвести контуром сборочные приспособления и инструменты там, где они должны постоянно храниться.

6. Канбан - «Кан» значит видимый, визуальный, и «бан» значит карточка или доска. Карточки Канбан используются для того, чтобы не загромождать склады и рабочие места заранее созданными запчастями. Работа будет вестись по запросу, запас пополняется после его окончания - для дорогостоя-

щих деталей и узлов с длительной пролеживаемостью на складе, ремонт будет выполняться с использованием нужного количества запчастей, если вдруг нужного количества запчастей стало больше или меньше - система сама легко подстраивается под изменения.

7. SMED - быстрая переналадка оборудования. SMED - это набор теоретических и практических инструментов, которые позволяют сократить время операций наладки и переналадки оборудования до десяти минут.

8. Just-In-Time - точно в срок. Способ организации производства, при котором перемещение заготовок и деталей в процессе производства тщательно спланированы во времени - так, что на каждом этапе процесса следующая (обычно небольшая) партия прибывает для обработки точно в тот момент, когда предыдущая партия завершена. В результате получается система, в которой отсутствуют заготовки и детали, ожидающие обработки, а также простаивающие рабочие или оборудование, ожидающие изделия для обработки.

В качестве продукции производства пункта технического обслуживания локомотивов выступает комплекс операций по восстановлению исправности и (или) работоспособности подвижного состава или его составных частей и (или) восстановлению их ресурса в соответствии с принятой системой технического обслуживания и ремонта.

Потенциал повышения энергетической эффективности пункта технического обслуживания потребления электроэнергии на нетяговые нужды может быть реализован по следующим направлениям:

- снижение потребления электрической энергии на нетяговые нужды за счет внедрения современных, энергоэкономичных технических средств и технологий;
- совершенствование производственно-технологических процессов ремонта подвижного состава и железнодорожного пути;
- продолжение работы по передаче в муниципальную собственность непрофильных для ж/д энергетических объектов.

На нетяговые нужды заметного снижения электропотребления можно добиться за счет внедрения интеллектуальных систем управления освещением, замены ламп накаливания и газоразрядных ламп на светодиодные источники света, что позволит снизить расход электроэнергии на освещение до 60% и на работу устройств световой сигнализации в 2 раза. Учитывая, что доля расхода электрической энергии на освещение в балансе электропотребления на нетяговые нужды составляет около 23%, то ожидаемая экономия ее может составить 12 - 15% от общего потребления на эти нужды [6, 7].

Необходимо учитывать влияние нескольких энергосберегающих мероприятий на экономию одного и того же вида ТЭР, базу для расчета эффекта по данному мероприятию скорректировать с учетом внедрения предыдущих энергосберегающих мероп-

приятий и, соответственно, уменьшившегося потребления данного вида ТЭР. Например, по результатам энергетического обследования административного здания структурного подразделения сформировано четыре энергосберегающих мероприятия: оснащение приборов отопления индивидуальными автоматическими регуляторами, экономия расхода тепловой энергии - 10 %; утепление оконных, дверных проемов, экономия расхода тепловой энергии - 10 %; восстановление тепловой изоляции трубопроводов в технических этажах здания, экономия расхода тепловой энергии - 5 %; установка и наладка автоматики расхода и температуры теплоносителя в тепловом пункте, экономия расхода тепловой энергии - 3 %.

При сложении процентов экономии тепловой энергии, получается суммарная экономия в 28%. Однако, такой подход может привести к тому, что при значительном количестве энергосберегающих мероприятий, суммарная экономия может превысить 100%.

Для рассматриваемого примера можно записать выражение для нахождения интегрального коэффициента экономии ТЭР:

$$k = 1 - (1 - 0,1)(1 - 0,1)(1 - 0,05)(1 - 0,03) = 0,25$$

Рассчитанное значение данного коэффициента на 3% ниже, чем при простом суммировании процентов эффекта энергосберегающих мероприятий и является наиболее приближенным к реальности, так как учитывает наложение нескольких эффектов на расход одного вида ТЭР [8, 9].

Вывод. Бережливое производство - это действенный и доступный метод повышения эффективности работы, проецируемый на рабочее место, где наводится порядок, повышается культура труда и в результате отлаженный процесс облегчает ежедневную работу сотрудников, повышает эффективность производственных процессов.

Руководители и сотрудники структурных подразделений, внедряющих бережливое производство должны иметь стимулы для достижения целевых результатов. Поэтому материальные ресурсы и бюджетные средства, высвобождаемые, либо не используемые предприятием в результате преобразований, связанных с внедрением технологий бережливого производства, частично должны быть использованы в целях развития структурного подразделения либо в целях материального стимулирования сотрудников. Помимо материальных стимулов сотрудников при внедрении методов бережливого производства следует предусмотреть способы нематериального поощрения.

Л и т е р а т у р а

1. В будущее - на двойной тяге. [Электронный ресурс]. URL: <http://rii.inagistral-uz.com.ua/articles/v-buduwee-na-dvoinoi-tiage.html> (дата обращения 23.03.2014).
2. Энергосберегающий шлях розвитку / М. Сергієнко. К.: Магістраль, 2014, № 20, стр. 7.

3. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23 ноября 2010 г. N 261-ФЗ.
4. Правила проведения энергетических обследований организаций (утверждены первым заместителем министра топлива и энергетики Российской Федерации от 25 марта 1998 г.).
5. Инновационное развитие ОАО «РЖД» (Сопроводительный текст лекции для ВУЗов и техникумов).
6. Энергетическая стратегия холдинга «Российские железные дороги» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года (утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от «15» декабря 2011 г. № 2718р).
7. Бережливое производство в ОАО РЖД. - Краткий справочник. - М. 2012. 66 стр.
8. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, утвержденные Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике N BK 477 от 21.06.1999 г.
9. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / А.Н. Дмитриев, И.Н. Ковалев, Ю.А. Табунщиков, Н.В. Шилкин. М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. - 120 с.
10. "Перечень типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности" входит в перечень документов, определяющих условия и порядок проведения обязательного энергетического обследования объектов ОАО "РЖД", и разработан согласно распоряжению ОАО "РЖД" от 16 декабря 2010 г. N 2606р "О проведении обязательного энергетического обследования объектов ОАО "РЖД".
- jekonomiki RF, Ministerstvom finansov RF, Gosudarstvennym komitetom RF po stroitel'noj, arhitekturnoj i zhilishhnoj politike N VK 477 ot 21.06.1999 g.
9. Rukovodstvo po ocenke jeffektivnosti investicij v jenergosberegajushhie meroprijatija / A.N. Dmitriev, I.N. Kovalev, Ju.A. Tabunshhikov, N.V. Shilkin. M.: AVOK-PRESS, 2005. - 120 s.
10. "Perechen' tipovyh meroprijatij po jenergosberezheniju i povysheniju jenergeticheskoy jeffektivnosti" vhodit v perechen' dokumentov, opredelajushhih uslovija i porjadok provedenija objazatel'nogo jenergeticheskogo obsledovanija ob#ektov ОАО "RZhD", i razrabotan soglasno rasporyazheniju ОАО "RZhD" ot 16 dekabrya 2010 g. N 2606r "O provedenii objazatel'nogo jenergeticheskogo obsledovanija ob#ektov ОАО "RZhD".

Сумцов А.Л., Белан А.Н., Клецкая О.В. Підвищення ефективності пункту технічного обслуговування локомотивів.

У статті розглянута концепція підвищення енергоефективності шляхом застосування принципів бережливого виробництва і можливість його впровадження в виробничий процес пункту технічного обслуговування локомотивів (ПТОЛ). Сформульовано напрямки зниження витрат на нетягові потреби на основі принципів бережливого виробництва. Проведено оцінку зниження витрат при використанні сформульованих принципів.

Ключові слова: енергетична ефективність, пункт технічного обслуговування, втрати виробничих процесів, нетягові потреби, бережливе виробництво.

Sumtsov A., Belan A., Kletska O. Improving energy efficiency service location locomotives.

The article deals with the concept of energy efficiency by applying the principles of lean production and the possibility of its implementation in the production process point of maintenance of locomotives (PTOL). Formulated the direction reducing the cost of not traction needs based on the Principles of lean manufacturing. The estimation of cost reduction when using the defined principles.

Lean Manufacturing - is a quality and affordable method for increasing the efficiency of the projected into the workplace, where on-usual order, increased labor and culture as a result of streamlined process facilitates the daily work of employees, increases the efficiency of production processes.

Keywords: energy efficiency, item maintenance, loss of production processes, not traction needs, lean manufacturing.

Сумцов А.Л. – асистент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу», УкрДАЗТ.

Белан А.Н. – магістр, УкрДАЗТ.

Клецкая О.В. – аспірант кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни», УкрДАЗТ.

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

Стаття подана 28.02.2015

References

1. V budushhee - na dvoynoy tjage. [Elektronnyj resurs]. URL:<http://rii.inagistral-uz.com.ua/articles/v-buduwee-na-dvoinoi-tjage.html> (data obrashhenija 23.03.2014).
2. Energozberigajuchij shljah rozvitku / M. Sergienko. K.: Magistral', 2014, № 20, str. 7.
3. Federal'nyj zakon "Ob jenergosberezhenii i o povyshenii jenergeticheskoy jeffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii" ot 23 nojabrja 2010 g. N 261-FZ.
4. Pravila provedenija jenergeticheskix obsledovanij organizacij (utverzhdeny pervym zamestitelem ministra topliva i jenergetiki Rossijskoj Federacii ot 25 mar-ta 1998 g.).
5. Innovacionnoe razvitie ОАО «RZhD» (Soprovoditel'nyj tekst lekcii dlja VUZov i tehnikumov).
6. Jenergeticheskaja strategija holdinga «Rossijskie zheleznye dorogi» na period do 2015 goda i na perspektivu do 2030 goda (utverzhdena rasporyazheniem ОАО «RZhD» ot «15» dekabrya 2011 g. № 2718r).
7. Berezhlivoe proizvodstvo v ОАО RZhD. - Kratkij spravochnik. - M. 2012. 66 str.
8. Metodicheskie rekomendacii po ocenke jeffektivnosti investicionnyh projektov, utverzhdennye Ministerstvom

УДК 697.32

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНЫХ УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Баранов И.О., Мирошникова М.В.

PROSPECTS OF TECHNOLOGY BURNING LOW-GRADE COAL FUELS

Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Miroshnykova M.

В статье рассмотрены перспективы использования низкосортных угольных топлив в топливно-энергетических системах Украины. Выполнен анализ существующих способов сжигания угольных топлив и используемых котельных установок. Освещен основной подход выбора перспективных топочных процессов сжигания низкосортных угольных топлив.

Предложенная схема установки кипящего слоя является универсальной и позволяет осуществлять процесс сжигания практически любых видов угольных топлив, включая водоугольное топливо. Предложен способ совместного сжигания водоугольного топлива и мелкодисперсного каменного угля.

Ключевые слова: энергетика, низкосортные угольные топлива, кипящий слой, установка, эффективность, водоугольное топливо.

Введение. Непрерывный рост цен на мазут, природный газ и качественные энергетические угли заставляет многие регионы Украины переориентироваться на более широкое использование низкосортных углей и горючих отходов, запасы которых трудно исчислимы. Проблемы энергетики и экологии актуальны и жизненно важны для всех отраслевых структур нашей страны. Энергетический кризис стимулирует развитие промышленной и малой энергетики на основе дешевых местных угольных топлив и горючих отходов углеобогащения, горы которых быстро растут и представляют серьезную угрозу нашего времени. Использование дешевых углей, утилизация отходов обогащения угля и других отходов, зачастую имеющих низкую стоимость, позволит значительно снизить себестоимость энергии, решить экономические вопросы жилищно-коммунальных и промышленных предприятий.

Сжигание низкосортных топлив сдерживается из-за сложности организации устойчивого топочного процесса. Они, как правило, не горят на колосниковых решетках и в других типовых топках. Более того, в коммунальной энергетике Украины с боль-

шим количеством низкоэффективных слоевых котлов накапливаются горы шлака, также являющегося фактически горючим отходом.

Переориентация топливного баланса на использование низкосортных местных угольных топлив и горючих отходов углеобогащения сегодня важна для многих предприятий Украины и требует разработки высокоэффективных технологий организации топочных процессов пригодных для создания нового или модернизации существующего котельно-топочного оборудования.

Актуальной теме, разработке высокоэффективных топочных процессов и, прежде всего, низкотемпературных, традиционно уделялось и уделяется большое внимание как зарубежными, так и отечественными учеными и институтами [1].

Постановка проблемы. На сегодняшний день все острее и острее встает проблема экономичности выработки энергии. В условиях постоянного роста цен на топливо, увеличения энергопотребления и жесткой конкуренции необходимо искать пути повышения эффективности производства различных видов энергии.

Принципиально возможно 2 пути. Первый, экстенсивный, заключается в увеличении объемов производства энергии путем увеличения количества энергоустановок. Этот путь имеет ряд очевидных недостатков. Во-первых, необходимы огромные капиталовложения в создание новых энергетических мощностей, во-вторых, этот путь не решает проблемы изношенности устаревающего оборудования, что особенно характерно для энергетики Украины, в-третьих, рост цен на традиционные топлива не позволяет надеяться на повышение экономичности энергопроизводства, да и запасы этих топлив не безграничны. Второй путь заключается в модернизации существующего энергетического оборудования, в результате чего будет повышаться его эффективность и внедряться новые виды топлива [2].

Этот путь привлекателен прежде всего тем, что не требует огромных капиталовложений. Кроме того, он позволит улучшить не только экономические показатели работы энергооборудования, но и иные характеристики. Речь, прежде всего, идет об экологической составляющей работы энергопредприятий. Все дело в том, что в последние годы законодательство в сфере экологии ужесточается, что вынуждает задуматься о повышении экологичности оборудования.

Анализ последних исследований и публикаций. Фундаментальные исследования в области развития технологий сжигания угольных топлив, в том числе и низкосортных, принадлежат таким известным ученым как: В. Е. Зайденварг, К. Н. Трубецкой, В. И. Мурко, И. Х. Нехороший. Особый вклад в развитие технологий водоугольного топлива внес Г. Н. Делягин.

При выполнении работы были проанализированы и исследованы разработки НПО ЦКТИ, ученых Н.С. Рассудова, В.В. Манцева и др. Основную веху исследования утилизации нетрадиционных видов топлив в котлах с кипящим слоем закрепил Е.М. Пузырев и Г.П. Пронь.

Цель статьи. Целью работы является анализ высокоэффективных технологий сжигания низкосортных угольных топлив и отходов углеобогащения, а также поиск эффективных решений создания нового и модернизации существующего котельно-топочного оборудования.

Результаты исследований. По проектным проработкам проблемы использования низкосортных топлив и отходов в большинстве случаев могут быть разрешены заменой только топочных устройств. Это, включая реконструкцию котла, главным образом, за счет возможности использования имеющейся строительной части и оборудования, в 3-8 раз дешевле установки нового оборудования. По имеющимся на сегодня заказам для предприятий более предпочтительна именно модернизация котлов с использованием высокоэффективных топок и сохранением инфраструктуры котельной.

Анализ существующих способов сжигания и котельных установок должен основываться не только на рассмотрении эффективности выгорания топлива. Выбор перспективных топочных процессов должен так же учитывать экономические, экологические и эксплуатационные показатели.

Способ слоевого сжигания угля на колосниковых решетках является самым распространенным, надежным и простым по технологии. На сегодня для промышленных и коммунальных котельных это практически единственный способ сжигания твердого топлива. Однако, низкосортные угли, шламы и даже качественные угли в таких топках, как правило, плохо выгорают из-за повышенной влажности, зольности, переизмельченности и выноса мелких частиц топлива.

В котлах паропроизводительностью свыше 50 т/ч наиболее универсальным по топливам, обрабо-

танным на практике и экономичным является пылеугольный способ сжигания. Его недостатками являются: большие затраты энергии на сушку и размол, сложность системы топливоподготовки, значительные капитальные и эксплуатационные затраты, взрывоопасность.

В целом традиционные, слоевые и пылеугольные топочные процессы, в значительной мере исчерпали свой моральный ресурс и не могут быть приняты за основу при разработке новой котельно-топочной техники.

В развитых зарубежных странах, с 70-х годов прошлого века широкое развитие получили новые технологии организации топочных процессов с использованием классического кипящего слоя (КС) и циркуляционного кипящего слоя (ЦКС), загруженными потоками частиц [3].

В силу низкой концентрации топлива в КС, топочные процессы характеризуются малыми потерями его с отводимой из слоя золой.

Благодаря значительной турбулентности обеспечивается хорошее перемешивание воздуха, топлива и золы, создаются оптимальные условия для сжигания топлива и связывания серы и других вредных веществ золой или известняком. Большая масса горячих частиц удерживает в слое много тепла, сохраняет постоянную температуру и нивелирует неравномерности концентрации и качества вводимых частиц топлива. Использование топочного процесса по схеме классического КС выявило ряд других недостатков. Горение топлива сопровождается высокими (до 15-20%) потерями горючих с уносом, лавинообразным спеканием (агломерация) частиц слоя. Скорости псевдоожижения малы и, соответственно, мало тепловое напряжение сечения топки, диапазон регулирования узкий. Важным требованием организации КС является необходимость обеспечения заданного размера подаваемых в топку частиц, особенно каменного угля и антрацитов, а также необходимость предстартового прогрева частиц слоя.

Котлы ЦКС и КС сжигают как различные отходы углеобогащения, местные топлива, каменные угли, так и низкорекреационные топлива — антрациты, а также тощие и низкосортные угли. В принципе они универсальны (всеядны) по топливам. Однако каждый из котлов КС и даже большинство котлов по схемам ЦКС пригодны только для сжигания расчетного топлива.

В настоящее время нет универсальных моделей поведения углей и других топлив и обоснованной системы их классификации. Это, во-первых, связано с многообразием и отличием по свойствам углей разных месторождений. Во-вторых, имеются различные варианты процессов использования углей (сжигание, углеобогащение, получение кокса, производство синтетического топлива, газификация и др.) с соответствующими наборами детерминирующих характеристик топлив.

Нормативные материалы по организации сжигания касаются преимущественно типовых схем

слоевого и пылеугольного топочного процесса. Рекомендаций для кипящего слоя по учету влияния характеристик углей, особенностям поведения топливных частиц, эффективности выгорания и организации низкотемпературного топочного процесса с наличием больших масс инертного заполнителя практически нет, соответственно здесь для обоснования концепции низкотемпературного кипящего слоя (НТКС) требуются специальные исследования.

С целью подробного исследования поведения топливных частиц в кипящем слое, в том числе для изучения механизма образования уноса, была предложена схема установки кипящего слоя (рис.). Камера сгорания универсальна, имеет большой диапазон регулирования режимных параметров, позволяет использовать частицы материала слоя и топлива с широкими диапазонами изменения размеров, менять высоту слоя, сжигать различные угли и топлива.

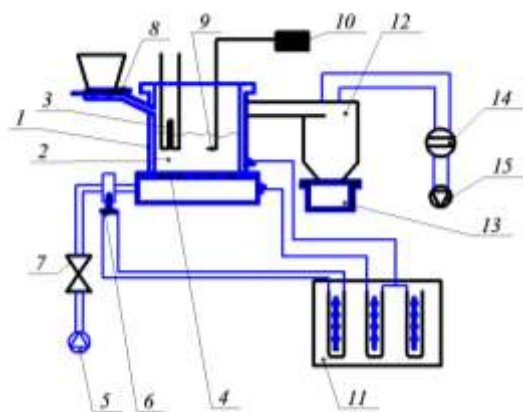


Рис. Схема установки кипящего слоя:

- 1 – камера сгорания; 2 – кипящий слой; 3 – охлаждаемый водой змеевик; 4 – воздухораспределительная решетка; 5 – вентилятор; 6 – расходомер воздуха; 7 – регулирующий клапан; 8 – питатель топлива; 9 – термопары; 10 – потенциометр; 11 – блок манометров; 12 – циклон; 13 – пробоотборник уноса, 14 – фильтр тканевый; 15 – Дымосос

Перспективной представляется возможность совместного сжигания в кипящем слое водоугольного топлива (ВУТ) и мелкодисперсного каменного угля типа “семечка”, который выполняет функцию инертного материала и одновременно надежно “подсвечивает” водоугольное топливо [4].

Данный способ сжигания при его освоении и отработке на наш взгляд открывает перспективу использования в качестве третьего топлива обводненных шламов, которые в настоящее время занимают огромные площади и наносят большой ущерб экологии прилегающих территорий. При этом обводненные шламы должны подаваться в топку на режимах работы, близких к максимальной теплоотдаче при максимальной теплонапряженности кипящего слоя. Предложенная схема установки кипящего слоя может включать ряд дополнительных узлов,

например форсунку для подачи ВУТ в кипящий слой.

К положительным характеристикам способа можно отнести низкую чувствительность к грансоставу ВУТ, возможность использования всякого рода шламов и других отходов угольной промышленности, также невысокие требования к распыливающей форсунке, которая по конструкции несравненно проще горелки для факельного сжигания. Разработанная нашим коллективом форсунка для подачи ВУТ в кипящий слой находится на стадии патентования.

Вывод. В работе рассмотрены перспективы использования низкосортных угольных топлив в топливно-энергетических системах Украины. Выполнен анализ существующих способов сжигания угольных топлив и используемых котельных установок. Освещен основной подход выбора перспективных топочных процессов сжигания низкосортных угольных топлив.

Приведенные материалы позволяют сделать вывод о том, что существуют реальные предпосылки для использования технологий кипящего слоя с целью сжигания низкосортных угольных топлив и отходов угольной промышленности в энергетических установках.

Предложенная схема установки кипящего слоя является универсальной и позволяет осуществлять процесс сжигания практически любых видов угольных топлив, включая водоугольное топливо.

Предложен способ совместного сжигания ВУТ и мелкодисперсного каменного угля, который при его освоении и отработке, открывает перспективу использования в качестве третьего топлива обводненных шламов.

Л и т е р а т у р а

1. Экология и промышленность. Ежеквартальный научно-производственный журнал. №2 (35) 2013. г. Харьков.
2. Ежемесячный научно-технический и производственно-экономический журнал “Уголь”. 12-2012.(1041) г. Москва.
3. Иванов С.А., Дорфман Ю.В. Экологическая целесообразность внедрения топок с низкотемпературным кипящим слоем. – Вестник международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности Чита, 2004. - 260 с. - С. 172-176.
4. Чернецька-Білецька Н.Б., Кущенко О.В., Шворнікова Г.М., Капустін Д.О., Баранов І.О., Крайнюк А.О. Опис до патенту на корисну модель. Спосіб спалювання водоугольного палива. Номер заявки: u 2013 15337. 12.05.2014.

R e f e r e n c e s

1. Ecology and industry. Quarterly Journal of Research and Production. №2 (35), 2013. Kharkiv.
2. Monthly scientific-technical and industrial-economic magazine "Coal". 12-2012. (1041) Moscow.
3. Ivanov S, Dorfman Y. Environmental feasibility of inserts with the low- Turnu fluidized bed. - Journal of the International Academy of Ecology and Life Safety Chita, 2004. - 260 p. - p. 172-176.

4. Chernetskaya-Beletskaya N, Kushchenko A Shvornikova G, Kapustin D, Baranov I, Kraynyuk A. Description patent for utility model. Method combustion of coal-water fuel. Application Number: u 2013 15337. 12/05/2014.

Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Мірошникова М.В. Перспективи розвитку технологій спалювання низькосортних вугільних палив.

У статті розглянуті перспективи використання низькосортних вугільних палив в паливно-енергетичних системах України. Виконано аналіз існуючих способів спалювання вугільних палив і використовуваних котельних установок. Висвітлено основний підхід вибору перспективних топкових процесів спалювання низькосортних вугільних палив. Запропонована схема установки киплячого шару є універсальною і дозволяє здійснювати процес спалювання практично будь-яких видів вугільних палив, включаючи водовугільне паливо. Запропоновано спосіб спільного спалювання водовугільного палива та дрібнодисперсного кам'яного вугілля.

Ключові слова: енергетика, низькосортні вугільні палива, киплячий шар, установка, ефективність, водовугільне паливо.

Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Miroshnykova M. Prospects of technology burning low-grade coal fuels.

The paper discusses the prospects for the use low-grade coal fuels Fuel and energy systems of Ukraine. The analysis existing methods of burning coal and fuel used boiler installations. Illuminated the basic approach of choosing prospective furnace processes burning low-grade coal fuels. These materials allow us to conclude that there are real prerequisites for the use of CFB technology for the purpose of burning low-grade coal and waste fuels coal industry in power plants. The proposed scheme installation of the fluidized bed is versatile and allows the combustion process virtually any type coal fuels, including hydrocarbon fuel. Provides a method for combustion of coal-water fuel and fine coal, which in its development and testing, offers the prospect using as a third fuel watered sludge.

Keywords: energy, low-grade coal fuel, fluidized bed, installation, efficiency, hydrocarbon fuel.

Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Баранов І.О. – аспірант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.
e-mail: baranov_90@inbox.ru

Мірошникова М.В. – аспірант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 28.02.2015

УДК 629.4.016 (4)

ДОСВІД ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ КРАЇН ЄВРОПИ

Чигирик Н.Д., Сумцов А.Л., Білецький Ю.В.

EXPERIENCE OF TECHNICAL MANUAL TRACTION ROLLING THE RAILWAYS OF EUROPE

Chigirik N., Sumtsov A., Biletskiy U.

Технічна експлуатація тягового рухомого складу важлива складова функціонування системи залізниць. Тому від ефективності її функціонування залежить економічність роботи залізниць в цілому та забезпечення рівня безпеки руху. Аналіз досвіду країн світу по використанню систем технічної експлуатації надає можливість вивчення отриманих результатів при виборі різних підходів та окремих рішень при технічній експлуатації. В статті розглянуто існуючі системи технічної експлуатації в країнах Європи та виділені особливості їх функціонування.

Ключові слова: технічне обслуговування, технічна експлуатація, локомотиви, технічне обслуговування, система утримання.

Вступ. Розвиток залізничного транспорту невпинно пов'язаний з розвитком локомотивного господарства. Від його функціонування в першу чергу досягається переміщення вантажу та пасажирів на залізницях. Технічна експлуатація тягового рухомого складу (ТРС) важлива складова забезпечення ефективності функціонування локомотивного господарства та забезпечення безпеки руху по всьому залізничному транспорту.

Мета роботи. Розглянути функціонування системи технічної експлуатації локомотивів на залізницях країн Європи.

Результати дослідження. Залізниці Франції простягаються на 30 тис. км. Головним оператором залізниць Франції є Société Nationale des Chemins de fer Français (SNCF), що є власником інфраструктури та основним перевізником. Всі пасажирські та більшість вантажних перевезень залізничним транспортом виконуються SNCF. На долю при цьому вантажні перевезення на 35% виконуються приватними компаніями операторами [1-4].

В даний час парк тепловозів SNCF складає 1400 одиниць. Розвиток парку йде в напрямку зниження кількості пасажирських локомотивів на ко-

ристь моторвагонного рухомого складу і збільшення кількості вантажних локомотивів.

Політика компанії в сфері технічної експлуатації забезпечує контроль технічного стану локомотивів протягом життєвого циклу, визначає періодичність робіт з технічного обслуговування і ремонту, проводить технічну політику в області закупівель нового ТРС. Проведенням технічного обслуговування (ТО) та поточних ремонтів (ПР) ТРС займаються в цілому 38 основних підприємств - заводів і великих депо (локомотивних і моторвагонних) і 70 місцевих підприємств [5, 6].

На ринку ТО і ПР в даний час діють п'ять виробничих об'єднань:

- виробники локомотивів;
- історично сформовані компанії-оператори;
- незалежні спеціалізовані підприємства;
- приватні компанії;
- компанії з лізингу локомотивів.

Для тепловозів в компанії SNCF передбачено п'ять рівнів попереджувального технічного обслуговування і ремонту:

- рівень 1 - щоденний технічний огляд і екіпіровку;
- рівень 2 – міжрейсове технічне обслуговування з усуненням незначних дефектів;
- рівень 3 - ремонт малого обсягу з плановою заміною окремих деталей і вузлів;
- рівень 4 - ремонт середнього обсягу;
- рівень 5 - ремонт великого обсягу (капітальний ремонт) з плановим поліпшенням технічних і експлуатаційних параметрів або проведенням модернізації.

В SNCF не практикується закріплення ТРС до певного депо, вважається що сучасна модель системи ремонту повинна забезпечити виконання робіт рівня 2 в будь-якому депо полігону обертання даного ТРС. Однак роботи рівня 3 необхідно проводити тільки на базі небагатьох спеціалізованих підприєм-

ствах. З метою реалізації даної концепції умови взаємодії ремонтних підприємств включають в себе в тому числі базу даних по фактичному пробігу кожного тепловоза для можливості виконання ремонту в найближчому ремонтному підприємстві [6].

SNCF веде постійний пошук шляхів оптимізації співвідношення між ремонтом попереджувальним (із заздалегідь визначеною періодичністю і об'ємом робіт) і ремонтом коригувальним - по фактичному технічному стану. Проводяться дослідження наскільки ефективність організація попереджувального ремонту може знизити потребу в ремонті по технічному стану. При цьому використовується широкий спектр діагностичних пристроїв, ведеться облік зносу різних вузлів і агрегатів локомотивів при плануванні ремонту, а також здійснюється розбивка ремонтних робіт великого об'єму на «модулі» для можливості їх виконання за декілька прийомів (в ході декількох ремонтів) [6].

Запровадження комплексу заходів з покращення організації системи ТО і ПР компанії SNCF за 10 років дозволило в 2 рази підвищити рівень експлуатаційної готовності і знизити кількість відмов локомотивів [7].

Залізничний транспорт Німеччини найбільш розвинений у Європі. Загальна довжина залізничних магістральних колій складає 34 тис. км. Найбільши залізничним перевізником є Deutsche Bahn AG (DB), що повністю належить державі. За результатами 2013 року нею було перевезено 104.3 млрд. т-км бруто вантажів та 2 млрд. пасажирів [8].

Стосовно до локомотивів в Німеччині в збережена традиційна планово-попереджувальна система ремонту (далі - ППР). Однак в рамках діючої ППР цілеспрямованою інженерною діяльністю у поєднанні з високим рівнем організації виробництва можна забезпечити високу надійність тепловозного парку і отримати цілком прийнятні економічні результати [6].

В результаті об'єднання країни DB були отримані великі підприємства колишньої НДР, які займалися ТО і ПР ТПС. Зазначені підприємства мали великий штат персоналу і не дуже високу продуктивність. Так, в ремонтному центрі в Котбусі працювали не менше 10 тис. чоловік. У результаті можлива продуктивність подібних центрів використовувалася на рівні лише 30 % [9].

З метою оптимізації економічної діяльності DB була проведена широкомасштабна програма реорганізації та раціоналізації ремонтного виробництва. З 18 підприємств, що належали DB, залишено 15 (спочатку планувалося залишити всього 10). Крім того, відповідно до досягнутого з профспілками угодою DB не мають права передавати роботи з ремонту локомотивів стороннім організаціям, при цьому сам ремонт тепловозів офіційно був визнаний частиною основної діяльності компанії. Для цього була створена дочірня компанія DB Fahrzeuginstandhaltung, 100 % акцій якої належать DB. Далі, з 35 тисяч чоловік, раніше зайнятих у ре-

монтному виробництві, до 2008 р. залишилося всього 6,8 тис. чол. Одночасно було проведено переорієнтування ремонтних підприємств за видами виробничої діяльності. Так, технічне обслуговування та ремонт дизель-поїздів в даний час проводяться в Касселі, капітальний ремонт і модернізація тепловозів - на заводах в Котбусі і Дессау. При цьому поточні ТО і невеликий ремонт тепловозів виконують регіональні підприємства, які також належать DB. [10, 11],

DB Fahrzeuginstandhaltung - безперечний лідер галузі надання послуг з проведення ТО та ПР рухомому складу в Німеччині. В її активі значиться 850 Замовників, а обсяг продажів досяг 1,15 млрд. євро. Вона вже працює з експлуатаційними компаніями зі Швейцарії, Італії, Нідерландів, Норвегії [6].

Важливим напрямом оновлення ТРС в Німеччині стала модернізація наявного парку за рахунок застосування досягнень техніки та використання сучасних силових установок. Для цього на першому етапі були обрані серії локомотивів подальша експлуатація яких економічно обгрунтована, інші були реалізовані приватними перевізникам та промисловим підприємствам як в самій Німеччині та і в сусідніх країнах. На другому етапі для кожної одиниці ТРС, з тих що планувалися до модернізації, було визначено необхідний об'єм заміни силового устаткування та несучих конструкцій. Такий підхід дозволив отримати сучасний ТРС за менші витрати часу та коштів, що в подальшому надало змогу DB вийти на лідируючі позиції в сфері залізничних перевезень в Європі.

Основний оператор залізниць Польщі є державна компанія PKP. Окрім неї перевізним процесом на залізницях займається ряд менших приватних компаній. У власності PKP, промислових підприємств і приватних операторів за підсумками 2013 року знаходиться понад 2370 тепловозів, у тому числі у власності дочірнього підприємства PKP - PKP CARGO, знаходиться понад 1400 локомотивів. Середній вік тепловозів перевищує 35 років. Природне зношення локомотивів від експлуатації, відсутність якісних запасних частин призвели до суттєвого погіршення стану локомотивного парку. Середній рівень технічного зносу маневрових і магістральних тепловозів перевищив 80%. Такий технічний стан тепловозного парку Польщі є незадовільним і не відповідає потреби ринку. Основним напрямком оновлення парку є модернізація з використання різних проектів. За останні 10 років реалізується поступове оздоровлення тепловозного парку шляхом його модернізації. Так наприклад було модернізовано 50% тепловозів серії ST44, 30% маневрових тепловозів серії SM42 та 20% серії SM48. [12, 13].

Компанією PKP CARGO прийнята планово-попереджувальна система ТО та ПР локомотивів що базується на принципі проведення планових видів ТО та ПР за пробігом локомотива. Для модернізованих тепловозів M62M фірми Rail Polska використовується аналогічна система проведення ТО та ПР

але з подвійним нормуванням: за пробігом та за кількістю виробленої електричної енергії. Використання подвійного нормування з використанням кількості виробленої енергії дозволяє враховувати умови експлуатаційної роботи (зокрема завантаженість силової установки).

Компанія Vossloh Locomotives, що займається виготовленням вантажних тепловозів поступово розширює спектр надаваних послуг. Хоча більшість компаній-операторів мають власні потужності для обслуговування та ремонту, при виникненні необхідності ремонтів великого об'єму, наприклад після аварії, вони переважно обирають компанію-виробника для його проведення. Зараз Vossloh поступово розширює свою діяльність за межі Німеччини [6].

Найбільшим виробником ТРС у Німеччині є корпорація Siemens. У середньому до 50 % продажів її локомотивів супроводжується контрактами на здійснення після продажного фірмового технічного обслуговування. Таким чином компанія-перевізник отримує новий ТРС уже з розробленою системою ТО та ПР що проводиться на потужностях виробника ТРС [6, 9].

Тепловози компанії Alstom сімейства Prima компанії Alstom поставляються як в саму Францію, так і на залізницю інших країн, включаючи Іспанію, Іран, Сирію і Шрі-Ланку. Для задоволення вимог клієнтури компанія Alstom Transport створила на заводі в Бельфорі (Франція) центр технічного обслуговування, який здатний приймати одночасно до чотирьох локомотивів. Організована цілодобова робота служби сприяння в аварійних ситуаціях для допомоги локомотивній бригаді. Технічне обслуговування тепловозів оптимізовано за допомогою системи зв'язку, забезпечено дистанційний доступ до бортової системи технічної діагностики будь-якого тепловоза. Це дозволяє точно знати стан вузлів і агрегатів і завчасно підготувати все необхідне для ремонту тепловоза перед його заходом в депо. Особливу увагу приділено ремонтпридатності: легкому доступу до модулів і блокам обладнання, застосування перетворювачів на базі IGBT - транзисторів з водяною системою охолодження та інших рішень. Все це дозволило компанії скоротити тривалість простою, знизити витрати і спростити технічне обслуговування тепловозів, підвищити якість проведених робіт. Alstom планує розширення сервісного сектора, щоб пропонувати ТО і ПР в розрахунок на весь термін служби ТРС. В даний час сектор Alstom охоплює чотири області: технічне обслуговування, модернізація, поставка і заміна компонентів, управління парком. Не виключено, що компанія буде не тільки займатися технічним обслуговуванням, але і виступити в ролі власника рухомого складу протягом всього терміну його служби з подальшою утилізацією [6, 14].

Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (RENFE) компанія-оператор залізниць Іспанії. Вона охоплює 15 000 км магістральних залізниць. Більшість з них

мають ширину колії 1668 мм, а інші стандартну європейську – 1435 мм.

В галузі проведення ТО та ПР RENFE використовує сервісне обслуговування окремими компаніями. Кожна з цих компаній створена RENFE спільно з виробниками рухомого складу. Цей підхід є досить незвичайним. Окрім цього RENFE також оголосила про свій намір стати ключовим гравцем у виробництві рухомого складу та здійснювати технічне обслуговування 79% експлуатованого рухомого складу, у тому числі 45% самостійно і 34% - спільно з іншими компаніями. Починаючи з 2001р. в ході оформлення замовлень на високошвидкісні поїзди RENFE систематично резервували для своїх підприємств 20% обсягу робіт по їх виготовленню і 50% щодо подальшого технічного обслуговування і ремонту.

Крім періодичного обслуговування рухомого складу, підприємства RENFE Integria виконують функції капітального ремонту локомотивів, пасажирських вагонів регіональних та приміських моторвагонних поїздів, у тому числі вживаних і проданих на експорт.

Співпраця з компаніями Vossloh, Bombardier і Talgo показало що RENFE Integria готова продавати свої послуги в галузі ремонту і приватним операторам, які укладають конкуренцію з нею на мережі залізниць Іспанії [15].

Висновки. З наведеного матеріалу можна зробити наступні висновки:

1. В країнах Європи для ТРС застосовують планово-попереджувальну систему ТО та ПР.
2. В останні роки поступово проходить перехід до від проведення ТО і ПР на власних базах компаній-операторів до сервісного обслуговування виробниками ТРС. Особливо це відноситься до поставок нового ТРС зі сервісним супроводженням.
3. Виробниками та компаніями-операторами проводяться наукові дослідження з визначення можливості проведення планово-попереджувального ТО та ПР з урахування фактичного стану кожної одиниці ТРС.
4. Надлишок потужностей по проведенню ТО та ПР компанії намагаються використовувати як окремий вид діяльності пропонуючи свої послуги з ремонту іншим компаніям.
5. На залізницях Іспанії національний оператор залізниць створив ряд компаній спільно з виробниками ТРС для проведення ТО та ПР новому рухомому складу.
6. Компанії виробники створюють дочірні підприємства з проведення ТО та ПР і тим самим розширюють конкуренцію на ринку цих послуг.
7. Модернізацію ТРС компанії-оператори проводять на власних або спільних підприємствах.

Л і т е р а т у р а

1. SNCF [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sncf.com>.
2. Франция: возврат к вертикально-интегрированной модели. [Текст]. / Железные дороги мира, 2015. – №2. – с. 11 – 13.
3. Перспективы грузовых перевозок в Европе. [Текст]. / Железные дороги мира, 2005. – с. 9 – 13.

4. Франция: SNCF готовится к отказу от монополии. [Текст]. / Железные дороги мира, 2009. – №4. – с. 53 – 56.
5. Техническое обслуживание подвижного состава в странах Европы. [Текст]. / Железные дороги мира, 2009. – №4. – с. 50 – 52.
6. О системе обслуживания локомотивов за рубежом. / А. Т. Осаяев, В. А. Никифоров. [Текст]. / Вестник ВНИИЖТ, 2012. – №2. – с. 56 – 62.
7. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава во Франции. [Текст]. / Железные дороги мира, 2011. – № 3. – с. 46 – 52.
8. Rising costs and bad weather hit DB revenues. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.railjournal.com>
9. Германия: избыток мощностей на рынке технического обслуживания и ремонта. . [Текст]. / Железные дороги мира, 2009. – №4. – с. 53 – 56.
10. Модернизация магистральных тепловозов. [Текст]. / Железные дороги мира, 2000. - №10. - с. 31 – 32.
11. Внедрение комплексной модернизации на тепловозах 2ТЭ116 Укрзалізничці на основании Немецкой железной дороги . [Текст]. / Локомотив-информ, 2010. - № 6. - с. 76 – 89.
12. Бабел М. Теоретические основы и методология выбора объёмов и технологий модернизации тепловозов по критерию стоимости жизненного цикла: дис. д-ра техн. наук: 05.22.07 / М. Бабел, [Текст] / ОАО «ВНИИЖТ». - М., 2014. - 266 с.
13. Raczyński J. Problemy modernizacji i restrukturyzacji parku taborowego trakcyjnego w Europie i Polsce / J. Raczyński // Technika transportu szynowego. - 2004. - № 12. - с. 15-21.
14. Локомотивы семейства Prima компании Alstom. [Текст]. / Железные дороги мира, 2008. - №5. – с. 31 – 35.
15. Испания: использование потенциала сотрудничества. . [Текст]. / Железные дороги мира, 2009. – №4. – с. 53 – 56.
11. Vnedrenie kompleksnoj modernizacii na teplovozhah 2TJe116 Ukrzaliznyci na osnovanii Nemeckoj zheleznoj dorogi . [Текст]. / Lokomotiv-inform, 2010. - № 6. - с. 76 – 89.
12. Babel M. Teoreticheskie osnovy i metodologija vybora ob'jomov i tehnologij modernizacii teplovozoov po kriteriju stoimosti zhiznennogo cikla: dis. d-ra tehn. nauk: 05.22.07 / M. Babel, [Текст] / ОАО «VNIIZhT». - М., 2014. - 266 с.
13. Raczyński J. Problemy modernizacji i restrukturyzacji parku taborowego trakcyjnego w Europie i Polsce / J. Raczyński // Technika transportu szynowego. - 2004. - № 12. - с. 15-21.
14. Lokomotivy semejstva Prima kompanii Alstom. [Текст]. / Zheleznye dorogi mira, 2008. - №5. – с. 31 – 35.
15. Ispanija: ispol'zovanie potentsiala sotrudnichestva. . [Текст]. / Zheleznye dorogi mira, 2009. – №4. – с. 53 – 56.

Чигирик Н.Д., Сумцов А.Л., Белецкий Ю.В. Опыт технической эксплуатации тягового подвижного состава на железных дорогах стран Европы.

Техническая эксплуатация тягового подвижного состава важная составляющая функционирования системы железных дорог. Поэтому от эффективности ее функционирования зависит экономичность работы железных дорог в целом и обеспечения уровня безопасности движения. Анализ опыта стран мира по использованию систем технической эксплуатации предоставляет возможность изучения полученных результатов при выборе различных подходов и отдельных решений при технической эксплуатации. В статье рассмотрены существующие системы технической эксплуатации в странах Европы и выделены особенности их функционирования.

Ключевые слова: техническое обслуживание, тяговый подвижной состав, техническая эксплуатация, системы содержания, сервисное обслуживание.

Chigirik N., Sumtsov A., Beletskiy U. Experience of technical manual traction rolling the railways of Europe.

Technical operation of rolling stock traction important part of the system of railways. Because of its functioning depends on the efficiency of the railways in general and ensure a level of safety. The analysis of the countries on the use of technical operation allows the study of the results when choosing different approaches and decisions in the technical manual. In the article the technical operation of existing systems in Europe and selected characteristics of their operation.

Keywords: maintenance, traction rolling stock, technical maintenance, system maintenance, service.

Чигирик Наталія Дмитрівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Українська державна академія залізничного транспорту.

Сумцов Андрій Леонідович – асистент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Українська державна академія залізничного транспорту.

Білецький Юрій Віталійович – аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Українська державна академія залізничного транспорту.

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

Стаття подана 01.03.2015

References

1. SNCF [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.sncf.com>.
2. Francija: vozvrat k vertikal'no-integririvannoj modeli. [Текст]. / Zheleznye dorogi mira, 2015. – №2. – с. 11 – 13.
3. Perspektivy gruzovyh perevozkov v Evrope. [Текст]. / Zheleznye dorogi mira, 2005. – с. 9 – 13.
4. Francija: SNCF gotovitsja k otkazu ot monopolii. [Текст]. / Zheleznye dorogi mira, 2009. – №4. – с. 53 – 56.
5. Tehnicheskoe obsluzhivanie podvizhnogo sostava v stranah Evropy. [Текст]. / Zheleznye dorogi mira, 2009. – №4. – с. 50 – 52.
6. O sisteme obsluzhivanija lokomotivov za rubezhom. / A. T. Osjaev, V. A. Nikiforov. [Текст]. / Vestnik VNIIZhT, 2012. - №2. – с. 56 – 62.
7. Tehnicheskoe obsluzhivanie i remont podvizhnogo sostava vo Francii. [Текст]. / Zheleznye dorogi mira. 2011. – № 3. – с. 46 – 52.
8. Rising costs and bad weather hit DB revenues. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.railjournal.com>
9. Germanija: izbytok moshhnostej na rynke tehnicheskogo obsluzhivanija i remonta. . [Текст]. / Zheleznye dorogi mira, 2009. – №4. – с. 53 – 56.
10. Modernizacija magistral'nyh teplovozoov. [Текст]. / Zheleznye dorogi mira, 2000. - №10. - с. 31 – 32.

УДК 621.833

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ЛОКОМОТИВОВ ПУТЕМ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СПОСОБОВ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Колодяжный П.В.

IMPROVE THE WEAR RESISTANCE GEARS LOCOMOTIVES BY SELECTING TECHNOLOGICAL WAY TO REINFORCING TREATMENT

Kolodyazhnyi P.

В статье проанализированы современные технологии упрочнения. Предложено определять износостойкость зубчатых колес после финишных технологических операций. Рассмотрены технологические процессы упрочнения рабочей поверхности зубчатых колес локомотивов. Исследовано влияние как ультразвукового поверхностного упрочнения, так и упрочнения за счет вибрации на износостойкость поверхностного слоя зубчатого колеса из стали 45ХН. Установлена эффективность ультразвукового поверхностного упрочнения на снижение износа по сравнению с другими упрочняющими технологиями. Экспериментально доказано уменьшение в 3,7 раза износа рабочей поверхности зубчатых колес за счет ультразвукового упрочнения по сравнению с вибрационным упрочнением.

Ключевые слова: *поверхностное упрочнение, износ, зубчатые колеса, ультразвуковое поверхностное деформирование, упрочнение стальными шариками за счет вибрации.*

Постановка проблемы. Обеспечение технико-экономических показателей работы железнодорожной отрасли на высоком уровне связано с повышением эксплуатационной надежности тягового подвижного состава. Тяговые зубчатые колеса и шестерни являются теми элементами конструкции локомотивов, работоспособность которых надо повышать. Отказы зубчатых колес обусловлены образованием трещин у ножки зубьев и во впадинах (наблюдалось уже после первого года эксплуатации, а предельный износ после 3–4 лет работы). Отказы ведущих шестерен вызываются износом рабочих поверхностей зубьев. В результате исследования форм износа зубьев по высоте установлено, что износ ведущих шестерен и ведомых зубчатых колес на ножке зуба на 10–30 % выше, чем на головке. При изготовлении зубчатых колес обязательно рассчитывается запас прочности, тогда как практически ни одно подвижное сопряжение не проверяют на износостойкость. При проектировании и эксплуатации

машин не всегда используют наиболее эффективные средства снижения износа, учитывающие конкретные условия работы, что приводит к огромным материальным затратам, связанным с ремонтом и простоями. Для смены тяговых зубчатых колес в редукторах ремонтные заводы и локомотивные депо ежегодно расходуют десятки тысяч тонн легированной стали.

Несмотря на большое количество все продолжающихся исследований, износ по-прежнему представляется собой сложную, недостаточно изученную проблему. Еще более сложной представляется задача повышения износостойкости зубчатых колес локомотивов. Многообразие факторов чрезвычайно усложняет исследование процессов изнашивания, выводы, получаемые разными исследователями, зачастую противоречат друг другу.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ повреждаемости зубчатых колес показывает, что преждевременный их выход из строя обусловлен главным образом процессами в поверхностных слоях зубьев [1–5]. Теоретические исследования и производственный опыт привели к пониманию того, что работоспособность зубчатых передач зависит и от качества поверхностного слоя (ПС) деталей, который формируется при их изготовлении. Повышение качества ПС и эксплуатационных свойств зубчатых колес является актуальной проблемой локомотивостроения.

Эксплуатационные показатели работы машин во многом зависят от износостойкости материалов, из которых они изготовлены. Получены зависимости, которые показывают, что износостойкость деталей машин определяется их физико-механическими свойствами и условиями работы, а также параметрами волнистости, шероховатости, поверхностными остаточными напряжениями. Это указывает на необходимость выбора технологических методов

обработки для повышения износостойкости деталей машин.

Для повышения качества ПС и эксплуатационных свойств в промышленности на завершающей стадии техпроцесса изготовления зубчатых колес применяют различные финишные методы технологического обеспечения качества ПС: термическую закалку, пластическое деформирование. Для достижения максимального эффекта используют комбинированные методы обработки.

Ультразвуковая обработка (УЗО) представляет собой прогрессивную технологию финишной отделочно-упрочняющей обработки металлов давлением. Отличительной особенностью УЗО является малая температура нагрева, низкое статическое усилие и высокая скорость деформирования, благодаря чему данная технология позволяет обрабатывать как детали, обладающие невысокой конструктивной жёсткостью, так и поверхности, подвергнутые закалке и отпуску. В результате воздействия ультразвуковых колебаний значительно снижается сопротивление металла пластической деформации.

В последние годы появилось большое количество работ, посвящённых изучению технологии УЗО. Эти работы были направлены на совершенствование процесса обработки с целью технологического обеспечения качества ПС и эксплуатационных свойств деталей машин [6-11]. Однако, в данных работах не рассматриваются вопросы повышения качества ПС изделий из легированных углеродистых сталей, нашедших широкое применение в локомотивостроении.

В работах авторов [12-20] приведены результаты исследований влияния различных технологических процессов на качественные характеристики ПС зубчатых передач локомотивов.

Анализ способов ППД показал, что наиболее прогрессивным является ультразвуковое упрочнение как способ, отвечающий высоким технологическим характеристикам упрочнённой поверхности (по показателям твердости и шероховатости). К достоинствам ультразвукового упрочнения следует также отнести возможность создания поверхностного или объемного наклепа. При этом достигаются выгодное распределение внутренних напряжений в металле и такое структурное состояние, при котором удается повысить в два – три раза запасы прочности деталей, работающих при переменных нагрузках, и увеличить срок их службы в десятки раз.

Разработка технологии, которая позволяет улучшить топографию поверхности, управлять её микротвёрдостью, остаточными напряжениями и глубиной наклёпа для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств изделий, является актуальной задачей.

Цель. Целью настоящей работы является повышение качества ПС зубчатого колеса, изготавливаемого методом ультразвукового ППД, для обеспечения износостойкости. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: 1.

Исследовать влияние вибрационного упрочнения стальными шариками на износостойкость поверхностного слоя зубчатого колеса. 2. Исследовать влияние ультразвукового ППД на износостойкость поверхностного слоя зубчатого колеса из стали 45ХН.

Материалы и образцы. Для исследований использовали образцы из стали 45ХН в виде роликов с внутренним диаметром 15 мм, наружным 50 мм и высотой 10 мм (рис. 1). Экспериментальные образцы после токарной обработки подвергались ТВЧ закалке до твердости HRC = 56...58. Данные образцы играли роль диска в трущейся паре «колодка – диск». В качестве колодок использовались образцы из резины ТМКЩ (тепломорозокистлещелочестойкая, повышенной твердости (по Шору – А=65-80 у.е.) ГОСТ 7338-77.



Рис. 1. Образцы для измерения износостойкости

Первая группа образцов после закалки (ТВЧ) подвергалась традиционному шлифованию ($Ra=3,2$ мкм), вторая – обрабатывалась на ультразвуковой установке. Обработка осуществлялась индентором диаметром 5 мм. Шероховатость поверхности соответствовала 0,4 мкм.

Методика исследований. Испытания проводились с 80 роликами на одинаковых режимах, и с измерением износостойкости через пятнадцатиминутные интервалы времени. После термообработки ролики шлифовались при обильном охлаждении с доведением до требуемых размеров и снятием припуска с наружной поверхности 0,3 мм на сторону. Использовались режимы шлифования $V=30$ м/сек, $S_{\text{прод.}}=8$ м/мин, $S_{\text{поп.}}=0,02$ мм, число оборотов детали $n=175$ об/мин при 15 проходах. При шлифовании образцы устанавливались на оправке и шлифовались с одной установки, что обеспечивало идентичность условий образования поверхностного слоя у каждой группы образцов, подлежащих испытанию на износ.

Далее часть образцов из 80 изготовленных, подвергалась вибрационной обработке. В качестве оборудования использовался вибрационный станок УВИ-25 с емкостью контейнера $V=25$ литров. Были установлены следующие режимы: частота колебаний $n=50$ Гц, амплитуда $A=2$ мм. Образцы шлифовались в контейнере в течение 90 минут. Далее часть образцов подвергалась вибрационному упрочнению, а часть ультразвуковому упрочнению. В качестве инструмента – рабочей среды при вибрационном упрочнении применялись стальные шарики размером от 5 до 6 мм. Для обеспечения вибрационного упрочнения использовались следующие режимы обработки, а именно: частота колебаний $n=50$

Гц, амплитуда $A = 3,5$ мм. Образцы упрочнялись в течение 30 минут.

Ультразвуковое упрочнение проводилось на разработанной лабораторной установке. Индентор был изготовлен из закаленной стали ШХ-15 твердостью 61 – 63 HRC. С помощью специального устройства индентор прижимали с усилием 150Н к обрабатываемой поверхности. Предварительно определяли диаметр одиночного отпечатка, который образует индентор с целью определения необходимого перекрытия отпечатков. Далее осуществлялась ультразвуковое упрочнение образцов индентором, который колебался с ультразвуковой частотой 22 кГц и амплитудой 30 мкм.

Испытание образцов на износостойкость осуществлялось на машине МИ-1М. Величину износа оценивали по глубине канавки, оставленной твердосплавным роликом на поверхности образца после 15, 30, 45, 60 и 90 минут изнашивания. Причем каждый образец испытывался трижды для получения усредненных значений глубины канавки и сведения к минимуму процента ошибок при измерении. Глубину канавки замеряли на универсальном микроскопе. Приготовленные образцы взвешивались на аналитических весах (ВЛА – 200 г). Образцы обрабатывались на машине трения всухую, без охлаждения, в течение 78 секунд (до момента начала плавления резины) по 20 подходов для каждого образца. После окончания обработки производилось повторное взвешивание. Одна часть образцов подвергалась традиционному шлифованию, затем вибрационному упрочнению до шероховатости поверхности, равной 3,2 мкм, а другая часть подвергалась ультразвуковому упрочнению.

Результаты исследований. После обработки на машине трения были получены следующие результаты. Для стали 45ХН после традиционного шлифования износ материала составлял 0,015 г. После вибрационной обработки наблюдалось уменьшение износа материала до 0,0061 г, а после ультразвукового упрочнения до 0,0041 г. Для стали 45ХН износ материала после ультразвукового упрочнения уменьшился в 3,7 раза по сравнению с вибрационным упрочнением стальными шариками. Результаты испытаний образцов на износостойкость, упрочненных различными способами, приведены на рис. 2.

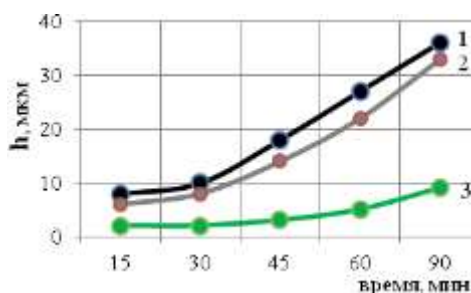


Рис. 2. Изменение износостойкости образцов: 1 – виброобработка в среде боя шарошлифовальных кругов; 2 – вибрационное упрочнение: частота – 50 Гц, амплитуда – 3,5 мм; 3 – ультразвуковое упрочнение частотой 22 кГц и амплитудой – 30 мкм

В таблице приведена сравнительная характеристика шероховатости поверхности после упрочнения различными способами.

Таблица

Шероховатость поверхностного слоя			
$R_{ст}, Н$	50	100	150
$R_{э},$ после УЗО, мкм	1,4	0,8	0,4
Время обработки	1 час	2 часа	3 часа
$R_{э},$ после вибрационного упрочнения, мкм	1,18	1,11	1,0

Выводы. 1. Износостойкость несущих поверхностей зубьев должна учитываться при выборе технологических способов обработки ПС.

2. Исследование износостойкости зубчатых колес из стали 45ХН показало, что износ образцов, изготовленных по предлагаемой технологии (ультразвукового упрочнения) в 3,7 раз ниже, чем при вибрационном упрочнении стальными шариками. **3.** Предварительные испытания на износостойкость показали положительные результаты по применению ультразвукового способа упрочнения образцов зубчатых колес локомотива из стали 45ХН.

Л и т е р а т у р а

- Чернецкая Н.Б. Исследование металла зуба шестерни тягового редуктора локомотива, разрушившейся в эксплуатации / Н.Б Чернецкая., П.В. Колодяжный, С.А Волкова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Технічні науки. Серія транспорт.– 2008. – Ч.2. – №5 (123). – С.174-178.
- Колодяжный П.В. Эксплуатационные повреждения зубчатых тяговых передач подвижного состава и технологии их упрочнения при изготовлении / П.В. Колодяжный // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – Ч. 2. – №1 (155). – С. 88-96.
- Колодяжный П.В. Анализ эксплуатационных повреждений зубчатых колес тепловозов, изготовленных по различной технологии / П.В. Колодяжный // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011.– Ч. 2. – №4 (158). – С. 84-90.
- Колодяжный П.В. Исследование поверхностного слоя металла зубьев колес зубчатой передачи локомотива 2ТЭ10Л после эксплуатации / П.В. Колодяжный // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – №2 (191). – Ч.1. – С. 107-111.
- Колодяжный П.В. Анализ причин разрушения косозубого колеса колесной пары электровоза / П.В. Колодяжный // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Вид-во СНУ ім. Даля. – 2012. – №5 (176). – С. 33 – 36.
- Жеманюк П.Д. Повышение прочностных характеристик лопаток компрессора / П.Д. Жеманюк, О.Л. Лукьяненко, Л.П. Степанова // Вестник двигателестроения. – №1. – 2006. – С. 79-87.
- Рахимьянов Х. М. Анализ механизмов влияния ультразвукового пластического деформирования на формирование структуры поверхностного слоя при комбинированной обработке/ Х. М. Рахимьянов, Ю. Никитин // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2012. – №1. – С. 39-44.

8. Рахимьянов Х. М. Технологическое обеспечение геометрических параметров качества поверхности при ультразвуковом пластическом деформировании / Х. М. Рахимьянов, Ю. С. Семенова // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2012. – №3. – С. 33-36.
9. Рахимьянов Х. М. Обеспечение качества поверхности деталей машин ультразвуковым пластическим деформированием перед нанесением покрытия / Рахимьянов Х. М., Семенова Ю. С., Сауткина М. А., Скрынник В. А., Лихачев А. П. // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2013. – №2. – С. 4-7
10. Макаров, В.Ф. Исследование параметров качества поверхностного слоя, полученного методом ультразвукового поверхностного пластического деформирования / В.Ф.Макаров, А.Х.Половинкин // *Технология Машиностроения*. – 2007. – № 7. – С. 13-22.
11. Петрина Ю.Д. Підвищення довговічності деталей насосів та компресорів нафтогазової промисловості ультразвуковим зміцненням / Ю.Д.Петрина, Р.С.Яким, А.В.Швадчак // *Науковий вісник Національного Технічного Університету Нафти і Газу*. – 2005. – № 3(12). – С. 39-45.]
12. Киреев А.Н. Применение ультразвуковой обработки с целью улучшения эксплуатационных свойств зубчатых колес локомотивов / А.Н.Киреев, П.В. Колодяжный // *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. – 2013. – Вип. 139. – С. 256-263.
13. Лубенская Л.М., Колодяжный П.В. Ресурсосберегающая технология изготовления ведущих зубчатых колес тепловозов 2ТЭ10Л // *Вібрації в техніці та технологіях*. Всеукраїнський науково-технічний журнал. Вид-во Вінницького національного аграрного університету. Вінниця.- №4(60).-С.40-48.
14. Лубенская Л. М., Колодяжный П.В. Повышение эксплуатационных свойств осей колесных пар за счет упрочнения их поверхности // *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. Дніпропетровськ. – 2011.– В. 38.– С. 41-46.
15. Колодяжный П.В. Влияние технологии изготовления зубчатых колес локомотивов на предел выносливости / П.В. Колодяжный, А.Н. Киреев // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. – 2013. - №5 (194). – Ч.1. – с. 51-55.
16. Колодяжный П.В., Киреев А.Н. Влияние технологических режимов накатки осей колесных пар тепловозов на физико-механические свойства. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. – 2013. – №16 (205). – Ч.2. – С. 122- 125.
17. Колодяжный П.В. Упрочнение накатыванием осей колесных пар тепловозов. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. Вид-во СНУ ім. В. Даля. Луганськ. – 2013. – №6 (195). – Ч.2. – С. 130- 134.
18. Киреев А.Н. Применение ультразвуковой обработки с целью улучшения эксплуатационных свойств зубчатых колес локомотивов / А.Н. Киреев, П.В. Колодяжный // *Збірник наук. праць Української державної академії залізничного транспорту*. – Харків. – 2013. – Вип. 139. – с. 256-263.
19. Колодяжный П.В. Использование ультразвуковой обработки в технологии изготовления зубчатых передач локомотивов // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. – 2013. – №4 (193). – С. 93 – 98.
20. Pavel Kolodyazhnyi. Ultrasonic testing of discontinuities of metal of gear blanks of rolling stock. *teka. kom. mot. i energ. roln. POLSKA AKADEMIA NAUK. LUBLIN.* – 2013. – VOL.13. – № 4. – P. 92-98

References

1. СHerneckaja N.B. Issledovanie metalla zuba shesterni tjavovogo reduktora lokomotiva, razrushivshejsja v jekspluatacii / N.B.CHerneckaja, P.V.Kolodjazhnyj, S.Avolkova // *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja. Tehnichni nauki. Serija transport*. – 2008. – CH.2. – №5 (123). – S.174-178.
2. Kolodjazhnyj P.V. JEkspluatacionnye povrezhdenija zubchatih tjavovih peredach podvizhnogo sostava i tehnologi ih uprochnenija pri izgotovlenii / P.V. Kolodjazhnyj//*VisnikShidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja*. – 2011. – CH. 2. – №1 (155). – S. 88-96.
3. Kolodjazhnyj P.V. Analiz jekspluatacionnyh povrezhdenij zubchatih koles teplovozov, izgotovlennyh po razlichnoj tehnologi / P.V. Kolodjazhnyj // *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja*. – 2011.– CH. 2. – №4 (158). – S. 84-90.
4. Kolodjazhnyj P.V. Issledovanie poverhnostnogo sloja metalla zub'ev koles zubchatoj peredachi lokomotiva 2TJE10L posle jekspluatacii / P.V. Kolodjazhnyj // *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja*. – 2013. – №2 (191). – CH.1. – S. 107-111.
5. Kolodjazhnyj P.V. Analiz prichin razrushenija kosozubogo kolesa kolesnoj pary jelektrovoza / P.V. Kolodjazhnyj // *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja. Vid-vo SNU im. Dalja*. – 2012. – №5 (176). – S. 33 – 36.
6. ZHemanjuk P.D. Povyshenie prochnostnyh karakteristik lopatok kompressora / P.D. ZHemanjuk, O.L. Luk'janenko, L.P. Stepanova // *Vestnik dvigatelestroenija*. – №1. – 2006. – S. 79-87.
7. Rahimjanov H. M. Analiz mehanizmov vlijanija ul'trazvukovogo plasticheskogo deformirovanija na formirovanie struktury poverhnostnogo sloja pri kombinirovannoj obrabotke/ H. M. Rahimjanov, JU. Nikitin // *Obrabotka metallov (tehnologija, oborudovanie, instrumenty)*. – 2012. – №1. – S. 39-44.
8. Rahimjanov H. M. Tehnologicheskoe obespechenie geometricheskikh parametrov kachestva poverhnosti pri ul'trazvukovom plasticheskom deformirovanii / H. M. Rahimjanov, JU. S. Semenova // *Obrabotka metallov (tehnologija, oborudovanie, instrumenty)*. – 2012. – №3. – S. 33-36.
9. Rahimjanov H. M. Obespechenie kachestva poverhno-sti detalej mashin ul'trazvukovym plasticheskim deformirovaniem pered naneseniem pokrytija / Rahimjanov H. M., Semenova JU. S., Sautkina M. A., Skrynnik V. A., Lihachev A. P. // *Obrabotka metallov (tehnologija, oborudovanie, instrumenty)*. – 2013. – №2. – S.4-7
10. Makarov, V.F. Issledovanie parametrov kachestva poverhnostnogo sloja, poluchennogo metodom ul'trazvukovogo poverhnostnogo plasticheskogo deformirovanija/ V.F.Makarov, A.H.Polovinkin // *Tehnologija Mashinostroenija*. – 2007. – № 7. – S. 13-22.
11. Petrina JU.D. Pidvishhennja dovgovichnosti detalej nasosiv ta kompresoriv naftogazovoi promislovosti ul'trazvukovim zmicnennjam / JU.D.Petrina, R.S.JAkim, A.V.SHvadchak // *Naukovij visnik Nacional'nogo*

- Tehnichnogo Universitetu Naftii Gazu. – 2005. – № 3(12). – S. 39-45.].
12. Kireev A.N. Primenenie ul'trazvukovoj obrabotki s cel'ju uluchsheniya jekspluatacionnyh svojstv zubchatyh koless lokomotivov / A.N.Kireev, P.V. Kolodjazhnyj // Zbirnik naukovih prac' UkrDAZT.– 2013. – Vip. 139. – S. 256-263.
 13. Lubenskaja L.M., Kolodjazhnyj P.V. Resursosberegajushhaja tehnologija izgotovlenija vedushhijh zubchatyh koles teplovozov 2TJE10L //Vibracii v tehnicij ta tehnologijah. Vseukraïns'kij naukoivo-tehnichnij zhurnal. Vid-vo Vinnic'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Vinnic'ja.- ?№4(60).-S.40-48.
 14. Lubenskaja L. M., Kolodjazhnyj P.V. Povyshenie jekspluatacionnyh svojstv osey kolesnyh par za set uprochneniya ih poverhnosti// Visnik Dnipropetrov-s'kogo nacional'nogo universitetu zaliznichnogo transportu imeni akademika V.Lazarjana. Vid-vo Dnipropetr.nac. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazarjana. Dnipropetrovs'k, 2011.- V. 38.- S. 41-46.
 15. Kolodjazhnyj P.V. Vlijanie tehnologii izgotovlenija zubchatyh koles lokomotivov na predel vynoslivosti / P.V. Kolodjazhnyj, A.N. Kireev // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja. – 2013. - №5 (194). – CH.1. – s. 51-55.
 16. Kolodjazhnyj P.V., Kireev A.N. Vlijanie tehnologicheskijh rezhimov nakatki osey kolesnyh par teplovozov na fiziko-mehaniicheskie svojstva. Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja. Vid-vo SNU im. V. Dalja. Lugans'k. – 2013. – №16 (205). – CH.2. – S. 122- 125.
 17. Kolodjazhnyj P.V. Uprochnenie nakatyvanijem osey kolesnyh par teplovozov. Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja. Vid-vo SNU im. V. Dalja. Lugans'k. – 2013. – №6 (195). – CH.2. – S. 130- 134.
 18. Kireev A.N. Primenenie ul'trazvukovoj obrabotki s cel'ju uluchsheniya jekspluatacionnyh svojstv zubchatyh koles lokomotivov / A.N. Kireev, P.V. Kolodjazhnyj // Zbirnik nauk. prac' Ukraïns'koï derzhavnoï akademii zaliznichnogo transportu. – Harkiv. – 2013. – Vip. 139. – s. 256-263.
 19. Kolodjazhnyj P.V. Ispol'zovanie ul'trazvukovoj obrabotki v tehnologii izgotovlenija zubchatyh pe-redach lokomotivov // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja. Vid-vo SNU im. V. Dalja. Lugans'k, 2013. - №4 (193). – S. 93 – 98.
 20. Pavel Kolodyazhnyj. PRAETEMPTATUS ultrasonic DE DISCONTINUITIES DE metalla APPARATUS BLANKS STOCK voluciones. Teka. Kom. Mot. I Energ. Roln. POLSKA Akademia Nauk. Mościska. – 2013 – Vol.13. – . № 4. – 92-98 P.

Колодяжний П.В. Підвищення зносостійкості зубчастих коліс локомотивів шляхом вибору технологічних способів зміцнюючої обробки.

У статті проаналізовано сучасні технології зміцнення. Запропоновано визначити зносостійкість зубчастих коліс після фінішних технологічних операцій. Розглянуті технологічні процеси зміцнення робочої поверхні зубчастих коліс локомотивів. Досліджено вплив, як ультразвукового поверхневого зміцнення, так і зміцнення за рахунок вібрації на зносостійкість поверхневого шару зубчастого колеса із сталі 45ХН. Встановлена ефективність ультразвукового поверхневого зміцнення на зниження зносу у порівнянні зі зміцненням сталевими кульками за рахунок вібрації. Експериментально доведено зменшення в 3,7 разу зносу робочої поверхні зубчастих коліс за рахунок ультразвукового зміцнення у порівнянні з вібраційним зміцненням.

Ключові слова: поверхнєве зміцнення, знос, зубчасті колеса, ультразвукова поверхнева деформація, зміцнення сталевими кульками за рахунок вібрації.

Kolodyazhnyj P. Improve the wear resistance gears locomotives by selecting technological way to reinforcing treatment.

The article analyzes the modern technology urochneniya. Proposed to determine the wear resistance of the gears after finishing manufacturing operations. Considered processes of hardening of the working surface of gear wheels of locomotives. The effect of the ultrasonic peening as well as hardening due to vibration, wear resistance surface layer of the steel gear 45HN. The efficiency of ultrasonic peening to reduce wear compared to other reinforcing technology. Experimentally proven reduction of 3.7 times the wear of the working surfaces of gears by ultrasound as compared with the hardening vibration hardening. Preliminary tests on iznosostoyost showed positive results on the application of ultrasonic method of hardening samples gears locomotive steel 45HN.

Keywords: surface hardening, wear, gear wheels, ultrasonic surface deformation, hardening steel balls due to vibration.

Колодяжний П.В. – аспірант, кафедри «Метрологія» Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. e-mail: pavel.kolodyazhnyj@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 02.03.2015

УДК 629.463.001.18

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КРУГЛИХ ТРУБ В ЯКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ НЕСУЧИХ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ-ПЛАТФОРМ

Фомін О.В., Ловська А.О.

RESEARCH OF EXPEDIENCE APPLICATION OF ROUND PIPES IS IN QUALITY ELEMENTS BEARINGS SYSTEMS OF RAILWAY CARRIAGES-PLATFORMS

Fomin O., Lovskaya A.

В статті висвітлено особливості та результати проведеного дослідження із визначення доцільності застосування круглих труб в якості несучих елементів каркасів залізничних вагонів-платформ.

Також в роботі представлено приклад практичного впровадження труб у несучу систему однієї із базових сучасних моделей вагонів-платформ моделі 13-401 побудови ВАТ Дніпродзержинського ВБЗ. Наведено результати розрахунків розробленої та запатентованої конструкції на міцність за першим та третім розрахунковими режимами, на втомну міцність, та визначення проектного строку служби.

Запропонований аспект проектування може бути використаний при рішенні аналогічних питань для інших засобів транспортного машинобудування.

Ключові слова: проектування, вантажні вагони, вагон-платформа, круглі труби.

Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень. Постійна конкуренція залізничного транспорту з іншими видами транспорту як на внутрішньому ринку перевезень вантажів так і в рамках міжнародних транспортних коридорів (МТК), зумовлюють необхідність проектування та впровадження в експлуатацію вагонів нового покоління (вагонів з суттєво покращеними техніко-економічними та експлуатаційними показниками).

Необхідність розв'язання вищезазначеної науково-практичної проблеми підтверджується основними положеннями Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1555-р. та Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, яку затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 року №1259.

Відомо, що на сьогодні одним з найбільш затребуваних типів вантажних вагонів є вагони-платформи, які, до того ж, є невід'ємною складовою

транспортної логістики в напрямку МТК. Тому роботи із удосконалення саме таких вантажних вагонів з метою поліпшення їх техніко-економічних та експлуатаційних показників можна вважати актуальними та важливими для вітчизняної транспортної науки. Результати проведених раніше робіт [1, 2] засвідчили наявність значного потенціалу в удосконаленні конструкції вантажних вагонів за рахунок впровадження у якості їх несучих елементів порожнистих профілів (труб круглих та прямокутних, круглих напівтруб, шестигранних профілів і т.д.). При цьому найбільший економічний ефект прогнозується за рахунок впровадження круглих труб. Тому перед авторами постало науково-практичне завдання з дослідження доцільності застосування круглих труб в якості елементів несучих систем залізничних вагонів-платформ.

Мета статті та викладення основного матеріалу. Метою статті є висвітлення особливостей та результатів проведеного дослідження із визначення доцільності застосування круглих труб в якості несучих елементів залізничних вагонів-платформ. В роботі представлено приклад практичного впровадження круглих труб у несучу систему однієї із базових сучасних моделей вагонів-платформ – моделі 13-401 побудови ВАТ Дніпродзержинського ВБЗ. Наведено результати та особливості проведених розрахунків нової розробленої конструкції вагонів-платформ на міцність за першим та третім розрахунковими режимами, на втомну міцність, та визначення проектного строку служби.

Для розв'язання основного завдання роботи – обґрунтування доцільності застосування круглих труб в якості елементів несучих систем залізничних вагонів-платформ, були вирішені наступні науково-практичні задачі, які і послугували відповідними етапами дослідження:

1 визначення розрахункових резервів міцності несучої системи [1] обраної для дослідження моделі

вагону-платформи на основі аналізу комплексних теоретично-розрахункових досліджень її роботи по сприйняттю експлуатаційних навантажень. Для цього було розроблено комп'ютерну модель платформи моделі 13-401 та перевірено її адекватність, змодельовані експлуатаційні робочі ситуації та визначено напружено-деформовані стани методом скінчених елементів;

2 визначення допустимих міцнісних характеристик для конструкційних елементів несучої системи вагону-платформи, який обрано у якості базового, що здійснювалось за сучасною методологією запропонованою та описаною у роботі [1];

3 визначення оптимальних перерізів запропонованих до впровадження круглих труб з урахуванням конструкційних та міцнісних обмежень;

4 на основі визначених оптимальних параметрів підбір існуючих виконань круглих труб із сортаменту;

5 розроблення нової конструкції залізничного вагона-платформи із підібраних труб круглих;

6 комплексна теоретично-розрахункова перевірка нової конструкції платформи, яка включає розрахунки: за першим та третім розрахунковими режимами, на втомну міцність, та визначення проектного строку служби;

7 аналіз результатів досліджень.

Результати аналізу досвіду надійної експлуатації існуючих моделей вагонів-платформ вказали, що модель вагону-платформи 13-401 виробництва ВАТ Дніпродзержинського ВБЗ можна взяти як базову для дослідження.

З метою дослідження напружено-деформованого стану несучої конструкції вагона-платформи побудовано його просторову модель (див. рис.1) в середовищі програмного забезпечення SolidWorks.

Результати перевірки її адекватності, шляхом співставлення розрахункових значень з відомими експериментальними даними, вказали на можливість її подальшого застосування. Після цього для моделювання експлуатаційних робочих ситуацій (відповідно до першого та третього розрахункових режимів) та визначення напружених станів несучих елементів були проведені наступні роботи.

Чисельні значення зусиль, які діють на вагон-платформу в експлуатації були розраховані у відповідності до [3], наведені в таблиці 1 та 2. При цьому враховано, що використовується повна вантажопідйомність вагона-платформи умовним вантажем. Вертикальні зусилля, які діють на несучу конструкцію вагона-платформи, прикладалися у співвідношенні 5/16 до основних бокових балок, 10/16 до хребтової.

Розрахунок на міцність проведений з використанням методу скінчених елементів в середовищі програмного забезпечення CosmosWorks. Оптимальна кількість елементів сітки скінченно-елементної моделі визначена з використанням графоаналітичного методу. При цьому кількість елементів сітки складала 368732, вузлів – 14938. Максимальний розмір

елементу сітки дорівнює 235,62 мм, мінімальний – 47,12 мм, максимальне співвідношення боків елементів – 332, відсоток елементів з співвідношенням боків менше трьох – 24,6, більше десяти – 31,5.

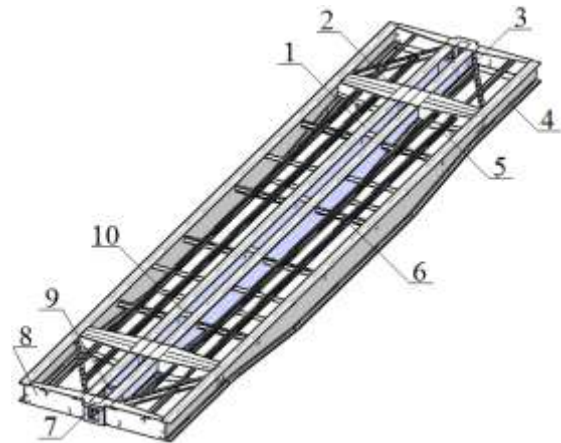


Рис. 1. Просторова геометрична комп'ютерна модель вагона-платформи моделі 13-401:

- 1 – хребтова балка; 2 – шворнева балка; 3 – розкос;
- 4 – основна повздовжня балка; 5 – проміжна повздовжня балка; 6 – поперечна балка; 7 – ударна розетка з передніми упорами; 8 – лобовий лист; 9 – задній упор; 10 – діафрагма

Таблиця 1
Чисельні значення зусиль, які діють на вагон-платформу моделі 13-401 в експлуатації

Тип зусилля	I р.р.	III р.р.
Вертикальне статичне, кН	800,496	800,496
Вертикальне динамічне, кН		112,87
Відцентрове, кН		150,81
Рамне, кН		194,21
Вітрове, кН		2,65

Таблиця 2
Величини повздовжніх сил, які діють на вагон-платформу в експлуатації

Величина повздовжньої сили, МН			
Розрахункові режими			
I		III	
Квазістатична сила	Удар, ривок	Квазістатична сила	Удар, ривок
-2,5	-3,5	-1,0	-1,0
+2,0	+2,5	+1,0	+1,0

Закріплення моделі здійснювалось за п'ятники та ковзуни шворневих балок несучої конструкції вагона-платформи.

При дослідженні міцності вагона-платформи в умовах навантаження, яке відповідає режиму «ударстиснення» повздовжнє зусилля прикладалося до заднього упору автозчепу, а з іншого боку вагона-платформи здійснювалось закріплення за цей же елемент автозчепного обладнання. При моделюванні міцності вагона-платформи в умовах режиму

«розтягнення-ривок» повздовжнє зусилля прикладалося до передніх упорів з одного кінця вагона-платформи, а з іншого здійснювалося закріплення за передні упори.

Результати розрахунку на міцність несучої конструкції вагона-платформи при I розрахунковому режимі (удар) наведені нижче та на рис.2. наведено отриману візуалізацію напруженого стану.

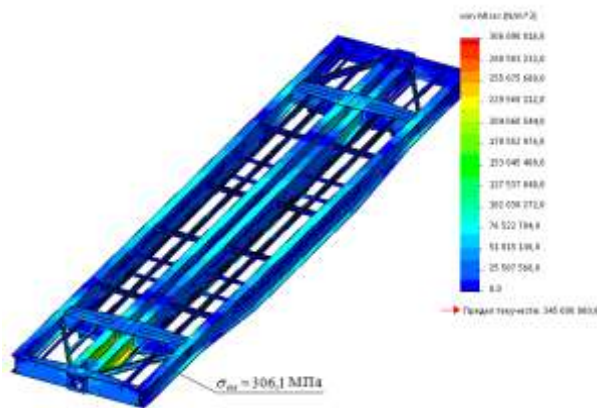


Рис. 2. Напружений стан несучої конструкції вагона-платформи моделі 13-401 при I розрахунковому режимі (удар)

Максимальні еквівалентні напруження при цьому виникають в нижній зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою та складають близько 306 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції зафіксовані у середній частині рами та складають 7,6 мм, максимальні деформації склали $2,4 \cdot 10^{-3}$.

В подальшому було проведено розрахунок на міцність несучої конструкції вагона-платформи при I розрахунковому режимі (ривок) результати чого наведені нижче. Максимальні еквівалентні напруження при цьому виникають в нижній зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою та складають близько 242,8 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції складають 7,6 мм, максимальні деформації склали $2,4 \cdot 10^{-3}$.

Результати розрахунку на міцність несучої конструкції вагона-платформи при III розрахунковому режимі (удар) наведені нижче. При цьому бокові навантаження, які діють на вагон-платформу в експлуатації враховані як поперечні реакції в п'ятикутих вузлах. Вертикальне динамічне зусилля, яке діє на несучу конструкцію вагона-платформи при русі відносно рейкової колії, враховано у квазістатичі. Максимальні еквівалентні напруження при цьому складають близько 224 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції – 78,2 мм, максимальні деформації склали $3,3 \cdot 10^{-3}$.

Результати розрахунку на міцність несучої конструкції вагона-платформи при III розрахунковому режимі (ривок) є наступними. Максимальні еквівалентні напруження при цьому складають близько 230,8 МПа, максимальні переміщення в вузлах

конструкції – 6,8 мм, максимальні деформації склали $5,67 \cdot 10^{-3}$ (на рис. 3 представлено).

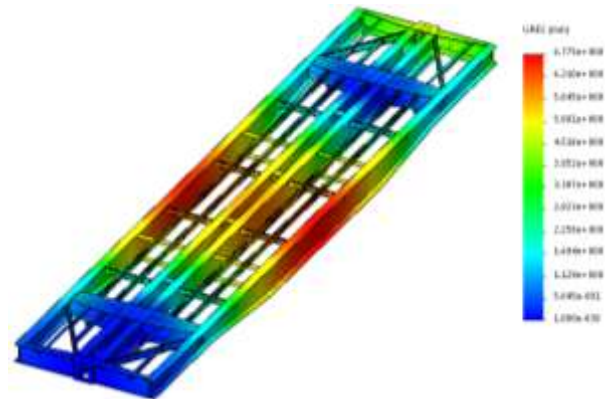


Рис. 3. Переміщення в вузлах конструкції при розрахунку на міцність вагона-платформи моделі 13-401 при III розрахунковому режимі (ривок)

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що максимальні еквівалентні напруження в несучій конструкції вагона-платформи виникають при I розрахунковому режимі в умовах удару-стиснення. При цьому в складових елементах рами максимальні еквівалентні напруження значно менші за допустимі та мають значний запас міцності. Тому з метою зменшення матеріалоемності несучої конструкції вагона-платформи необхідним є проведення її оптимізації з забезпеченням раціональних запасів міцності, шляхом використання їх надлишків.

Визначення допустимих міцнісних характеристик для елементів несучих систем вагону-платформи, який розроблюється з каркасом із круглих труб здійснювалось за наступним алгоритмом: спочатку визначають допустимі значення моментів опору перерізу ($[W_x]$, $[W_y]$) впроваджуваного профілю з використанням визначених резервів міцності (визначаються як співвідношення отриманих максимальних експлуатаційних характеристик міцності з їх допустимими значеннями). Після цього за допомогою розробленого програмно-обчислювального комплексу визначено оптимальні характеристики складових елементів вантажних вагонів [2], отримані оптимальні значення перерізів труб, після чого за допомогою сортаменту [4] визначені існуючі виконання труб. Результати вищеперелічених досліджень наведені у таблиці 3.

При обранні оптимальних параметрів труб хребтової та основних повздовжніх балок рами враховано, що консольні та середні частини балок повинні мати однакову товщину стінки за умови технологічності виготовлення конструкції.

Для перевірки конструкційної працездатності, технологічності виготовлення, міцності за першим та третім розрахунковими режимами, втомної міцності, та визначення проектного строку служби вагону-платформи з несучою системою із круглих труб авторами було розроблено її комп'ютерну модель у програмному середовищі SolidWorks.

З урахуванням даних, наведених у таблиці 3 побудовано просторову модель вагона-платформи нового покоління з оптимальними параметрами елементів конструкції (рис. 4).

Дослідження втомної міцності несучої конструкції вагона-платформи, наведеної на рис. 4, дозволило зробити висновок, що міцність її в зоні взаємодії повздовжніх та поперечних балок не забезпечується. Тому прийняте рішення виконання хребтової та основних повздовжніх балок постійного за довжиною діаметра труби (рис.5).



Рис. 4. Просторова геометрична комп'ютерна модель прототипу залізничного вагона-платформи з несучою системою із труб круглих зі змінними перерізами по довжині

Таблиця 3

Визначення оптимальних параметрів перерізів елементів несучої конструкції із круглих труб вагона-платформи моделі 13-401

Елемент рами	Маса 1 м, кг	Довжина, м	n	σ_{max} , МПа	I_x , см ⁴	I_y , см ⁴	W_x , см ³	W_y , см ³	$[W_x]$, см ³	$[W_y]$, см ³	Оптимальні параметри труби			Маса 1 м круглої труби, кг
											W , см ³	D, мм	S, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Балка хребтова:	108*	13,4	1,13	306,09	1853,82	24516,94	195,14	1343,4	173,13	1191,86	1204	325	17	129,13
консольна частина														
середня частина			5,99	57,6	1862,44	77164,35	196,05	1286,07	32,74	214,88	506,07	219	17	84,69
Балка основна повздовжня:	108*	13,4	8,58	40,21	1853,82	24516,94	195,14	1343,4	22,74	156,57	173,39	177,8	8	33,5
консольна частина														
середня частина			6,77	50,95	1862,44	77164,35	196,05	1286,07	28,96	189,95	208,11	193,7	8	36,64
Балка проміжна повздовжня	9,46	9,7	14,4	24	199,45	18,79	75,53	3,76	5,3	1,8	6,53	57	3	4,0
Балка проміжна поперечна	9,46	1142	4,1	84	199,45	18,79	75,53	3,76	18,13	0,92	20,04	76	5,5	9,56
Розкос	11,5	2091,5	5,32	64,87	420,26	50,21	110,6	8,37	20,8	1,57	21,73	89	4	8,38
Кутник консольної частини (короткий)	5,72	1246	12,6	27,4	11,18	42,94	3,55	13,63	0,28	1,08	6,53	57	3	4,0
Кутник консольної частини (довгий)	5,72	1918	28,3	12,2	11,18	42,94	3,55	13,63	0,12	0,48	6,53	57	3	4,0

* У таблиці вказана маса 1 пог. м двотавра №60.



Рис. 5. Несуча конструкція вагона-платформи моделі 13-401, виконаної з труб круглого постійного перерізу

Взаємодія хребтової балки зі шворневою здійснюється через спеціальний адаптер (рис.6), який складається з опори 1 та підкладних листів 2. Товщина опори вибрана виходячи з товщини подошви двотавра хребтової балки прототипу вагона-платформи. Таке технічне рішення дозволяє забезпечити необхідну міцність шворневої балки в зоні взаємодії з хребтовою в умовах експлуатаційних навантажень.

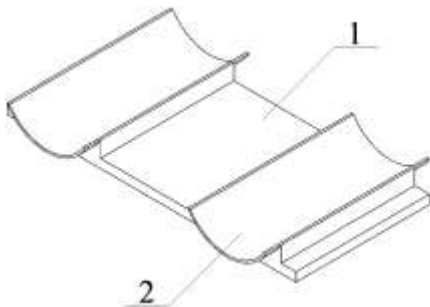


Рис. 6. Адаптер шворневої балки

З метою забезпечення закріплення повздовжніх балок з поперечними останні мають спеціальні форми поглиблення, глибиною 1 мм в які укладаються повздовжні балки.

Вузол взаємодії повздовжніх балок вагона-платформи з поперечними наведений на рис. 7.

З метою дослідження міцності вагона-платформи удосконаленої конструкції проведений її розрахунок з використанням методу скінчених елементів. Для цього була розроблена комп'ютерна модель міцності вагона-платформи в умовах I розрахункового режиму.

Оптимальна кількість елементів сітки визначена з використанням графоаналітичного методу. В якості скінчених елементів використані ізопараметричні тетраедри. При цьому кількість елементів сітки склала 2821871, вузлів – 797860. Максимальний розмір елемента сітки дорівнює 15 мм, мінімальний – 3 мм, максимальне співвідношення боків елементів – 105,9, відсоток елементів з співвідношенням боків менше трьох – 89, більше десяти – 0,197.

Закріплення моделі здійснювалося за п'ятники та ковзуни шворневих балок несучої конструкції вагона-платформи.

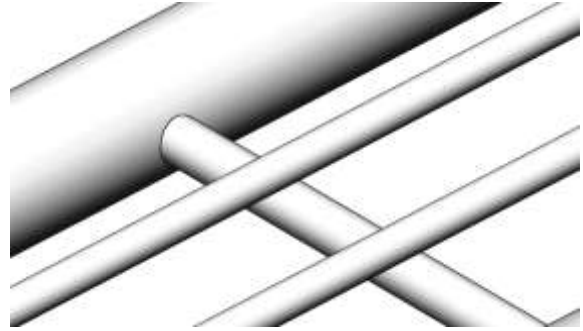


Рис. 7. Вузол взаємодії повздовжніх балок з поперечними

Результати розрахунку на міцність несучої конструкції вагона-платформи при I розрахунковому режимі (удар) наведені на рис.8.

Максимальні еквівалентні напруження при цьому виникають в нижній зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою та складають близько 320 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції зафіксовані у середній частині основних повздовжніх балок рами та складають 26,5 мм, максимальні деформації склали $1,96 \cdot 10^{-3}$.

Розподілення еквівалентних напружень та деформацій за довжиною хребтової балки наведені відповідно на рис.9, 10. При цьому напруження та деформації фіксувалися за нижньою частиною труби хребтової балки.

З рисунка видно, що максимальні напруження виникають у консольних частинах хребтової балки вагона-платформи. В консолі, яка розміщена з боку прикладення ударного навантаження, напруження мають більші значення ніж з протилежного боку майже на 40%.

Результати розрахунку на міцність несучої конструкції вагона-платформи при I розрахунковому режимі (ривок, розтягнення) наведені нижче. Максимальні еквівалентні напруження при цьому виникають в нижній зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою та складають близько 300 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції складають 27,8 мм, максимальні деформації склали $3,18 \cdot 10^{-3}$.

В умовах «стиснення» за I розрахунковим режимом (рисунок 20) максимальні еквівалентні напруження складають близько 280 МПа, максимальні переміщення в вузлах – 26,5 мм, деформації – $18 \cdot 10^{-3}$.

Нижче наведені результати розрахунку на міцність несучої конструкції вагона-платформи при III розрахунковому режимі (удар, стиснення).

Максимальні еквівалентні напруження при цьому складають близько 250 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції – 25 мм, максимальні деформації склали $1,88 \cdot 10^{-3}$.

Далі наведені результати розрахунку на міцність несучої конструкції вагона-платформи при III розрахунковому режимі (ривок, розтягнення).

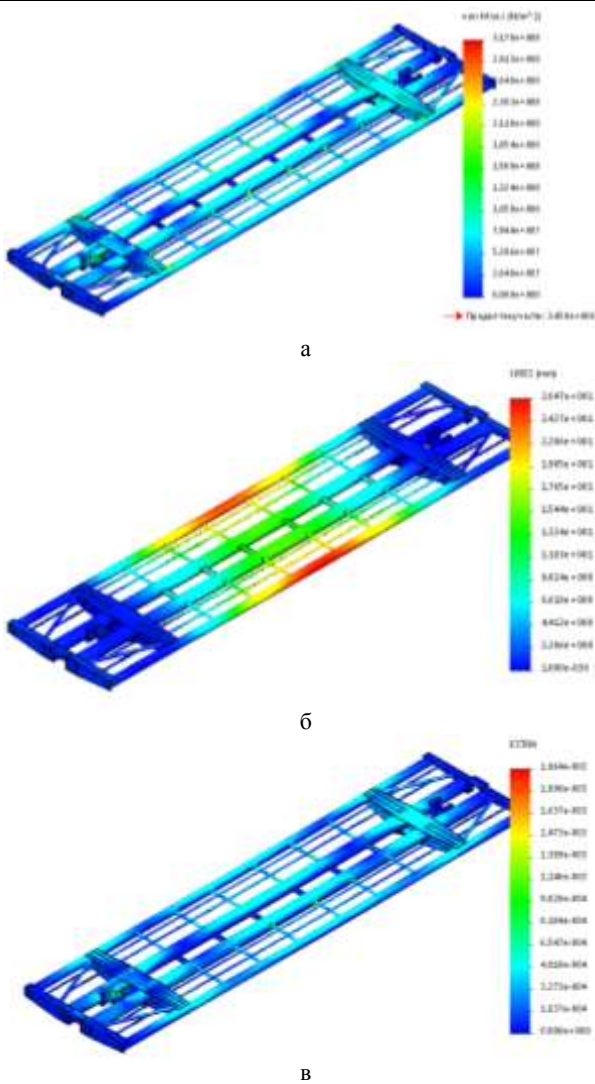


Рис. 8. Результати розрахунку на міцність вагона-платформи удосконаленої конструкції в умовах I розрахункового режиму (удар): а – напружений стан; б – переміщення в вузлах; в – деформації несучої конструкції вагона-платформи

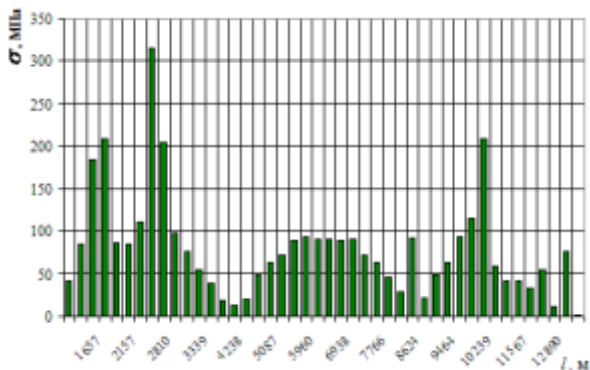


Рис. 9. Розподілення еквівалентних напружень за довжиною хребтової балки

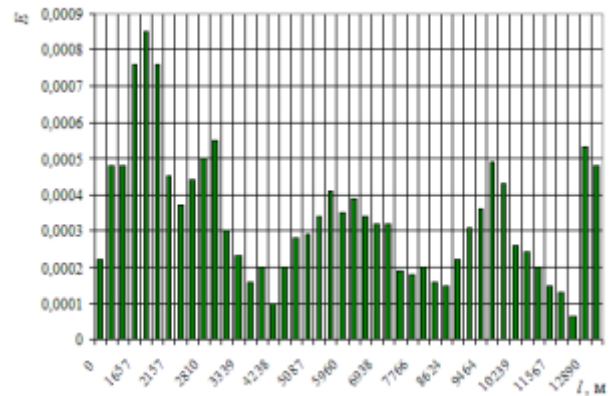


Рис. 10. Розподілення відносних деформацій за довжиною хребтової балки

При цьому максимальні еквівалентні напруження складають близько 240 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції – 27,7 мм, максимальні деформації склали $3,13 \cdot 10^{-3}$

Розроблена конструкція вагона-платформи розрахована на втомну міцність в середовищі програмного забезпечення CosmosWorks. База випробувань при цьому складала 10^7 циклів. Результати розрахунку дозволили зробити висновок, що втомна міцність несучої конструкції вагона-платформи забезпечується.

З метою визначення проектного строку служби вагона-платформи використана методика, наведена в [5]:

$$T_n = \frac{(\sigma_{-1D} / [n])^m \cdot N_0}{B \cdot f_e \cdot \sigma_{ae}^m}, \quad (1)$$

де σ_{-1D} – середнє значення границі витривалості деталі, МПа;

n – допустимий коефіцієнт запасу міцності;

m – показник ступеня кривої втоми;

N_0 – база випробувань;

B – коефіцієнт, який характеризує час безперервної роботи об'єкту в секундах;

f_e – ефективна частота динамічних напружень, s^{-1} ;

σ_{ae} – амплітуда еквівалентних динамічних напружень, МПа.

Коефіцієнт, який характеризує час безперервної роботи об'єкту визначений за формулою:

$$\hat{A} = \frac{365 \cdot 10^3 \cdot L_c}{g_{\hat{n}}(1 + 0,34)}, \quad (2)$$

де $L_{\hat{n}}$ – середньодобовий пробіг вагона, км (≈ 250 км [2]);

g – середнє значення швидкості руху вагона, м/с;

0,34 – коефіцієнт порожнього пробігу.

Ефективна частота динамічних напружень визначена за формулою:

$$f_{\dot{a}} = \frac{1,1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{\dot{a}} \delta}}, \quad (3)$$

де $f_{\dot{a}} \delta$ – статичний прогин ресорного підвишування, мм

При проведенні розрахунків прийняті наступні вхідні параметри: середнє значення границі витривалості несучої конструкції визначалося як $0,5\sigma_B$ матеріалу (сталь марки 09Г2Д, 09Г2С) та складало 245 МПа; база випробувань – 10^7 циклів (рекомендована база випробувань для сталі [3]); час безперервної роботи несучої конструкції при $g_{cp} = 33,3$ м/с склав 6514,37 с; ефективна частота динамічних напружень визначена з урахуванням параметрів ресорного підвишування візка моделі 18-100 та складала 2,7 Гц; допустимий коефіцієнт запасу міцності дорівнює 2; показник ступеня кривої втоми для зварної конструкції прийнятий рівним 4; амплітуда еквівалентних динамічних напружень визначена на підставі проведених розрахунків НДС несучої конструкції вагона та складала 50,6 МПа.

На підставі проведених розрахунків встановлено, що проектний строк служби несучої конструкції удосконаленого вагона-платформи складає більше 32 років, тобто не є меншим за життєвий цикл вагона.

Удосконалена несуча конструкція вагона-платформи (рис.11) має тару близько 6,2 т, що на 5% менше за тару вагона-аналогу (6,5 т).



Рис. 11. Удосконалена конструкція вагона-платформи

Важливо зазначити, що з урахуванням зменшеної тари несучої конструкції вагона-платформи забезпечується її міцність в умовах експлуатаційних навантажень. Крім того, розроблена конструкція забезпечує більшу зручність обслуговування гальмівного обладнання вагону, на відміну від вагону-прототипу.

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання. Результати представленого дослідження, а також результати раніше проведених авторами досліджень свідчать про доцільність впровадження труб в якості несучих елементів залізничних вантажних вагонів. При цьому ефективність проведення робіт із впровадження різноманітних за конфігурацією перерізів профілів в несучі системи вагонів підвищується за умови застосування запропонованого методу з визначення та реалізації розрахункових резервів міцності. Так в результаті застосування таких підходів до несучої системи залізничного вагону-платформи моделі 13-401 було досягнуто зниження її тари майже на 5 % з відповідним підвищенням вантажопідйомності, що з урахуванням поліпшення технологічності конструкції та масовості їх парку дозволить отримати суттєвий економічний ефект. На розроблену нову конструкцію вагона-платформи було подано заявку на патент на винахід.

Запропоновані та використанні при проведенні дослідження підходи з визначення та використання на основі впровадження перспективних профілів розрахункових резервів міцності несучих систем вантажних вагонів доцільно в подальшому реалізовувати і для інших засобів транспортного машинобудування.

Л і т е р а т у р а

1. Фомін О. В. Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва: монографія / О. В. Фомін. – Донецьк: ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013. – 251 с.
2. Фомін, О.В. Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних напіввагонів: монографія/ О. В. Фомін. – Київ: ДЕТУТ, 2014. – 299 с.
3. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 354с.
4. Трубы стальные профильные для металлоконструкций. Технические условия. ГОСТ P54157-2010. – [Действителен от 21.12.2010] – М.: ИПК Издательство стандартов, 2010. – 92 с.
5. Устич П.А. Надежность рельсового нетягового подвижного состава / П.А. Устич, В.А. Карпыч, М.Н. Овечников. – М.: ИГ “Вариант”, 1999. – 415 с.

References

1. Fomin, O.V. (2013) *Optimizacijne proektuvannja elementiv kuzoviv napivvagoniv ta organizacija ih virobництва* [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. (2014) *Doslidzenja defektiv ta poshkodzenj nesucyh system zaliznychnyh napivvagoniv* [Research Of Defects And Damages The Supporting Systems Railway Freight Gondolas]: monograph ISBN 978-966-2197-76-1 // DETUT, Kyiv, Ukraine.299p. [in Ukrainian]
3. Normi rascheta i proektirovania vagonov geleznih dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnih). M.: GosNIIV-VNIIGT, 1996. – 354 p.
4. Trubi stalni profilni dlja metalokonstrukcij. Tehnichni uslovija: GOST P54157-2010. – [Dejstviten vid 21.12.2010] – M.: IPK: Izdatelstvo standartov, 2010.-92p.

5. Ustich P.A. Nadegnost relsovogo netjagovogo podvignogog sostava/ P.A.Ustich, V.A.Karpich, N.M. Ovechnikov. – М. IG «Variant», 1999. – 415p.

Фомин А.В., Ловская А.А. Исследование целесообразности применения круглых труб в качестве элементов несущих систем железнодорожных вагонов-платформ.

В статье отражены особенности и результаты проведенного исследования по определению целесообразности применения круглых труб в качестве несущих элементов каркасов железнодорожных вагонов-платформ.

Также в работе представлен пример практического внедрения труб в несущую систему одной из базовых современных моделей вагонов-платформ модели 13-401 постройки ОАО Днепродзержинского ВЗ. Приведены результаты расчетов разработанной и запатентованной конструкции на прочность по первому и третьему расчетным режимам, на усталостную прочность, и определения проектного срока службы.

Предложенный аспект проектирования может быть использован при решении аналогичных вопросов для других средств транспортного машиностроения.

Ключевые слова: проектирование, грузовые вагоны, вагон-платформа, круглые трубы.

Fomin O., Lovskaya A. Research of expedience application of round pipes is in quality elements bearings systems of railway carriages-platforms.

In the article features and results of the conducted research are reflected on determination of expedience application of round pipes as bearings elements of frameworks railway carriages-platforms.

Also the example of practical introduction of pipes is in-process presented bearing system of one base modern models carriages-platforms of model 13-401 building of ОАО Dneprodzerzhinskogo VSZ. The results of calculations the developed and patented construction are resulted on durability on the first and third the calculation modes, on tireless durability, and determinations of project term service.

The offered aspect of planning can be used for the decision of analogical questions for other facilities of a transport engineer.

Keywords: planning, freight carriages, flat-car, round pipes.

Фомін О.В. – к.т.н., доц. кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ, Україна, e-mail: fomin1985@list.ru.

Ловська А.О. – к.т.н., ст. викладач кафедри «Вагони» Української державної академії залізничного транспорту, м. Харків, Україна, e-mail: alyonaLovskaya@rambler.ru.

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

Стаття подана 02.03.2015

УДК 629.4.027.35

ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ПРИ НЕСПРАВНОСТЯХ ГІДРАВЛІЧНИХ ГАСИТЕЛІВ КОЛИВАНЬ**Мартинов І. Е., Рейдеймейстер О. Г., Равлюк В. Г., Равлюк М. Г.****DEFINITION OF PERMISSIBLE SPEEDS OF PASSENGER RAILROAD CARS DURING MALFUNCTIONS OF THE HYDRAULIC SHOCK ABSORBERS****Martinov I., Reidemeister O., Ravlyuk V., Ravlyuk N.**

Здійснено математичне моделювання просторових коливань пасажирських вагонів при русі на колії з нерівностями. При цьому пасажирські вагони розглядалися, як сукупність твердих тіл на візках КВЗ-ЦННІІ. При математичному моделюванні було прийнято до уваги пружні, інерційні та дисипативні властивості верхньої будови колії. За результатами математичного моделювання визначені допустимі експлуатаційні швидкості руху пасажирських вагонів, що рухаються на візках типу КВЗ-ЦННІІ. Встановлено, що у залежності від технічного стану та при відмові гасителів коливань необхідно обмежити швидкість руху пасажирського поїзда.

Ключові слова: гідравлічний гаситель коливань, пасажирський вагон, швидкість, математичне моделювання, зусилля, відмова.

Вступ. Сучасні тенденції розвитку залізничної техніки характеризуються, насамперед, підвищенням швидкостей руху транспортних засобів і посиленням вимог до їх надійності. При цьому до пасажирських вагонів пред'являються збільшені вимоги з підвищення комфорту перевезення пасажирів.

З урахуванням досягнутого рівня наукових знань динаміки вагонів, сучасного стану та перспектив розвитку пасажирського залізничного транспорту, одними із важливих завдань в даний час є можливість поліпшення ходових якостей вітчизняних пасажирських вагонів з роздільним гасінням коливань в центральній ступені підвішування, а також шляхом математичного моделювання визначення допустимих швидкостей руху в експлуатації пасажирських вагонів, що мають несправності гідравлічних гасителів коливань, які виникли на шляху прямування поїзда [1, 2, 9].

Постановка проблеми. У процесі експлуатації пасажирських вагонів виникають різного роду несправності конструктивного та технологічного характеру, які суттєво знижують допустимі експлуатаційні швидкості руху пасажирських поїздів і впливають на безпеку руху. Це в свою чергу призводить до зриву

графіку руху поїздів і дискомфорту пасажирських перевезень, що вкрай негативно відбивається на роботі залізничного транспорту в цілому [5].

Однією з причин зменшення експлуатаційних швидкостей руху є незадовільна робота гідравлічних гасителів коливань на шляху прямування пасажирських поїздів. Виявляти всі несправності гідравлічних гасителів коливань при технічному обслуговуванні пасажирських вагонів на шляху прямування не завжди вдається. Особливо в тих випадках коли це застосування дросельних отворів, знос деталей гасителя коливань, збільшення зазорів у деталях гасителя коливань від яких буде залежати його працездатність та ін. несправності. Якраз ці несправності будуть суттєво впливати на роботу гідравлічних гасителів коливань пасажирських вагонів [2, 5].

Для розв'язання цієї складної задачі необхідно здійснити математичне моделювання руху пасажирського вагона, який буде включено в пасажирський поїзд і в якого будуть розглянуті різні випадки одного або декількох несправних гідравлічних гасителів коливань на прямих та кривих ділянках колії [6].

Аналіз попередніх досліджень. При дослідженні динамічних характеристик вагонів одним із завдань є встановлення раціональних параметрів підвішування, у тому числі засобів демпфування коливань вагонів.

У даний час вибір постійних параметрів демпфування гасителів центрального підвішування здійснюється згідно з [7], забезпечуючи при цьому середній рівень прискорень у всьому діапазоні швидкостей руху вагона. В той же час з теорії коливань відомо, що зведення цих значень до одного постійного параметру означає недовикористання можливостей гасителів, що знижує ефект позитивного впливу демпфування на плавність ходу вагона.

Дослідженнями теорій динаміки, міцності та якості ремонту рухомого складу займалися такі вчені, як Є. П. Блохін, В. І. Варавва, М. Ф. Веріго,

С. В. Вершинський, І. В. Галієв, В. Н. Котуранов, Н. Н. Кудрявцев, В. А. Лазарян, В. О. Лукін, А. А. Львов, С. В. Мямлін, Л. Л. Осинівський, О. М. Савчук, М. М. Соколов, А. В. Смольянінов, В. Ф. Ушкалов, В. Д. Хусідов, І. І. Челноков, Л. А. Шадур, а також зарубіжні дослідники Картер, Коффман, Шперлінг, Гарг та ін [1, 3, 4].

Мета роботи. Шляхом комп’ютерного моделювання визначити оптимально-допустимі експлуатаційних швидкості руху пасажирських вагонів із несправними гідравлічними гасителями коливань на прямих та криволінійних дільницях колії.

Основна частина дослідження. Для визначення швидкостей руху з-за яких ходові якості задовольняють вимогам [7], було проведено моделювання просторових коливань пасажирських вагонів при русі на колії з нерівностями за [8]. Вагони розглядалися як сукупність твердих тіл (кузов, дві надресорні балки - для вагона на візках КВЗ-ЦНИИ, рами двох візків, чотири колісні пари), що з’єднані пружними (пружини ресорного підвішування, сайлентблоки та ін.), в’язкими (гідравлічні гасителі коливань) та фрикційними (гасителі коливань в буксовому ступені ресорного підвішування візка КВЗ-ЦНИИ) елементами. Прийняті до уваги пружні, інерційні та дисипативні властивості верхньої будови колії [3, 4, 6].

У конструкції пасажирського вагона немає елементів тертя (крім гасителів коливань у буксовому ступені ресорного підвішування, але з подальшого видно, що вони не значно впливають на стійкість руху), тому незначні коливання можна описати лінійним рівнянням

$$\ddot{q} + (\hat{A} + F) \dot{q} + (\hat{N} + \hat{E})q = 0 \quad (1)$$

з вектором узагальнених координат q і матрицями M , C , B інерційних коефіцієнтів, коефіцієнтів жорсткості і в’язкості, а також матрицями F , K , елементи яких описують сили взаємодії коліс і рейок.

Рух буде стійкий, якщо амплітуда коливань не збільшується, а це має місце у випадку, коли дійсні частини всіх коренів характеристичного рівняння

$$\det [M\lambda^2 + (B+F)\lambda + (C+K)] = 0, \quad (2)$$

не позитивні.

Перепишемо рівняння (1) у вигляді

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} q \\ \dot{q} \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} q \\ \dot{q} \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} & & & 1 \\ -M^{-1}(C+K) & -M^{-1}(\hat{A}+F) & & \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Корені рівняння (2) є власними числами матриці A , і для того, щоб їх знайти, можна скористатися QR-алгоритмом.

Пасажирський вагон на візках КВЗ-ЦНИИ розглядаємо як механічну систему, що складається з 7 твердих тіл (кузов, рами 2-х візків, 4 колісні пари), з’єднаних пружними (пружини ресорного підвішування) і в’язкими (гасителі коливань) елементами. Кузов і рама візка не підпорядковані ніяким

зв’язкам, що обмежують їх рух, а у колісних пар лише дві ступені свободи - поперечне зміщення і повертання навколо вертикальної осі, - вертикальному переміщенню і повертання навколо поздовжньої осі перешкоджає верхня будова колії (яка вважається жорсткою), а поздовжнє переміщення і повертання навколо поперечної осі визначає прийнятий закон руху екіпажа. При постійній швидкості V пройдений шлях $S=V(t)$. Перелік узагальнених координат вагона наведено в [2].

Через x, y, z позначені лінійні переміщення уздовж, а через θ, φ, ψ - кутові переміщення навколо поздовжньої, поперечної і вертикальної осей відповідно.

Для визначення допустимих швидкостей вихідні параметри вагона на візках КВЗ-ЦНИИ наведені в [2]. Далі складаємо матрицю M , яка містить коефіцієнти, що входять у вирази для кінетичної енергії.

$$T = \frac{1}{2} \left(\frac{dq}{dt} \right)^T M \left(\frac{dq}{dt} \right). \quad (4)$$

Неважко побачити, що

$$M = \begin{pmatrix} \text{diag}(m^{(k)} & m^{(k)} & m^{(k)} & I_x^{(k)} & I_y^{(k)} & I_z^{(k)}) \\ m^{(p)} & m^{(p)} & m^{(p)} & I_x^{(p)} & I_y^{(p)} & I_z^{(p)} \\ m^{(p)} & m^{(p)} & m^{(p)} & I_x^{(p)} & I_y^{(p)} & I_z^{(p)} \\ m^{(kp)} & I^{(kp)} & m^{(kp)} & I^{(kp)} & m^{(kp)} & I^{(kp)} \\ m^{(kp)} & I^{(kp)} & & & & \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Розглянемо комплект пружин центрального ступеня ресорного підвішування, що знаходиться з j -го боку вагона. Нехай $d^{(ij)} = (d_x^{(ij)}, d_y^{(ij)}, d_z^{(ij)})^T$ - його деформація. Елементи цього вектора виражені через узагальнені координати за допомогою співвідношень:

$$d_x^{(ij)} = (x + h^{(\hat{e})}\varphi + Jb^{(\hat{o})}\psi) - (x_i + Jb^{(\hat{o})}\psi_i), \quad (6)$$

$$d_y^{(ij)} = (y - h^{(\hat{e})}\theta + \Pi^{(\hat{o})}\psi) - y_i, \quad (7)$$

$$d_z^{(ij)} = (z - Jb^{(\hat{o})}\theta - \Pi\varphi) - (z_i - Jb^{(\hat{o})}\theta_i), \quad (8)$$

де величина I приймає значення 1, якщо $I=I$, та -1 , якщо $I=2$, аналогічно визначається величина J , або:

$$d^{(ij)} = D^{(ij)}q. \quad (9)$$

Сили в пружинах пропорційні відповідним компонентам деформації,

$$F^{(ij, \text{пруж})} = C^{(ij)}d^{(ij)}, \quad C^{(ij)} = \begin{pmatrix} C_x^{(u)} \\ & C_y^{(u)} \\ & & C_z^{(u)} \end{pmatrix}, \quad (10)$$

їх віртуальна робота дорівнює

$$\delta Q^{(ij, \text{пруж})} = \delta d^{(ij)T} F^{(ij, \text{пруж})} = \delta q^T D^{(ij)} C^{(ij)} D^{(ij)} q. \quad (11)$$

В тому ж порядку розглянемо пружні елементи буксового ступеня (зміст позначень зрозумілий з попереднього, індекс t позначає номер колісної пари в візку).

$$\begin{aligned} d_x^{(imj)} &= (x_i + Jb^{(\acute{a})}\psi_i) - jb^{(\acute{a})}\psi_{im}, \\ d_y^{(imj)} &= (y_i + Ml^{(T)}\psi_i) - y_{im}, \\ d_z^{(imj)} &= z_i + Jb^{(\acute{a})}\theta_i - Ml^{(T)}\varphi_i, \\ d^{(imj)} &= (d_x^{(imj)} d_y^{(imj)} d_z^{(imj)})^T \\ d^{(imj)} &= D^{(imj)} q, \end{aligned} \quad (12)$$

$$F^{(imj, \delta \delta \delta \epsilon)} = C^{(imj)} d^{(imj)}, \quad C^{(imj)} = \begin{pmatrix} C_x^{(\acute{a})} \\ C_y^{(\acute{a})} \\ C_z^{(\acute{a})} \end{pmatrix}.$$

$$\delta Q^{(imj, \text{пруж})} = \delta d^{(imj)T} F^{(imj, \text{пруж})} = \delta q^T D^{(imj)T} C^{(imj)} D^{(imj)} q. \quad (13)$$

Доданок Cq в рівнянні коливань являє собою вектор узагальнених сил, що виникають у пружних елементах. Відповідна віртуальна робота:

$$\delta Q^{(\text{пруж})} = \delta q^T Cq. \quad (14)$$

Зіставивши вирази (12; 13) і (14), отримаємо:

$$CC = \sum_{i,j} D^{(ij)T} C^{(ij)} D^{(ij)} + \sum_{i,m,j} D^{(imj)T} C^{(imj)} D^{(imj)}. \quad (15)$$

Перейдемо до розгляду матриці B . Вона описує поглинання енергії елементами в'язкого тертя.

Фрикційний гаситель коливань у буксовому ступеню замінимо еквівалентним гідравлічним з коефіцієнтом в'язкості $\beta=10$ т/с - при коливаннях з частотою 1 Гц та амплітудою 10 мм він розсієє приблизно ту ж енергію.

В центральному ступеню гаситель коливань встановлений похило. Його деформація - $d^{(ij, \text{в'яз})} = D^{(ij, \text{в'яз})} d^{(ij)}$, $D^{(ij, \text{в'яз})} = (0 - J \cos \alpha \sin \alpha)$,

$$\text{сила} - F^{(ij, \delta \dot{\psi})} = \beta_{ij}^{\delta} \frac{d}{dt} d^{(ij, \delta \dot{\psi})},$$

віртуальна робота -

$$\delta Q^{(ij, \text{в'яз})} = \delta q^T D^{(ij)T} D^{(ij, \text{в'яз})T} \beta_{ij}^{\delta} D^{(ij, \text{в'яз})} D^{(ij)} \frac{dq}{dt}.$$

Позначення $\beta_{ij}^{(\delta)}$ відноситься до в'язкості окремого гасителя коливань, якщо гаситель несправний, то вона буде відрізнятися від номінальної $\beta^{(\delta)}$.

Сила тертя в буксовому ступеню - $F^{(imj, \text{в'яз})} = B^{(imj)} d^{(imj)}$,

$$B^{(imj)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \beta^{(\delta)} \end{pmatrix}, \quad (16)$$

віртуальна робота -

$$\delta Q^{(imj, \text{в'яз})} = \delta q^T D^{(imj)T} B^{(imj)} D^{(imj)} \frac{dq}{dt}.$$

Міркуючи так само, як і у випадку з матрицею C , отримаємо вираз:

$$\begin{aligned} B &= \sum_{i,j} D^{(ij)T} D^{(ij, \delta \dot{\psi})T} \beta_{ij}^{\delta} D^{(ij, \delta \dot{\psi})} D^{(ij)} + \\ &+ \sum_{i,m,j} D^{(imj)T} B^{(imj)} D^{(imj)}. \end{aligned} \quad (17)$$

Сили взаємодії коліс та рейок в горизонтальній площині вважаємо пропорційними проковзуванням, коефіцієнт пропорційності визначаємо за Картером

$$k = \varphi \sqrt{P^{(\tilde{n}\delta)} r}, \quad \varphi = 2500 \sqrt{\dot{\epsilon} \dot{\Gamma} / \dot{\Gamma}}, \quad (18)$$

де $P^{(\tilde{n}\delta)}$ - статичне навантаження від колеса на рейку,

$$P^{(\tilde{n}\delta)} = \frac{m^{(\dot{\epsilon})} + 2m^{(\delta)} + 4m^{(\dot{\epsilon}\dot{\Gamma})}}{8} g.$$

Для того, щоб вивести вираз для матриць F та k , перепишемо рівняння коливань одиночної колісної пари:

$$\begin{pmatrix} m & \\ & I \end{pmatrix} \frac{d^2}{dt^2} \begin{pmatrix} y \\ \psi \end{pmatrix} + \frac{2k}{V} \begin{pmatrix} 1 & \\ & s^2 \end{pmatrix} \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} y \\ \psi \end{pmatrix} + 2k \begin{pmatrix} & -1 \\ sn/r & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y \\ \psi \end{pmatrix} = 0. \quad (19)$$

Порівнюючи це рівняння з рівнянням руху (1) бачимо, що

$$F = \begin{pmatrix} 0_{18 \times 18} & \\ & 1_{4 \times 4} \frac{2k}{V} \begin{pmatrix} 1 & \\ & s^2 \end{pmatrix} \end{pmatrix}, \quad (20)$$

$$K = \begin{pmatrix} 0_{18 \times 18} & \\ & 1_{4 \times 4} 2k \begin{pmatrix} & -1 \\ sn/r & \end{pmatrix} \end{pmatrix}. \quad (21)$$

Значення власних чисел $p = -h \pm i\omega$ матриці коефіцієнтів в рівнянні коливань для пасажирського вагона на візках КВЗ-ЦНИИ при нормально працюючих гасителях ($p^{(\delta)} = 110 \delta / \tilde{n}$) наведені в [2]. Кожна пара комплексно сполучених чисел відповідає формі коливань з періодом $\dot{O} = 2\pi / \omega$, дійсна частина $-h$ характеризує швидкість зміни амплітуди, за час t амплітуда вільних коливань зменшиться в e^{ht} раз.

Усі власні числа можна розбити на 5 груп:

1) 6 чисел, відповідають частотам власних 100-150 рад/с (поздовжні коливання, бічний відніс і виляння рами візка);

2) 6 чисел з великими за абсолютною величиною негативними дійсними частинами (< -300 с⁻¹, надзвичайно швидко затухаючі коливання або аперіодичний затухаючий процес, що відповідає "невірному" руху колісної пари, наприклад, боковому відносу без виляння);

3) 6 чисел з уявною частиною 2,7-8,8 рад/с відповідають 6-ти формам коливань кузова;

4) 6 чисел з уявною частиною 35-47 рад/с (коливання підстрибування, бокової качки та галопування рам візка);

5) 4 числа з уявною частиною 3,5-12 рад/с, яка

пропорційна швидкості руху вагона – спільні коливання бічного відносу та виляння колісних пар.

Втрата стійкості руху трапляється, якщо у чисел останньої групи дійсна частина стає позитивною. У розглянутому випадку це не так ($p - 1 \text{ с}^{-1}$), тому про це явище говорити не доводиться. Вказана обставина відповідає відомому (та підтверженому експериментально) факту, що рух пасажирського потягу на типових візках стійкий при швидкостях руху до 250 км/год.

Решта форм коливань також добре задемпфовані. Виключення становить форма, що відповідає парі власних чисел $-0,013 \pm 5,05 i$ – можливо йдеться про поздовжні коливання кузова в межах малого зазору в вертикальних ковзунах візка КВЗ-ЦНІИ. Невелике загасання з'явилося через те, що поздовжні коливання супроводжуються галопуванням, при якому починають працювати гасителі коливань. У всякому разі, малий зазор у ковзунах не дозволить цим коливанням збільшитися настільки, щоб скласти загрозу безпеці руху. Також зовсім не задемпфована одна з форм коливань рами візка, але ця форма не може бути збуджена через практично жорсткий зв'язок рами візка КВЗ-ЦНІИ з колісною парою в горизонтальній площині [2, 6].

Параметри гасителя коливань впливають, в першу чергу, на швидкість загасання коливань кузова. Відмітимо, що всі “кузовні” частоти (3 група, 2,7-8,8 рад/с=0,4-1,4 Гц) лежать в області, що допускають резонанс при експлуатаційних швидкостях руху. Тому при довжині періодичної нерівності колії 25 м швидкість при якій настає резонанс, складає 36-126 км/год. Оцінимо величину h , при якій максимальна амплітуда коливань не становить загрози безпеці руху. При статичному прогині $\delta = 180$ мм та допустимому значенні коефіцієнта вертикальної динаміки $[k_d]=0,2$ гранична амплітуда коливань кузова становить

$$[\dot{A}] = \delta [k_g] / k_c, \quad (22)$$

де $k_c = 15$ - коефіцієнт запасу, що враховує вклад інших форм коливань. При резонансі відношення амплітуд коливань кузова A та нерівності колії a .

$$\frac{A}{a} = \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{2h}\right)^2}, \quad (23)$$

Об'єднавши (22) та (23), отримуємо умову безпеки руху:

$$h = \frac{\omega}{2\sqrt{\left(\frac{\delta [k_g]}{ak_3}\right)^2 - 1}}. \quad (24)$$

Для $a=5$ мм умова (24) приймає вигляд:

$$h > 0,106\omega, \text{ або } h/\omega > [h/\omega] = 0,106. \quad (25)$$

В [2] записані власні числа, які відповідають формам коливань кузова, разом з відношенням h/ω . З огляду на те, що вони практично не залежать від швидкості руху, тут і надалі обмежимося випадком $V=120$ км/год.

Як і слід очікувати, при нормально працюючих гасителях коливань умова безпеки руху (25) виконується.

Погіршення експлуатаційних характеристик гасителів коливань виражається в зменшенні коефіцієнта $\beta^{(u)}$. Будемо вважати, що на вагоні частина гасителів коливань зіпсувалася, а частина зберегла початкові експлуатаційні характеристики, при цьому у всіх зіпсованих гасителях коефіцієнт в'язкості $\beta^{(u)}$ приймає однакове значення (на яке і посилаємося в подальшому), а для решти він дорівнює 110 т/с [2, 4, 6, 9].

За допомогою комп'ютерного моделювання у відповідному програмному середовищі були визначені допустимі експлуатаційні швидкості руху пасажирських вагонів при працездатному та непрацездатному стані гідравлічних гасителів коливань [1, 5]. При моделюванні розглядалися випадки коли:

- вийшов з ладу один гаситель;
- вийшло з ладу два гасителі на одному візку;
- вийшло з ладу два гасителі з одної сторони вагона;
- вийшло з ладу два гасителі, по одному на кожному візку, з різних сторін вагона;
- зберіг працездатність один гаситель;
- вийшли з ладу всі гасителі.

Висновок. За результатами математичного моделювання було встановлено, що допустима швидкість руху пасажирського поїзда для вагонів на візках типу КВЗ-ЦНІИ при відмові одного, двох, трьох та чотирьох гасителів коливань центрального ступеня ресорного підвішування необхідно обмежити швидкість руху поїзда відповідно до 120, 60, 40 та 40 км/год до найближчого пункту технічного обслуговування.

Таким чином загроза безпеці руху виникає у таких випадках:

- при зменшенні удвічі коефіцієнту в'язкості усіх 4-х гасителів;
- при зменшенні на 20 т/с в'язкості двох гасителів на одному візку;
- при відмові двох гасителів на різних візках.

Л и т е р а т у р а

1. Динамика пассажирского вагона и пути модернизации тележки КВЗ-ЦНІИ [Текст] учеб. / В. В. Хусидов, А. А. Хохлов, Г. И. Петров, В. Ф. Хусидов; под ред. А. А. Хохлова. - М.: МИИТ, 2001. - 160 с.
2. Дослідження роботи гідравлічних гасителів коливань та здійснення розрахунку щодо допустимих швидкостей експлуатації рухомого складу у разі виявлення їх непрацездатності. підготовка рекомендацій щодо внесення відповідних доповнень до нормативних документів [Текст]: звіт про НДР (заключ.): 10/5 / Укр. держ. акад. залізнич. трансп.; кер. Мартинов І. Е.; викон.: Равлюк В. Г. [та ін.] - Х., 2014. - 47 с. - Бібліогр.: с. 45-47. - № ДР 0100U000824.
3. Соколов, М. М. Гасители колебаний подвижного состава [Текст]: справ. / М. М. Соколов, В. И. Варава, Г. М. Левит. - М.: 1985. - 216 с.
4. Манашкін, Л. А. Гасителі коливань і амортизатори ударів рейкових екіпажів (математичні моделі) [Текст] / монографія / Л. А. Манашкін, С. В. Мямлін, В. І. Приходько. - Д.: 2007. - 196 с.

5. Інструкція з експлуатації і ремонту гідравлічних гасителів коливань візків пасажирських вагонів [Текст] : Інструк. ЦЛ – 0061: Затв. нак. УЗ №281-Ц від 27.07.06. - К. : ТОВ «ВД Мануфактура», 2006. – 80 с.
6. Вершинский, С. В. Динамика вагона [Текст] / С. В. Вершинский, В. Н. Данилов, В. Д. Хусидов. - М. : Транспорт, 1991, - 352 с.
7. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) : [Текст]. - М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 317 с.
8. Руководящий документ. Расчётные неровности железнодорожного пути для использования при исследовании и проектировании пассажирских и грузовых вагонов : РД 32.68-96 [Текст]. - М. : ВНИИЖТ, 1996. – 17 с.
9. Челноков, И. И. Гидравлические гасители колебаний пассажирских вагонов [Текст] учеб. / И. И. Челноков. - М. : 1975. - 72 с.

References

1. Dynamics of passenger railroad cars and the way modern bogies type KVZ-CNII [Text] Proc. / V.V. Khusidov, A.A. Khokhlov, G.I. Petrov, V.F. Khusidov; Ed. A. A. Khokhlova. - M.: Engineering, 2001. - 160 p.
2. Doslidzhennya robot gidravlichnih gasiteliv coli wan that zdiysnennya rozrahunku schodo admissibility shvidkoschildren ekspluatatsii Rukh warehouse in razi viyavlennya ih nepratsездatnosti. pidgotovka rekomendatsiy schodo Adding vidpovidnih dopovnen to standard dokumentiv [Text]: zvit about PDR (concluded.): 10.5 / Ukr. Hold. Acad. zaliznich. transp. ; Coeur. Martinov I. E.; Vicon. : Ravlyuk V.G. [that in.] - H., 2014. - 47 p. - Bibliogr. : p. 45-47. - № DR 0100U000824.
3. Sokolov, M. M. Vibration damper rolling stock [Text]: Right. / M. M. Sokolov, V.I. Varava, G.M. Levit. - Moscow: 1985. - 216 p.
4. Manashkin, L.A. Gasiteli oscillations i depreciation tory udariv raked ekipazhiv (matematichni modeli) [Text] / monografiya / L.A. Manashkin, S.V. Myamlin, V. I. Prikhodko. - D.: 2007. - 196 p.
5. Instruksiya s ekspluatatsii i repair gidravlichnih gasiteliv oscillations vizkiv pasazhirskih vagoniv [Text]: Instruk. CL – 0061. - K.: TOV "VD Manufactory", 2006. - 80 p.
6. Vershinsky, S.V. Dynamics of the car [Text] / S.V. Vershinsky, V. N. Danilov, V.D. Khusidov. - M. Transport, 1991 - 352 p.
7. The rules of calculation and design of cars is useful to road-MPS 1520 mm (non-self): [text]. - M.: Ghosn-VNIIZhT, 1996. - 317 p.
8. Guidance document. Calculated irregularities railway track for use in the investigation-demo- graphic and design of passenger and freight vago-new: RD 32.68-96 [Text]. - M.: VNIIZhT, 1996. - 17 p.
9. Chelnokov, I.I. Hydraulic dampers cola-tions passenger railroad cars [Text] Proc. / I. I. Chelnokov. - M.: 1975 – 72 p.

Мартынов И. Э., Рейдеймейстер А. Г., Равлюк В. Г., Равлюк Н. Г. Определение допустимых скоростей движения пассажирских вагонов при неисправностях гидравлических гасителей колебаний.

Осуществлено математическое моделирование пространственных колебаний пассажирских вагонов при движении на пути из неровностями. При этом пассажирские вагоны рассматривались как совокупность твердых тел на тележках КВЗ-ЦНИИ. При математическом моделировании было принято во внимание упругие, инерционные и диссипативные свойства верхнего строения пути. По результатам математического моделирования определены допустимые эксплуатационные скорости движения пассажирских вагонов, движущихся на тележках типа КВЗ-ЦНИИ. Установлено, что в зависимости от технического состояния и при отказе гасителей колебаний необходимо ограничить скорость движения пассажирского поезда.

Ключевые слова: гидравлический гаситель колебаний, пассажирский вагон, скорость, математическое моделирование, усилие, отказ.

Martinov I., Reidemeister O., Ravlyuk V., Ravlyuk N. Definition of permissible speeds of passenger railroad cars during malfunctions of the hydraulic shock absorbers.

Achieved mathematical modeling of spatial fluctuations of passenger railroad cars when driving on the road with irregularities in the registered of normative-technical documents. While passenger railroad cars were considered as a set of rigid bodies bogies type KVZ-CNII. Mathematical modeling has been taken into account elastic, inertial and dissipative properties of the superstructure. According to the results of mathematical modeling of defined allowable operating speed for passenger railroad cars, moving bogies type KVZ-CNII. It is established that depending on the technical condition and failure of one, two, three and four dampers variations center stage spring suspension is necessary to limit the speed of passenger trains and to bring it at a certain speed to the nearest paragraph maintenance, where should be replaced by a hydraulic vibration dampers.

Keywords: hydraulic vibration damper, passenger railroad cars, speed, mathematical modeling, force, rejection.

Мартынов И. Е. – д-р техн. наук, профессор, завідувач кафедрою вагонів УкрДАЗТ, e-mail: martinov.hiit@rambler.ru.

Рейдеймейстер О. Г. – к. т. н., доцент кафедри вагони та вагонне господарство ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна.

Равлюк В. Г. – к. т. н., старший викладач кафедри вагонів УкрДАЗТ, e-mail: ravvg@ukr.net.

Равлюк М. Г. – старший викладач кафедри вагонів УкрДАЗТ.

Рецензент: д.т.н., д.е.н., проф. Рамазанов С.К.

Стаття подана 04.03.2015

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВХІДНИХ ВАГОНОПОТОКІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Турпак С. М.

IMPROVEMENT OF SIMULATION TECHNIQUE OF THE INPUT CAR TRAFFIC VOLUMES OF METALLURGICAL ENTERPRISES

Turpak S.

Досліджені вхідні потоки металургійних підприємств та розглянуті випадки, в яких емпіричні розподіли випадкової величини інтервалів між послідовним надходженням составів поїздів не відповідають відомим теоретичним законам розподілу. Розроблено метод імітаційного моделювання вхідних вагонопотоків металургійних підприємств, який дозволяє більш ефективно планувати роботу транспорту. Виконаний статистичний аналіз показав відповідність отриманих результатів моделювання фактичним даним. Визначені параметри транспортної системи, при яких доцільно використовувати розроблений метод та обґрунтована можливість його застосування в реальних умовах.

Ключові слова: логістика, імітаційне моделювання, транспортна система, металургійне підприємство.

Вступ. В дійсний час спостерігається швидке удосконалення та широке розповсюдження сучасних програмних засобів імітаційного моделювання, які використовуються в різних сферах діяльності, зокрема, для підвищення ефективності роботи транспортних систем [1, 2]. Різні транспортні системи за певними процесами та елементами є схожими між собою, а за деякими – мають суттєві відмінності.

Дослідження щодо використання імітаційного моделювання в складних транспортних системах знаходяться у фазі накопичення досвіду та вироблення достатньо простого, універсального та ефективного підходу до його використання з метою удосконалення роботи цих систем.

Залізничний транспорт металургійного підприємства виконує головну роль в переміщенні вантажів в його межах та утворює складну систему, яка складається з великої кількості підсистем і елементів, пов'язаних між собою безліччю функціональних зв'язків.

Постановка проблеми. Для вирішення задач транспорту в дійсний час широко використовується логістичний підхід. Логістичний ланцюг розділяєть-

ся на мікрологістичні локальні частини, які, в свою чергу, також можуть бути піддані подальшому розділенню.

Дослідження мікрологістичних систем металургійних підприємств починається з аналізу вхідних транспортних потоків, більшість яких приходиться на залізничний транспорт.

Чим більш відповідними реальному стану будуть відобразатись процеси надходження вантажів в імітаційній моделі, тим більш адекватною може бути вся модель та більш цінними будуть результати її використання.

Існуючий підхід до моделювання вхідних потоків не враховує значних змін, які відбулися останніми роками в системі організації передавання вагонів зі станції примикання та їх обліку, які, головним чином, були обумовлені переходом на ринкові умови господарювання та розвитком інформаційних технологій.

У певних випадках закони розподілу випадкових величин інтервалів між послідовним надходженням составів поїздів на металургійне підприємство не відповідають відомим теоретичним розподілам, а моделювання за табличним методом має суттєві недоліки (у разі необхідності аналізу системи на моделі при запланованих змінах обсягів постачань невідомо, як саме зміниться таблична функція розподілу).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як відомо, транспортним потокам в мікрологістичній системі залізничного транспорту металургійних підприємств (ЗТМП) притаманний ймовірнісний характер [2, 3]. Навіть при рівномірному відправленні постачальниками составів з сировиною, вони прибувають до одержувача через випадкові інтервали часу [3]. Такий самий характер мають інтервали між послідовним відправленням составів з металургійного підприємства.

Багатьма дослідниками транспорту припускається можливість розглядання вхідних та вихідних потоків як простіші потоки та застосування для їх досліджень методів імітаційного моделювання та теорії масового обслуговування [2 - 5].

Мета. Метою роботи є дослідження вхідних потоків металургійного підприємства та розробка методу імітаційного моделювання при невідповідності розподілу випадкових величин інтервалів між послідовним надходженням составів поїздів відомим теоретичним розподілом.

Результати досліджень. Вихідні дані, які обираються для аналізу можуть бути декількох типів. По-перше, це безпосередньо моменти фактичного відправлення, прибуття поїздів. Ця інформація, на перший погляд, найбільш відповідає вимогам досліджень. Але, оскільки для підприємства ця інформація практично не має комерційної цінності, вона менш якісно контролюється при її введенні в бази даних. Тут можуть спостерігатись грубі помилки оператора, виявлення та виправлення яких є досить трудомістким процесом.

Безумовно, більш якісну інформацію представляє другий тип даних – комерційні дані часу початку та закінчення використання вагонів, якій контролюється двома сторонами – залізницею та власником колії (або власником колії та контрагентом). Ця інформація використовується для статистичної звітності підприємств, розрахунку різних показників та ін.

Але ця інформація може спотворювати реальні дані. Наприклад, на деяких підприємствах фактичне прибуття поїзду може випереджати початок його комерційного зарахування на відповідальний простій внаслідок договірних домовленостей про мінімальний інтервал передачі поїздів. Тобто при не дотриманні цього інтервалу та прийманні поїзду раніше нормативного терміну, він зараховується не за фактичним, а за розрахунковим часом. Внаслідок цього дослідник іноді отримує довгі ряди даних фантасично стабільного надходження поїздів через рівні інтервали часу. Це є суттєвим недоліком застосування комерційної інформації про рух поїздів. Але є і позитивний момент від використання такої інформації. Так, при затриманні процесу відправлення поїзду з вини приймальної сторони, він буде зарахований на той момент часу, коли підприємство реально мало можливість його передати, хоча фактично це відбулось пізніше.

Ще одне питання стосується підприємств, які обслуговуються власником під'їзної колії та не мають власного виходу на колії залізниць. Які дані обирати для опрацювання з метою використання методів оптимізації транспортних процесів, з'ясувати не просто. На перший погляд, необхідно використовувати дані обміну поїздами з власником під'їзної колії. Але підприємство зацікавлене в найскорішому просуванні своїх вантажів і за своїми межами, та має деякі важелі впливу на цей процес. Це можуть бути, наприклад, договірні положення щодо розмірів та інтервалів руху між підприємства-

ми, обмеження тривалості знаходження вагонів у власника під'їзної колії.

Отримані дані щодо інтервалів послідовного надходження составів поїзді зі станції примикання за певний період часу (добу, тиждень, місяць або рік) представляють генеральну сукупність.

Цю сукупність можна аналізувати цілком, або виділити з неї вибірку 50 – 100 значень [2, 6]. Вважаючи випадкову величину безперервною, весь діапазон даних розбивається на інтервали, та підраховується кількість значень, які потрапили до кожного з цих інтервалів. Отримуємо емпіричний розподіл випадкової величини та порівнюємо його з відомими теоретичними законами розподілу випадкової величини (нормальним, експоненціальним, гамма-розподілом, логнормальним, рівномірним та ін.).

Як зазначають дослідники транспорту металургійних підприємств, розподіл надходження составів зі станції примикання, частіше за все, підпорядковується експоненціальному або гамма- розподілу [2,3].

Використовуючи цей досвід, необхідно відмітити нюанси генерації випадкових чисел за даними теоретичними розподілами.

По-перше, неприпустимо використовувати отримані значення інтервалів понад максимально можливі в реальних умовах. Алгоритм моделювання повинен відкидати такі значення та генерувати нові до тих пір, поки вони не опиняться у межах встановленого дослідником діапазону.

По-друге, значення у всякому не можуть бути меншими за нормативний час руху поїздів зі станції примикання до вхідної промислової станції (для одного перегону, який не розділений на блок-ділянки). Якщо дослідник виконує аналіз узгоджених з залізницею комерційних даних часу початку використання вагонів, то інтервал надходження составів не може перевищувати мінімальний інтервал передачі поїздів, який зазначається у договорі на експлуатацію під'їзної колії. Внаслідок цієї обставини, отримані при генерації випадкові числа, значення яких менше встановленого інтервалу, також повинні бути відкинуті.

По-третє, внаслідок дотримання мінімального інтервалу передачі поїздів, в статистичних даних накопичується значна кількість дискретних значень, які відповідають розміру цього інтервалу. Сутність даної проблеми наглядно демонструється на рисунку 1.

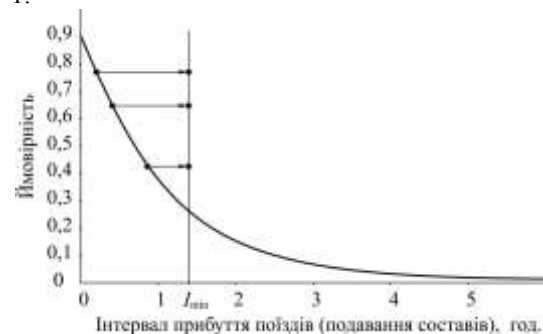


Рис. 1. Розподіл ймовірного розміру інтервалів прибуття поїздів (подавання составів)

Мінімальний інтервал I_{\min} прибуття поїздів або подавання составів до вантажних фронтів, пристроїв розігрівання та ін. може суттєво обмежити можливість інтерпретації емпіричного розподілу теоретичним.

У таблиці 1 наведено головні характеристики цих вибірок.

Таблиця 1

Головні характеристики вибірок					
Рік	Кількість значень	Математичне очікування	Дисперсія	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
2006	100	2,704	0,672	0,82	0,303
2007	100	2,552	0,272	0,521	0,204
2008	100	2,455	0,915	0,957	0,39
2009	100	3,024	2,372	1,54	0,509
2010	100	2,878	1,702	1,304	0,453
2011	100	2,804	1,922	1,386	0,494
2012	100	2,966	2,312	1,521	0,513
2013	100	2,673	1,516	1,231	0,461
2014	100	2,662	1,072	1,035	0,389

Далі виконаємо апроксимацію статистичних даних теоретичною функцією, яка полягає у підборі імовірного теоретичного закону розподілу випадкової величини, який найбільш точно описує емпіричний розподіл.

Розрахунок вхідних параметрів моделювання системи ЗТМП передбачає визначення виду імовірного закону, якому підпорядковується випадкова величина та перевірку адекватності цього закону експериментальним даним. Вибір теоретичного закону розподілу здійснюється у відповідності з видом гістограм статистичного розподілу і перевіряється за критеріями згоди.

Кількість інтервалів для групування статистичних даних розраховуємо за допомогою формули Стреджеса [6]:

$$k = 1 + 3,222 \lg(n), \tag{1}$$

де n – кількість спостережень.

При побудові статистичного ряду неперервної випадкової величини діапазон спостережень розбивають на інтервали, величина яких визначається за формулою [6]:

$$I = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}. \tag{2}$$

Попередній вибір теоретичного закону розподілу здійснюється візуально шляхом порівняння зовнішнього виду експериментальної гістограми з графіками відомих теоретичних законів розподілу.

На основі розрахунків за формулами (1) та (2) побудовано гістограми емпіричного та експоненці-

ального розподілу за тими ж параметрами, які наведені на рис. 2 – 4.

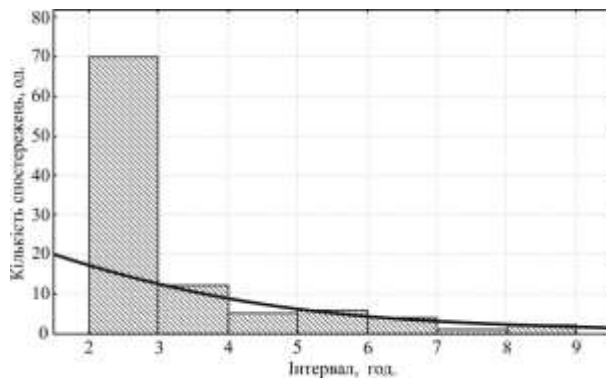


Рис. 2. Гістограма емпіричного розподілу надходження поїздів на комбінат «Запоріжсталь» у 2012 році

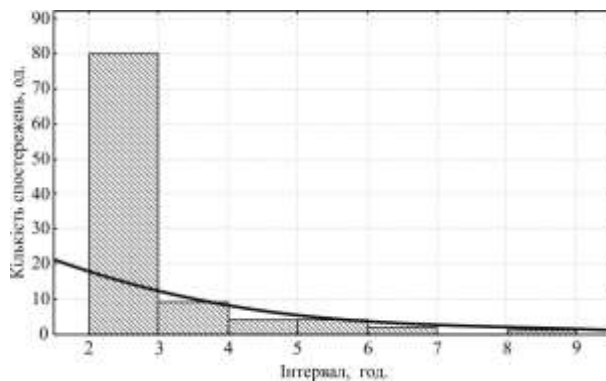


Рис. 3. Гістограма емпіричного розподілу надходження поїздів на комбінат «Запоріжсталь» у 2013 році

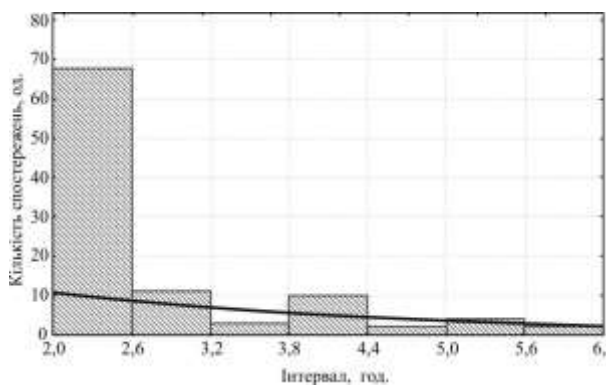


Рис. 4. Гістограма емпіричного розподілу надходження поїздів на комбінат «Запоріжсталь» у 2014 році

Вже на етапі візуального аналізу гістограм очевидна відсутність підпорядкованості емпіричних розподілів теоретичному експоненціальному розподілу.

Розглянемо вибірки даних о надходженні поїздів на комбінат «Запоріжсталь» за період 2006 – 2014 роки, розмір значень яких зменшено на величину мінімального інтервалу. Гістограми емпіричного та експоненціального розподілу для даних за 2012, 2013 та 2014 рік наведено на рис. 5 – 7.

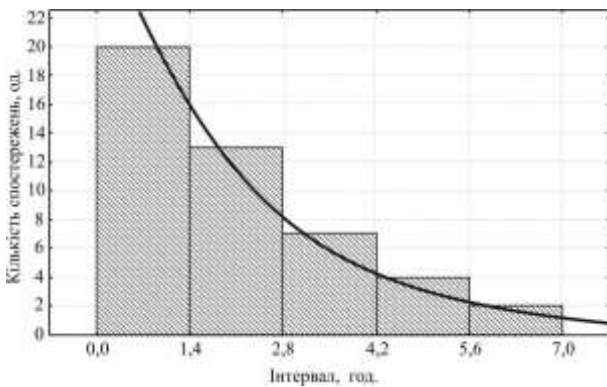


Рис. 5. Гістограма емпіричного розподілу інтервалів надходження поїздів, розмір значень яких зменшено на величину мінімального інтервалу, за 2012 рік

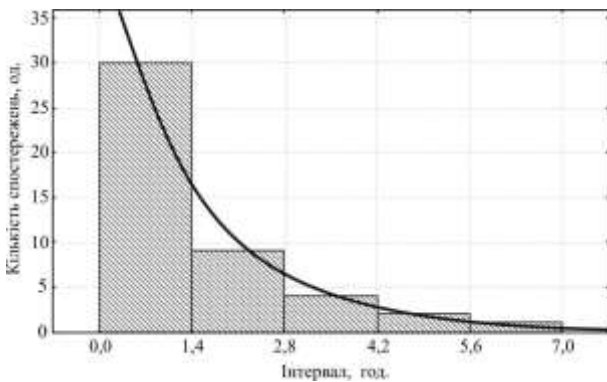


Рис. 6. Гістограма емпіричного розподілу інтервалів надходження поїздів, розмір значень яких зменшено на величину мінімального інтервалу, за 2013 рік

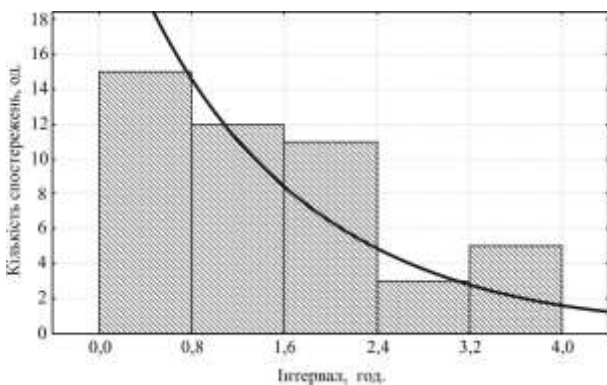


Рис. 7. Гістограма емпіричного розподілу інтервалів надходження поїздів, розмір значень яких зменшено на величину мінімального інтервалу, за 2014 рік

Візуальний аналіз гістограм свідчить про можливість підпорядкованості емпіричних розподілів теоретичному експоненціальному закону.

Для перевірки відповідності теоретичної кривої експериментальним даним скористаймося критеріями згоди, найбільш відомими з яких є критерій χ^2 Пірсона та Колмогорова-Смірнова. Розрахунки, виконані за допомогою програми Statistica, свідчать

про високу ймовірність відповідності теоретичного закону емпіричним розподілам за 2012 – 2014 роки.

Це означає, що експоненціальний теоретичний розподіл можна використовувати при побудові моделей роботи мікрологістичних систем ЗТМП: розігрувати частину значень мінімальних інтервалів за ймовірністю їх появи, а частину інтервалів, які перевищують мінімальний – генерувати за експоненціальним законом.

Але ця методика не пристосована для умов зміни обсягів надходження вантажів на адресу підприємства, а, відповідно, і кількості поїздів. Оскільки не відомо, як зміниться у цьому випадку ймовірність прибуття составів через мінімальні інтервали і яким чином змінювати параметр моделювання за експоненціальним розподілом.

З метою отримання більш точних результатів моделювання, та відповідно, більш ефективного використання моделей ЗТМП, пропонується використовувати розроблений метод моделювання інтервалів передачі составів, реалізацію якого виконано на базі комбінату «Запоріжсталь».

Сутність методу полягає в моделюванні інтервалів передавання составів шляхом генерації їх за експоненціальним законом розподілу у певному діапазоні, всі значення якого не перевищують значення мінімального інтервалу.

На першому етапі здійснюється збір даних щодо інтервалів передавання составів та їх значення зменшуються на величину мінімального інтервалу.

На другому етапі виконується статистичний аналіз отриманої вибірки даних, будується гістограма розподілу її значень, яка перевіряється на відповідність експоненціальному розподілу шляхом візуального аналізу та за критеріями згоди.

Третій та наступні етапи виконуються у разі обґрунтованої можливості апроксимації емпіричного розподілу теоретичним. За даними, зібраними на першому етапі визначається ймовірність передавання составів за мінімальним інтервалом $P(m)$. Для цього значення визначається відповідний діапазон інтегральної функції $F(x)$ експоненціального розподілу випадкової величини.

Інтегральна функція експоненціального розподілу [6]:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (3)$$

Ймовірність настання події $P(x)$ в інтервалі від a до b :

$$P(a < x < b) = F(b) - F(a). \quad (4)$$

Згідно (3) $F(a) = 1 - e^{-\lambda a}$, $F(b) = 1 - e^{-\lambda b}$, тому вираз (4) можна записати наступним чином:

$$P(a < x < b) = e^{-\lambda a} - e^{-\lambda b}. \quad (5)$$

Ймовірність отримання значень мінімального інтервалу передачі составів $P(m)$ еквівалентна ймовірності генерації випадкових значень за експонен-

ціальним розподілом $P(a < x < b)$. З урахуванням (5), отримаємо умову

$$P(m) = e^{-\lambda a} - e^{-\lambda b}. \tag{6}$$

Приймаємо $a = 0$ – початком координатної осі, тоді вираз (6) запишемо у вигляді

$$P(m) = 1 - e^{-\lambda b}, \tag{7}$$

звідки

$$b = -\frac{\ln(1 - P(m))}{\lambda}. \tag{8}$$

Формула для моделювання випадкової величини за експоненціальним розподілом [6]:

$$x_i = -\frac{1}{\lambda} \ln \xi_i. \tag{9}$$

Інтервали передачі составів визначаються за наступною системою рівнянь:

$$I_i = \begin{cases} x_{\min}, & \text{якщо } 0 \leq x_i \leq b, \\ x_i, & \text{якщо } x_{\min} < x_i \leq x_{\max}, \end{cases} \tag{10}$$

де x_{\min} – мінімальний інтервал передачі составів;
 x_{\max} – максимальний розмір інтервалу передачі составів за даними спостережень.

Інтервал I_i невизначений для всіх $x_i > x_{\max}$ та $b < x_i \leq x_{\min}$.

У випадку $b \approx x_{\min}$ інтервали передачі составів $I_i = x_i$ для всіх $x_i < x_{\max}$.

Розроблений метод не доцільно застосовувати у випадку $b \gg x_{\min}$, який виникає при великих значеннях $P(m)$, зазвичай, понад 0,7 – 0,9. У такому разі доцільно використовувати моделювання за табличним розподілом.

Для визначення точності запропонованого методу, виконаємо розрахунки за формулами (7 – 10) для реальних значень передачі составів за даними ВАТ «Запоріжсталь» в період 2012 – 2014 роки.

Розраховані значення параметрів моделювання наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Аналіз результатів моделювання інтервалів передачі составів

Параметр	2012 рік		2013 рік		2014 рік	
	Фактичні дані	Модель	Фактичні дані	Модель	Фактичні дані	Модель
Кількість значень	100	100	100	100	100	100
Математичне очікування	3,08	2,966	2,77	2,673	2,592	2,662
Дисперсія	2,915	2,312	1,968	1,516	0,927	1,072
Стандартне відхилення	1,707	1,521	1,403	1,231	0,963	1,035
Коефіцієнт варіації	0,554	0,513	0,506	0,461	0,372	0,389

На гістограмах рис. 8 – 10 приведені фактичні та відповідні їм розподіли результатів моделювання по даним за 2012 – 2014 роки.

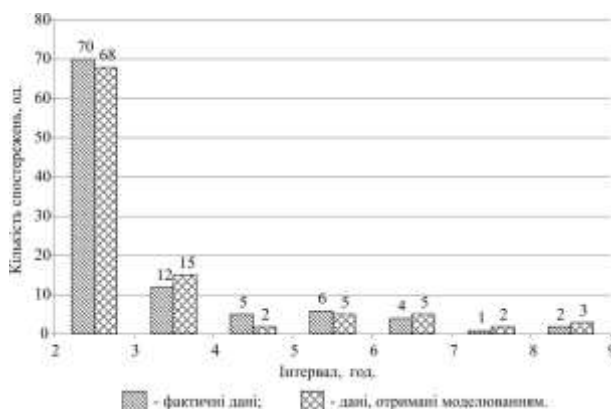


Рис. 8. Аналіз розподілу результатів моделювання по даним за 2012 рік

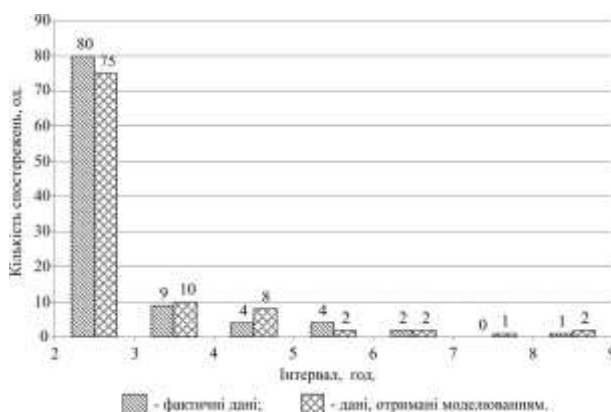


Рис. 9. Аналіз розподілу результатів моделювання по даним за 2013 рік

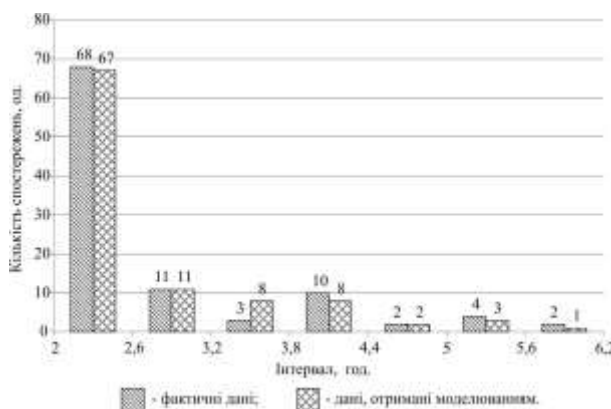


Рис. 10. Аналіз розподілу результатів моделювання по даним за 2014 рік

Крім порівняльного аналізу вибірок на гістограмах рис. 8 – 10 була виконана перевірка вибірок на однорідність [6]. За результатами розрахунків можна зробити висновок щодо однорідності фактичних та отриманих внаслідок моделювання вибірок.

Таким чином, запропонований метод моделювання інтервалів передачі составів може успішно використовуватись в умовах металургійних підприємств.

Практична реалізація може виконуватись при моделюванні процесу надходження составів на під'їзну колію, або для інших процесів:

- подавання составів до вантажних фронтів або пунктів очищення вагонів від залишків вантажу;

- подавання составів до пристроїв відновлення сипкості вантажів (пристрої розморожування, буро-фрезерні установки та ін.);

- виходу составів з вантажних пунктів та ін.

Висновки. Розроблено метод моделювання інтервалів передачі составів на металургійне підприємство, який дозволяє отримати більш точні результати. Це, в свою чергу, дозволяє більш ефективно здійснювати планування та управління перевезеннями при використанні моделей залізничного транспорту металургійних підприємств.

Розроблений метод полягає в моделюванні інтервалів передавання составів шляхом генерації їх за експоненціальним законом розподілу у певному діапазоні, всі значення якого не перевищують значення мінімального інтервалу. Визначені параметри транспортної системи, при яких доцільно використовувати даний метод.

Виконаний аналіз показав достатню відповідність результатів моделювання фактичним даним. Відносна похибка складає близько 10% випадків зміщень інтервалів при повній відповідності середнього значення, що відповідає точності досліджень при підборі відомих теоретичних законів розподілу для емпіричних розподілів.

Визначені умови, в яких доцільно використовувати розроблений метод та обґрунтовано можливість використання його в реальних умовах.

Л і т е р а т у р а

1. Толуев, Ю. И. Имитационное моделирование логистических сетей // Логистика и управление цепями поставок. – №2 (25), 2008, – С. 53-63.
2. Турпак, С. М. Методи та моделі управління вагонопотоками на металургійних підприємствах / С. М. Турпак. – Херсон : Грин' Д.С., 2014. – 146 с.
3. Лабадин, С. И. Организация перевозок и управление железнодорожным транспортом металлургических заводов / С. И. Лабадин, М. И. Шмудевич. – М: Металлургия, 1978. – 264 с.
4. Харин, Ю.С. Основы имитационного и статистического моделирования / Ю. С. Харин, В. И. Малюгин, В. П. Кирлица и др. – Минск: «Дизайн ПРО», 1997. – 288 с.
5. Лифшиц, А.Л. Статистическое моделирование систем массового обслуживания / А. Л. Лифшиц, Э. А. Мальц. – М.: Сов. радио, 1978. – 247 с.
6. Лашеніх, О. А. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних систем: навчальний посібник / О. А. Лашеніх, О. Ф. Кузькін, С.В. Грицай. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 420 с.

R e f e r e n c e s

1. Toluev, Ju. I. Imitacionnoe modelirovanie logisticheskikh setej // Logistika i upravlenie serjami postavok. – №2 (25), 2008, – S. 53-63.

2. Turpak, S. M. Metodi ta modeli upravlinnja vagonopotokami na metalurgijnih pidpriemstvah / S. M. Turpak. – Herson : Grin' D.S., 2014. – 146 s.
3. Labadin, S. I. Organizacija perevozok i upravlenie zheleznodorozhnym transportom metallurgicheskikh zavodov / S. I. Labadin, M. I. Shmulevich. – M: Metallurgija, 1978. – 264 s.
4. Harin, Ju.S. Osnovy imitacionnogo i statisticheskogo modelirovanija / Ju. S. Harin, V. I. Maljugin, V. P. Kirlica i dr. – Minsk: «Dizajn PRO», 1997. – 288 s.
5. Lifshic, A.L. Statisticheskoe modelirovanie sistem massovogo obsluzhivaniya / A. L. Lifshic, Je. A. Mal'c. – M.: Sov. radio, 1978. – 247 s.
6. Lashhenih, O. A. Imovirnisni i statistiko-eksperimental'ni metodi analizu transportnih sistem: navchal'nij posibnik / O. A. Lashhenih, O. F. Kuz'kin, S.V. Gricaj. – Zaporizhzhja: ZNTU, 2011. – 420 s.

Турпак С. Н. Совершенствование метода имитационного моделирования входных вагонопотоков металлургических предприятий.

Исследованы входные потоки металлургических предприятий и рассмотрены случаи, в которых эмпирические распределения случайной величины интервалов между последовательным поступлением составов поездов не соответствуют известным теоретическим законам распределения. Разработан метод имитационного моделирования входных вагонопотоков металлургических предприятий, который позволяет более эффективно планировать работу транспорта. Выполненный статистический анализ показал соответствие полученных результатов моделирования фактическим данным. Определены параметры транспортной системы, при которых целесообразно использовать разработанный метод, обоснована возможность его применения в реальных условиях.

Ключевые слова: логистика, имитационное моделирование, транспортная система, металлургическое предприятие.

Turpak S. M. Improvement of simulation technique of the input car traffic volumes of metallurgical enterprises.

Input car traffic volumes of metallurgical enterprises were investigated and cases when the empirical distributions of the random variable intervals between successive arrivals of the train do not correspond to known theoretical distribution laws were considered. It was developed simulation technique of the input car traffic volumes of metallurgical enterprises, which allows better planning of transport operation. Performed statistical analysis showed correspondence between simulation results and actual data. Specific parameters of the transport system at which it is advisable to use the developed technique, the possibility of its application in the real conditions is grounded.

Keywords: logistics, simulation, transport system, metallurgical enterprise.

Турпак С. Н. – к.т.н., доцент кафедри транспортних технологій ЗНТУ, м. Запоріжжя, Україна, e-mail: turpak@mail.ru.

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

Стаття подана 04.03.15

УДК 629.4.083

АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ КРАЇН ЄВРОПИ ТА ПІВНІЧНОЇ АМЕРИКИ

Теслик А.Г., Дацун Ю.М., Зінківський А.М.

ANALYSIS OF MAINTENANCE SERVICE AND REPAIR ROLLING STOCK OF RAILWAYS EUROPE AND NORTH AMERICA

Teslik A., Datsun Y., Zinkivskyi A.

В статті проводиться аналіз існуючих у різних країнах систем технічного обслуговування та ремонту рухомого складу. Особливу увагу приділено можливості передачі виконання обслуговування та ремонту різним організаціям, та повного розмежування ремонтної складової підприємства від експлуатаційної. Визначено переваги та недоліки систем обслуговування залізничного рухомого складу в різних країнах з урахуванням їхнього постійного удосконалення та постійного пошуку оптимального варіанту.

Ключові слова: залізничний рухомий склад, технічне обслуговування, ремонт локомотивів, система СТОР, залізниця.

Вступ. В умовах реформування залізниць України система технічного обслуговування та ремонту (СТОР) рухомого складу також вимагає змін. Особливо це стосується нових локомотивів, які надходять до інвентарного парку Укрзалізниці в рамках оновлення [1].

При плануванні витрат транспортних компаній у світі, для визначення вартості життєвого циклу одиниці рухомого складу, приймається, що на його технічне обслуговування протягом усього терміну експлуатації витрачаються кошти, що вдвічі перевищують вартість придбання [2]. В загальному бюджеті залізниць світу на сервісне обслуговування та ремонт рухомого складу щорічно витрачається приблизно 50 млрд. євро [3].

Актуальність питання. Процес технічного обслуговування (ТО) є досить капіталомістким, що в кілька разів перевищує вартість виготовлення рухомого складу [2].

При цьому лібералізація ринку перевезень веде також і до лібералізації ринку технічного обслуговування [3]. В даний час у цій сфері можна виділити наступні групи учасників:

- компанії — виробники рухомого складу;
- виробники комплектуючих;

- державні залізничні компанії;
- нові компанії-оператори;
- компанії, що здають рухомий склад в оренду [1].

Мета статті. На основі проведеного аналізу СТОР рухомого складу деяких країн Європи та Америки, виявити загальні тенденції та відмінності, визначити переваги та недоліки при обслуговуванні та ремонті рухомого складу при різних системах СТОР. Для підприємств Укрзалізниці пріоритетними напрямками розвитку СТОР є такі, що передбачають мінімальну кількість обслуговувань вузлів за умови підтримання їх максимальної надійності експлуатації.

Основна частина. Слід враховувати, що всі системи обслуговування залізничного рухомого складу знаходяться в процесі удосконалення та періодично зазнають змін.

Залізничний транспорт Франції для підтримання справного технічного стану піддається встановленій на залізницях впровадженій системі обслуговування та ремонту, яка представляє собою попереджувальну систему технічного обслуговування та ремонту та складається з п'яти рівнів:

- рівень 1 — щоденний технічний огляд та екіпірування;
- рівень 2 — міжрейсове ТО з усуненням незначних дефектів;
- рівень 3 — ремонт малого обсягу з плановою заміною вузлів та деталей;
- рівень 4 — ремонт середнього обсягу (відновлювальний);
- рівень 5 — ремонт великого обсягу (капітальний) з покращенням технічних та експлуатаційних параметрів чи модернізацією.

Проте спеціалісти SNCF (французьких залізниць) постійно шукають шляхи оптимізації співвідношення між попереджувальним (із заздалегідь запланованою періодичністю) та корегуючим (за фак-

тичним станом) технічним обслуговуванням та ремонтом з метою визначення того, в якій мірі ефективна організація першого може зменшити потребу у другому [4]. Наприклад, з 1999 до 2009 року для високошвидкісних електропоїздів TGV Atlantique терміни періодичного ремонту, що входять до рівнів 3 та 4, були підвищені в середньому в 1,5 рази.

Для обґрунтування таких дій інжиніринговою компанією проведено ряд досліджень направлених на визначення експлуатаційної готовності рухомого складу шляхом планування робіт з ТО на основі інформації зібраної системою дистанційної діагностики всіх поїздів. Результатом виконаної оптимізації також було збільшення міжремонтних пробігів у порівнянні із запропонованими виробником для запобігання нештатних ситуацій під час експлуатації [4]. На основі досвіду роботи французьких залізниць у сфері оптимізації кількості технічних обслуговувань та ремонтів рухомого складу, можливим є прийняття моделі та методів наукового та практичного обґрунтування подовження міжремонтних інтервалів нового рухомого складу на залізницях України. Однак, дана процедура вимагає певної адаптації, що досягається шляхом проведення додаткових досліджень.

Після реформування транспортної системи Німеччини забезпеченням залізничних перевезень почали займатися кілька компаній-операторів перевезень з власним рухомих складом, який потребував проведення технічного обслуговування та ремонтів. Функції перевізника та обслуговування на себе взяв, в основному, концерн Deutsche Bahn (DB) — Федеральні залізниці Німеччини, при цьому конкуренцію в обслуговуванні та ремонті йому складають понад 100 приватних ремонтних підприємств. Даний розподіл функцій дозволяє компаніям-операторам займатися лише перевізним процесом з повною передачею обслуговуючих функцій іншим фірмам. Однак, DB забезпечує обслуговування більшої частини ринку перевезень та ремонту рухомого складу, що обумовлене угодою з профспілками про заборону укладання домовленості з іншими компаніями на ремонт техніки, а також сама надає послуги по ремонту іншим операторам-перевізникам.

За висновком спостерігачів, в найближчому майбутньому сектор набуде деякі риси консолідації, в результаті чого з'являться групи з переліком послуг, що відповідатимуть очікуванням залізничних компаній-операторів. Сервіс в новому розумінні повинен інтегрувати навички управління парками рухомого складу та забезпечення його експлуатаційної готовності [5].

На американських залізницях діють багато приватних залізничних компаній-операторів, які займаються як експлуатацією так і ремонтом рухомого складу. Деякі з них, наприклад, Canadian National (CN) та Norfolk Southern (NS), займається ремонтом не тільки власний рухомий склад, але й рухомий склад інших власників, чим досягають повного навантаження своїх виробничих потужностей. На да-

ний час залізничні компанії все в більшій мірі визнають нереальність виконання усіх ремонтних робіт власними силами, це пов'язано із високим ступенем інтеграції мікропроцесорних та інших інтелектуальних систем різного ступеня складності. Залізниці в змозі виконувати різні види ремонту механічної частини рухомого складу, але пневматичне гальмове обладнання або зчепні пристрої вимушені ремонтувати силами інших компаній.

Виконавець технічного обслуговування чи ремонту рухомого складу визначається на основі порівняння економічної ефективності можливих варіантів та залежить в основному від наявності виробничих потужностей, резервів часу, технічних можливостей, собівартості робіт та наявності гарантій з боку обслуговуючої сторони. Не останнім аргументом є сумніви у можливості виконувати норми законодавства з охорони навколишнього середовища [6].

Достатньо стійку позицію на ринку ремонту рухомого складу американських залізниць займають також виробники рухомого складу. Так, наприклад, у 2002 р. одна з найбільших у США залізниць — Burlington Northern Santa Fe (BNSF) уклала контракт з компанією Alstom Transport на технічне обслуговування та ремонт свого парку тепловозів SD70 MAC.

Для зручності технічного обслуговування компанією Alstom на рухомих склад було встановлено систему Condition Based Maintenance (CBM) для постійного моніторингу стану вузлів та агрегатів локомотивів, на основі показань якої і виконуються ремонти. Даний вид обслуговування значно відрізняється від традиційної системи. Як результат, значно підвищується надійність та коефіцієнт готовності локомотивів до експлуатації. Такі результати були досягнуті за рахунок застосування найкраще обладнання для ремонту з необхідного.

Іспанія в 1992 році, серед всіх європейських країн, першою ввела в практику закупівлю рухомого складу із після продажним обслуговуванням самим виробником, що було відображено в контрактах на поставку високошвидкісних поїздів AVE. Даний крок компаній-операторів був пов'язаний з оцінкою вартістю життєвого циклу придбаного рухомого складу та необхідності зменшення загальних витрат.

Мотивацією такого кроку для залізниць Іспанії став пошук шляхів скорочення поточних витрат на ремонт рухомого складу, в той же час перед виробником (компанією, що займається обслуговуванням) відкриваються можливості контролю технічного стану продукції від випуску до моменту утилізації та накопичення інформації для подальших розробок. В той же час при проведенні технічних обслуговувань та ремонтів виробник має повну картину зміни параметрів рухомого складу та на основі цього виконує пошук шляхів збільшення міжремонтних пробігів та удосконалення вузлів та систем, що значно підвищує ефективність роботи самого виробника з точки зору виконання ремонтів та випуску нової продукції.

Слід зазначити, що в більшості випадків оператори зберігають, хоча б частково, свою участь у технічному обслуговуванні, щоб контролювати та оцінювати цю роботу. До того ж, корисно зберігати деякі навички у цій сфері на той випадок, якщо виникне необхідність знову зайнятися цією діяльністю самостійно або змінити партнера.

Для зручності забезпечення послуг з перевезень між виробником-ремонтником та компанією-оператором на даний час укладаються угоди, в яких оговорюється не перелік виконуваних робіт по ремонту, а відсоток рухомого складу, який повинен бути готовий до експлуатації, з усього парку, який знаходиться у розпорядженні оператора [2].

Прикладом ефективної співпраці державного оператора з виробниками можна назвати Іспанію. Усі компанії-виробники, що працюють на іспанському ринку, створили з національним оператором RENFE спільні підприємства з виробництва або технічного обслуговування та ремонту рухомого складу. Поступово подібні форми співпраці стають доступними і для нових приватних іспанських операторів. Так, у 2005 році RENFE та Bombardier заснували спільне підприємство Btren Mantenimiento Ferroviario. Включення компаній-виробників у процес технічного обслуговування на довгостроковій основі, з одного боку дозволяє RENFE мати постійний доступ до сучасних технологій та, з іншого боку, дає можливість виробникам відстежувати роботу своїх виробів на протязі довгого часу, що має безперечні переваги у відношенні збільшення як прибутковості, так і терміну служби. Проте першою співпрацювати з RENFE у даній сфері почала компанія Siemens. Спільне підприємство Nertus Mantenimiento Ferroviario у Барселоні, створене у 2001 р., займається в першу чергу технічним обслуговуванням приміських електропоїздів серій 447 та 450. Siemens та RENFE взаємно зацікавлені у розширенні співпраці. Компанія отримала та виконала велике замовлення на постачання 16 високошвидкісних електропоїздів серії AVE S 103 (Velaro E) для лінії Мадрид-Барселона.

Зараз Nertus виконує половину об'єму робіт з технічного обслуговування та ремонту рухомого складу, виготовленого компанією Siemens для Іспанії, включаючи поїзди AVE S 103. Ролі розподілені наступним чином: виробник відповідає за технічні питання, а оператор надає кошти; при цьому знання однієї сторони поєднуються з практичним досвідом іншої [8].

Стратегія технічного обслуговування у компанії побудована переважно у відповідності до фактичного стану обладнання та передбачає різний підхід до виконання окремих операцій. Так, передбачена перевірка компонентів обладнання з метою встановлення терміну їх служби в залежності від умов використання при послідовній оптимізації витрат на обслуговування, системній оптимізації обладнання та урахуванню факторів, що викликають зношення. Превентивне технічне обслуговування з урахуван-

ням фактичного стану є ключовим інструментом проекту з обслуговування поїздів Velaro E. При цьому передбачена регулярна фіксація стану окремих компонентів та груп обладнання, що дає можливість використовувати ці дані для прогнозування експлуатаційної надійності [9].

Висновки. Виходячи з проведеного аналізу слід визнати, що залізничні оператори та компанії розвинених країн Європи та Північної Америки застосовують різні підходи в СТОР рухомого складу. Однак більшість розглянутих систем орієнтована на моніторинг технічного стану та планують ТОР за його результатами.

Рухомий склад залізниць України характеризується багатосерійністю, різним віком та показниками надійності. Це суттєво ускладнює вирішення задач по удосконаленню СТОР. Однак застосування диференційного підходу з реалізацією різних стратегій ТОР для різних груп обладнання може дати позитивний результат [11]. Такий підхід дозволить позитивно використовувати елементи закордонних СТОР, що показали свою ефективність на практиці.

Л и т е р а т у р а

1. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 - 2020 роки [Текст] -К.: ТОВ«НВП Поліграфсервіс», 2009.- 301 с.
2. Политика SNCF в области подвижного состава и его технического обслуживания [Текст] // Железные дороги мира – 2010, №4, С. 38-45;
3. Техническое обслуживание подвижного состава в странах Европы [Текст] // Железные дороги мира – 2009, №4, С. 50-52;
4. Франция: SNCF готовится к отказу от монополии [Текст] // Железные дороги мира – 2009, №4, С. 53-56;
5. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава во Франции [Текст] // Железные дороги мира – 2011, №3, С. 46-53;
6. Германия: избыток мощностей на рынке технического обслуживания и ремонта [Текст] // Железные дороги мира – 2009, №4, С. 57-60;
7. Организация ремонта подвижного состава в Северной Америке [Текст] // Железные дороги мира – 2003, №3, С. 42-45;
8. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов на BNSF [Текст] // Железные дороги мира – 2007, №4, С. 57-59;
9. Испания: использование потенциала сотрудничества [Текст] // Железные дороги мира – 2009, №4, С. 61-63;
10. Техническое обслуживание высокоскоростных поездов в Испании [Текст] // Железные дороги мира – 2011, №11, С. 23-27.
11. Пузир, В.Г. Застосування сучасних стратегій при удосконаленні системи технічного обслуговування і ремонту локомотивів [Текст] / В.Г. Пузир, Ю.М. Дацун // Зб. наук. пр./ Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2014, Вип. 149 – С. 75-79.

R e f e r e n c e s

1. Kompleksna programa onovlennja zaliznizhnogo ruhomogo skladu Ukraïni na 2008 - 2020 roki [Tekst] -K.: TOV«NVP Poligrafservis», 2009.- 301 s.
2. Politika SNCF v oblasti podvizhnogo sostava i ego tehniceskogo obsluzhivanija [Tekst] // Zheleznyje dorogi mira – 2010, №4, S. 38-45;

3. Tehnicheskoe obsluzhivanie podvizhnogo sostava v stranah Evropy [Tekst] // Zheleznye dorogi mira – 2009, №4, S. 50-52;
4. Francija: SNCF gotovitsja k otkazu ot monopolii [Tekst] // Zheleznye dorogi mira – 2009, №4, S. 53-56;
5. Tehnicheskoe obsluzhivanie i remont podvizhnogo sostava vo Francii [Tekst] // Zheleznye dorogi mira – 2011, №3, S. 46-53;
6. Germanija: izbytok moshhnostej na rynke tehničeskogo obsluzhivanija i remonta [Tekst] // Zheleznye dorogi mira – 2009, №4, S. 57-60;
7. Organizacija remonta podvizhnogo sostava v Severnoj Amerike [Tekst] // Zheleznye dorogi mira – 2003, №3, S. 42-45;
8. Tehnicheskoe obsluzhivanie i remont lokomotivov na BNSF [Tekst] // Zheleznye dorogi mira – 2007, №4, S. 57-59;
9. Ispanija: ispol'zovanie potencijal sotrudničestva [Tekst] // Zheleznye dorogi mira – 2009, №4, S. 61-63;
10. Tehnicheskoe obsluzhivanie vysokoskorostnyh poezdov v Ispanii [Tekst] // Zheleznye dorogi mira – 2011, №11, S. 23-27.
11. Puzir, V.G. Zastosuvannja suchasnih strategij pri udoskonalenni sistemi tehničnogo obslugovuvannja i remontu lokomotiviv [Tekst] / V.G. Puzir, Ju.M. Dacun // Zb. nauk. pr./ Ukr. derzh. akad. zaliznich. transp. – H., 2014, Vip. 149 – S. 75-79.

Теслик А.Г., Дацун Ю.Н., Зиньковский А.Н. Анализ систем технического обслуживания и ремонта подвижного состава железных дорог стран Европы и Северной Америки.

В статье проводится анализ существующих в разных странах систем технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Особое внимание уделено возможности передачи выполнения обслуживания и ремонта различным организациям, и полного отделения ремонтной составляющей предприятия от эксплуатационной. Определены преимущества и недостатки систем обслуживания железнодорожного подвижного состава в разных странах с учетом их постоянного совершенствования и постоянного поиска оптимального варианта.

Ключевые слова: железнодорожный подвижной состав, техническое обслуживание, ремонт локомотивов, система СТР, железной дороги.

Teslik A., Datsun Yu, Zinkivskiy A. Analysis of maintenance service and repair rolling stock of railways europe and north america.

The article analyzes the existing systems in different countries of maintenance and repair of rolling stock on mainline railways. Particular attention is paid to the possibility of delegating the implementation of maintenance, repairs and repair of various public and private organizations, as well as the complete separation of the repair and operational components of the enterprise. The advantages and disadvantages of systems service and maintenance of rolling stock in Germany, France, Canada, USA and Spain with regard to their continuous improvement and constant search for the best options because of the need to reduce the number of ongoing maintenance and repair, but shall be required to comply with the high reliability of individual components and the entire rolling stock in service. From the analysis of the basic directions for the organization of service delivery systems, including service on the actual technical state of rolling stock and maintenance of mileage, so it should be noted that the main indicator to conduct the necessary maintenance of the list is the result of monitoring of the technical state of the art.

Keywords: rolling stock, maintenance, repair of locomotives, the system STOR, railway.

Теслик А.Г. – к.т.н., доцент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ, e-mail: teslikag@mail.ru.

Дацун Ю.М. – к.т.н., доцент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ, e-mail: datsun.hiit@rambler.ru

Зиньківський А.М. – к.т.н., доцент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ, e-mail: kumasiktem@ukr.net.

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 04.03.2015

УДК 629.4

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РОЗВЕЗЕННЯ МІСЦЕВИХ ВАГОНІВ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВУЗЛІ

Білецький Ю.В., Герчак М.О., Найш Н.М.

IMPROVING SYSTEM OF DISTRIBUTION LOCAL RAILWAY JUNCTION IN CARS

Beletsky Y., Gerchak M., Naish N.

Проведено аналіз перспективних напрямків удосконалення технології розвезення місцевих вагонів у залізничному вузлі. Виконано огляд наукових праць вітчизняних та зарубіжних вчених, що займаються тематикою вдосконалення та ефективного нормування передавального руху, оптимізації взаємодії та підвищення ефективності функціонування залізничних станцій у вузлах. В роботі поставлено завдання оптимізації розвозу місцевих вагонів у розвиненому залізничному вузлі. Складена залежність для визначення сумарного часу знаходження місцевого вагону у вузлі. Удосконалено математичну модель, алгоритм якої, незалежно від складності, конфігурації, кореспонденції та інших місцевих умов розвинених вузлів, дозволяє визначити оптимальне місце концентрації технічної роботи з місцевими вагонами відповідно до обраних параметрів та критеріїв оцінки.

Ключові слова: удосконалення, система, місцевий вагон, вузол, залізнична станція, модель.

Вступ. Постановка проблеми. Великі залізничні вузли, що є найбільш складними технічними та технологічними системами залізничного транспорту, своєю роботою суттєво впливають на такий важливий показник, як оборот вантажного вагона. Структурний аналіз даного показника показує, що більше 80 % загального часу обігу вагон простояє на вантажних та технічних станціях, які, зазвичай, є складовими розвинених залізничних вузлів. Більша частина таких простоїв викликана тим, що вагони простоюють в очікуванні виконання технологічних операцій [1].

Дана ситуація свідчить про існування резерву у підвищенні якості роботи залізниць, який можна використовувати через прискорення переробки (зокрема технічної) місцевих вагонів в залізничних вузлах.

Враховуючи вищенаведене, можна стверджувати, що на сучасному етапі розвитку й функціонуванні галузі потрібен перегляд технологій обробки місцевих вагонів у великих залізничних вузлах, тому метою дослідження є удосконалення технології

розвозу місцевих вагонів у розвинених (великих) залізничних вузлах. Методика дослідження представляє собою математичну модель, алгоритм якої, незалежно від складності, конфігурації, кореспонденції та інших місцевих умов розвинених вузлів, дозволяє визначити оптимальне місце концентрації технічної роботи з місцевими вагонами відповідно до вибраних параметрів та критеріїв оцінки. Реалізацію моделі виконано за критерієм мінімізації відстані та критерієм мінімізації часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Значний вклад у розробку теоретичних положень вдосконалення та ефективного нормування передавального руху, оптимізації взаємодії та підвищення ефективності функціонування станцій у вузлах внесли наступні науковці: В.М. Образцов, В.М. Акуліничев, В.І. Апатцев, Є.В. Архангельський, К.О. Бернгард, А.В. Бикадинов, О.Ф. Бородин, Т.В. Бутько, І.Р. Вебер, П.С. Грунтов, Г.І. Загарій, С.В. Земблін, М.Д. Гловайський, В.Є. Козлов, А.М. Котенко, Ф.П. Кочнев, Є.В. Нагорний, В.І. Некрашевич, В.Я. Негрей, А.М. Макароцькін, В.К. Мироненко, М.В. Правдін, І.Є. Савченко, І.Б. Сотніков, К.Ю. Скалов, І.Г. Тіхоміров, Є.М. Тішкін, Ю.П. Тютюнов, А.К. Угрюмов, В.А. Шаров, В.О. Шиш, П.О. Яновський та інші [1].

Мета. Метою дослідження є удосконалення технології розвозу місцевих вагонів у великих (розвинених) залізничних вузлах.

Результати досліджень. Задача оптимізації розвозу місцевих вагонів у розвиненому залізничному вузлі зводиться до оптимізації на графі маршрутів (відстаней) [2]:

$$P = (W, A),$$

та часу слідування:

$$T = (W, O),$$

де $W = \{w_u\}$ – множина вершин графу P та T , що відповідають станціям вузла;

$A = \{a_y\}$ – множина ребер P -графу, що відповідають довжині ділянки між станціями вузла;

Y – загальна кількість ребер на графі, $y \in Y$;

$O = \{o_y\}$ – множина ребер графу T , що відповідають тривалості слідування по відповідних ділянках.

Групи місцевих вагонів, що пересуваються у вузлі, представлено як:

$$V = \{v_{i,j,x}\},$$

де i – вершина графу, що відповідає станції призначення (відправлення) місцевого вагона, $i \in I, I = U$.

j – вершина графу, що відповідає станції у вузлі, через яку прямує відповідний місцевий вагон для проходження технічних операцій (відсортування, підбирання по групах та інше).

За критерієм мінімізації відстані задача оптимізації розвозу місцевих вагонів зводиться до визначення таких варіантів слідування та переробки, за якими середня відстань (загальний середній пробіг місцевого вагона), буде мінімальним. Умовно весь шлях слідування вагона до станції призначення можна представити як:

$$P(v_{i,j,x}) = P(Bx_x, j) + P^{BH}(j, i),$$

$P(Bx_x, j)$ – шлях прямування вагона від (до) вхідної станції вузла із X напрямку до станції виконання технічних операцій, км;

$P^{BH}(j, i)$ – шлях прямування вагона від (до) станції виконання технічних операцій, до i – станції навантаження (вивантаження), км. Дане значення $P^{BH}(j, i)$ не залежить від напрямку прибуття (відправлення) вагона до (із) вузла.

Варіант слідування місцевого вагона з напрямку “К” до станції “Х” формально представляється як:

$$P(v_{8,1,K}) = P(Bx_K, 1) + P^{BH}(1, 8) = \underbrace{P(5,3) + P(3,2) + P(2,1)}_{P(Bx_K, 1)} + \underbrace{P(1,9) + P(9,8)}_{P^{BH}(1,8)}$$

$$P(v_{3,6,K}) = P(Bx_K, 6) + P^{BH}(6,3) = \underbrace{P(5,6)}_{P(Bx_K, 6)} + \underbrace{P(6,3)}_{P^{BH}(6,3)}$$

Аналогічно для критерію мінімізації часу. Задача оптимізації розвозу місцевих вагонів у розвинених залізничних вузлах зводиться до визначення таких варіантів слідування та переробки, за якими середній час знаходження місцевого вагона у вузлі буде мінімальним.

Час слідування вагона до станції призначення представляється як:

$$T(v_{i,j,x}) = T(Bx_x, j) + t_j^{tex} + T^{BH}(j, i),$$

де $T(Bx_x, j)$ – час прямування вагона від (до) вхідної станції вузла із x напрямку до станції виконання технічних операцій, год.;

t_j^{tex} – час знаходження місцевого вагона на i – станції під технічними операціями, год.;

$T^{BH}(j, i)$ – час прямування вагона від (до) станції виконання технічних операцій, до i – станції навантаження (вивантаження), год. Значення не залежить від напрямку прибуття (відправлення) вагона до (із) вузла.

Загальна кількість варіантів маршрутів слідування місцевих вагонів у вузлі за прибуттям або за відправленням буде дорівнювати:

$$K = X(I-1)(J-1).$$

Враховуючи те, що $I = J = U$: $K = X(U-1)^2$.

Середня довжина маршруту слідування місцевого вагона за прибуттям буде дорівнювати:

$$P^n = \sum_{k=1}^K P_k(v_{i,j,x})^n \cdot F_k^n, \quad i=1, 2, \dots, I; \quad j=1, 2, \dots, J; \quad x=1, 2, \dots, X,$$

де F_k^n – ймовірність слідування місцевого вагона за маршрутом $P_k(v_{i,j,x})^n$ у вузлі (за прибуттям), $k \in K$.

Представимо F_k^n як добуток ймовірностей:

$$F_k^n = R_{i,x}^n \cdot Q_{j,x}^n \cdot Z_x^n,$$

де $R_{i,x}^n$ – ймовірність слідування місцевого вагона з напрямку x на i – у станцію для вивантаження (навантаження);

$Q_{j,x}^n$ – ймовірність проходження місцевого вагона, що прибув з напрямку x , технічної переробки на j -й станції;

Z_x^n – ймовірність прибуття місцевого вагона з напрямку x .

Загальний середній пробіг місцевого вагона у вузлі:

$$P = P^n + P^B.$$

Сумарний час знаходження місцевого вагона у вузлі буде дорівнювати:

$$T = T^n + T^B + t_{ван}^M.$$

Цільові функції матимуть вигляд:

$$P = f \left(\begin{matrix} P(Bx_x, j)^n, P^{BH}(j, i)^n, R_i^n, Q_j^n, Z_x^n \\ P(Bx_x, j)^B, P^{BH}(j, i)^B, R_i^B, Q_j^B, Z_x^B \end{matrix} \right) \rightarrow \min,$$

$$T = f \left(\begin{matrix} T(\hat{A}\delta_x, j)^i, T^{\hat{a}i}(j, i)^i, R_i^i, Q_j^i, Z_O^i, t_{\hat{a}a\hat{a}i}^i \\ t_s^{\hat{a}\hat{a}\hat{o}}, T(\hat{A}\delta_x, j)^{\hat{a}}, T^{\hat{a}i}(j, i)^{\hat{a}}, R_i^{\hat{a}}, Q_j^{\hat{a}}, Z_x^{\hat{a}} \end{matrix} \right) \rightarrow \min$$

Реалізація моделей виконується при наступних обмеженнях та умовах: Об'єми даних математичних моделей представляють тримірні масиви. Сама задача відноситься до задач лінійного програмування [3].

Висновки. Аналіз обігу місцевого вагонопотоку показав, що більшу частину часу вагон простояє на вантажних та технічних станціях. Враховуючи вищесказане, можна стверджувати, що на сучасному етапі розвитку й функціонуванні галузі необхідне дослідження технологій обробки місцевих вагонів у великих залізничних вузлах. В ході досліджень було удосконалено математичну модель, алгоритм якої, незалежно від складності, конфігурації, кореспонденції та інших місцевих умов розвинених вузлів, дозволяє визначити оптимальне місце концентрації технічної роботи з місцевими вагонами відповідно до вибраних параметрів та критеріїв оцінки. Реалізацію моделі виконано за критерієм мінімізації відстані та критерієм мінімізації часу. Отримані результати вказують на наявність значного резерву у покращенні експлуатаційної роботи залізничного вузла. За даними показників виконаної роботи 2013 року, впровадження запропонованих змін концентрації технічної переробки місцевого вагонопотоку дозволять скоротити середній пробіг місцевого вагона у вузлі на 51%.

Література

1. Атласов В.Г., Абрамов А.А. Совершенствование технологии развоза местного груза в узлах. / В.Г. Атласов, А.А. Абрамов // Железнодорожный транспорт. – 1996. – №10. – С. 25-29.
2. Новые принципы взаимодействия узлов и направлений железных дорог. // Технология перевозки грузов в условиях рыночной экономики: Сб. науч. тр. / Под ред. В.А.Шарова. – М.: Транспорт, 1993. – 112 с.
3. Вовк А.А. Направления совершенствования показателей использования грузовых вагонов на железной дороге (отделении) / Вовк А.А. // Залізничний транспорт України. – 2008. – № 5. – С. 49 – 53.

References

1. Atlasov V., Abramov A. Improving technology hydrating local load at the nodes. / Atlasov V., Abramov A // Rail. - 1996. - №10. - p. 25-29.
2. New principles of interaction between nodes and lines of railways. // Technology transportation of goods in a market economy: Sat. scientific. tr. / Ed. V. Sharova. - M.: Transport, 1993. - 112 p.

3. Vovk A. Directions improving utilization rates of freight cars on the railroad (office) / Vovk A // Rail transport of Ukraine. - 2008. - № 5. - p. 49 - 53.

Белецкий Ю.В., Герчак М. О., Найш Н.М. Усовершенствование системы развоза местных вагонов в железнодорожном узле.

Проведен анализ перспективных направлений усовершенствования технологии развоза местных вагонов в железнодорожном узле. Выполнен обзор научных трудов отечественных и зарубежных ученых, которые занимаются тематикой совершенствования и эффективного нормирования передаточного движения, оптимизации взаимодействия и повышения эффективности функционирования железнодорожных станций в узлах. В работе поставлено задание оптимизации развоза местных вагонов в развитом железнодорожном узле. Составленная зависимость для определения суммарного времени нахождения местного вагона в узле. Усовершенствована математическая модель, алгоритм которой, независимо от сложности, конфигурации, корреспонденции и других местных условий развитых узлов, позволяет определить оптимальное место концентрации технической работы с местными вагонами в соответствии с избранными параметрами и критериями оценки.

Ключевые слова: усовершенствование, система, местный вагон, узел, железнодорожная станция, модель.

Beletsky Y., Gerchak M., Naish N. Improving system of distribution local railway junction in cars.

The analysis promising areas of improvement technologies deliver a local carriages railway junction. A survey scientific works domestic and foreign scientists involved subjects Streamlining and standardization of gear movement, optimizing interaction and improve the efficiency railway stations in knots. In this paper, the task optimization local commercial cars in developed railway junction. Compiled dependence to determine the total time spent in the local car site. Improved mathematical model, an algorithm which, regardless of complexity, configuration, correspondence and other local conditions developed nodes to determine optimum concentration technical work with local cars according to selected parameters and benchmarks. Analysis local circulation vagonopotoku showed that most time the car is idle for trucks and industrial plants. Given the above, it can be argued that the current development industry and research necessary technologies of local coaches in major junctions.

Keywords: improvement, system, local car, junction railway station, model.

Білецький Ю.В – ст. викл. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Герчак М.О. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Найш Н.М. – ст. викл. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

УДК 666.974

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СУХОГО ФОРМОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Драпалюк М.В.

THE IMPACT OF TECHNOLOGY FEATURES DRY MOLDING CONCRETE PRODUCTS TRANSPORT FACILITIES ON THEIR PERFORMANCE PROPERTIES

Drapaluk M.

В статье проанализирована связь структуры и прочности бетона, в результате определены пути оптимизации структуры бетона транспортных сооружений с целью повышения трещиностойкости и долговечности. Установлена возможность повышения прочности сцепления заполнителя с цементным камнем за счет повышения жесткости плотных заполнителей. Изложены основные особенности технологии сухого формования железобетонных изделий для транспортных сооружений.

Ключевые слова: бетон, сухое формование, прочность, цементная матрица, демпфирующие компоненты, кристаллогидратный росток.

Постановка проблемы. Важнейшей задачей эксплуатации транспортных сооружений является обеспечение бесперебойного и безопасного движения транспортных средств с установленными скоростями, обеспечение пропуски по ним различных транспортных средств. А бетон для транспортных сооружений является наиболее распространённым и сложным из всех искусственных материалов применяемых при строительстве, поэтому возникает особый, повышенный интерес к его требованиям.

Огромный рынок материалов, которые применяются для производства железобетонных конструкции усложняет их выбор, для соответствия необходимому комплексу свойств. В связи с возникновением экономичных путей оптимизации свойств бетонов такие задания не могут быть решены в полном объеме за счет синтеза новых видов модификаторов, так как это связано со значительными затратами.

Анализ последних исследований и публикаций. Влияние структуры бетона на его поведение под действием динамических нагрузок Ю.А. Нилендер, Л.И. Мильштейн, В.А. Невский, Ю.А. Пискунов и др. изучали на различных реологических моделях, согласно которым упругие свойства бетона характеризуются динамическим модулем упругости, неупругие - коэффициентом внутреннего трения [1]. Анализируя поведение модели бетона, авторы счи-

тали основной причиной разрушения бетона при ударе разрыв по растворной части и подчеркивали прямую зависимость ударной прочности бетона от свойств крупного заполнителя, и, в первую очередь, от его поглощающей способности. Одновременное увеличение коэффициента внутреннего трения раствора должно еще больше повысить сопротивление бетона ударным нагрузкам.

Суммируя известные результаты исследований связи структуры и прочности бетона, можно определить следующие пути оптимизации его структуры с целью повышения трещиностойкости, ударной стойкости и долговечности.

1. Снижение жесткости заполнителей бетона за счет использования плотных заполнителей средней жесткости (типа известнякового щебня) и легких заполнителей (шлаковой пемзы, керамзита). Однако указанные бетоны могут иметь пониженную по сравнению с тяжелыми бетонами на плотных и прочных заполнителях прочность при сжатии.

2. Снижение концентрации плотных заполнителей за счет раздвижки зерен крупного заполнителя цементно-песчаным раствором и мелкого – цементным камнем.

3. Повышение прочности сцепления заполнителя с цементным камнем за счет повышения чистоты и шероховатости поверхности плотных заполнителей, а также применения пористых заполнителей.

4. Использование бетонов на смешанных крупных и мелких заполнителях, а также комбинированных бетонов, в качестве вяжущих в которых используются портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент, пуццолановый и другие виды смешанных цементов.

Наиболее оптимально последнее предложение, являющееся фактически комбинацией первых трех приемов. Его реализация позволяет одновременно устранить отмеченные недостатки и максимально снизить дефектность бетона.

Формирование цели исследования. Целью исследований является повышение долговечности бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений за счет модифицирования состава бетонной смеси для обеспечения полифункциональности процесса структурообразования бетона.

Состав и технология приготовления бетонных смесей определяют прочность и долговечность железобетонных конструкций, поэтому повышение эффективности производства конструкций предусматривает оптимизацию всей совокупности «состав – технология – структура – свойства». Бетон в силу неоднородности цементного камня, качества и распределения заполнителей имеет неупорядоченную структуру.

Одним из путей оптимизации структуры бетона является разработка модифицированных бетонов сухого формования с демпфирующими компонентами. Актуальность проведенных исследований заключается в разработке технологии бетона сухого формования с демпфирующими компонентами для транспортных сооружений.

Изложение основного материала исследования. Особенностью способа сухого бетонирования заключается в том, что смесь вяжущего и заполнителей сначала укладывают в форму, уплотняют и подвергают тепловлажностной обработке, предварительно зафиксировав объем отформованного изделия. Такая технология устраняет зависимость удобоукладываемости бетонной смеси от водопотребности песка и сроков схватывания цемента. Применение способа сухого формования железобетонных изделий с демпфирующими компонентами позволит повысить эксплуатационные характеристики бетона конструкции.

Цементная матрица - носитель прочности бетона - содержит поры различных размеров, которые существенно снижают прочностные свойства бетона [2].

Значительное различие цементной матрицы и заполнителей бетона по прочностным и упругим характеристикам определяется тем обстоятельством, что плотные заполнители тяжелого бетона, в т.ч. кварцевый песок, не обладают идеальной совместимостью с традиционной цементной матрицей, имеющей модуль упругости $(8...20) \cdot 10^3$ МПа, в силу своей высокой жесткости (модуль упругости до 10^5 МПа), приводящей к значительным усадочным напряжениям при твердении [3].

Отличительными признаками демпфирующих добавок являются их пониженные жесткостные характеристики, определяемые высокой пористостью материала. Введение в бетон таких добавок, снижающих концентрацию напряжений на границе раздела фаз с различными упругими характеристиками, существенно уменьшает размах колебаний и пределы изменений максимальной и минимальной деформации и напряжений в процессе разрушения бетона.

Исследование процессов твердения бетона сухого формования с демпфирующими компонентами осуществляется по определению прочности, деформативных характеристик и поровой структуры [3].

Механизм действия демпфирующих добавок состоит в том, что на пути растущей трещины воз-

никает энергетический гаситель в виде микровключения. Такое включение не способно отдавать полученную энергию, затраченную на его деформирование. Тем самым уменьшается энергия роста трещины и релаксируют напряжения в ее вершине. Наличие в структуре бетона упруго-вязких включений - низко модульных добавок демпфирующего действия как релаксаторов внутренних напряжений и энергетических гасителей трещин - обеспечивает повышение прочности, трещиностойкости и морозостойкости бетона.

Подытожить сказанное можно словами А.А. Гвоздева [4], который отметил, что «неоднородность бетона, порождая возникновение микротрещин, задерживает их перерождение в опасные макротрещины, а наличие концентраторов напряжений в самой структуре материала делает его малочувствительным как к внешним концентраторам, так и ко вновь возникшим внутренним».

Суммируя известные результаты исследований связи структуры и прочности бетона, можно определить следующие пути оптимизации его структуры с целью повышения трещиностойкости, ударной стойкости и долговечности.

1. Снижение жесткости заполнителей бетона за счет использования плотных заполнителей средней жесткости (типа известнякового щебня) и легких заполнителей (шлаковой пемзы, керамзита). Однако указанные бетоны могут иметь пониженную по сравнению с тяжелыми бетонами на плотных и прочных заполнителях прочность при сжатии.

2. Снижение концентрации плотных заполнителей за счет раздвижки зерен крупного заполнителя цементно-песчаным раствором и мелкого - цементным камнем.

3. Повышение прочности сцепления заполнителя с цементным камнем за счет повышения чистоты и шероховатости поверхности плотных заполнителей, а также применения пористых заполнителей.

4. Использование бетонов на смешанных крупных и мелких заполнителях, а также комбинированных бетонов, в качестве вяжущих в которых используются портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент, пуццолановый и другие виды смешанных цементов.

В настоящее время известны исследования и опыт использования в бетонных смесях минеральных и органических мало жестких поризованных компонентов (добавок) различной дисперсности: от дисперсности вяжущего до размеров мелкого и крупного заполнителей. Это портландцемент с минеральными добавками и пуццолановый портландцемент, растворы и бетоны на смешанных и комбинированных заполнителях. Перечисленные материалы отличаются экономией клинкерной части (при использовании тонкодисперсных минеральных добавок), пониженной плотностью бетона при использовании смешанных заполнителей), повышенной трещиностойкостью, морозостойкостью, в ряде случаев - прочностью при растяжении. Обобщая результаты исследований, проведенных до настоящего времени в этой области, целесообразно дифференцировать та-

кие компоненты в зависимости от их дисперсности. В соответствии с этим можно выделить тонкодисперсные компоненты (добавки) с удельной поверхностью 50...300 м²/кг; компоненты с размерами мелкого заполнителя - песка; компоненты с размерами крупного заполнителя.

К тонкодисперсным компонентам с удельной поверхностью 50...300 м²/кг относятся инертные и активные минеральные наполнители, снижающие стоимость цемента без существенного ухудшения его характеристик. Условность такого деления обусловлена тем, что до сих пор нет единого мнения о степени гидравлической активности тех или иных тонкодисперсных минеральных добавок [3-4]. Несмотря на это, можно констатировать факты увеличения плотности бетона, уменьшения деформаций усадки и набухания, повышения водостойкости и антикоррозионных свойств бетона с тонкомолотыми минеральными добавками.

Минеральные добавки являются составной частью композиционных цементов, шлакопортландцемента, пуццоланового портландцемента и некоторых других видов специальных цементов. Характеризуя пуццолановые цементы, С.М. Рояк и Г.С. Рояк подчеркивают, что они отличаются от портландцемента способностью к пластическим деформациям во влажных условиях, вследствие чего бетоны на пуццолановых цементах отличаются высокой трещиностойкостью [6].

Как известно, пуццолановые портландцементы отличаются от портландцемента замедленным нарастанием прочности в начальные сроки твердения. При длительном твердении бетона содержание пуццоланы благоприятно сказывается на структуре цементной матрицы бетона и приводит к тому, что прочность бетона на пуццолановых цементах приближается к прочности бетона на портландцементе такой же марки, а иногда может быть и выше.

Следует отметить, что активность портландцемента с инертными и активными минеральными добавками снижается не пропорционально количеству добавки. Так, при введении 50% микронаполнителя активность цемента снижается на 20...40%, поэтому в ряде случаев применение микронаполнителей оказывается экономически выгодным за счет повышения эффективности использования портландцементного клинкера.

Сущность способа сухого формования заключается в том, что сухую бетонную смесь уплотняют в форме или опалубке и после этого насыщают водой. Расход компонентов рассчитывают таким образом, чтобы обеспечить минимальную пустотность и снизить количество воды при насыщении смеси.

Так как сухие смеси обладают при вибрации высокой удобоукладываемостью, то возможно применять весьма однородные мелкозернистые смеси, характеризующиеся оптимальной с точки зрения физико-химической механики и теории твердого тела структурой. При правильно подобранном гранулометрическом составе заполнителей возможно получение бетонов весьма высокой плотности, прочности и морозостойкости.

При сухом формовании взаимодействие цемента с водой начинается после формования смеси, т.е. в изделии, то сроки схватывания цемента не имеют значения и можно применять сверхбыстротвердеющие вяжущие или особо эффективные ускорители схватывания.

Исследования показали, что скорость пропитки зависит не только от плотности упаковки, но и от дисперсности твердых компонентов, а также от вязкости жидкости. Это позволило предложить осуществлять пропитку горячей водой или паром. Установлено также, что в процессе пропитки в бетоне образуются и сохраняется направленная пористость, а поэтому предложено после водонасыщения повторно вибрировать свежесформованное изделие.

Основной технологической операцией способа сухого формования является водонасыщение уплотненной смеси. Наиболее простой способ водонасыщения основан на использовании эффекта капиллярного подсоса и заключается в том, что форму с сухой смесью помещают в ванну с водой (пропитка снизу) или на поверхность смеси, укрытой каким-либо фильтром, наливают слой воды (пропитка сверху). Однако продолжительность водонасыщения этим способом смеси слоем от 10 до 30 см составила 90 и 300 мин соответственно. Этот способ характеризуется повышенными затратами времени может и быть рекомендован только для стеновой технологии.

Установлено, что при сухом формовании традиционный способ смазки форм водоземлемыми составами не всегда приемлем. При укладке сухой смеси в смазанную форму слой смазки частично переходит с формы в смесь, образуя пятна на готовом изделии. С целью комплексного решения проблемы подбирали такой материал для форм, который бы имел нулевую адгезию к бетону и не нуждался в смазке.

Опытами установлено, что оптимальным материалом для форм является полиэтилен. Образцы с прокладкой из него самопроизвольно разделялись при выемке из форм, поэтому подготовка опалубки к сухому формованию заключалась в оклейке формы полиэтиленовой пленкой. Использовали пленку толщиной 0,3 мм и гидроизоляционную эмаль, представляющую собой раствор хлорсульфированного полиэтилена в толуоле с добавкой стабилизатора. Перед нанесением покрытия формы очищают с помощью пескоструйного аппарата, затем кистью наносят слой эмали. Такой же слой эмали наносили на одну сторону пленки и через 30...40 мин приклеивали пленку к поверхности формы.

Так же было установлено, что коэффициент коррозионной стойкости бетона сухого формования с добавкой демпфирующего компонента и извести и с пропиткой жидким стеклом достиг величины 0,91. Не снижает добавление извести и жидкого стекла стойкость бетона и в мягких водах, что объясняется более высокой плотностью модифицированного бетона и взаимным связыванием извести и жидкого стекла.

Увеличение содержания демпфирующего компонента сопровождается ростом прочности как при сжатии, так и при растяжении. Оптимальное содер-

жание демпфирующего компонента в бетонной смеси сухого формования составляет 20...30%.

В плотных бетонах проницаемость бетона определяется, главным образом, водоцементным отношением. При высоких значениях водоцементного отношения структура бетона характеризуется крупными капиллярными порами и седиментационными пустотами под поверхностью крупного заполнителя, что и является причиной высокой проницаемости таких бетонов.

Сухоотформованные бетоны оптимальных составов характеризуются низкими значениями водоцементного отношения отсутствием крупных капилляров и седиментационных пустот, что и обеспечивает их высокую непроницаемость.

Выводы. Сухое формование позволяет:

- отказаться от пропаривания и установки пропарочной камеры за счет разогрева сухой смеси при сушке и увлажнении, за счет термосного выдерживания изделий в течение 75 мин и применения раствора жидкого стекла в качестве ускорителя схватывания;

- устранить потери бетонной смеси, т.к. при сухом формовании форма неразъемная и все, что отделилось от изделия при его выемке, остается в форме и участвует в формовании следующего изделия;

- использовать мелкие пески и крупные фракции крупного заполнителя, в результате чего снижается расход цемента до 15%.

Л и т е р а т у р а

1. Формирование и генезис микроструктуры цементного камня / [Шпынова Л.Г., Синенькая В.И., Чих В.И. и др.]; под ред. Шпынова Л.Г. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львовском ун-те, 1975. – 160 с.
2. Механизм и долговечность действия некоторых добавок на свойства портландцемента / [Шпынова Л.Г., Никоненко И.И., Мельник М.В., Мельник С.К.] - Изв. вузов. Сер. Химия и химическая технология. – 1979. – Т. 22. – Вып. 3. – С. 344-349.
3. Чоговадзе Д.В. Исследование процесса разрушения цементного камня и раствора методом рентгенокиносъемки / Чоговадзе Д.В. // Бетон и железобетон. – 1994. – № 7. – С. 26-29.
4. Гвоздев А.А. Прочность, структурные изменения и деформации бетона / Гвоздев А.А. // НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 299 с.
5. Glucklich J. the Strength of Concrete as a Composite Material / Glucklich J. // Mech. Beh. / Mater. Pros. Int. Conf. Mech. Behav. Mater. – Kyoto.– 1981. – Vol. 4. – P. 104-112.
6. Рояк С.М., Специальные цементы. - 2-е изд., перераб. и доп. / Рояк С.М., Рояк Г.С.; – М.: Стройиздат, 1983. – 279 с.

R e f e r e n c e s

1. Formiowanie i genesis mikrostruktury zementowego kamnia / [Hpinova L.G., Sinenkay V.I., Chih V.I.] – Lviv, 1975. – 160 s.

2. Mehanizm i dolgovechnost deystvia nekotoryh dobavok na svoystva portlandcementa / [Hpinova L.G., Nikonec I.I., Melnik M.V.] – 19769. – Т.22. – Vip. 3. – S/344-349.
3. Hogovadze D.V. Issledovanie processa razruhenia cementnogo kamna i rartvora metodom rengenorinosemki / Hogovadze D.V. // beton i gelezobeton. – 1994. – 7. S.26-29.
4. Gvosdev A.A. Prochnost, strukturnue izmenenia i devormacii betona / A.A. Gvosdev // NIIB Gosstroa SSSR. – M. Stroizdat, 1987. – 299 p.
5. Glucklich J. the Strength of Concrete as a Composite Material / Glucklich J. // Mech. Beh. / Mater. Pros. Int. Conf. Mech. Behav. Mater. – Kyoto.– 1981. – Vol. 4. – P. 104-112.
6. Rojak S.M. Specialnie cementi. – 2-e pererab. i dop. Rojak S.M. Rojak G.S.; – М.: Stroi., 1983. – 279 с.

Драпалюк М.В. Вплив особливостей технології сухого формування залізобетонних виробів транспортних споруд на їх експлуатаційні властивості.

У статті проаналізовано зв'язок структури і міцності бетону, в результаті визначено шляхи оптимізації структури бетону транспортних споруд з метою підвищення тріщиностійкості та довговічності. Встановлено можливість підвищення міцності зчеплення заповнювача з цементним каменем за рахунок підвищення жорсткості цільних заповнювачів. Викладені основні особливості технології сухого формування залізобетонних виробів для транспортних споруд.

Ключові слова: бетон, сухі формування, міцність, цементна матриця, компоненти що демпфують, кристалогідратний зросток.

Drapaluk M. The impact of technology features dry molding concrete products transport facilities on their performance properties.

The article analyzes the relationship between the structure and strength of the concrete, as a result of the ways to optimize the structure of the concrete transport facilities in order to increase fracture toughness and durability. The possibility of increasing the adhesion strength of aggregate with cement stone due to stiffening dense aggregates. The basic features of the technology of dry molding concrete products for transport facilities. Also presents the main features of the technology of dry molding concrete products for transport facilities. The main results of the positive impact damping components on the concrete structure of transport facilities. The results showed that the heterogeneity of concrete, causing the emergence of microcracks, delays their rebirth in dangerous macrocracks, and the presence of stress concentrators in the structure of the material makes it less sensitive to external hubs as well as internal.

Keywords: concrete, dry form, strength, cement matrix, damping components kristalogidratny splice.

Драпалюк М.В. – к.т.н., доц. кафедри транспортних систем ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: drapalukmv@ukr.net

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

Стаття подана 05.03.2015

УДК 621.22:621.694

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПНЕВМОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК,
ПОБУДОВАНИХ НА ОСНОВІ БЕЗРОТОРНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ**

Роговий А.С.

**CALCULATION FEATURES OF THE PNEUMATIC TRANSPORT INSTALLATIONS,
CONSTRUCTED ON THE BASIS OF IRRATIONAL CENTRIFUGAL PUMPS**

Rogoyi A.

Представлено особливості проектування безроторних відцентрових насосів для установок трубопровідного транспорту. Розглянуто можливості використання насоса для перекачування різних середовищ. Розроблено методику розрахунку на прикладі пневмотранспортної установки з урахуванням розміру твердих часток, що перекачують. Отримано залежність радіусу вихрової камери, що вибирається при проектуванні безроторних відцентрових насосів, від кінематичних параметрів потоку та розмірів твердих часток, що перекачуються.

Ключові слова: безроторний відцентровий насос, пневмотранспорт, вихрова камера, робочий процес, геометричні параметри.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку транспорту промислових підприємств виникли умови коли підвищення ефективності використання ресурсів стримується недостатньо раціональними способами транспортування між цехами, промисловими площадками та заводами. Використання гідравлічного та пневматичного транспорту в технологічних процесах основного виробництва, в системах промислової вентиляції, системах відведення промислових вод в централізовані пункти очищення мають велике значення для охорони природних ресурсів та ефективного їх використання в нашій країні. Собівартість транспортування масових навалочних (накидних, насипних) вантажів спеціальними видами транспорту, у т.ч. трубопровідним нижче в 2-3 рази. Тому область використання трубопровідного гідро- та пневмотранспорту кожного року збільшується за рахунок простоти конструкції та невеликих розмірів.

Але у багатьох галузях виробництва умови роботи систем промислового транспорту можна віднести до несприятливих, внаслідок дії багатьох факторів, що знижує надійність елементів трубопровідних систем, у порівнянні з нормальними умовами експлуатації, у десятки, а в окремих випадках у сотні

разів, знижується термін служби насосів, в деяких випадках до тижня [10]. За таких обставин надійність і довговічність обладнання трубопровідного транспорту набуває першорядного значення та розроблення, удосконалення обладнання та процесів трубопровідного промислового транспорту для твердих насипних вантажів, гідро- та пневмосумішей, суспензій впливає на собівартість виготовлення матеріальної продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Низька надійність насосних агрегатів внаслідок несприятливих умов експлуатації в системах трубопровідного промислового транспорту визначили новий напрямок у вирішенні науково-технічної проблеми підвищення ефективності промислового трубопровідного транспорту, за рахунок створення принципово нового типу нагнітачів вихрового типу на основі струминної техніки [10, 15]. Їх позитивними якостями є нечутливість до низки перерахованих факторів, завдяки відсутності в пристроях рухливих частин, і тому вони мають високу надійність і довговічність. Нагнітачі вихрового типу, та зокрема безроторні відцентрові нагнітачі (БВН), мають невеликі габаритні розміри, що дозволяє їх використати в тих системах, де не має можливості розмістити прямоточні струминні насоси [7]. Але на даний час, бракує теоретичних обґрунтувань єдиної методики розрахунку гідротранспортних систем на основі безроторних відцентрових насосів, при достатній кількості публікацій щодо особливостей роботи та робочих процесів в цих насосах.

Використання БВН можливе більш ширше, ніж вихрових ежекторів [1-4, 13], які отримали розповсюдження в енергетиці та машинобудуванні, але мають досить низькі показники енергоефективності. Вихід основного потоку через тангенціальний канал, та дія відцентрової сили на частинки матеріалу, що перекачується, дозволило використати БВН в системах гідро- та пневмотранспортування сипучих ма-

теріалів [8, 11, 12, 14], але особливості проектування та роботи насосів в цих публікаціях не розглянуто. Особливості робочих процесів БВН розглянуті в дослідженнях [9, 10, 15, 16], згідно яких співвідношення геометричних параметрів та питомих мас середовищ має вплив на робочий процес, але єдиною методики проектування таких насосів не представлено.

Мета і постановка задачі. Метою роботи є узагальнення з позицій системного підходу методик проектування безроторних відцентрових насосів та розробка теоретичних обґрунтувань єдиної методики розрахунку. Для досягнення цієї мети необхідно розглянути вплив співвідношення питомих мас середовищ, що беруть участь у перекачуванні, та врахувати розмір твердих часток й особливостей робочих процесів БВН.

Результати досліджень. Схема безроторного відцентрового насосу представлена на рис. 1.

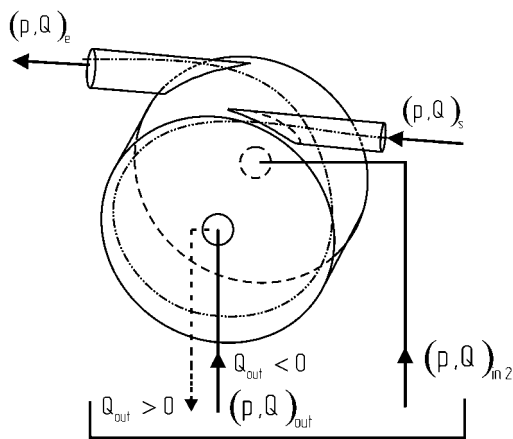


Рис. 1. Принципова схема безроторного відцентрового насосу

Потік (несучий потік), за допомогою якого виробляється перекачування із витратою середовища Q_s та тиском p_s потрапляє у вихрову камеру, де утворює обертовий потік із приосьовою областю зниженого тиску. Зниження тиску на осі вихрової камери спричинює підсмоктування потоку, що перекачується. Суміш потоків, що утворюється в камері, поступає під дією турбулентного обміну та дії відцентрової сили, на вихід з насосу

Потік, що виходить з насоса із параметрами (p_e, Q_e) подається в технологічний трубопровід або скидається в атмосферу при вакуумуванні замкнених обсягів.

Як показали теоретичні дослідження та експерименти [15], зміна взаємного співвідношення площ (або діаметрів) тангенціальних каналів входу й виходу, а також осьових каналів призводить до двох можливих режимів роботи насоса: з викидом середовища через дренажний канал ($Q_{out} > 0$, рис. 1), і з усмоктуванням ($Q_{out} < 0$, рис. 1). Спостерігається значний градієнт тиску в приосьовій зоні, внаслідок

чого збільшення діаметра вихідного каналу приводить до того, що частина потоку виходить із вихрової камери під дією позитивного тиску, і виникають втрати, а інша частина потоку всмоктується в камеру поблизу осі вихрової камери.

Особливістю робочого процесу в БВН є можливість передачі енергії до переміщуваної частки за рахунок дії відцентрових сил. Внаслідок чого, обмежується застосування насосів при перекачуванні різних гетерогенних середовищ, що залежить від співвідношення питомих мас середовищ, які приймають участь в процесі перекачування. Можлива робота насоса тільки в тому випадку, якщо питома маса середовища, за допомогою якого відбувається перекачування, менше питомої маси середовища, що перекачують. Аналіз роботи насоса при роботі на різних середовищах наведений на рис. 2.

На основі отриманих теоретичних й експериментальних даних [8-10, 14-16] розглянемо дві задачі розрахунку геометричних параметрів проточної частини БВН (одна задача при розрахунку оптимальних параметрів для перекачування рідини або газу, друга – твердих середовищ) по заданим тиску на виході з насоса p_e та об'ємній витраті Q_e на виході з насоса (при перекачуванні газу або рідини), масовій витраті m_e (при перекачуванні твердих середовищ). При цьому необхідно дотримувати наступну послідовність розрахунків і прийняття рішень:

1. Визначення принципової можливості перекачування заданого середовища за допомогою БВН й вибір середовища, за допомогою якого буде здійснюватися перекачування (рис. 2).
2. Вибір конструкції проточної частини БВН.
3. Вибір основного критерію ефективності роботи насоса – η , p_e , Q_e .
4. Подальші розрахунки варто робити, вибравши основний параметр ефективності, керуючись вимогами системи або процесу, у якому використовується нагнітач.

Енергетичні характеристики насосу практично не залежать від площі каналів всмоктування (\bar{f}_{in}) [15]. Оптимальні значення геометричних параметрів, при яких досягається максимум ККД: $\bar{f}_e = 3,72$; $\bar{f}_{out} = 2,72$. Починаючи з $\bar{f}_e = 1,73$ витрата середовища в дренажному каналі зникає, та всмоктування середовища, що перекачується відбувається через обидва осьові канали в торцевих кришках вихрової камери насоса. Таким чином, можливі два різні робочі процеси перекачування середовищ: перший має порівняно високу напірність (Φ_1), але низьку продуктивність, а інший – низьку напірність, але високу продуктивність (Φ_2). При проектуванні системи на основі БВН, необхідно, впершу чергу, вибрати основний параметр ефективності, керуючись вимогами системи або процесу, у якому використовується нагнітач. Поле характеристик БВН наведено на рис. 3, де $\bar{p} = p_e / p_s$, $\bar{Q} = Q_{in} / Q_s$.

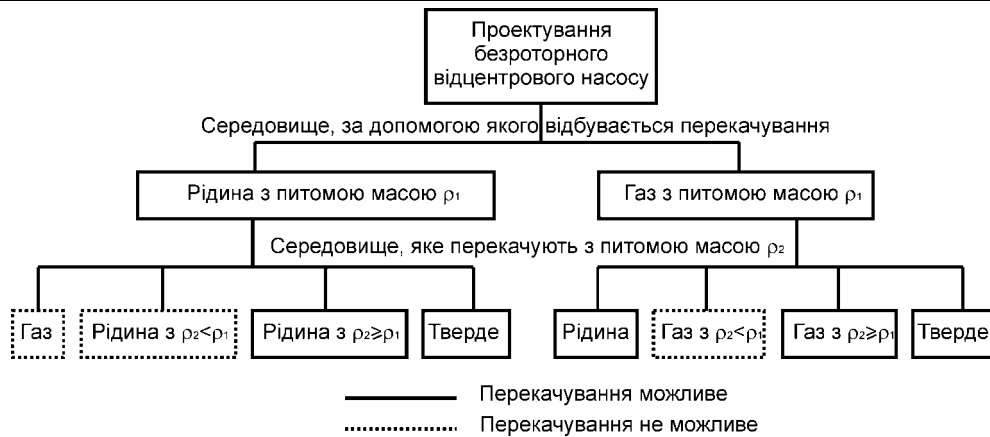


Рис. 2. Аналіз можливості роботи БВН при перекачуванні різних середовищ

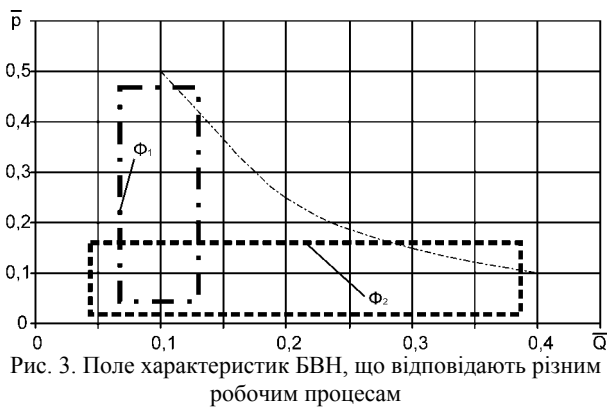


Рис. 3. Поле характеристик БВН, що відповідають різним робочим процесам

Розглянемо проектування системи пневмотранспорту, побудованої на основі БВН. Для розробки проектного завдання системи необхідно для доповнення вихідних даних уточнити розрахункову продуктивність, намітити трасу переміщення з визначенням місць розташування точок прийому й відпустки сипучого матеріалу. Продуктивність установки може бути задана або обумовлена певними технологічними вимогами, однак розрахункова продуктивність пневмотранспортної установки уточнюється проектувальником [5, 6]. При використанні БВН у пневмотранспортній системі немає необхідності приймати великий запас за продуктивністю, тому що перекачування з їх допомогою відбувається з постійною подачею без нерівномірностей, які властиві камерним насосам, найбільш часто використовуваним у пневмотранспортних системах. У загальному виді розрахункова продуктивність (за матеріалом) m_p може бути прийнята з орієнтовним коефіцієнтом запасу $k_m = 1,05 \dots 1,1$ за обумовленою експлуатаційною продуктивністю m_e : $m_p = k_m m_e$. Вертикальні ділянки траси рекомендується розташовувати якнайближче до живильника [5, 6], а потім уже прокладати трубопровід по горизонталі або краще з невеликим ухилом убік видачі матеріалу. Це пов'язане з тим, що при наявності вертикальної ділянки безпосередньо біля БВН поліпшуються умови переміщення сипучого матеріалу, виключається розшару-

вання потоку в зоні знижених швидкостей повітря, досягається найбільша гарантія від закупорки трубопроводу й поліпшуються умови продувки трубопроводу.

Поряд із прийнятою продуктивністю m_p пневмотранспортної установки та характеристикою траси трубопроводу для розрахунку установки необхідно прийняти швидкість повітря на виході із трубопроводу V за емпіричним рівнянням [5]: $V = \alpha_1 \sqrt{\rho_p} + B_1 L_{np}^2$; де α_1 – коефіцієнт, що враховує крупність часток матеріалу, що транспортуються; для часток розміром до 1 мм приймають $\alpha_1 = 10 \div 16$; для часток розміром 1-10 мм – $\alpha_1 = 16 \div 20$, для часток розміром 10-20 мм – $\alpha_1 = 20 \div 22$ для вугільного пилу вибираємо $\alpha_1 = 10$; $B_1 = (2 \div 5) 10^{-5}$ – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу, менші значення вибираються для сухих пилоподібних матеріалів; ρ_p – питома маса матеріалу [5].

Крім швидкості повітря на виході із трубопроводу розмір часток впливає на геометричні параметри вихрової камери БВН. В першу чергу, розмір часток, що можливо перекачувати повинен бути таким, щоб вони проходили через канали насоса, тобто діаметр каналів повинен бути не менше ніж дватри діаметри часток. По-друге, закручення потоку у вихровій камері створює радіальний градієнт тиску, що діє на частинку та змушує її рухатись до центру камери. З іншої сторони, на тверду частинку діє відцентрова сила, яка врівноважує силу тиску на деякому радіусі камери: $\bar{r} = \frac{4 \rho_p R_p}{3 \rho R}$.

Для ефективної роботи БВН необхідно, щоб основна частина твердого матеріалу, що обертається навколо вісі вихрової камери, знаходилося на радіусах вихідного тангенціального каналу. Якщо $\bar{r} \geq 1$, то матеріал буде тертися об стінки камери, що приведе до її швидкого зношування, та енергетичних витрат на тертя об стінки. При розрахунках радіуса вихрової камери БВН необхідно, щоб

$\bar{r} = 0,8 \div 0,98$. Тоді радіус камери, розраховують за формулою: $R = 1,5 \frac{\rho_p}{\rho} R_p$, що ілюструється рис. 4.

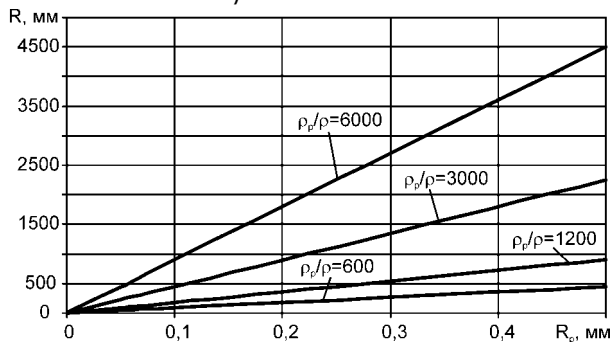


Рис. 4. Залежність радіусу вихрової камери від розміру твердих частинок, що перекачуються

Таким чином, вплив різних факторів на роботу БВН можливо врахувати у методиці розрахунку насосів, що приведена на рис. 5.

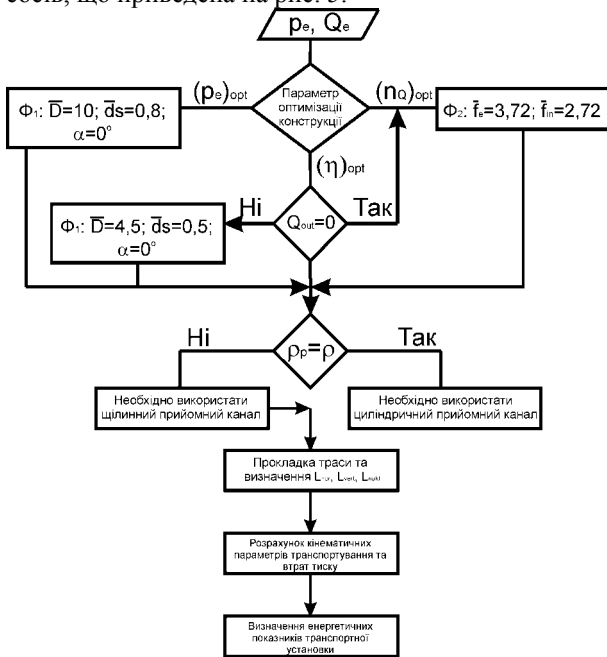


Рис. 5. Блок-схема розрахунку пневмотранспортної установки із використанням БВН

Залежно від приведеної дальності транспортування, що залежить від створюваного тиску на виході з насоса вибирають концентрацію суміші або коефіцієнт ежекції n_m . Коефіцієнт ежекції можна підвищити, якщо використати усмоктування середовища, що перекачується, із силосу із заданою висотою стовпа матеріалу. Концентрацію суміші можна вибрати за графіком (рис. 6), побудованому за умови висоти стовпа аерованого матеріалу 7-8 м.

Відповідно до прийнятої просторової схеми траси, приведена довжина виражається сумою $L_{np} = \sum L_{hor} + \sum L_{eq} + \sum L_{en}$, де $\sum L_{hor}$ – сума геометричних довжин прямих горизонтальних, похилих

і вертикальних ділянок; $\sum L_{eq}$ – сума еквівалентних довжин прямих ділянок для відводів (колін); $\sum L_{en}$ – сума еквівалентних довжин прямих ділянок для перемикачів [6].

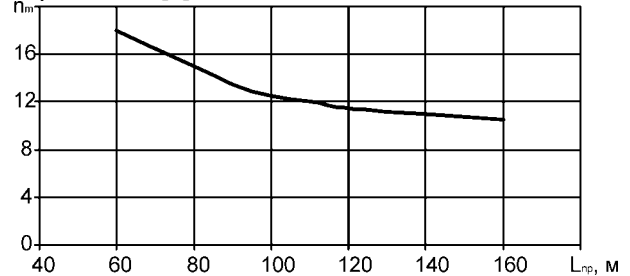


Рис. 6. Графік залежності вагової концентрації суміші від приведеної дальності транспортування

При розрахунку пневмотранспортної установки визначають наступні параметри: внутрішній діаметр транспортного трубопроводу d , необхідну витрату стисненого повітря Q_s , повний опір у трубопроводі Δp , необхідну потужність привода повітродувної машини N . Витрата Q_s в першому наближенні визначається на підставі обраної вагової концентрації суміші й продуктивності установки за формулою:

$$Q_s = \frac{m_e}{\rho n_m}$$

Діаметр d визначається на підставі підрахованої витрати повітря Q_s . Далі за ДСТУ вибирають трубу та уточнюють необхідну витрату повітря при тій же швидкості та фактичній концентрації суміші. Повний опір трубопроводу (загальні втрати тиску) виражається сумою: $\Delta p = \Delta p_p + \Delta p_l + \Delta p_{in}$, де Δp_p – шляхові втрати тиску в трубопроводі з урахуванням втрат у відводах і перемикачах; Δp_l – втрати тиску на підйом матеріалу при наявності вертикальних ділянок; Δp_{in} – втрати тиску в завантажувальному пристрої на введення матеріалу в трубопровід.

У розгорнутому виді повний опір визначається формулою:

$$\Delta p = \left[K \mu \lambda \frac{\rho V^2 L_{np}}{2d} + \rho g \mu h + \mu \frac{\rho V^2}{2} \right],$$

де $K = \frac{95d}{V^{0,9}}$ – емпіричний коефіцієнт опору [6];

$\lambda = 0,246 Re^{-0,22}$ – коефіцієнт тертя чистого повітря об стінки труби для гладких сталевих труб; $Re = \frac{Vd}{\nu}$ – число Рейнольдса; h – висота підйому матеріалу.

Після розрахунку повного опору визначають необхідну потужність двигуна для привода повітродувної машини та проектують повітропровід від компресора до БВН таким чином, щоб він робив якнайменше опору й не був громіздким.

Висновки. 1. На основі виявленого впливу питомих мас середовищ, що беруть участь у перекачуванні, та врахування розміру твердих часток й особливостей робочих процесів БВН розроблено єдину методику розрахунку систем, побудованих на основі БВН.

2. Отримано залежність радіусу вихрової камери, що вибирається при проектуванні БВН, від кінематичних параметрів потоку та розмірів твердих часток, що перекачуються.

Література

1. Вихревые аппараты. / А.Д. Суслов, С.В. Иванов, А.В. Мурашкин, Ю.В. Чижиков. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
2. Дубинский М.Г. Вихревой вакуум-насос. // Дубинский М.Г. – М.: Известия АН СССР, ОТН, 1954, № 9.
3. Иванов Р.И. Повышение эффективности процесса смесеобразования в горелочных устройствах с использованием особенностей течения в вихревом прямооточном эжекторе.: Автореф. дис...канд. техн. наук: 01.04.14/ Р.И. Иванов; Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева, – Рыбинск, 2012. – 20 с.
4. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. / Меркулов А.П. – М.: Машиностроение, 1969. – 184 с.
5. Пневмотранспортное оборудование: Справочник / М.П. Калинушкин, М.А. Коппель, В.С. Серяков, М.М. Шапунов; Под общ. ред. М.П. Калинушкина. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 286 с.
6. Пневмотранспортные установки. Справочник. [Воробьев А.А., Матвеев А.И., Носко Г.С. и др.] – Л.: Машиностроение, 1969. – 200 с.
7. Соколов Е.Я. Струйные аппараты. / Соколов Е.Я., Зингер Н.М. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
8. Струминный відцентровий насос. Патент України на винахід 89632, МПК F04D 17/08 (2006.01) V65G53/30 (2006.01), Сьомін Д.О., Роговий А.С., Левашов А.М., Чугуй В.В. – № u 201314111. Заявлено 04.12.2013; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8. – 3 с.
9. Сьомін Д.О., Роговий А.С., Павлюченко В.О. Вплив гравітації на характеристики струминно-вихрового насосу. // «Промислова гідраліка і пневматика» Всеукраїнський науково-технічний журнал. – Вінниця: Вид-во Вінницького держ. ун-ту. – № 2(24). – 2009. – С. 35–39.
10. Удосконалювання енергетичних характеристик струминних нагнітачів: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.05.17/А.С. Роговий; Сум. держ. ун-т. – Суми, 2007. – 20 с.
11. Beck Jeffrey L., 1980. Vortex injection method and apparatus. Патент США № 4449862.
12. Beck Jeffrey L., 1983. Apparatus for the control for injection of dry solids into a high pressure fluid stream. Патент США № 4543017.
13. Levchenko D., Melechuk S., Arseniev V. Regime characteristics of vacuum unit with a vortex ejector stage with different geometry of its flow path// Procedia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 28–34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.004>.
14. Syomin D., Rogovoy A. Power characteristics of superchargers with vortex work chamber // Polish academy of sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Volume XB. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, № 19. – 2010 - P. 232-240.
15. Syomin D., Rogovoy A. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps. // Procedia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 231–237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.029>
16. Syomin D., Rogovoy A. Mathematical simulation of gas bubble moving in central region of the short vortex chamber // Polish academy of sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering Volume 12. No 4. Lublin-Lugansk. XB. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, V.12 No4. – 2012 - P. 279-284.

References

1. Vihrevye apparaty. / A.D. Suslov, S.V. Ivanov, A.V. Murashkin, Ju.V. Chizhikov. – M.: Mashinostroenie, 1985. – 256 s.
2. Dubinskij M.G. Vihrevoj vakuum-nasos. // Dubinskij M.G. – M.: Izvestija AN SSSR, OTN, 1954, № 9.
3. Ivanov R.I. Povyshenie jeffektivnosti processa smeseobrazovanija v gorelochnyh ustrojstvah s ispol'zovaniem osobennostej techenija v vihrevom prjamotochnom jezhektore.: Avtoref. dis...kand. tehn. nauk: 01.04.14/ R.I. Ivanov; Rybinskij gosudarstvennyj aviacionnyj tehniceskij universitet imeni P.A. Solov'eva, – Rybinsk, 2012. – 20 s.
4. Merkulov A.P. Vihrevoj jeffekt i ego primenenie v tehnike. / Merkulov A.P. – M.: Mashinostroenie, 1969. – 184 s.
5. Pnevmotransportnoe oborudovanie: Spravochnik / M.P. Kalinushkin, M.A. Koppel', V.S. Serjakov, M.M. Shapunov; Pod obshh. red. M.P. Kalinushkina. – L.: Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1986. – 286 s.
6. Pnevmotransportnye ustanovki. Spravochnik. [Voro-b'ev A.A., Matveev A.I., Nosko G.S. i dr.] – L.: Mashinostroenie, 1969. – 200 s.
7. Sokolov E.Ja. Strujnye apparaty. / Sokolov E.Ja., Zin-ger N.M. – 3-e izd., pererab. – M.: Jenergoatomizdat, 1989. – 352 s.
8. Struminnij vidcentrovij nasos. Patent Ukraїni na vinahid 89632, MPK F04D 17/08 (2006.01) V65G53/30 (2006.01), S'omin D.O., Rogovij A.S., Levashov A.M., Chuguj V.V. – № u 201314111. Zajavleno 04.12.2013; opubl. 25.04.2014, Bjul. № 8. – 3 s.
9. S'omin D.O., Rogovij A.S., Pavljuchenko V.O. Vpliv gravitacїї na harakteristiki strumino-vihrovogo na-sosu. // «Promislova gidravlika i pnevmatika» Vseuk-raїns'kij naukovno-tehnichnij zhurnal. – Vinnicja: Vid-vo Vinnic'kogo derzh. un-tu. – № 2(24). – 2009. – S. 35–39.
10. Udoskonaljvannja energetichnih harakteristik struminnih nagnitachiv: Avtoref. dis...kand. tehn. nauk: 05.05.17/A.S. Rogovij; Sum. derzh. un-t. – Sumi, 2007. – 20 s.
11. Beck Jeffrey L., 1980. Vortex injection method and apparatus. Patent SShA № 4449862.
12. Beck Jeffrey L., 1983. Apparatus for the control for injection of dry solids into a high pressure fluid stream. Patent SShA № 4543017.
13. Levchenko D., Melechuk S., Arseniev V. Regime characteristics of vacuum unit with a vortex ejector stage with different geometry of its flow path// Procedia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 28–34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.004>.

14. Syomin D., Rogovoy A. Power characteristics of superchargers with vortex work chamber // Polish academy of sciences branch in Lublin. ТЕКА. Commission of motorization and power industry in agriculture. Volume XV. ТЕКА Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, № 19. – 2010 - P. 232-240.
15. Syomin D., Rogovyi A. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps. // Procedia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 231–237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.029>
16. Syomin D., Rogovyi A. Mathematical simulation of gas bubble moving in central region of the short vortex chamber // Polish academy of sciences branch in Lublin. ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering Volume 12. No 4. Lublin-Lugansk. XV. ТЕКА Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, V.12 No4. – 2012 - P. 279-284.

Роговой А.С. Особенности расчета пневмотранспортных установок, построенных на основе безроторных центробежных насосов.

Представлены особенности проектирования безроторных центробежных насосов для установок трубопроводного транспорта. Рассмотрены возможности использования насоса для перекачивания различных сред. Разработана методика расчета на примере пневмотранспортной установки с учетом размера перекачиваемых твердых частиц. Получена зависимость радиуса вихревой камеры, выбираемой при проектировании безроторных центробежных насосов от кинематических параметров

и размеров твердых частиц. Определено влияние плотностей на особенности рабочих процессов.

Ключевые слова: безроторный центробежный насос, пневмотранспорт, вихревая камера, рабочий процесс, геометрические параметры.

A.S. Rogovyi. Calculation features of the pneumatic transport installations, constructed on the basis of irrotational centrifugal pumps.

Design features of irrotational centrifugal pumps for pipeline transport installations are presented. Use capabilities of the pump for pumping various environments are considered. The design procedure on an example of pneumatic transport installation taking into account the size of pumped over solid particles are developed. Dependence of the rotational chamber radius selected at projection of irrotational centrifugal pumps from kinematic parameters and the sizes of firm particles is received. Influence of firmness on features of working processes is defined. Superchargers of rotational type, and in particular, irrotational centrifugal pumps have small overall dimensions that allows to use them in systems where there is no possibility to place direct-flow jet pumps. Two problems of geometrical parameters calculation are considered: pumps for pumping fluids and pumps for pumping solid mediums.

Keywords: irrotational centrifugal pump, pneumatic transport, vortex chamber, operation, geometrics.

Роговий А.С. – к.т.н., доцент кафедри «Теоретична механіка і гідравліка», ХНАДУ, м. Харків, Україна, e-mail: asrogovoy@ukr.net

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

Стаття подана 05.03.2015

УДК 625.173

СТВОРЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ МАГІСТРАЛІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ МАТРИЦІ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Дошечкін В.С., Роговий А.С., Романюк В.В.

CREATION OF A HIGH-SPEED HIGHWAY ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF A CORRESPONDENCE MATRIX OF RAILWAY PASSENGER TRANSPORTATIONS

Doshchekhin V., Rogovoj A., Romanjuk V.

У статті обґрунтована необхідність формування стратегічних альянсів для рішення економічних проблем суб'єктів господарювання. Сформовано концептуальні аспекти формування високошвидкісної магістралі. Задоволення потреб суспільства в транспортному повідомленні, що постійно збільшується, підвищенні його надійності, безпеки і якості вимагає збільшення витрат на поліпшення інфраструктури транспортної мережі, перетворення її в гнучку, високо керовану логістичну систему. У найбільш коректних гравітаційних моделях матриці кореспонденції формуються без урахування вимоги не негативності.

Ключові слова: матриця кореспонденцій, гравітаційний метод, пасажирські перевезення, залізничний транспорт

Постановка проблеми. Закон розвитку суспільства визначає закономірність здійснення виробничо-господарської діяльності залізничним комплексом України. Вони трансформуються в вимоги здійснення бізнес-процесів на основі інтенсивного його розвитку. Неминучість переходу від екстенсивних форм розвитку залізничного транспорту, що здійснюється в сучасних умовах функціонування галузі, до інтенсивних форм відтворення визначається необхідністю підвищення продуктивності економічного розвитку залізничного транспорту, більш раціональним використанням обмежених ресурсів та вирішенням соціально-економічних проблем. Інтенсифікація залізничного транспорту безпосередньо пов'язана з впровадженням у виробничі процеси сучасних технологічних рішень, матеріалів, сучасних форм організації та управління інвестиційно-інноваційним розвитком, які спроможні скоротити терміновість відтворювальних циклів та забезпечити його конкурентоспроможність. Ефективне функціонування залізничного транспорту в значній мірі визначається рівнем використання у виробничому процесі інновацій. Цей фактор потенційно визначає результативність його виробничої діяльності [1, 2].

Впровадження високошвидкісних перевезень дозволяє за рахунок застосування інноваційних рішень щодо збільшення швидкості перевезень отримати: економію часу та оборотних коштів, зменшити тривалість виробничого циклу (процес перевезень) та збільшити продуктивність залізничного транспорту. Домінуючу та визначальну частину процесу перевезень складає саме процес переміщення, а тому скорочення терміну його реалізації за рахунок збільшення швидкості є пріоритетним шляхом інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного транспорту [2-3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням питання формування ефективних заходів прискорення залізничних перевезень займалися багато вчених [1-6], в своїх працях вони доводять, що впровадження високошвидкісних залізничних перевезень є одним з головних етапів євроінтеграції вітчизняного залізничного транспорту. Саме швидкість і, пов'язана з нею, якість перевезень стають критеріями конкурентоспроможності на внутрішньому та міжнародному ринках перевезень. Але для раціонального використання вкладених коштів, необхідно, в першу чергу, провести повне обстеження ринку попиту на транспортні послуги, а потім приймати рішення щодо можливості реалізації тієї, або іншої швидкості на лінії, що існує, або на новій [1, 6]. Результати дослідження магістралей, найнеобхідніших для впровадження високих швидкостей, повинні ґрунтуватися не лише на дослідженні попиту, або фінансових витрат, а й на визначенні густіших мереж, часу поїздки, визначенні потенційних ринків, розміру міст, відстані, транзитних з'єднань та ін. [6].

На даний час, однією з найважливіших проблем є визначення потенційного попиту ринку високошвидкісного залізничного транспорту, враховуючи існуючий вітчизняний та світовий досвід впровадження високошвидкісних перевезень, беручи до

уваги їх значення для соціально-економічної системи України. Визначення коридорів в Україні, які будуть мати найбільший попит на високошвидкісні залізничні послуги, має вирішальне значення для довгострокового успіху високошвидкісних залізничних програм України [2, 3].

Мета. Метою роботи є аналіз матриці кореспонденцій залізничних пасажирських перевезень з метою створення високошвидкісної магістралі.

Результати досліджень. Прогноз пасажиропотоків надає можливість виважено ухвалити рішення щодо внесення коректив в організацію обслуговування пасажирів додатковими рейсами. Моніторинг за динамікою обсягу перевезень дозволяє оперативно приймати управлінські рішення, що сприяє задоволенню попиту на перевезення. Процес прогнозування пасажиропотоків затруднений через наявність суб'єктивного фактора – переваги пасажира скористатися послугами надаваними залізничним транспортом, і за пасажиром залишається право вибору між іншими видами пасажирського транспорту [2, 7].

Формування матриці кореспонденцій є однією з найбільш складних задач, у всіх дослідженнях, пов'язаних з істотними структурними або параметричними змінами транспортних потоків залізничного транспорту. Це можуть бути різні переміщення пасажирів або транспорту між будь-якими парами кореспондуючих пунктів транспортної мережі з різними цілями. При всьому різноманітті підходів до формування таких матриць досить чітко простежується поділ їх на два великих класи [2, 7]: екстраполяційні та ймовірнісні. Екстраполяційні методи формування матриці кореспонденцій засновані на використанні даних обстеження існуючого стану розподілу потоків пасажирів і транспорту між кореспондуючими районами із застосуванням для прогнозуючих розрахунків пропорційних коефіцієнтів росту. Основні екстраполяційні методи [2, 8]: метод єдиного коефіцієнта росту (не враховує динаміку розвитку співвідношень між окремими параметрами й приводить до грубих помилок); метод середніх коефіцієнтів росту (хоча враховує середні коефіцієнти росту приводить до грубих помилок при значному зростанні рухливості населення); детройтський метод (у даному методі прогнозовані кореспонденції можуть значно відрізнитися від остаточних залежно від різного економічного зростання різних районів); метод Фратара (є ітераційним методом й одержав найбільше поширення серед екстраполяційних методів). Однак, у практиці моделювання на транспорті, ці методи формування розвитку не одержали.

Імовірнісні методи формування матриць кореспонденцій одержали найбільше поширення й ґрунтуються вони на базі емпіричних або теоретичних залежностей чисельності населення району або міста умов поїздок, і т. д [2, 7]. Найбільш часто застосовуються гравітаційні моделі, у яких величини кореспонденцій прямо пропорційні обсягам відправлень й обернено пропорційні відстані між районами або містами, для яких складається матриця кореспонденцій.

Як показали дослідження [7, 8], у найбільш коректних гравітаційних моделях матриці кореспонденцій формуються без урахування вимоги не негативність, облік якої призводить до визначення матриць шляхом рішення задач математичного програмування, і, в остаточному підсумку, вимагає залучення прямих методів оптимізації.

До переваг традиційної гравітаційної моделі відносяться: доступність вихідної інформації (кількість мешканців у місті чи районі й відстань між містами) та простота виконання розрахунків. Як недолік слід зазначити те, що існуючий варіант реалізації не є строго обґрунтованою гіпотезою, а є лише приблизно апроксимованою залежністю, й потребує експериментального знаходження коефіцієнтів пропорційності, що є різними між різними містами. Гравітаційна модель є фізичною аналогією притягання тіл, що з достатньою точністю використовується при моделюванні транспортних потоків.

На сьогоднішній час, в умовах майже відсутності фінансових можливостей поточного утримання залізничного транспорту на рівні, який би відповідав європейським вимогам, залізничний транспорт значно знизив активність в реалізації науково-технічних розробок. Як наслідок, неспроможність власними силами здійснити реалізацію перспективного інвестиційно-інноваційного проекту організації високошвидкісних перевезень. Серед результатів, що мають бути отримані від діяльності стратегічного альянсу: стабілізація виробництва, фінансової та науково-дослідної сфери, збільшення інвестиційної привабливості, прискорення науково-технічного прогресу та забезпечення конкурентоспроможності [1-4]. Головною метою функціонування стратегічного альянсу є забезпечення інтегрованого управління інвестиційно-інноваційним розвитком залізничного транспорту. Виходячи з цього головним суб'єктом групи, що є чинником ефективної організації усього процесу управління, є залізничний транспорт, як суб'єкт господарювання. Проте формування координаційного центру в його складі недоречно, так як це може призвести до пасивного відношення інших членів групи до реалізації спільної стратегії розвитку, або їх відсторонення від участі у прийнятті спільних рішень [3, 4].

Одне з центральних місць в організаційній структурі стратегічного альянсу повинно належати координаційному центру. Координаційний центр в своїй діяльності спирається на єдину інформаційну систему, отримуючи повний доступ до неї, а також керується у своїй діяльності пріоритетами інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного транспорту, з метою забезпечення якого і створюється стратегічний альянс [4-6].

Висновки. 1. Таким чином, все вищевикладене дозволяє стверджувати про необхідність та доцільність реалізації інтегрованого управління інвестиційно-інноваційним розвитком залізничного транспорту з застосуванням міжгалузевого підходу.

2. Сучасне суспільство має потребу в постійному збільшенні транспортного повідомлення, підвищенні його надійності, безпеки і якості. Це вимагає збільшення витрат на поліпшення інфраструктури транспортної мережі, перетворення її в гнучку, високо керовану логістичну систему.

3. У найбільш коректних гравітаційних моделях матриці кореспонденцій формуються без урахування вимоги не негативність.

4. Існуючий варіант реалізації гравітаційних моделей не є строго обґрунтованою гіпотезою, а є лише приблизно апроксимованою залежністю, й потребує експериментального знаходження коефіцієнтів пропорційності, що є різними між різними містами.

Л і т е р а т у р а

1. Богомолова Н.І. Підходи до економічного обґрунтування прискорення доставки вантажів і пасажирів / Н. І. Богомолова // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2009. - № 39. – С. 59-65.
2. Государственная программа реформирования железнодорожного транспорта (Проект) [Текст]. - 2007. - 22 с.
3. Жуков Е.А. Транспортный фактор в динамике цивилизаций / Е.А. Жуков // Бюлетень Міжнародного Нобелівського економічного форуму. - 2010. - № 1 (3), Т. 1. – С. 127-137.
4. Курган М.Б. Впровадження швидкісного руху поїздів в Україні /Корженевич І.П., Курган Н.Б. //Залізничний транспорт України – 2005. – № 2. – С.45-51.
5. De Rus, G. and C.A. Nash : In what circumstances is investment in high speed rail worthwhile? Institute for Transport Studies, University of Leeds, Working Paper 590. – 2007. – P. 100-105.
6. Levinson, D., Mathieu, J.M., Gillen, D. and Kanafani, A. 'The full cost of high-speed rail: an engineering approach', The Annals of Regional Science, 31: – 1997, – P.189-215.
7. Ugge Al. Matematiskis metody pri dopravnim reseni mest. – Praha, 1965.
8. Заблоцкий О.В. Транспорт в городе. – К.: Будівельник, 1986. – 96 с.

References

1. Bogomolova N.I. Pidhodi do ekonomichnogo obruntuvannya priskorennya dostavki vantazhiv i pasazhiriv / N. I. Bogomolova // Visnik Chernigivs'kogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. – 2009. - № 39. – S. 59-65.
2. Gosudarstvennaja programma reformirovanija zheleznodorozhnogo transporta (Proekt) [Tekst]. - 2007. - 22 s.
3. Zhukov E.A. Transportnyj faktor v dinamike civili-zacij / E.A. Zhukov // Bjuleten' Mizhnarodnogo Nobe-livs'kogo ekonomichnogo forumu. - 2010. - № 1 (3), T. 1. – S. 127-137.
4. Kurgan M.B. Vprovadzhenija shvidkisnogo ruhu poїzdів v Ukraїni /Korzhenevich I.P., Kurgan N.B. //Zalізничnij transport Ukraїni – 2005. – № 2. – S.45-51.
5. De Rus, G. and C.A. Nash : In what circumstances is investment in high speed rail worthwhile? Institute for Transport Studies, University of Leeds, Working Paper 590. – 2007. – P. 100-105.

6. Levinson, D., Mathieu, J.M., Gillen, D. and Kanafani, A. 'The full cost of high-speed rail: an engineering approach', The Annals of Regional Science, 31: – 1997, – P.189-215.
7. Ugge Al. Matematiskis metody pri dopravnim reseni mest. – Praha, 1965.
8. Zablockij O.V. Transport v gorode. – К.: Budivel'nik, 1986. – 96 s.

Дошечкин В.С., Роговой А.С., Романюк В.В. Создание высокоскоростной магистрали на основе анализа матрицы корреспонденций железнодорожных пассажирских перевозок.

В статье обоснована необходимость формирования стратегических альянсов для решения экономических проблем субъектов хозяйствования. Сформированы концептуальные аспекты формирования высокоскоростной магистрали. Удовлетворение потребностей общества в постоянно увеличивающемся транспортном сообщении, повышении его надежности, безопасности и качества требует увеличения затрат на улучшение инфраструктуры транспортной сети, преобразования ее в гибкую, высоко управляемую логистическую систему.

Ключевые слова: матрица корреспонденций, гравитационный метод, пассажирские перевозки, железнодорожный транспорт.

Doshchechkin V.S., Rogovoj A.S., Romanjuk V.V. Creation of a high-speed highway on the basis of the analysis of a correspondence matrix of railway passenger transportations.

In article necessity of formation of strategic alliances for the decision of economic problems of managing subjects is proved. Conceptual aspects of a high-speed highway formation are generated. The satisfaction of a society requirements in constantly increasing transport message, increase of its reliability, safety and quality demands increase in expenses at improvement of an infrastructure of a transport network, its transformation to flexible, highly operated logistical system. The existing variant of realisation of gravitational models is not strictly well-founded hypothesis, and the only approximately approximated dependence and demands an experimental finding of proportionality factors which are different between different cities. In the most correct gravitational models of a correspondence matrix are formed without the requirement on non-negative.

Keywords: a matrix of correspondence, a gravitational method, passenger transportations, a railway transportation.

Дошечкін В.С. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Роговий А.С. – к.т.н., доцент кафедри «Теоретична механіка і гідравліка», ХНАДУ, м. Харків, Україна, e-mail: asrogovoy@ukr.net

Романюк В.В. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

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

Стаття подана 05.03.2014

УДК 629.4.083

ВЫБОР СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Дацун Ю.Н.

THE CHOICE OF THE STRATEGY OF THE TECHNICAL SERVICE AND REPAIR OF LOCOMOTIVES BASED ON THE METHODS OF FUZZY LOGIC

Datsun Y.

В статье, с помощью аппарата нечеткой логики, разрабатывается классификатор для выбора стратегии технического обслуживания и ремонта локомотивов в рамках методологии RCM. В качестве входных переменных нечеткой системы предложены «Значимость отказа», «Частота возникновения отказа», «Возможность выявления предотказного состояния». Определены термы и функции принадлежности переменных. Получены поверхности нечеткого вывода.

Ключевые слова: локомотив, техническое обслуживание и ремонт, отказ, система, классификатор, правила, нечеткие переменные.

Постановка проблемы. Техническое состояние локомотивов напрямую влияет на безопасность, эффективность и качество работы железнодорожного транспорта. В процессе эксплуатации узлы и агрегаты локомотивов изнашиваются, их техническое состояние ухудшается, возрастает вероятность отказов. Техническое состояние локомотивов в эксплуатации во многом определяется эффективностью системы технического обслуживания и ремонта (ТОР).

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время на железных дорогах применяется планово-предупредительная система ТОР локомотивов. Проблемам совершенствования систем ТОР локомотивов посвящено много работ отечественных ученых под руководством: Босова А.А., Боднаря Б.С., Бабанина А.Б., Бутько Т.В., Голубенко А.Л., Косова Е.Е., Мямлина С.В., Стрекопытова В.В., Тартаковского Э.Д., Четвергова В.А., Фалендыша А.П. Основным направлением работ которых было управление техническим состоянием локомотивов путем оптимизации межремонтных пробегов и объемов работ с учетом их фактического технического состояния. Это не позволило уйти от основных недостатков существующей планово-предупредительной системы. В [1] для ТОР локомотивов предложено применение современных диффе-

ренцированных подходов, получивших широкое распространение в различных технических отраслях. В [2] определение индивидуальных стратегий ТОР для оборудования локомотивов осуществляется методами нечеткой логики. Реализация такого подхода подразумевает разработку нечеткого классификатора, с исполнением в специальной программной среде.

Цель статьи. Разработать нечеткий классификатор, для определения индивидуальных стратегий ТОР оборудования локомотивов.

Основной материал. Локомотив как сложная автономная многофункциональная организационно-техническая система, состоит из совокупности различных подсистем и элементов. Они характеризуются индивидуальными конструктивными особенностями, условиями эксплуатации и режимами работы. Высокую эффективность при обслуживании и ремонте таких систем показывает применение дифференцированного подхода, реализованного в рамках методологии, ориентированной на надежность (Reliability-Centered Maintenance - RCM).

Так как ключевым моментом RCM есть оценка рисков отказов оборудования, то для реализации данной методологии, целесообразно использовать подходы, заложенные в процедурах проведения анализа видов отказов, их последствий и критичности [3]. Согласно разработанным методикам, при анализе учитывается значимость отказа, его частота возникновения и возможность выявления. При таком подходе риск возникновения отказа можно представить как функцию

$$h = f(S, O, D) \quad (1)$$

где: S – значимость отказа; O – частота возникновения отказа (повторяемость); D – возможность выявления отказа.

Существующие методики оценки возникающих рисков основываются на экспертных оценках [4].

Учитывая неполноту и неоднозначность такой информации, возникает вопрос поиска адекватных математических методов, позволяющих оперировать субъективными оценками экспертов, учитывать неясность и неточность данных. При трудностях четкого определения входных признаков наибольшую эффективность показывают методы нечеткой логики. Которые позволяют как формализовать входные нечеткие признаки, так и классифицировать объекты по входным признакам [5].

Закрепление за каждым видом оборудования индивидуальной стратегии ТОР можно рассматривать как задачу отнесения объектов к одному из ранее выделенных классов, то есть задачу классификации. А с учетом характера входных данных, решение этой задачи целесообразно проводить в рамках экспертной автоматической системы на основе нечетких алгоритмов.

Согласно [6] нечеткий классификатор представляет собой систему нечетких правил, которые описывают m классов в имеющемся наборе исходных данных, и нечеткую систему вывода для их переработки с целью получения результата классификации (рис. 1).

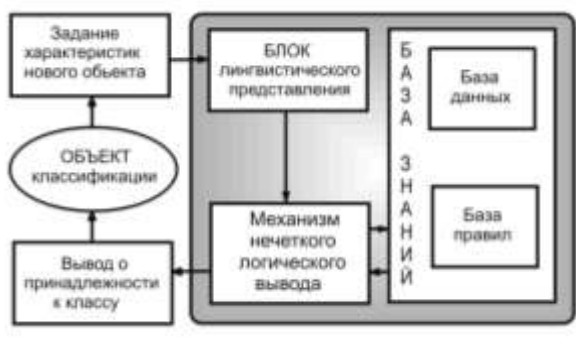


Рис. 1. Структурная схема нечеткой классификации

В качестве входных переменных классификатора принимались нечеткие характеристики узлов и агрегатов локомотивов, каждый из которых описывается конечной совокупностью признаков $A = \{a_1, \dots, a_m\}$. Каждому признаку a_j соответствует множество его четких значений и множество лингвистических термов $T = \{T_{1j}, \dots, T_{mj}\}$, ($1 \leq j \leq m$, m_j – число термов признака a_j).

Для классификатора определения стратегии ТОР агрегатов и узлов локомотивов лингвистические переменные определялись в соответствии с (1) (таблица).

Для построения функций принадлежности лингвистических переменных использовались трапециевидные функции (2), (рис. 2)

В качестве вариантов решений (выходная переменная) вводилось конечное множество назначаемых стратегий ТОР (R): плано-предупредительная (ТВМ), по техническому состоянию (СВМ), по отказу (RTF).

Таблица

Параметры лингвистических переменных нечеткого классификатора

Лингвистические переменные		Термы	
Обозначение	Название	Обозначение	Название (характеристика)
S	Значимость отказа	LW	Низкая (снижено качество функционирования).
		NS	Незначительная (задержка выполнения задачи без опасности выхода из строя).
		SG	Значительная (ущерб без травмирования людей).
		HG	Высокая (существенный ущерб с травмами или гибелью людей).
O	Частота возникновения отказа	RR	Редкий (маловероятный)
		PS	Возможный (возможно несколько случаев за срок службы).
		FQ	Частый (наблюдается постоянно).
D	Возможность выявления предотказного состояния (ПОС)	LW	Низкая (выявление ПОС проблематично).
		MD	Средняя (ПОС может выявляться косвенными методами);
		HG	Высокая (ПОС выявляется прямыми методами, несколькими способами)

$$M_A(\delta) = \begin{cases} 1 - \frac{a-x}{l}, & \delta \in [a-l, a] \\ 1, & \delta \in [a, b] \\ 1 - \frac{x-a}{r}, & \delta \in [b, b+r] \\ 0, & \delta \notin [a-l, b+r] \end{cases} \quad (2)$$

Экспертная информация о взаимодействии входных и выходных переменных, формировалась в специальную базу знаний, состоящую из логических высказываний, и имеющую вид (3)

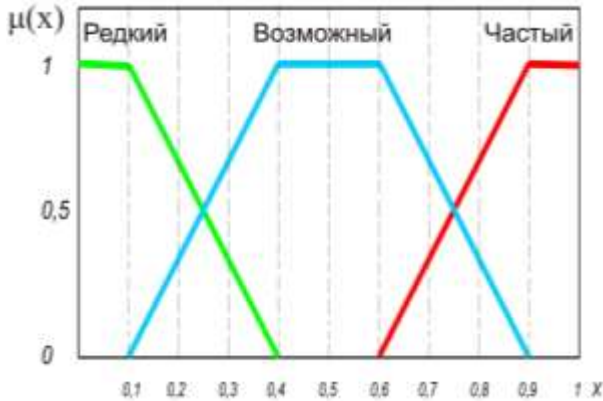


Рис. 2. Функции принадлежности лингвистической переменной «Частота возникновения отказа»

$$\left. \begin{aligned} \text{If } (S \text{ is } HG) \text{ and } (O \text{ is } FQ) \text{ then } (R \text{ is } TBM) \\ \text{If } (S \text{ is } SG) \text{ and } (O \text{ is } FQ) \text{ then } (R \text{ is } TBM) \\ \dots \dots \dots \\ \text{If } (S \text{ is } LW) \text{ then } (R \text{ is } RTF) \end{aligned} \right\} (3)$$

Логическая связка «and» определяет связь между элементами предпосылок правил и реализуется оператором произведения или оператором «минимум» по Заде (4).

$$\beta_i(x) = \prod_{j=1}^n \mu_A(x_j) \quad \Leftrightarrow \quad \beta_i(x) = \min_{1 \leq j \leq n} (\mu_A(x_j)) \quad (4)$$

На вход классификатора подается нечеткие значения признаков объекта. Выходом является вектор, описывающий принадлежность объекта классам r_1, r_2, \dots, r_m . В качестве решения у выбирают класс с максимальной степенью принадлежности.

$$y = \arg \max_{\{r_1, r_2, \dots, r_m\}} (\mu_{r_1}(x), \mu_{r_2}(x), \dots, \mu_{r_m}(x)), \quad (5)$$

Визуализация работы классификатора осуществляется за счет выведения поверхностей нечеткого вывода (рис. 3, 4).

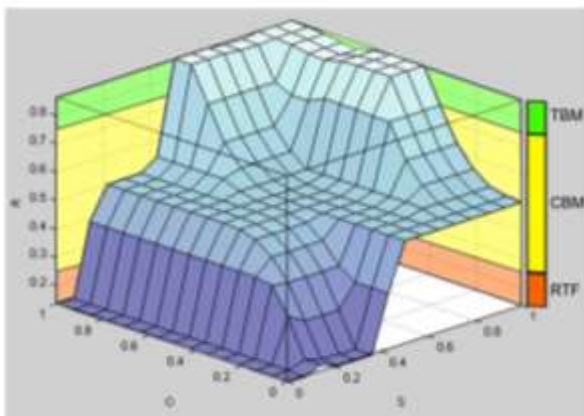


Рис. 3. Поверхность зависимости нечеткого вывода от входных переменных «O» и «S»

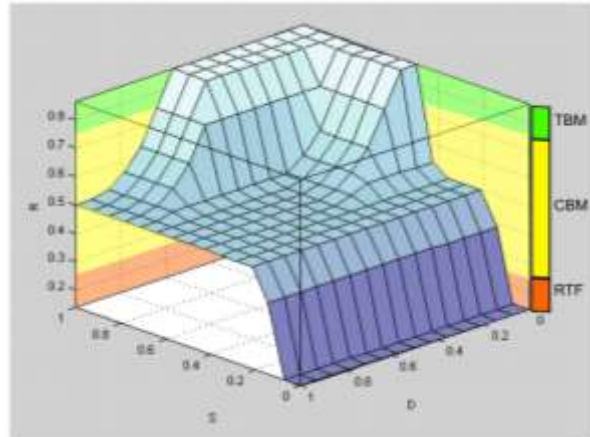


Рис. 4. Поверхность зависимости нечеткого вывода от входных переменных «S» и «D»

Полученные поверхности нечеткого вывода не имеют резких возмущений и разрывов. Это указывает на полноту и непротиворечивость разработанной базы правил.

Выводы. Предложенный подход нечеткой классификации позволит при периодической оценке технического состояния локомотивного парка и уровня оснащения ремонтного производства определять и корректировать стратегии ТОР узлов и агрегатов локомотивов.

Дальнейшие работы в этом направлении будут направлены на проверку адекватности разработанной системы, оптимизацию базы правил, и параметров функций принадлежности переменных.

Л и т е р а т у р а

1. Пузир В.Г. Застосування сучасних стратегій при удосконаленні системи технічного обслуговування і ремонту локомотивів [Текст] / В.Г. Пузир, Ю.М. Дацун // 36. наук. пр./ Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2014, Вип. 149 – С. 75-79.
2. Применение нечетких методов классификации при определении стратегии технического обслуживания и ремонта узлов локомотивов [Текст] / Э.Д. Тартаковский [и др.] // Локомотивы XXI век: сборник мат. II межд. научн.-техн. конф. (18-20 нояб. 2014 г.) / Петерб. государств. универс. путей сообщ. – Спб.: ПГУПС, 2014. – С. 128-130.
3. McDermott R.E. The Basics of FMEA [Text] / R.E. McDermott et al. - Productivity Press, New York, 2009. – 168 с.
4. Дацун Ю.М. Дослідження відмов колісних пар тепловозів в експлуатації із застосуванням FMEA - методології [Текст] / Ю.М. Дацун, А.І. Філатов // 36. наук. пр./ Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2015, Вип. 147 – С. 67-71.
5. Нурматова Е.В. Подход к решению задачи классификации технических состояний в нечеткой логической системе. [Текст] / Е.В. Нурматова // Известия ТулГУ. Технические науки. – Т., 2010, Вып. 1 - С 170-174.
6. Zimmermann H.J. Fuzzy Set Theory and its Applications [Text]/ H.J. Zimmermann/ - Dordrecht: Kluwer Academic Publishers., 1996. – 120 p.

References

1. Puzir V.G. Zastosuvannja suchasnih strategij pri udoskonalenni sistemi tehničnogo obslugovuvannja i remontu lokomotiviv [Text] / V.G. Puzir, Ju.M. Dacun // Zb. nauk. pr./ Ukr. derzh. akad. zaliznich. transp. – H., 2014, Vip. 149 – S. 75-79.
2. Primenenie nechetkih metodov klassifikacii pri opredelenii strategii tehničeskogo obsluzhivannja i remonta uzlov lokomotivov [Text] / Je.D. Tartakovskij [i dr.] // Lokomotivy XXI vek: sbornik mat. II mezhd. nauchn.-tehn. konf. (18-20 nojab. 2014 g.) /Peterb. gosudarstv. univers. putej soobshh. – Spb.: PGUPS, 2014. – S. 128-130.
3. McDermott R.E. The Basics of FMEA [Text] / R.E. McDermott et al. - Productivity Press, New York, 2009. – 168 s.
4. Dacun Ju.M. Doslidzhennja vidmov kolisnih par teploviziv v eksploatacii iz zastosuvannjam FMEA - metodologii [Text] / Ju.M. Dacun, A.I. Filatov // Zb. nauk. pr./ Ukr. derzh. akad. zaliznich. transp. – H., 2015, Vip. 147 – S. 67-71.
5. Nurmatova E.V. Podhod k resheniju zadachi klassifikacii tehničeskikh sostojanij v nechetkoj logičeskoj sisteme. [Text] / E.V. Nurmatova // Izvestija TulGU. Tehničeskie nauki. – T., 2010, Vyp. 1 - S 170-174.
6. Zimmermann H.J. Fuzzy Set Theory and its Applications [Text] / H.J. Zimmermann/ - Dordrecht: Kluwer Academic Publishers., 1996. – 120 p.

Дацун Ю.М. Вибір стратегії технічного обслуговування та ремонту локомотивів на основі методів нечіткої логіки.

В статті з допомогою апарату нечіткої логіки, розробляється класифікатор для вибору стратегії технічного обслуговування та ремонту локомотивів в рамках методології RCM. В якості входних змінних нечіткої системи запропоновано «Значимість відмови», «Частота

виникнення відмови», «Можливість виявлення передвідмовного стану». Визначені терми та функції належності змінних. Отримані поверхні нечіткого виводу.

Ключеві слова: локомотив, технічне обслуговування та ремонт, відмова, система, класифікатор, правила, нечіткі змінні.

Datsun Y. The choice of the strategy of the technical service and repair of locomotives based on the methods of fuzzy logic

The article offers to improve the technical service and repair of locomotives using the approaches of methodology focused on the reliability (RCM). Fixing for each type of equipment the individual strategy of repair and technical service is considered as a classification task. Considering the nature of the input data this task should be carried out in the limits of the expert automatic system based on the fuzzy algorithms. The classifier to select the strategies of the technical service and repair of locomotives is developed. The structure of the fuzzy classifier is applied. As the input variables of the fuzzy system proposed the «importance of failure», the «frequency of occurrence of failure», the «ability of identifying of the condition before failure». The terms of variables are appointed by the expert method. The functions of affiliation are represented by a trapezoidal. The fuzzy production rules are formed. The surfaces of the fuzzy implication are obtained. The preliminary data of the adequacy of the system are obtained.

Keywords: locomotive, technical service and repair, failure, the system, the classifier, the rules, fuzzy variables.

Дацун Ю.М. – к.т.н., доцент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ,
e-mail: datsun.hiit@rambler.ru

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 06.03.2015

УДК 658.7.011.1

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ ЗАПАСУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН
ДЛЯ УТРИМАННЯ ЛОКОМОТИВІВ****Ольховська Т.О.****MODELLING OF PROCESS CREATION STOCK SPARE PARTS FOR THE MAINTENANCE
OF LOCOMOTIVES****Olkhovska T.O.**

У статті представлені матеріали з моделювання процесів створення запасів запасних частин для утримання локомотивів. Зокрема розглянуті основні положення по функціонуванню системи матеріально-технічного постачання. Виконано формалізацію ідеалізованої детермінованої багатоперіодної моделі управління запасами без дефіциту з миттєвим постачанням та постійним попитом, на підставі якої проведено моделювання з урахуванням реальних даних. Визначено співвідношення між значеннями загальних витрат і величиною початкового запасу, які можна описати квадратичними залежностями й отримувати відповідні стратегії постачання запасних частин для обслуговування локомотивів.

Ключові слова: витрати, запас, локомотив, модель, період, попит, постачання, система.

Постановка проблеми в загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Система постачання запасними частинами й матеріалами є найважливішим елементом системи управління технічним станом локомотивів. Запасні частини є необхідним елементом ремонтного процесу. Помилки при виборі стратегії управління поставками запасних частин можуть викликати або дефіцит, або затоварення складів, що у свою чергу спричиняє збільшення термінів ремонту рухомого складу та зростання експлуатаційних витрат. Тому ефективність процесу створення запасів запасних частин багато в чому залежить від того, як організований цей процес в цілому та на яких принципах здійснюється його організація.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання висвітлення й розвитку системи матеріально-технічного постачання (МТП), а також їх перспективи знайшли широкий розвиток у роботах Бережної Е.В. [2], Майданова А.Д. [4], Мельника М.М. [5], Степанова В.И. [7] і інших авторів. В них велика увага приділена питанням удосконалювання організаційно-економічних механізмів управління МТП й

регулюванню її діяльності в різних галузях. В той же час у більшості цих досліджень не розкривається комплексний характер цього механізму, оскільки авторами розроблялися лише окремі аспекти питань, пов'язаних тільки із МТП відповідної галузі. Крім того, у сучасних умовах ринкових відносин необхідний не тільки аналіз роботи структур МТП, а і формалізація основних процесів, що безпосередньо впливають на організацію їх роботи у локомотивному господарстві.

В цілях мінімізації негативних наслідків, недопущення зривів у забезпеченні потреб в матеріально-технічних ресурсах для утримання локомотивів є доцільним формалізувати процес створення запасів, що і є **метою** даної статті.

Основна частина. Аналіз складних систем, до яких зокрема відноситься система матеріально-технічного забезпечення є актуальним і має велику кількість застосувань. Однак, у силу виняткової розмаїтості цих задач, що зустрічаються на практиці, і недостатньої вивченості їх математичного опису, арсенал формалізації й моделювання безупинно поповнюється. Тому важливим пунктом дослідження запасів у системі матеріально-технічного забезпечення є побудова математичної моделі та її формалізований опис.

Задачі управління запасами досить широкі внаслідок великої розмаїтості практичних ситуацій. Системи керування запасами можна класифікувати за наступними ознаками [8]:

- вид запасів (сировина, напівфабрикати, готова продукція й т.д.);
- місце зберігання (виробник, споживач, постачальницька база або інше місце);
- структура системи (ізолюваний склад, система складів, ієрархічна система);
- структура запасів (одно- або багатопродуктові запаси, взаємозамінність, термін придатності, псування при зберіганні і ін.);

- статистичні характеристики процесів попиту й постачань (стаціонарність, корельованість попиту, керованість, випадковість поставок і ін.);

- мета системи (вартісні й імовірнісні критерії, багатокритеріальність);

- обмеження (на обсяг і номенклатуру запасів, на розміри партій, що постачаються, на надійність і економічні характеристики процесу постачання);

- інформаційні характеристики (періодичність збору даних, спостереження попиту, повнота знань про коефіцієнти витрат і ін.).

Різні сполучення цих та ряду інших ознак визначають різноманіття задач управління запасами. При цьому ставиться головне завдання - навіщо й коли потрібні запаси?

Перша причина - це неможливість точного прогнозування попиту. Оскільки точно попит не прогнозується, то виявляється заздалегідь неможливим замовляти постачання так, щоб вони повністю його компенсували. Крім того, неможливо точно прогнозувати й час виконання зробленого замовлення, і навіть обсяг виконуваного замовлення.

Друга причина пов'язана з фундаментальною економічною закономірністю, звичайно іменованою ефектом концентрації. При застосуванні до задач управління запасами цей ефект складається із зменшення витрат на одиницю продукту (питомих витрат) та із зростанням обсягу замовлення.

Третя причина - це обмеженість можливостей постачальників. Для системи постачання вплив цього фактору може проявлятися й побічно - у затримці постачань, в залежності від їх терміну та від обсягу замовлення.

Розглядаючи систему матеріально-технічного постачання необхідно відразу розкрити її головні вимоги. Інтенсивність потреби (попиту) у запасних частинах або матеріалах повинна бути менша ніж інтенсивність (швидкість) їх постачання, а також вартість зберігання цих ресурсів також повинна бути менше вартості (штрафу) за дефіцит за одиницю часу.

У формалізованому вигляді ці вимоги є наступними

$$\mu_i < \lambda_i, \quad (1)$$

та

$$\hat{A}_c < \hat{A}_\phi. \quad (2)$$

Де μ_i - інтенсивність потреби (попиту) у запасних частинах;

λ_i - інтенсивність (швидкість) постачання замовлених запасних частин;

\hat{A}_c - вартість зберігання замовлених запасних частин;

\hat{A}_ϕ - вартість (штраф) за дефіцит за одиницю часу замовлених запасних частин.

Якщо ці вимоги не виконуються то зовсім не існує і самої системи матеріально-технічного постачання. Так при порушенні умови (1) система не здатна накопичити запас, а при порушенні умови (2),

вигідніше розраховуватися штрафом за дефіцит, ніж створювати відповідний запас.

Для спрощення покладемо, що накладні витрати $N_{\hat{a}}$ не залежать від обсягу постачань (вони пов'язані тільки з оформленням) і витрати на утримання пропорційні обсягу запасів та часу зберігання, а штраф за дефіцит пропорційний обсягу та часу від цього дефіциту.

Для формалізації детермінованої багатоперіодної моделі управління запасами без дефіциту, з миттєвим постачанням та постійним попитом покладемо, що його інтенсивність μ_i є постійною величиною, тобто залишається незмінною впродовж всього періоду роботи системи.

Моделю з миттєвим постачанням припускає, що інтенсивність постачань λ_i набагато більше інтенсивності (швидкості) попиту μ_i , тобто

$$\mu_i < \lambda_i. \quad (3)$$

Це означає, що у початковий момент часу, в силу умови (3), система практично миттєво заповнюється до рівня V_c а потім впродовж всього періоду постачання \hat{O}_i тільки видає запаси для виробництва. До кінця періоду \hat{O}_i рівень запасів у системи зменшується до нуля, а потім весь цикл повторюється. Таким чином, на протязі всього періоду \hat{O}_i система несе витрати тільки на зберігання запасів.

Розглянемо сумарні витрати за реальний період постачання V_t . Вони складаються з двох складових: накладних витрат $N_{\hat{a}}$ і особисто витрат на утримання V_c запасів. Оскільки у більшості випадків (при стабільній роботі підприємства) рівень запасів змінюється лінійно від максимального значення до нуля, то у середньому в одиницю часу його запас складає половину максимального рівня V_c . Тоді можна записати, що

$$V_t = \frac{V_c \hat{A}_c \hat{O}_i}{2} + N_{\hat{a}}. \quad (4)$$

Розділимо праву частину виразу (4) на \hat{O}_i та знайдемо середні витрати $V_{\hat{a}}$ в одиницю часу як

$$V_{\hat{a}} = \frac{V_c \hat{A}_c \hat{O}_i}{2 \hat{O}_i} + \frac{N_{\hat{a}}}{\hat{O}_i}, \quad (5)$$

або

$$V_{\hat{a}} = \frac{V_c \hat{A}_c}{2} + \frac{N_{\hat{a}}}{\hat{O}_i}. \quad (6)$$

Ураховуючи, що в даній системі попит за період постачання \hat{O}_i дорівнює максимальному рівню зусиль та засобів, інтенсивність його попиту буде дорівнювати

$$\mu_i = \frac{V_c}{\hat{O}_i}, \quad (7)$$

звідки

$$\dot{O}_i = \frac{V_\zeta}{\mu_i} \tag{8}$$

Підставляючи (8) в (6) отримуємо

$$V_{\hat{a}} = \frac{V_\zeta \hat{A}_\zeta}{2} + \frac{N_{\hat{a}}}{V_\zeta} = \frac{V_\zeta \hat{A}_\zeta}{2} + \frac{\mu_i N_{\hat{a}}}{V_\zeta} \tag{9}$$

При цьому необхідно знайти таке значення V_ζ , при якому середні витрати в одиницю часу були б мінімальними. Необхідно урахувати також, що максимальний рівень запасів не може бути негативним, тобто $V_\zeta > 0$. Виходячи з цього візьмемо у виразі (9) похідну від $V_{\hat{a}}$ по V_ζ та дорівнюємо нулю. Будемо мати

$$\frac{dV_{\hat{a}}}{dV_\zeta} = \frac{\hat{A}_\zeta}{2} - \frac{\mu_i N_{\hat{a}}}{V_\zeta^2}, \tag{10}$$

$$\frac{\hat{A}_\zeta}{2} - \frac{\mu_i N_{\hat{a}}}{V_\zeta^2} = 0. \tag{11}$$

Вирішуючи це рівняння з урахуванням умови (7) будемо мати

$$V_\zeta = \sqrt{\frac{2 \mu_i N_{\hat{a}}}{\hat{A}_\zeta}} \tag{12}$$

Величина \hat{A}_ζ з цього виразу буде дорівнювати

$$\hat{A}_\zeta = \frac{2 \mu_i N_{\hat{a}}}{V_\zeta^2} \tag{13}$$

Таким чином вартість зберігання замовлених запасних частин \hat{A}_ζ прямо пропорційна подвійної інтенсивності їх постачання μ_i та накладних витрат $N_{\hat{a}}$ і зворотно пропорційна квадрату середніх витрат $V_{\hat{a}}$ за одиницю часу.

Для оцінки отриманих виразів у роботі визначено співвідношення вартості зберігання замовлених запасних частин \hat{A}_ζ до вартості (штрафу) за дефіцит за одиницю часу замовлених запасних частин \hat{A}_ϕ .

На підставі зібраних статистичних даних за останні роки у опорних локомотивних депо та їх обробки за вищенаведеною методикою було встановлено, що чим більше величина втрат від дефіциту запасних частин по відношенню до втрат на їх зберігання, тим більше повинна бути величина початкового запасу і відповідно більше сама величина мінімальних витрат.

При цьому чисельні значення співвідношень $\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi$ були моделювались як 1:3 та 1:10. Як приклад у таблиці наведено моделювання загальних витрат для щіток електричних машин тепловозів в залежності від величини початкового запасу та співвідношень на зберігання \hat{A}_ζ до втрат від їх дефіциту \hat{A}_ϕ .

Було виявлено, що для співвідношення $\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi = 1:3$ має місце наступне рівняння

$$B'_{\zeta\hat{a}\hat{a}} = 3139,3 - 3,99 V_\zeta + 0,04 V_\zeta^2, \tag{14}$$

а для співвідношення $\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi = 1:10$

$$B''_{\zeta\hat{a}\hat{a}} = 6449 - 33,7 V_\zeta + 0,1 V_\zeta^2. \tag{15}$$

Таблиця

Витрати в залежності від величини початкового запасу щіток електричних машин тепловозів

Початковий запас, одиниць	Загальні витрати для співвідношення $\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi$	
	$\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi = 1:3$	$\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi = 1:10$
0	3136	6440
50	3046	5054
100	3105	4079
150	3402	3759
200	3857	3873

Графічні залежності за отриманими величинами наведені на рис.

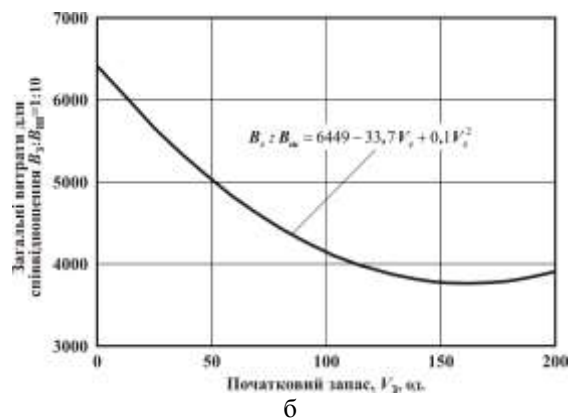
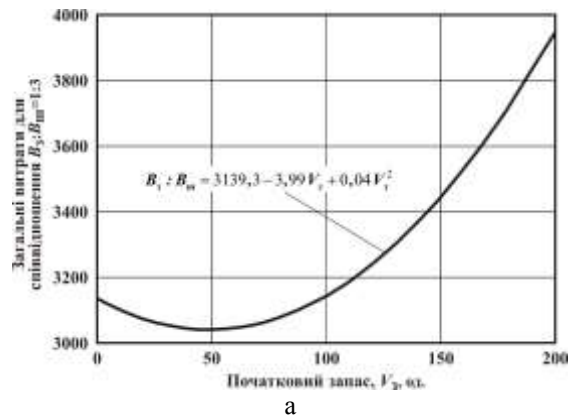


Рис. Графічні залежності загальних витрат і витрат на створення початкового запасу запасних частин при співвідношенні $\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi = 1:3$ (а) та $\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi = 1:10$ (б)

На основі рівнянь (14) і (15) визначено, що:

- для співвідношення $\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi = 1:3$ початковий запас складає $V'_\zeta = 49$ од;

- для співвідношення $\hat{A}_\zeta : \hat{A}_\phi = 1:10$ початковий запас складає $V''_\zeta = 163$ од.

Виходячи із запропонованого методу були розраховані нормативні незнижуючі запаси деталей та вузлів для забезпечення технічного обслуговування та ремонту тепловозів.

Висновки. На підставі вищенаведених досліджень можна зробити наступні висновки:

- розглянуті питання організації матеріально-технічного постачання у локомотивному господарстві та визначені основні складові, які істотним чином впливають на рівень створення запасів запасних частин;

- формалізована модель визначення запасів запасних частин, яка дозволяє моделювати їх рівнем в залежності від характерних умов, які можуть скластися на виробництві;

- на основі проведеного імітаційного моделювання визначені співвідношення між значеннями загальних витрат і величиною початкових запасів, які можна опитати квадратичними залежностями та за якими можна скласти відповідні стратегії постачань для утримання локомотивів.

Л і т е р а т у р а

1. Баско И.М. Материально-техническое снабжение / И.М.Баско, А.С.Дурасов, О.И.Карпеко. - Минск.: БГЭУ, 2002. - 182 с.
2. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем / Е.В.Бережная, В.И.Бережной. - М.: Финансы и статистика, 2003. - 348 с.
3. Демичев Г.М. Складские и тарные хозяйства / Г.М.Демичев. - М.: Высшая школа, 1990. - 192 с.
4. Майданов А.Д. Экономика, организация и планирование материально-технического снабжения железнодорожного транспорта / А.Д.Майданов, А.В.Шаройко. - М.: Транспорт, 1998. - 356 с.
5. Мельник М.М. Экономико-математические методы и модели в планировании материально-техническом снабжением / М.М.Мельник. - М.: Высшая школа, 2000. - 352 с.
6. Полещук И.И. Логистика / И.И.Полещук. - Минск.: БГЭУ, 2007. - 431 с.
7. Степанов В.И. Экономия и нормирование материальных ресурсов / В.И.Степанов. - М.: Высшая школа, 2004. - 274 с.
8. Фирон Х. Управление снабжением и запасами / Фирон Х., Линдерс М. - СПб.: "Полигон", 1999. - 768 с.

References

1. Basko I.M. Materialno-technicheskoe snabgenie / I.M.Basko, A.S.Durasov, O.I.Karpeko. - Minsk.: BGEU, 2002. - 182 S.
2. Beregnay E.V. Matematicheskie metody modelirovaniy ekonomicheskix system / E.V. Beregnay, V.I. Beregnoy. - M.: Finansy i statistica, 2003. - 348 S.
3. Demichev G.M. Skladskie i tarnye hozyastva / G.M. Demichev. - M.: Vyschay chkola, 1990. - 192 S.
4. Maydanov A.D. Ekonomika, organizaciya i planirovanie materialno-technicheskogo snabgeniya geleznodorogogo transporta / A.D. Maydanov, A.V. Charoyko. - M.: Transport, 1998. - 356 S.

5. Melnik M.M. Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v planirovanii materialno-technicheskomo snabgenii / M.M. Melnik. - M.: Vyschay chkola, 2000. - 352 S.
6. Polechuk I.I. Logistika / I.I. Polechuk. - Minsk.: BGEU, 2007. - 431 S.
7. Stepanov V.I. Ekonomiy i normirovanie materialnykh resursov / V.I. Stepanov. - M.: Vyschay chkola, 2004. - 274 S.
8. Firon X. Upravlenie snabgeniem i zapasami / Firon X., Linders M. - SPb.: "Poligon", 1999. - 768 S.

Ольховская Т.А. Моделирование процесса создания запаса запасных частей для содержания локомотивов.

В статье представлены материалы по моделированию процессов создания запасов запасных частей для содержания локомотивов. В частности рассмотрены основные положения по функционированию системы материально-технического снабжения. Выполнена формализация идеализированной детерминированной многопериодной модели управления запасами без дефицита с мгновенной поставкой и постоянным спросом, на основании которой проведено моделирование с учетом реальных данных. Определены соотношения между значениями общих затрат и величиной начального запаса, которые можно описать квадратическими зависимостями и получать соответствующие стратегии поставок запасных частей для обслуживания локомотивов.

Ключевые слова: запас, затраты, локомотив, модель, период, поставка, система, спрос.

Olxovska T.O. Modelling of process creation stock spare parts for the maintenance of locomotives.

In article materials on modeling processes of creation of stocks of spare parts for the maintenance of locomotives are presented. Questions of the organization of logistics in locomotive facilities are investigated and the basic components which significantly influence creation of stocks of spare parts are certain. The estimated analysis to what surplus of spare parts and overexpenditure of means, and also their deficiency and unproductive idle times of locomotives is executed results. Formalization of the determined model which provides storekeepings without deficiency with instant delivery and a stable demand for various numbers of the periods is offered. Such approach allows to determine dynamics of expenses, their basic temporary components, and also to produce a politics of the organization of logistics at the enterprise. On the basis of the offered method modeling stocks of spare parts in view of real data is lead. Parities between values of the general expenses and size of an initial stock are certain. On the basis of the revealed parities it is established, that they can be described quadratic dependences and to receive corresponding strategy of deliveries of spare parts for service of locomotives.

Keywords: stock, expenses, locomotive, model, period, delivery, system, demand.

Ольховська Т.О. – інженер вагонного депо Харків-Сортувальний, ДП "Південна залізниця".

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

Стаття подана 09.03.2015

УДК 629.4.027

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ РЕЛЬСОВОГО ЭКИПАЖА

Семенов С.А., Михайлов Е.В.

APPLICATION OF THE SIMILARITY THEORY FOR MODELING THE MOTION RESISTANCE OF THE RAIL VEHICLE

Semenov S., Mikhailov E.

В статье рассматривается использование теории подобия для анализа силы сопротивления при движении тележки рельсового экипажа в модельном эксперименте. На основе анализа исследований по моделированию и применению теории подобия выделены ряд параметров, влияющих на функциональную зависимость сопротивления движению колес транспортных средств. На основании теоремы классическим способом определены критерии подобия с учетом ограничений, определяющих динамику системы, методом анализа размерностей. Результаты исследований дают основания получить достоверные данные при проведении стендовых испытаний.

Ключевые слова: критерии, масштаб, размерность, параметр, сопротивление движению, теория подобия.

Постановка проблемы. Итоги результатов проведенных исследований [1, 2] показали ряд преимуществ использования колеса перспективной конструктивной схемы [3]. Дальнейшая проверка нового конструктивного решения осуществлялась с применением численных методов и методов физико-математического моделирования

В большинстве случаев использование методов физического моделирования при решении задач динамики связано с серьезными трудностями, возникающими при испытаниях узлов и агрегатов различных конструкций [4]. Получение обширной информации об особенностях испытуемого образца с помощью испытаний обычно становится возможным лишь на заключительном этапе разработки объекта, когда внесение изменений в конструкцию уже практически невозможно. В то же время проведение модельных испытаний позволяет оперативно оценивать свойства будущей конструкции непосредственно в процессе проектирования и позволяет вносить необходимые поправки в начальной стадии проектных работ.

Анализ последних исследований и публикаций. Основной теоретической базой для исследова-

ния особенностей движения стендового экипажа являются экспериментально-лабораторные методы, базисом которых служит использование теории физического подобия и моделирования [4, 5-12]. Для решения задач комплексных исследований ходовых частей рельсовых экипажей и оптимизации их параметров на базе методов физического подобия и моделирования [7-9], создаются специальные методики и стенды для их реализации, имитирующие условия, близкие к реальным условиям эксплуатации.

Результаты исследований. На основе тщательного изучения и глубокого анализа литературы по моделированию и применению теории подобия [4, 6-12] можно выделить ряд условий, выполнение которых обеспечит успешность процесса моделирования сопротивления движению при выполнении следующих условий:

- отношение линейных размеров объекта и модели равно геометрическому масштабу подобия,

$$K_L = \frac{l_o}{l_M};$$

- отношение внешних сил, действующих на объект и модель равно масштабу подобия силы, т.е

$$K_F = \frac{F_o}{F_M} = K_L^2;$$

- условие масштаба подобия массы $K_M = \frac{m_o}{m_M}$.

Поскольку величины массы и силы трения прямо пропорциональны, масштабный фактор массы имеет размерность силы $K_M = K_F = K_L^2$;

- процесс взаимодействия контактирующих поверхностей должен реализовываться в реальном масштабе времени, то есть $K_t = 1$.

Для физического моделирования системы и исследования процессов в контакте «гребень колеса – боковая поверхность рельса» принимаем метод анализа размерностей с ограничениями [13], с помо-

щю которого имеется возможность преобразования сложных неоднородных систем в сложные однородные, а также находить единственное значение масштабных коэффициентов перехода от модели к натуре для каждого из параметров с учётом необходимых соотношений системы в целом.

В процессе решения поставленной задачи физического моделирования сопротивления движения тележки рельсового экипажа необходимо обращать внимание на ряд замечаний, отмеченных в научных трудах по применению теории подобия [5, 10, 11, 16]. Например, при определении количества факторов (входные величины), действующих на модель и влияющих на конечный результат (выходные величины), следует руководствоваться рациональным количеством данных, влияющих на конечное решение, поскольку увеличение количества информации относительно объекта приводит к усложнению модели и становится невозможным получить новую информацию об объекте, т.е. модель обесценивается. Моделирование эффективно лишь вблизи диапазона, где достоверность полученных результатов максимальна. Следовательно, само существование метода моделирования неизбежно связано с упрощением модели по сравнению с объектом. В конечном счете, возникает необходимость концентрации внимания на определенных параметрах, которые содержатся в краевых условиях задачи и имеют решающее воздействие на изучаемые процессы.

Рассмотрим построение физической модели рельсового экипажа для изучения влияния воздействующих факторов на процесс действия силы сопротивления движению на тележку экипажа. Экспериментальные исследования пары колесо-рельс [14, 15] показывают, что сила сопротивления движению является функцией, зависящей от ряда параметров, связанных с режимом работы и средой, в которой работает эта пара. На основе перечня элементов, приведенных в [4] для решения нетепловых задач о динамическом нагружении упругого тела, выделим основные параметры, влияющие на сопротивление движению колес транспортных средств. Основная функциональная зависимость, представленная на основе анализа работ [4, 5, 8, 9, 11], с учетом разработки методики моделирования движения модельного рельсового экипажа, выглядит следующим образом:

$$F_{\text{пр}} = f(P, v, m, F_{\text{тр}}, F_{\text{бок}}, R_{\text{кр}}, t, \tilde{n}, \hat{I}) \quad (1)$$

где P – нормальная нагрузка от колеса на рельс, Н;
 v – скорость движения рельсового экипажа, м/с;

m – масса, кг;

$F_{\text{тр}}$ – сила трения, Н;

$F_{\text{бок}}$ – боковая сила, возникающая при движении рельсового экипажа в кривой, Н;

$R_{\text{кр}}$ – радиус кривой, м;

t – время движения, с;

\tilde{n} – жесткость линейных связей, Н/м;

$HВ$ – твердость материала, из которого сделан исследуемый объект, Па.

Размерности параметров, действующих в рассматриваемой системе, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Перечень параметров, входящих в зависимость (1) по системе [М], [L], [Т] (М – размерности массы, L – размерности длины, Т – размерности времени)

№п/п	Параметр	Размерность в системе			
		СИ	М	L	T
1	P , нормальная нагрузка от колеса на рельс	Н	1	1	-2
2	v , скорость движения рельсового экипажа	м/с	0	1	-1
3	m , масса	кг	1	0	0
4	$F_{\text{тр}}$, сила трения	Н	1	1	-2
5	$F_{\text{бок}}$, боковая сила, возникающая при движении рельсового экипажа в кривой	Н	1	1	-2
6	$R_{\text{кр}}$ – радиус кривой	м	0	1	0
7	t , время движения	с	0	0	1
8	\tilde{n} , жесткость линейных связей	Н/м	1	-1	-2
9	$HВ$, твердость материала, из которого сделан исследуемый объект	Па	1	-1	-2

Определим критерии подобия классическим способом, основанным на π -теореме [4, 16]. На этапе моделирования подобия механической системы необходимо учесть ограничения, определяющие динамику механической системы. Для этого при использовании метода анализа размерностей жесткость \tilde{n} как основная варьируемая величина вводится в число базисных параметров, а время – в краевые условия [16].

В системе основных единиц [М], [L], [Т] (масса, длина и время) примем в качестве первичных величин базисные параметры v , $F_{\text{бок}}$, \tilde{n} . Система уравнений, образованная базисными параметрами, имеет вид

$$\begin{aligned} \ln v &= 0 \cdot \ln M + \ln L - \ln T \\ \ln F_{\text{бок}} &= \ln M + \ln L - 2 \cdot \ln T \\ \ln \tilde{n} &= \ln M + 0 \cdot \ln L - 2 \cdot \ln T \end{aligned} \quad (2)$$

Проверим независимость выбранных основных единиц, для чего рассчитаем следующий определитель

$$D_0 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & -2 \end{vmatrix} = 1 \neq 0 \quad (3)$$

Поскольку условие (3) отлично от 0, следовательно независимость величин v , $F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}$, \tilde{n} подтверждается.

Выведем критерии подобия небазисных параметров в матричном виде, после чего осуществим проверку результата.

Для параметра P :

$$D_{P1} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & -2 \end{vmatrix} = 0$$

$$\alpha_{P1} = \frac{D_{P1}}{D_0} = \frac{0}{1} = 0$$

$$D_{P2} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & -2 \end{vmatrix} = 1$$

$$\alpha_{P2} = \frac{D_{P2}}{D_0} = \frac{1}{1} = 1$$

$$D_{P3} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -2 \\ 1 & 1 & -2 \end{vmatrix} = 0$$

$$\alpha_{P3} = \frac{D_{P3}}{D_0} = \frac{0}{1} = 0$$

Критерий подобия для параметра (P) нормальной нагрузки от колеса на рельс:

$$\pi_P = \frac{P}{v^{ap1} \cdot F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}^{ap2} \cdot \tilde{n}^{ap3}} = idem$$

или

$$\pi_P = \frac{P}{v^0 \cdot F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}^{-1} \cdot \tilde{n}^0} = 1,$$

тогда

$$\pi_P = \frac{P}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}} = idem \cdot$$

Проверка: $\pi_P = \frac{M^1 L^1 T^{-2}}{M^1 L^1 T^{-2}} = 1.$

Аналогичным образом связываются с базисными все остальные параметры, характерные для определения силы сопротивления, принятые для моделирования.

Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты расчета для модели силы сопротивления

№	Параметр	Размерность в системе			
		С И	Критерий подобия	Коэффициент перехода	Формула пересчета с оригинала на модель
1	P , нормальная нагрузка от колеса на рельс	Н	$\pi_P = \frac{P}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}$	$K_P = K_L^2$	$(P)_l = \frac{(P)_i}{K_P}$
2	v , скорость движения рельсового экипажа	м/с	Базисный параметр	$K_V = K_L$	$(v)_l = \frac{(v)_i}{K_V}$
3	m , масса	кг	$\pi_m = \frac{mv^2c}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}^2}$	$K_I = K_L^2$	$(m)_l = \frac{(m)_i}{K_M}$
4	$F_{\delta\delta}$, сила, трения	Н	$\pi_{F_{\delta\delta}} = \frac{F_{\delta\delta}}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}$	$K_{F_{\delta\delta}} = K_L^2$	$(F_{\delta\delta})_l = \frac{(F_{\delta\delta})_i}{K_{F_{\delta\delta}}}$
5	$F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}$, боковая сила, возникающая при движении рельсового экипажа в кривой	Н	Базисный параметр	$K_{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}} = K_L^2$	$(F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}})_l = \frac{(F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}})_i}{K_{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}}$
6	$R_{\delta\delta}$, радиус кривой	м	$\pi_{R_{\delta\delta}} = \frac{R_{\delta\delta}c}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}$	$K_{R_{\delta\delta}} = K_L$	$(R_{\delta\delta})_l = \frac{(R_{\delta\delta})_i}{K_{R_{\delta\delta}}}$
7	t , время движения	с	$\pi_t = \frac{vtc}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}$	$K_t = 1$	$(t)_l = (t)_i$
8	\tilde{n} , жесткость линейных связей	Н/м	Базисный параметр	$K_C = K_L$	$(\tilde{n})_l = \frac{(\tilde{n})_i}{K_S}$
9	$\hat{I}\hat{A}$, твердость материала, из которого сделан исследуемый объект	Па	$\pi_{\hat{I}\hat{A}} = \frac{\hat{I}\hat{A} F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}{\tilde{n}^2}$	$K_{\hat{I}\hat{A}} = 1$	$(\hat{I}\hat{A})_l = (\hat{I}\hat{A})_i$

Уравнение подобия, объединившее полученные критерии, состоит из 6 критериев, так как согласно теореме Бэкингема должно быть равно числу параметров за вычетом трех базисных:

$$F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}} = f\left(\frac{P}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}, \frac{mv^2c}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}^2}, \frac{F_{\delta\delta}}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}, \frac{R_{\delta\delta}c}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}, \frac{vtc}{F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}, \frac{\hat{I}\hat{A} F_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}}}{\tilde{n}^2}\right) \quad (4)$$

Полученные критерии подобия, составляющие критериальное уравнение (4), требуют проверки.

Для проверки полученной зависимости воспользуемся критерием Ньютона, примененного для подобного типа явлений с учетом описания безразмерных комплексов.

Данный критерий получим, если критерий силы трения $\pi_{F_{\text{до}}}$ умножим на критерий времени π_1 и разделим на критерий массы π_m , то есть

$$\frac{F_{\text{до}}}{F_{\text{аіе}}} \cdot \frac{v t c}{F_{\text{аіе}}} \cdot \frac{m v^2 c}{F_{\text{аіе}}^2} = \frac{F_{\text{до}} t}{m v} = \text{idem} \quad (5)$$

Выводы. На основе теории подобия рассмотрено влияние воздействующих факторов на процесс действия силы сопротивления движению на тележку экипажа. Выполненные расчеты позволяют определить масштабные коэффициенты перехода от объекта исследования к модельному эксперименту, выполнить стендовые испытания и перенести результаты испытаний на объект исследования. Результаты исследований дают основания получить достоверные данные при проведении стендовых испытаний с дальнейшей обработкой и интерпретацией полученных данных модели в натуре.

Л и т е р а т у р а

- 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.
- Михайлов Е.В., Рейдемейстер А.Г., Семенов С.А., Макаров К.В. Математическое моделирование движения колесной пары с подвижными гребнями // Вісник СНУ ім.В.Даля. – 2014. – № 3 (210). – С.181-186.
- Декларацийний патент України, МПК2013 В60 В17/00. Колесо рейкового транспортного засобу / Михайлов Є.В., Слащов В.А., Горбунов М.І., Мокроусов С.Д., Щербак В.П., Коршко М.М., Семенов С.О., Солодовник М.Д.; Східноукр. нац. у-нт ім. В. Даля. – № u201309109; опубл. 10.02.2014, бюл. №3.
- Шаповалов Л.А. Моделирование в задачах механики элементов конструкций [Текст] / Л.А. Шаповалов. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
- Александров А.А. Повышение ресурса колесных пар грузовых вагонов и рельсов путем улучшения условий их взаимодействия и динамического мониторинга. Дисс. кандидата технических наук. - , РГУПС, 2011 г, 214 с.
- Бердинских В.А. Статическое моделирование процессов фрикционно-контактного взаимодействия при внешнем трении / Бердинских В.А., Запорожец В.В. / Надежность и долговечность машин и сооружений. 1984. № 5. С. 80 - 84.
- Гухман А.А. Введение в теорию подобия. М.: Высшая школа, 1963. – 254 с.
- Назаров А.Г. О механическом подобии твердых деформируемых тел. Ереван: Изд-во АН Арм. ССР. 1965. 218 с.
- Седов Л.И. Методы подобия и размерностей в механике. М.: Наука, 1967. 438 с.
- Bockmenn G., Schulz W. Modellierung des Tropfenschlagverschleises in der instationaren Phase // Schmierungstechnik. 1984. Jg. 15. - № 8. S. 246 - 250.
- Lorenz A. Modellbetrachtungen zum Schädigungsprozess in Maschinen und Geraten // Schmierungstechnik. 1984. Jg. 15. № 8. S. 250 – 253.
- Щербак П.Н. Моделирование динамически нагруженных узлов трения строительных машин //Надежность строительных машин и оборудования промышленности строительных материалов: Межвуз. сб. науч. тр. Ростов н/Д: РИСИ. 1986.
- Браун Э.Д. Модели трения и изнашивания в машинах./ Браун Э.Д., Евдокимов Ю.А., Чичинадзе А.В. / М.: Машиностроение, 1982.
- Голубенко А.П. Сцепление колеса с рельсом.— Луганск: ВУГУ, 1999.—476 с.
- Ткаченко В.П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей.- Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996.- 200 с.
- Кутателадзе С.С. Анализ подобия и физические модели [Текст] / Кутателадзе С.С. – Новосибирск: Наука, 1982. – 304 с.

References

- 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.
- Mikhajlov E.V., Rejdemejster A.G., Semenov S.A., Makarov K.V. Matematicheskoe modelirovanie dvizheniya kolesnoj pary s podvizhnymi grebnymi // Visnik SNU im.V.Dalya. – 2014. – № 3 (210). – S.181-186.
- Deklaratsijnij patent Ukraїni, MPK2013 V60 B17/00. Koleso rejkovogo transportnogo zasobu / Mikhajlov Є.V., Slashhov V.A., Gorbunov M.I., Mokrousov S.D., SHHerbakov V.P., Korshko M.M., Seme-nov S.O., Solodovnik M.D.; Skhidnoukr. nats. u-nt im. V. Dalya. – № u201309109; opubl. 10.02.2014, byul. №3.
- Shapovalov L.A. Modelirovanie v zadachakh mekha-niki ehlementov konstruksij [Tekst] / L.A. SHapo-valov. – M.: Mashinostroenie, 1990. – 288 s.
- Aleksandrov A.A. Povyshenie resursa kolesnykh par gruzovykh vagonov i rel'sov putem uluchsheniya uslovij ih vzaimodejstviya i dinamicheskogo monitoringa. Diss. kandidata tekhnicheskikh nauk. - , RGUPS, 2011 g, 214 s.
- Berdinskikh V.A. Statcheskoe modelirovanie protsessov friksionno-kontaktного vzaimodejstviya pri vneshnem trenii / Berdinskikh V.A., Zaporozhets V.V. / Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i sooruzhenij. 1984. № 5. S. 80 - 84.
- Gukhman A.A. Vvedenie v teoriyu podobiya. M.: Vysshaya shkola, 1963. – 254 s.
- Nazarov A.G. O mekhanicheskom podobii tverdykh deformiruemykh tel. Erevan: Izd-vo AN Arm. SSR. 1965. 218 s.
- Sedov L.I. Metody podobiya i razmernostej v mehanike. M.: Nauka, 1967. 438 s.
- Bockmenn G., Schulz W. Modellierung des Tropfenschlagverschleises in der instationaren Phase // Schmierungstechnik. 1984. Jg. 15. - № 8. S. 246 - 250.
- Lorenz A. Modellbetrachtungen zum Schädigungsprozess in Maschinen und Geraten // Schmierungstechnik. 1984. Jg. 15. № 8. S. 250 – 253.
- Sherbak P.N. Modelirovanie dinamicheski nagruzhennykh uzlov treniya stroitel'nykh mashin //Nadezhnost' stroitel'nykh mashin i oborudovaniya promyshlennosti stroitel'nykh materialov: Mezhu-z. sb. nauch. tr. Rostov n/D: RISI. 1986.

13. Braun E.D. Modeli treniya i iznashivaniya v mashinakh./ Braun E.D., Evdokimov YU.A., Chichinadze A.V. / M.: Mashinostroenie, 1982.
14. Golubenko A.L. Stseplenie koleasa s rel'som.—Lugansk: VUGU, 1999.—476 s.
15. Tkachenko V.P. Kinematicheskoe soprotivlenie dvizheniyu rel'sovykh ehkipazhej.- Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996.- 200 s.
16. Kutateladze S.S. Analiz podobiya i fizicheskie modeli [Tekst] / Kutateladze C.C. – Novosibirsk: Nauka, 1982. – 304 s.

Семенов С.О., Михайлов Є.В., Застосування теорії подібності для моделювання опору руху рейкового екіпажа.

У статті розглядається використання теорії подібності для аналізу сили опору при русі візка рейкового екіпажа. На основі ретельного аналізу з моделювання і застосування теорії подібності виділено низку параметрів, задіяних у системі і впливають на функціональну залежність опору руху коліс транспортних засобів. На підставі π -теорему класичним способом визначено критерії подібності з урахуванням обмежень, що визначають динаміку системи, методом аналізу розмірностей.

Перевірена незалежність вибраних основних одиниць (базисних параметрів системи). Виведені критерії подібності небазисних параметрів у матричному вигляді, після чого здійснена перевірка результату. Отримані критерії подібності, як складові функціональної залежності опору були експериментально перевірені. Для чого використовувався критерій Ньютона, що застосовується для такого типу явищ з урахуванням опису безрозмірних комплексів. Результати досліджень дають підстави отримати достовірні дані при проведенні стендових випробувань.

Ключові слова: критерії, масштаб, розмірність, параметр, опір руху, теорія подібності.

Semenov S., Mikhailov E., Application of the similarity theory for modeling the motion resistance of the rail vehicle.

The article discusses the use of similarity theory for the analysis of resistance during movement of the trolley rail vehicle. On the basis of careful analysis, modeling and application the theory of similarity to the selected number parameters involved in the system and affect the functional dependence of the resistance movement of the wheels of the vehicles. Showing their dimensions. Based on the π -theorem is a classical method defined similarity criteria and constraints that determine the dynamics of the system by the method of dimensional analysis.

Verified the independence of the selected basic units (basic system). Derived similarity criteria debasing parameters in matrix form, and then performed the audit result. The obtained similarity criteria, as components of the functional dependence the resistance were experimentally verified. For which we used the criterion of Newton applicable for this type of phenomena, taking into account the description of dimensionless complexes. The research results give grounds to obtain reliable data for bench testing.

Keywords: criterion, scale, dimension, resistance to movement, the theory of similarity.

Михайлов Є.В. – к.т.н., доцент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.
e-mail: evgmi@yandex.ru.

Семенов С.О. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.
e-mail: semen_opugt@mail.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецкая-Белецкая Н.Б.

Стаття подана 10.03.2015

УДК 614.8

БЕЗПЕКА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ**Анісімова Т.І., Касьянов М.А.****SAFETY OF AUTOMOBILE TRANSPORT IN UKRAINE****Anisimova T.I., Kasyanov M.A.**

У статті розглянуто проблеми тяжкого сучасного стану безпеки дорожнього руху в Україні. Аналізуються статистичні дані, динаміка і причини дорожньо-транспортних подій в Україні та їх наслідки. Вказані головні фактори, що обумовлюють високий рівень ДТП в Україні: низька ефективність механізмів реалізації державної політики в області забезпечення безпеки дорожнього руху, неефективний розподіл функцій державного регулювання у сфері дорожнього руху між органами виконавчої влади, відсутність належних фінансових ресурсів, засобів регулювання та контролю діяльності у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху на державному та регіональному рівнях. Запропоновано необхідні заходи для принципових змін у сфері безпеки руху. Розглянуті питання безпеки перевезень небезпечних вантажів, в тому числі вказані «вузькі місця» при цих перевезеннях.

Ключові слова: безпека дорожнього руху, рівень дорожньо-транспортних пригод (ДТП), причини ДТП, небезпечні вантажі.

Аналіз стану проблеми. Статистичні дані за останні роки свідчать про те, що стан безпеки дорожнього руху в Україні і наслідки дорожньо-транспортних пригод (ДТП) є одними з найгірших у Європі. Незважаючи на деяке скорочення у 2013 році порівняно з 2012 роком кількості ДТП, числа за-

гиблих і постраждалих в них осіб, аварійність на автошляхах України все ще висока (табл.1 і 2). Так, у 2013 році в Україні трапилось 191 тис. ДТП з 380,7 тис. учасників, з яких 4824 особи загинуло і 37526 осіб травмовано [1].

Кожний шостий з травмованих у ДТП вже не повертається до нормального життя і потребує постійного стороннього догляду і соціального захисту з боку держави. В Україні відношення кількості загиблих у ДТП на 1 млн. автомобілів у 7 разів більше ніж в ЄС і США і у 10 разів більше ніж у Японії. Кількість загиблих на 1 млрд. авто-мобілекілометрів в Україні – 97, в Німеччині – 14 (у 7 разів менша), в Швеції – 8 (у 12 разів менша). Тяжкість наслідків ДТП в Україні в 1,5 - 5 разів вища. Кількість загиблих у ДТП в Україні становить 13% від загиблих у дорожніх подіях усюди Європи, тоді як кількість автомобілів – лише 2% від усього європейського автомобільного парку [2]. Ймовірність потрапити в дорожньо-транспортну пригоду зі смертельним наслідком в Україні у п'ять разів вища, ніж у західноєвропейських країнах. А також Україна приєдналася до групи країн найвищого ризику щодо безпеки пішоходів.

Таблиця 1

Динаміка дорожньо-транспортних подій в Україні та їх наслідки

Рік	ДТП	ДТП з потерпілими	Загинуло	Число загиблих на 100 ДТП	Поранено	Всього потерпілих	Питома вага загиблих у загальній кількості потерпілих
2011	186225	31281	4908	2,6	38178	43086	11,4
2012	196410	30699	5131	2,6	37519	42650	12
2013	191005	30677	4824	2,5	37526	42350	11,4

Таблиця 2

Динаміка дорожньо-транспортних подій в Україні з тяжкими наслідками

Рік	ДТП з тяжкими наслідками	Загинуло	Число загиблих на 100 ДТП	Поранено	Всього потерпілих	Питома вага загиблих у загальній кількості потерпілих
2011	360	501	139,2	1870	2371	21,1
2012	432	594	137,5	2347	2941	20,2
2013	407	497	122,1	2128	2626	18,9

У 2013 році на автошляхах держави майже кожних 17 хвилин траплялося ДТП з потерпілими, практично через кожні 107 хвилин в автопригодах гинула людина. В середньому за добу в автопригодах гинули 13 осіб та 104 учасника дорожнього руху діставали тілесних ушкоджень.

Збитки об'єктів господарювання у державному і приватному секторах економіки України від ДТП щорічно складають мільярди гривень.

Постановка задачі дослідження. Короткий аналіз стану питання показує, що проблема безпеки дорожнього руху регулярно стає об'єктом активного обговорення у засобах масової інформації та підвищеної уваги в суспільстві.

Тому виникає необхідність у дослідженні головних причин такого тяжкого її стану в Україні та визначенні шляхів його покращення, що є задачею даної статті.

Матеріали та результати дослідження. Зростання автомобільного транспорту та розвиток дорожньої мережі надає імпульс для розвитку різних галузей економіки, сприяє росту підприємницької діяльності, створенню розвинутої інфраструктури ринку. Разом з тим, збільшення кількості автомобілів стало однією з причин суттєвого зростання абсолютних та відносних показників аварійності, значно загострило ситуацію на дорогах країни. Це логічний наслідок некерованих процесів комерціалізації автомобільного транспорту і виведення ринку транспортних послуг за межі законодавчого поля.

На сьогодні в умовах ринкових відносин у масовому перевезенні пасажирів беруть участь фізичні особи, а також комерційні транспортні організації, основною метою яких є отримання прибутку, що негативно позначається на забезпеченні необхідного рівня безпеки перевезень. Практично не виконуються вимоги підготовчих до транспортної діяльності технологій.

В умовах нинішніх ринкових відносин економічне співвідношення «прибуток-безпека» поки що недоцільно регулюється. Тому погоня за отримання максимальної вигоди від автоперевезень, безперечно, призведе до зростання числа дорожньо-транспортних пригод з можливими тяжкими наслідками.

Головними факторами, що обумовлюють високий рівень ДТП в Україні, є: низька ефективність механізмів реалізації державної політики в області забезпечення безпеки дорожнього руху, неефективний розподіл функцій державного регулювання у сфері дорожнього руху між органами виконавчої влади, відсутність належних фінансових ресурсів, засобів регулювання та контролю діяльності у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху на державному та регіональному рівнях.

У першу чергу це стосується автобусів, що призначені для перевезення людей на маршрутах загальногo користування. Нерідко для цього використовуються невідповідні за конструкцією транспортні засоби. Структура парку автобусів та вантажних автомобілів є недосконалою, більшість транспортних засобів за своєю конструкцією, пасажиромісткістю, вантажністю,

типами кузова, параметрами комфортності, видами та питомими витратами пального, екологічними показниками не відповідають сучасним вимогам. Оновлення рухомого складу відбувається повільними темпами: майже 70% рухомого складу є морально застарілими, а 50% автобусів експлуатуються понад десять років.

Крім цього, у дрібних автогосподарствах через відсутність відповідної технічної бази практично не проводиться у повному обсязі технічне обслуговування рухомого складу для підтримки його у належному технічному стані, а укладені договори на проведення цих робіт з іншими АТП, нерідко, фіктивні. Така ж ситуація і з організацією проведення передрейсового і післярейсового контролю технічного стану рухомого складу і стану здоров'я водіїв (який проводиться лише в 12% дрібних автопідприємств).

Крім того, не забезпечується проведення інструктажів водіїв з питань безпеки дорожнього руху, охорони праці, а також їх стажування і навчання безпечним методам керування автотранспортом у важких дорожніх умовах. Не проводяться періодичні навчання керівництва і інженерно-технічного персоналу автопідприємств з питань організації перевезень, безпеки дорожнього руху і охорони праці. Порушується режим праці і відпочинку водіїв: Водії міського пасажирського транспорту, як правило, працюють 2-3 зміни поспіль по 12-14 годин на зміну.

Ще одна проблема стосується недосконалості існуючої системи аналізу аварійності на автомобільному транспорті. Статистичні дані перевантажені абсолютними показниками, які мають тенденцію до зниження, на їх основі робляться помилкові висновки про стан аварійності в державі. Навпаки, відносні або питомі показники стану безпеки дорожнього руху в Україні мають негативну динаміку. Щоб отримати об'єктивну картину, необхідно порівнювати питомі показники з аналогічними європейськими.

Наприклад, більшість спеціалістів однією з основних причин аварійності на дорогах вважають технічну несправність транспортних засобів. Згідно з офіційною статистикою, рівень ДТП в Україні з цієї причини постійно знижується і становить менше 1% від їх загальної кількості.

Очевидно, що ці дані не можуть бути об'єктивними, так як вони значно нижчі аналогічних показників розвинутих країн світу, у яких технічний стан автомобілів набагато кращий, ніж в Україні. За результатами зарубіжних досліджень, частка ДТП через несправності автомобілів складає: 12% в Данії, 18% в Німеччині, 20% у Франції, 15-25% в Сполучених Штатах Америки.

Питомі показники аварійності в Україні у порівнянні з деякими країнами Європи показані у табл. 3...5.

У 2013 році через порушення водіями правил дорожнього руху сталося 92,7% ДТП (рис.1), у тому числі 77,1% ДТП з постраждалими (рис.2). З вини пішоходів в цьому ж році відбулося 2,2% ДТП (рис.1), але 14,1% ДТП з постраждалими (рис.2).

Таблиця 3

Кількість загиблих у ДТП на 1000 автомобілів

Країни	1990	1995	1997	2000	2001	2002	2003
Україна	2,04	1,26	0,94	0,81	0,92	0,90	1,05
Польща	1,15	0,78	0,73	0,54	0,52	0,48	0,39
Франція	0,38	0,29	0,27	0,23	0,21	0,23	0,19
Швеція	0,20	0,20	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11

Таблиця 4

Кількість загиблих на 100 ДТП

Країни	1990	1995	1997	2000	2001	2002	2003
Україна	19,4	18,9	15,8	15,5	17,3	17,3	16,9
Польща	14,9	14,5	11,0	10,9	10,8	11,1	11,0
Франція	5,1	6,3	6,4	6,3	6,3	6,4	5,9
Швеція	5,6	4,5	3,4	3,7	3,5	3,2	3,4

Таблиця 5

Кількість загиблих у ДТП на 100 постраждалих у ДТП

Країни	1990	1995	1997	2000	2001	2002	2003
Україна	18,8	18,0	13,7	14,2	13,5	13,6	13,1
Польща	13,0	12,3	8,8	8,3	8,3	8,1	8,8
Франція	3,7	4,6	6,7	4,5	4,2	4,1	4,8
Швеція	4,4	3,4	2,5	2,6	2,5	2,3	2,3

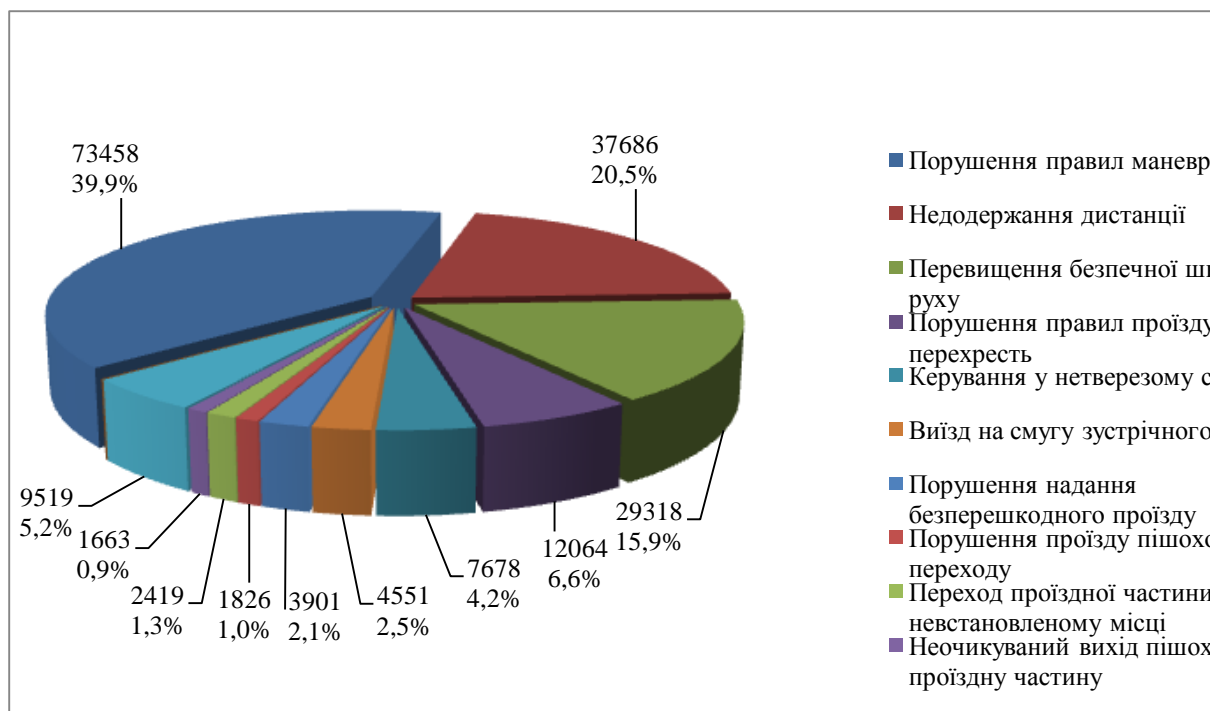


Рис. 1. Основні причини ДТП

І це цілком закономірно, оскільки учасники дорожнього руху – водії та пішоходи – не відрізняються великою законослухняністю і нерідко демонструють злочинно-зневажливе ставлення до вимог законодавства про автомобільний транспорт, зокрема до «Правил дорожнього руху» [3].

Не сприяє підвищенню безпеки дорожнього руху і незадовільний стан вулично-дорожньої мережі в нашій державі.

Не відповідає вимогам існуюча система підготовки водіїв колісних транспортних засобів. Для во-

діїв автобусів повинні існувати особливі програми, які передбачають вивчення правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту, забезпечення безпеки перевезень, надання першої медичної допомоги потерпілим у ДТП. Причому, підготовка водіїв автобусів повинна здійснюватися тільки у спеціалізованих закладах чи підприємствах, атестованих Міністерством інфраструктури України і в порядку, який воно визначає.

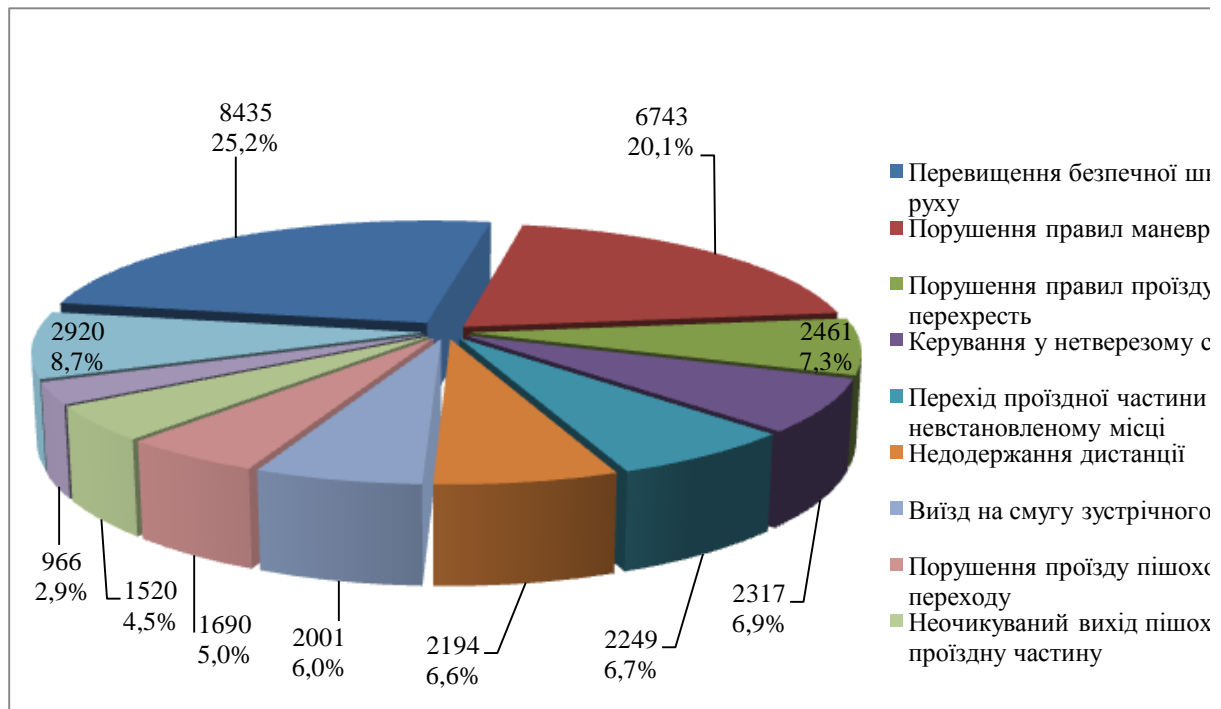


Рис. 2. Основні причини ДТП з постраждалими

Потребує необхідності підготовка нової редакції Законів України «Про дорожній рух», «Про транспорт», «Про автомобільний транспорт», інших нормативно-правових актів, регламентуючих цю сферу діяльності в Україні [4...6].

Якщо проаналізувати практику притягнення до відповідальності осіб, винних прямо чи опосередковано у скоєнні ДТП, то можна виявити наступну закономірність: у 75% випадків винним у скоєнні дорожньо-транспортної пригоди визнається водій транспортного засобу [7]. Але у нинішніх умовах господарювання, перенесення вини або її частки на органи управління чи суб'єкт господарювання стає достатньо проблематичною справою, що на практиці не дозволяє реалізувати закладені у законодавстві принципи.

Такий стан справ показує, що надалі необхідно вдосконалювати методологію визначення ризику ДТП шляхом введення у повсякденну практику органів державного управління всіх рівнів об'єктивних критеріїв оцінки проблеми безпеки дорожнього руху. Чітко визначити повноваження та відповідальність усіх суб'єктів управління у цій області, сформувати механізми їх взаємодії, а також - кількісні та якісні показники зміни стану аварійності на державному та регіональному рівнях, затвердити пріоритетні напрями діяльності і стратегію досягнення поставлених цілей.

Для принципових змін у сфері безпеки руху необхідно:

- запровадити європейські стандарти з організації контролю технічного стану транспортних засобів, їх переобладнання та реєстрації;
- створити національну систему надання термінової медичної допомоги потерпілим при аваріях на

автомобільному транспорті у будь-якій точці України з урахуванням «Правила золоті години»;

- створити єдину загальнодержавну систему навчання водіїв та населення «Правилам дорожнього руху»;

- забезпечити належний рівень фінансування заходів безпеки дорожнього руху;

- розмежувати компетенцію державних органів щодо забезпечення безпеки дорожнього руху, автомобільних пасажирських та вантажних перевезень;

- привести у відповідність до вимог чинного законодавства діяльність перевізників по наданню послуг з перевезення пасажирів щодо проведення передрейсового та післярейсового контролю технічного та санітарного стану автобусів, медичного контролю стану здоров'я водіїв, умов зберігання автобусів, проведення їх технічного обслуговування і ремонту;

- створити умови для утворення потужних сервісних підприємств, які б відповідали вимогам чинного законодавства з питань перед рейсового контролю автобусів і водіїв, кваліфікованого технічного обслуговування і ремонту, контролю за дотриманням водіями режиму праці і відпочинку;

- затвердити технічні вимоги допуску до експлуатації та використання колісних транспортних засобів, гармонізованих з європейськими;

- підвищити вимоги безпеки до конструкції автобусів (усі автобуси, що допускаються до перевезення пасажирів, повинні відповідати вимогам норм, правил, стандартів і мати сертифікат), запровадити обов'язкові вимоги щодо зносостійкої гальмової системи, анти блокувальної системи, перевірки міцності сидінь автобусів;

- підвищити ефективність контролю за технічним станом автобусів, а саме: розробити вимоги до спеціалізованих підприємств (АТП, СТО), які мають право надавати послуги і виконувати вимоги з контролю технічного стану автобусів, забезпечити проведення періодичного контролю технічного стану автобусів на підприємствах, які мають атестат на проведення контролю із застосуванням відповідних методів і обладнання (інструментальний контроль), удосконалити порядок проведення державного технічного огляду;

- запровадити систему сертифікації або попередню перевірку органами ліцензування послуг з перевезення пасажирів, що дозволить здійснювати державне регулювання допуску до ринку транспортних послуг перевізників за умови, що вони відповідають державним вимогам щодо наявності сертифікованих автобусів, бази для підтримки їх технічного стану та його контролю перед виїздом на маршрут, медичного контролю стану здоров'я водіїв перед виїздом на маршрут, забезпечення передбачених законодавством умов праці і відпочинку водіїв, їх стажування та інструктаж і ряд інших функцій, які безпосередньо впливають на безпеку перевезень.

Особливо слід виділити перевезення небезпечних вантажів (НВ), які самі по собі потенційно небезпечні для всіх учасників дорожнього руху і населення в цілому і займають важливе місце у структурі вантажних автоперевезень. Так, територією України перевозиться понад 1000 найменувань різних НВ.

У 2013 році на вантажному автомобільному транспорті, що перевозив небезпечний вантаж, рівень аварійності у порівнянні з 2012 роком наступний: на 5% зменшилась кількість ДТП, кількість загиблих осіб не зменшилась, але на 84% збільшилась кількість травмованих.

Згідно із Законом України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 06.04.2000р. №1644-III (редакція від 05.01.2013р.) «небезпечний вантаж – це речовини, матеріали, вироби, відходи виробничої та іншої діяльності, які внаслідок притаманних їм властивостей за наявності певних факторів можуть під час перевезення спричинити вибух, пожежу, пошкодження технічних засобів, пристроїв, споруд та інших об'єктів, заподіяти матеріальні збитки та шкоду довкіллю. А також призвести до загибелі, травмування, отруєння людей, тварин, і які за міжнародними договорами, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України, або за результатами випробувань в установленому порядку, залежно від ступеня їх впливу на довкілля або людину, віднесено до одного з класів небезпечних речовин» [8].

Відповідно до списку ООН перелік НВ нараховує близько 4 тисяч найменувань небезпечних речовин, які розподіляються на 9 класів, в тому числі: вибухові речовини, гази під тиском і горючі, легкозаймісті рідини і тверді речовини, токсичні (отруйні) та інфекційні речовини, радіоактивні матеріали. Причому одному НВ можуть бути притаманні два і навіть три класи небезпеки.

Транспортна галузь як така, що займається обслуговуванням інших галузей, має задовольняти зростаючий попит підприємств та організацій на перевезення НВ. Вона також повинна своєчасно реагувати на появу нових НВ у зв'язку з розвитком технологій і обладнання для об'єктів народного господарства і науково-технічним прогресом з точки зору безпеки перевезень та запобігання негативним наслідкам дії таких вантажів на довкілля.

Тому виникає потреба у гарантованому безпечному та ефективному процесі транспортування дуже широкої номенклатури НВ у різних умовах експлуатації, оскільки територією України перевозиться різні НВ як для внутрішніх потреб держави, так і транзитом.

В Україні перевезення НВ здійснюються у складних умовах дорожнього руху, які характеризуються відставанням росту дорожньої мережі, збільшенням інтенсивності руху (особливо у великих містах), швидким зношенням дорожнього покриття, зміною структури транспортних потоків.

Це сприяє появі «вузьких місць» при перевезенні НВ: 1. Можливість потрапляння транспортних засобів з НВ у затори. Небезпечною такою ситуацією буде тоді, коли таким вантажем є легкозайміста рідина (3-й клас небезпеки), а затор відбувся у населеному пункті. Для транспортних засобів, що перевозять легкозаймісті рідини, «Технічними умовами безпечного перевезення НВ» передбачається, принаймні, обладнання випускної труби іскрогасником [9]. Проте, на інших транспортних засобах, що також потрапили у затор, іскрогасники, як правило, відсутні. Близьке розташування вищезазначених транспортних засобів може привести до трагедії.

Крім того, не виключена можливість впливу на транспортний засіб з НВ таких чинників:

- паління цигарок водіями автомобілів, що стоять у заторі;

- перебування автомобілів з НВ в оточенні інших автомобілів з працюючими двигунами, що сприяє додатковому нагріванню довкілля;

- довготермінове перебування автомобілів з НВ на сонці;

- «людський фактор» водіїв автомобілів, що довго стоять у заторі тощо.

Тому цілком зрозумілим і логічним було б введення певних обмежень на перевезення цистернами нафтопродуктів та деяких інших НВ у світлу пору доби (з 6.00 до 24.00) у межах великих міст.

2. Рівень підготовки осіб, які відповідальні за перевезення НВ на автопідприємствах, а також водіїв, які здійснюють ці перевезення, іноді є дуже низьким і вони не в змозі діяти оперативно у критичних ситуаціях. Одним із можливих порушень через недостатній рівень підготовки персоналу є завантаження в один транспортний засіб несумісних вантажів, що може призвести до виникнення небезпечної реакції і травмування або загибелі людей.

3. Використання деякими недобросовісними перевізниками Інформаційних таблиць про НВ та Знаків безпеки старого зразка. Це створює додаткове

ускладнення, особливо при перевезенні НВ класу 1 (вибухові речовини та вироби), що у критичній ситуації може призвести до негативних наслідків.

Висновки. У результаті виконаного дослідження встановлено, що:

- ризик потрапляння у ДТП із смертельними наслідками в Україні у 5 разів вищий, ніж у розвинутих країнах;

- це поряд з питомою вагою потерпілих ввело її у групу країн найвищого ризику щодо безпеки пішоходів;

- головними факторами високого рівня ДТП і їх тяжких наслідків, крім низької ефективності механізмів реалізації державної політики в області безпеки дорожнього руху і відсутності належних фінансових ресурсів, є недосконалість методологічної бази аналізу і прогнозування аварійності на автомобільному транспорті;

- для принципових змін у стані безпеки на автошляхах необхідно запровадити європейські стандарти, починаючи з організації контролю технічного стану пасажирських і вантажних транспортних засобів і їх допуску до використання, особливо, призначених для перевезення людей та небезпечних вантажів, і закінчуючи створенням національної системи надання термінової медичної допомоги потерпілим при ДТП.

Л і т е р а т у р а

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році / Державна служба України з надзвичайних ситуацій / http://www/mms.gov.ua/content/annual_report_2013/html.
2. М. Скочук. к.е.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне). Занепад автомобільного транспорту в результаті імітації реформ/ Ukrainian journal Економіст / 24.03.2014.
3. «Правила дорожнього руху», затверджені Постановою КМУ від 10.10.2001р. №1306 (редакція від 08.10.2014).
4. Закон України «Про дорожній рух» від 30.06.1993р. №3353-ХІІ (редакція від 01.01.2015).
5. Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994р. №232/94-ВР (редакція від 26.04.2014р.).
6. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 05.04.2001р. №2344-ІІІ (редакція від 06.11.2014р.).
7. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; За заг. ред. А.М. Редзюка. К.: «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400с.
8. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 06.04.2000р. №1644-ІІІ (редакція від 05.01.2013р.).

References

1. Nacional'na dopovid' pro stan tehnogennoi ta prirodnoi bezpeki v Ukraїni u 2013 roci / Derzhavna sluzhba Ukraїny z nadzvichajnih situacij / http://www/mms.gov.ua/content/annual_report_2013/html.
2. M. Skochuk. k.e.n. (Nacional'nij universitet vodnogo gospodarstva ta prirodozoristuvannja, Rivne). Zaneпад avtomobil'nogo transportu v rezul'tati imitacїi reform/ Ukrainian journal Ekonomist / 24.03.2014.
3. «Pravila dorozhn'ogo ruhu», zatverdzeni Postanovoju KМУ vid 10.10.2001r. №1306 (redakcija vid 08.10.2014).

4. Zakon Ukraїni «Pro dorozhnij ruh» vid 30.06.1993r. №3353-III (redakcija vid 01.01.2015).
5. Zakon Ukraїni «Pro transport» vid 10.11.1994r. №232/94-VR (redakcija vid 26.04.2014r.).
6. Zakon Ukraїni «Pro avtomobil'nij transport» vid 05.04.2001r. №2344-III (redakcija vid 06.11.2014r.).
7. Avtomobil'nij transport Ukraїni: stan, problemi, perspektivi rozvitku: Monografija / Derzhavnij avtotransportnij naukovo-doslidnij i proektnij institut; Za zag. red. A.M. Redzjuka. K.: «DerzhavtotransNDIproekt», 2005. – 400s.
8. Zakon Ukraїni «Pro perevezennja nebezpečnih vanta-zhiv» vid 06.04.2000r. №1644-III (redakcija vid 05.01.2013r.).

Анисимова Т.И., Касьянов Н.А. Безопасность автомобильного транспорта в Украине.

В статье рассмотрены проблемы тяжелого современного состояния безопасности дорожного движения в Украине. Анализируются статистические данные, динамика и причины дорожно-транспортных происшествий в Украине и их последствия. Указаны главные факторы, обуславливающие высокий уровень ДТП в Украине: низкая эффективность механизмов реализации государственной политики в области обеспечения безопасности дорожного движения, неэффективное распределение функций государственного регулирования в сфере дорожного движения между органами исполнительной власти, отсутствие надлежащих финансовых ресурсов, средств регулирования и контроля деятельности в сфере обеспечения безопасности дорожного движения на государственном и региональном уровнях. Предложено необходимые меры для принципиальных изменений в сфере безопасности движения. Рассмотрены вопросы безопасности перевозок опасных грузов, в том числе указаны «узкие места» при этих перевозках.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, уровень дорожно-транспортных происшествий (ДТП), причины ДТП, опасные грузы.

Anisimova T.I., Kasjanov N.A. Safety of automobile transport in Ukraine.

The article reviews the current state of grave problems of road safety in Ukraine. Analyzes statistics, dynamics and causes of road traffic accidents in Ukraine and their consequences. These key factors that contribute to high levels of road accidents in Ukraine: low efficiency mechanisms for implementing state policy in the field of road safety, inefficient distribution functions of state regulation in the field of traffic between the executive, lack of financial resources, facilities management and control activities the field of road safety at national and regional levels. A necessary measures to fundamental changes in the field of road safety. The questions of security transport of dangerous goods, including these "bottlenecks" in this traffic.

Keywords: road safety, the level of road traffic accidents (RTA), the causes of accidents, dangerous goods.

Анісімова Т.І. – ст. викл. кафедри «Охорона праці та безпека життєдіяльності» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: tamara.anisimova1960@yandex.ua.

Касьянов М.А. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Охорона праці та безпека життєдіяльності» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: kasyanov_n_a@ukr.net.

Рецензент: д.т.н., проф. Ткаченко В.П.

Стаття подана 10.03.2015

УДК 656

АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛЕННЯ ТЯГОЙ ПОЕЗДА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГІЇ RFID**Кичкин А.В.****AUTOMATION OF THE TRAIN TRACTION CONTROL BASED ON RFID TECHNOLOGY****Kichkin A.V.**

Предложена автоматизированная система управления тягой поездов на основе технологии RFID. Применение технологии RFID обеспечивает максимально точное измерение массы поезда и оптимальных точек участков движения, в которых необходимо переключать режимы тяги локомотива (контроллер машиниста). Рассмотрены возможности WebSphere RFID для программирования элементов железнодорожной инфраструктуры, обеспечивающей автоматизированную систему управления движением поездов необходимой информацией.

Ключевые слова: технология RFID, автоматизация управления тягой поезда, программное обеспечение метки RFID, сканеры RFID.

Состояние проблемы. Итак, практически бесспорно, что технология RFID - удобный способ идентифицировать проходящий через контрольную точку подвижной состав. Для развертывания такой системы необходима установка радиометок на подвижной состав и считывающих систем с большой дистанцией считывания в требуемых контрольных точках.

Если применять считыватели с выносными антеннами, можно регистрировать очередность обнаружения ими радиометки на борту вагона (локомотива) и даже с достаточной степенью точности определять скорость движения. Поскольку и сами по себе корпуса считывателей промышленного назначения достаточно хорошо защищены от непогоды и перепадов температуры (металлические корпуса со степенью защищенности IP67 или NEMA 4/4X) нет необходимости монтировать устройства в приборный шкаф. Также существует возможность применения беспроводных коммуникаций с хост-системой, что можно рассматривать как безусловный плюс по сравнению с прокладкой кабельных сетей.

Пожалуй, самый интересный вариант идентификации и определения характеристик движения состава (или отдельного локомотива/дрезины) - это компактный считыватель активных радиометок с рабочей частотой 2450 МГц. Этот прибор, выпускаемый одним из европейских производителей, монтируется на шпалы

или между ними, не затрагивая рельсы. Имея встроенный Доплеровский радар, считыватель способен не только обнаружить и считать данные метки, но и определить, в каком направлении движется поезд.

Именно беспроводный доступ к хост системе и непосредственная настройка хост системы, а также адаптация к уже существующей информационно-управляющей технологии (системе) зачастую становится «камнем преткновения» в процессе внедрения RFID на железнодорожном транспорте.

Постановка проблемы. Необходимо подчеркнуть, что современный железнодорожный транспорт относится к разряду чрезвычайно сложных технических и организационных систем, управление которыми в настоящее время практически невозможно в рамках сложившихся ранее традиционных подходов. Сложность транспортной инфраструктуры и ее объектов (железнодорожные узлы, станции, транспортные коридоры и т.д.) принципиально исключает возможность работы в полностью автоматическом режиме. Иными словами, эффективно управлять такой системой лишь с привлечением классических методов решения сложных задач математического моделирования невозможно, требуются поиск и разработка новых подходов. Большие надежды при этом возлагаются на интеллектуальные системы, которые наряду с точными математическими моделями используют данные и знания, накопленные в процессе их деятельности.

В основе работы таких систем может, а иногда и должен лежать формализованный опыт высококвалифицированных специалистов.

Современные научно-методические подходы к созданию интеллектуальных транспортных систем (ИТС) на железнодорожном транспорте не дают представления о том, что такое интеллектуальные транспортные системы. Во многих публикациях и выступлениях они в той или иной степени отождествляются с обычными автоматизированными транспортными системами. Важной особенностью ИТС, позволяющей выделить такие системы в отдельный класс и даже в отдельное направление исследований в железнодоро-

жної науке, является формальный логико-математический инструментарий, используемый для решения задач с позиций общесистемного подхода к анализу и управлению всеми системами и процессами на железнодорожном транспорте.

Многообразие задач, решаемых системами автоматизации на железнодорожном транспорте, сегодня связано с решением следующих задач:

- управление перевозками в целом;
- управление движением поездов на участке и маневровой работой - на станциях;
- автоматизация учета, коммерческих операций и технико-экономических расчетов (составление отчетности, оформление перевозочных документов, резервирование мест в пассажирских поездах, определение провозной платы, себестоимости перевозок и др.).

Важная роль в автоматизации процессов управления перевозками принадлежит системе информационно-вычислительных центров с дистанционной передачей данных. Информация передается в информационно-вычислительный центр (ИВЦ) дороги и после обработки поступает на линию. Эти данные автоматически распределяются по потребителям. Актуальную для железнодорожного транспорта проблему решает реализация автоматического считывания информации с движущихся локомотивов и вагонов [1]. Создана и прошла эксплуатационную проверку система автоматической идентификации подвижных объектов (САИД) «Пальма»(РЖД). Принцип ее действия состоит в следующем: на подвижном составе или крупнотоннажном контейнере крепят кодовый бортовой датчик-RFID, имеющий мини-антенну, модулятор волнового сопротивления и интегральную микросхему функционального преобразования кода с запоминающим устройством. В точках контроля движения поездов, в нескольких метрах от железнодорожного пути, устанавливают стационарную считывающую аппаратуру, которая передает в направлении кодового бортового датчика сигналы в диапазоне сверхвысоких частот. Датчик частично поглощает эти сигналы и частично отражает излучение обратно. Сигналы, отраженные датчиком, декодируются, и расшифрованная информация по каналам передачи данных поступает в обрабатывающий компьютер дорожного вычислительного центра. Считывание информации происходит при скорости магистрального движения ж/д транспорта. Благодаря достоверности оперативной информации САИД позволяет улучшить продвижение вагонопотоков, сократить потребность в вагонах для перевозки, перейти на организацию их ремонта по фактическому пробегу, существенно уменьшить численность персонала, выполняющего операции, связанные с получением и обработкой информации.

Кроме того, появляется возможность отказаться от нынешних перевозочных документов и перейти на безбумажную систему управления. Возможность применения аппаратуры RFID для идентификации не только объектов движения, но и объектов инфраструктуры(в частности участков пути) создает возможность

применения RFID для автоматизации технологических расчетов в управлении движением поездов.

Большое значение в перечне таких задач автоматизации имеют задачи оптимального управления локомотивом, в частности, по критерию расхода топлива [2,3,4].

Цель статьи. Создание программного обеспечения автоматизированной системы управления режимами тяги поездов на основе технологии RFID.

Результаты исследования. Создание автоматизированной системы управления режимами тяги поездов должно происходить в рамках существующей концепции создания автоматизированной системы управления движением Укрзалізничці, что предполагает на сегодняшний день централизованный расчет тягово-скоростных характеристик. Решение же задачи автоматизированного управления режимами тяги поездов предполагает получение решения на уровне машиниста локомотива.

В основу такого решения могут быть положены возможности технологии радиочастотной идентификации(RFID), которые позволяют оснастить локомотивы и необходимые участки пути сканерами RFID в режиме чтения-записи, а также метками RFID с возможностью перезаписи их содержимого. Включение указанной аппаратуры в состав информационной системы управления движением позволяет использовать ее в двух технологических режимах:

- в режиме оффлайн – расчет выполняется в вычислительном центре, а машинист принимает результат в качестве рекомендации при принятии решения о тяге локомотива на различных участках движения;
- в режиме онлайн – расчет автоматизирован в бортовом компьютере локомотива, а решение происходит не только в качестве рекомендации при принятии решения о тяге локомотива, но и автоматически без участия машиниста, если речь идет о современных моделях локомотивов с соответствующей электронной инфраструктурой.

Сканеры RFID чтения-записи на участках пути располагаются в:

- местах формирования информации о технологических характеристиках поезда;
- местах сбора статистики о технологических параметрах движения поездов по участку пути.

Метки RFID с возможностью перезаписи устанавливаются:

- на подвижном составе и содержат динамические и статические параметры движения;
- на участках пути – в оптимальных местах переключения тяговых режимов по типам локомотивов и весу поезда с сигнальной целью – для переключения режимов тяги (рассчитываются в результате нечеткого моделирования режимами и параметрами тяги поездов).

Предлагаемая автоматизированная система управления тягой поездов решает поставленную задачу автоматизированного сбора информации о технологических параметрах движения поездов по участку пу-

ти за счет применения современных информационных технологий для последующей статистической адаптации модели управления режимами тяги поездов, лежащей в основе расчетного блока системы. При этом применение информационных технологий и, в частности, технологии RFID обеспечит максимально точное измерение массы поезда и оптимальных точек участков движения, в которых необходимо переключать режимы тяги локомотива(контроллер машиниста) [5].

Рассмотрим вариант разработки и настройки оборудования RFID для нужд железнодорожного транспорта на базе считывателя INfinity 510.

Рассмотрим функции, предоставляемые компонентом WebSphere RFID Device Infrastructure, а также то, как создать адаптеры устройств, используя WebSphere RFID Device Infrastructure Device Development Kit.

IBM RFID-решение WebSphere обеспечивает инфраструктуру для обработки RFID-событий. Оно включает компоненты, которые взаимодействуют с RFID-устройствами, такими как считыватели и принтеры, управляют устройствами ввода/вывода (I/O), фильтруют и обрабатывают RFID-события и передают и принимают данные с серверных систем. RFID-решение WebSphere содержит два компонента: IBM WebSphere RFID Premises Server Version 1.1.0.1 и WebSphere RFID Device Infrastructure Version 1.1.1 (рис.).

WebSphere RFID Device Infrastructure (здесь и далее называемая Device Infrastructure) предоставляет компоненты, взаимодействующие и управляющие аппаратными RFID-устройствами. Все вместе компоненты Device Infrastructure часто называют *Edge*, поскольку они развертываются вблизи от RFID-устройств на границе (edge) сети. Эти компоненты получают теги из RFID-считывателей, создают и предоставляют задания на вывод информации RFID-принтерам и управляют устройствами ввода/вывода (I/O), например световой сигнализацией (light trees). Кроме взаимодействия с RFID-устройствами компоненты инфраструктуры RFID Device фильтруют и объединяют RFID-события, такие как чтение тегов, и направляют эти события на WebSphere Premises Server (здесь и далее называемый Premises Server).

Premises Server принимает RFID-события из одного или нескольких устройств Device Infrastructure Edge, затем объединяет и обрабатывает события и делает их доступными для серверных приложений. Он обеспечивает точку интеграции для доступа и работы с RFID-событиями приложениям, умеющим работать с RFID-событиями. Например, приложение может обработать событие чтения тега сервером Premises Server и, основываясь на содержащемся в событии ID тега, определяет, приписан ли продукту ожидаемый RFID-тег. Затем оно может выполнить API на Premises Server для приема событий чтения, что могло бы указать соответствующему Edge-устройству переключить световую сигнализацию с желтого цвета на зеленый.

Premises Server - это J2EE-решение (Java™2 Extended Edition), выполняющееся на WebSphere

Application Server. Он содержит компонент Service Management Framework (SMF), *мост* (bridge), который работает как промежуточное звено между J2EE-приложениями и Device Infrastructure Edges. Взаимодействие с Edge производится через мост на Premises Server (предоставляемый компонентом Premises SMF) и мост на Edge. Мост на Premises Server преобразует сообщения между форматом сообщений Edge и JMS-форматом Premises Server. Преобразованные сообщения, принимаемые из Edges, помещаются в очередь сообщений MQ и передаются в J2EE-приложения Premises Server для обработки. JMS-сообщения, предназначенные для Edge, принимаются из J2EE-приложений Premises Server через MQ-очередь, преобразуются мостом, и передаются в соответствующий Edge-мост для распределения Edge-компонентам для обработки.

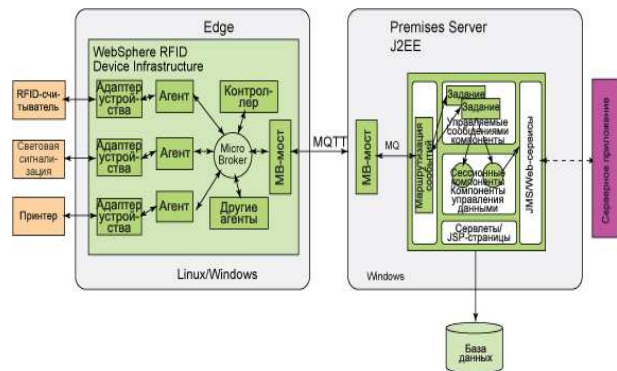


Рис. RFID-решение WebSphere

RFID-решение WebSphere предоставляет два стартовых набора программ (starter kits), или сценариев использования, которые могут быть расширены для обеспечения дополнительных функциональных возможностей, удовлетворяющих требованиям пользователей. Стартовыми наборами, предоставляемыми с RFID-решением WebSphere, являются:

- Стартовый набор Dock Door Receiving предоставляет функции, необходимые для получения и обработки элементов с присоединенными RFID-тегами. К таким функциям относятся: взаимодействие с RFID-считывателем для получения событий чтения тега, фильтрация и объединение событий чтения, проверка событий чтения и предоставление визуальных и аудио-индикаторов, сигнализирующих о получении или отклонении событий чтения.

- Стартовый набор Print, Verify, and Ship предоставляет функции, необходимые для распечатки RFID-меток, объединения элементов в контейнеры, проверки того, что готовые к отправке контейнеры содержат надлежащие элементы, и для генерирования отчетов по отправке.

Чтобы использовать новое RFID-устройство (например, считыватель тегов) с IBM RFID-решениями Websphere, нужно создать новый агент Device Infrastructure и адаптер для этого устройства.

Общая последовательность такова:

1. Создать адаптер устройства, используя Device Infrastructure Device Kit. Вы должны реализовать транспортный компонент Device Kit и компонент устройства для вашего аппаратного устройства.

2. Создать агента устройства, реализующего сценарий использования, в котором участвует ваше аппаратное устройство (Dock Door Receiving или Print, Verify, Ship).

Device Kit - это компонент Device Infrastructure. Он устанавливается как подключаемый модуль при установке RFID Tracking Kit в Device Developer. Device Kit используется для создания адаптеров, взаимодействующих с RFID-устройствами, такими как считыватели и устройства вывода, а также аппаратурой, не поддерживающей RFID, например, GPS-устройства или аудио-компоненты на мультимедийной шине (entertainment bus) подвижного состава ж/д транспорта.

Выводы. Предлагаемая автоматизированная система управления тягой поездов решает поставленную задачу автоматизированного сбора информации за счет применения технологии RFID. При этом применение технологии RFID обеспечивает максимально точное измерение массы поезда и оптимальных точек участков движения, в которых необходимо переключать режимы тяги локомотива (контроллер машиниста). Рассмотрены возможности WebSphere RFID для программирования элементов железнодорожной инфраструктуры, обеспечивающей автоматизированную систему управления движением поездов необходимой информацией.

Л и т е р а т у р а

1. Правила тяговых расчётов для поездной работы. М., 1985.
2. Тяговые расчёты. Методические указания к курсовому проектированию под редакцией Ю. Н. Ликратова. Новосибирск, 1989.
3. Подвижной состав и тяговое хозяйство железных дорог / Под ред. А. П. Третьякова. М., 1971.
4. Патент RU (11)2380261 (51)МПК В61L25/02(2006.01) «Система слежения за железнодорожными вагонами» (патентодержатель ДЖЕНЕРАЛ ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ (US))
5. Кичкин А.В. Кравченко Е.А. Автоматизированное управление движением поезда на основе радиоидентификации (RFID) и нейронечеткой адаптации (ANFIS). – Луганськ: Вісник СЧУ ім. В. Даля, №6(177) ч.2- 2012. – с.39-46

R e f e r e n c e s

1. Kichkin A. V. Model upravleniya ustoychivostyu napolnogo shtabelera s pomoshchyu nechetkoy logiki / A. V. Kichkin // Visnik Skhidnoukrainskogo natsionalnogo universitetu imeni Volodimira Dalya №1(131).ch.2 , – Lugansk: SNU im. V. Dalya, 2009. –С. 174-178
2. Kichkin O. V. Pobudova nechtikoї produktsynoi modeli upravlinnya stiykisty vilkovogo navantazhuvacha / O. V. Kichkin // Visnik Skhidnoukrainskogo natsionalnogo universitetu imeni Volodimira Dalya №4(146).ch.1 – Lugansk: SNU im. V. Dalya, 2010. –С. 27-33

3. Kichkin O. V. Stvorenniya sistemi upravlinnya stiykisty vilkovogo navantazhuvacha pri roboti z riznovagobaritnimi vantazhami / O. V. Kichkin // Materiali mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii kafedr akademii, inzhenerno-tekhnichnikh pratsivnikiv zaliznits, pidpriemstv ta organizatsiy Ukraini ta inshikh kraiin. - Ukraïnska derzhavna akademiya zaliznichnogo transportu. - Kharkiv. 2010. – S. 48.
4. Alex Kichkin The design of a system to control the stability of a forklift / Kichkin Alex, Kichkina Elena // POLISH ACADEMY OF SCIENCES Branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture, Volume XA, -Lublin. 2010. - R. 250-256.
5. Kichkin A.V. Kravchenko E.A. Avtomatizirovannoe upravlenie dvizheniem poezda na osnove radioidentifikatsii(RFID) i neyronechetkoy adaptatsii(ANFIS). .. – Lugansk: Visnik SNU im. V. Dalya, №6(177) ch.2- 2012. –с.39-46

Кічкін О.В. Автоматизація управління тягою поїзда на основі технології RFID.

Запропоновано автоматизовану систему управління тягою поїздів на основі технології RFID. Застосування технології RFID забезпечує максимально точне вимірювання маси поїзда і оптимальних точок ділянок руху, в яких необхідно перемикаєти режими тяги локомотива (контролер машиніста). Розглянуто можливості WebSphere RFID для програмування елементів залізничної інфраструктури, що забезпечує автоматизовану систему управління рухом поїздів необхідною інформацією.

Ключові слова: технологія RFID, автоматизація управління тягою поїзди, програмне забезпечення, мітки RFID, сканери RFID.

Kichkin A.V. Automation of the train traction control based on RFID technology.

Proposed automatic train traction control system based on technology RFID. The use of RFID technology provides the most accurate measurement of the mass of the train and the optimal point traffic areas in which you need to switch modes of traction locomotives (controller driver). The solution is based on the possibility of radio frequency identification (RFID), which allow to equip locomotives and necessary parts of the path RFID scanners in read-write mode, as well as RFID tags with rewritable their contents. The possibilities of WebSphere RFID programming elements of the railway infrastructure for automated train control system with the necessary information. A variant of the design and configuration RFID equipment for the needs of railway transport on the basis of the reader INfinity 510. The proposed automated traction train control system solves the problem of automatic collection of information on technological parameters of train traffic on the site the way for subsequent statistical model adaptation mode control traction trains underlying calculated block system.

Keywords: technology RFID, automation traction control train, software, labels RFID, scanners, RFID.

Кічкін О.В. – ст. викл. кафедри транспортних систем СЧУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна,
e-mail: eletop@ukr.net

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

УДК 629.4.05

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ДВИЖЕНИЯ ПРИГОРОДНЫХ ПОЕЗДОВ**Белецкий Ю.В., Данилина И.В., Шепитько О.В.****INVESTIGATION METHODS FOR CALCULATING THE SIZE OF LOCAL TRAINS****Beletsky Y., Danilina I., Shepitko O.**

В статье приведены теоретические исследования методики расчета размеров движения пригородных поездов на участке. Освещены проблемы расчета размеров движения пригородных поездов. Освещены вопросы эксплуатации составов одинаковой композиции. Для сокращения затрат железнодорожного транспорта на организации перевозок пассажиров целесообразно в неинтенсивные периоды суток вводить в эксплуатацию наряду с поездами наибольшей вместимости (двенадцативагонными электропоездами) поезда уменьшенной вместимости (десяти-, восьми-, шестивагонные электропоезда).

Ключевые слова: модель, пассажиропоток, система, освоение, информационное обеспечение, поезд.

Введение. Постановка проблемы. Размеры движения пригородных поездов являются одним из определяющих параметров системы освоения пригородных пассажиропотоков. Размеры движения непосредственно связаны с другими важнейшими параметрами системы - величиной пассажиропотока и вместимостью подвижного состава. При расчете размеров движения пригородных поездов должны учитываться особенности пригородных перевозок, их массовость, неравномерность распределения по зонам, времени года, дням недели и часам суток. При увеличении размеров движения пригородных поездов снижается провозная способность участка для грузового и дальнего пассажирского движения, необходимо увеличение парка подвижного состава, большее число бригад поездов, а также увеличиваются расходы на ремонт и содержание вагонов. Чрезмерное уменьшение размеров движения может привести к ухудшению обслуживания пассажиров, так как при этом увеличивается время ожидания пассажирами поездов, поезда будут следовать переполненными.

Кроме того, в условиях растущей конкуренции со стороны автомобильного транспорта, часть пассажиров может перейти на альтернативные виды транспорта (автобусы, маршрутные такси и др.). Число пригородных поездов существенно зависит

от типа подвижного состава, эксплуатируемого на пригородном участке.

Анализ последних исследований и публикаций. В ходе выполнения исследований были проанализированы аналитические методы расчета размеров движения пригородных поездов, которые определяются величиной пассажиропотока.

Раздельные расчеты размеров движения пригородных поездов по интенсивным и неинтенсивным периодам перевозок не в полной мере отражают специфические особенности пригородных перевозок, поскольку не включают условий, гарантирующих обеспечение оборота подвижного состава на главной и зонных станциях пригородного участка, а также не учитывают путевого развития станций оборота составов [1]. Поэтому расчет числа поездов требует разработки специальной модели, позволяющей ликвидировать отмеченные недостатки и, кроме того, обеспечить оптимальное решение с учетом того, что размеры движения за сутки должны выражаться целыми числами как по участку в целом, так и по отдельным зонам в частности.

Цель. Исследовать математическую модель расчета размеров движения пригородных поездов.

Для построения математической модели определения размеров движения поездов рассмотрим пригородный участок с n техническими зонами, на котором обращаются пригородные составы заданной композиции с вместимостью, равной a . Пусть X_{n-1} - число поездов 1-й зоны, прибывающих на головную станцию участка в утренний интенсивный период;

X_{n+1} - число поездов 1-й зоны, прибывающих на i -ю станцию в неинтенсивный период прибытия;

y_1 - число поездов, следующих на i -ю зону в вечерний интенсивный период;

y_{n+1} - число поездов, отправляющихся с головной станции на зонную станцию в неинтенсивный период отправления;

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

Результаты исследования. Исследование расчета размеров движения пригородных поездов напрямую зависит от принятой технологии работы с поездами разной составности. При этом рассматривают следующие варианты:

- Эксплуатация поездов одной составности;
- Эксплуатация поездов различной составности с увязкой поездов каждой категории составности в отдельный оборот (групповой график оборота составов);
- Эксплуатация поездов различной составности с увязкой поездов в единый оборот с изменением составности поездов на станциях их оборота.

Количество пригородных поездов определяется также типом графика движения. В интенсивные «пиковые» часы пригородных перевозок должны максимально использоваться наличная пропускная способность и расчетная вместимость подвижного состава. Поэтому в эти периоды целесообразно применение зонного параллельного графика движения пригородных поездов, при котором поезда имеют остановки на всех остановочных пунктах и зонных станциях участка.

Для обеспечения соответствия размеров движения поездов числу путей на станциях оборота, предназначенных для ночного отстоя составов, введем в рассмотрение следующие переменные [2]:

Y_{2n+j} - число поездов, отправляющихся с деповской станции на K_{+j} -ю станцию оборота и прибывающих на эту зонную станцию к интенсивному периоду утреннего отправления поездов в сторону головной станции участка. При этом $i = 1, 2, \dots, n-k$.

Аналогично X_{2i+j} - число поездов, отправляющихся с K_{+j} -ой зонной станции после вечернего периода «пик» и прибывающих на деповскую станцию для ночного отстоя.

При этом на K -ой зонной станции расположено депо. Эта станция имеет значительный парк путей для ночного отстоя составов. Если $K = 0$, то депо расположено на головной станции участка.

Тогда ограничения по освоению густот пассажиропотока будут иметь следующий вид [3]:

В утренний период «пик» по прибытию на головную станцию участка

$$a \sum_{i=q}^n X_i \geq \Gamma_q^{yn} \quad q = \overline{1, n},$$

в остальной неинтенсивный период по прибытию

$$a \sum_{i=q}^n X_{n+i} \geq \Gamma_q^{kyn} \quad q = \overline{1, k}$$

$$a = \left(\sum_{i=q}^n X_{n+i} + \sum_{j=q-k}^{n-k} X_{2n+j} \right) \geq \Gamma_q^{kyn} \quad q = \overline{k+1, n}.$$

по отправлению с головной станции в вечерний час «пик»

$$a \sum_{i=q}^n Y_i \geq \Gamma_q^{un} \quad q = \overline{1, n}$$

по отправлению в остальной период суток

$$a \sum_{i=q}^n y_{n+i} \geq \Gamma_q^{hun} \quad q = \overline{1, k}$$

$$a = \left(\sum_{i=q}^n y_{n+i} + \sum_{j=q-k}^{n-k} y_{2n+j} \right) \geq \Gamma_q^{hun} \quad q = \overline{k+1, n}.$$

где Γ_q^{yn} Γ_q^{kyn} - расчетные густоты пассажиропотоков в пределах q -й зоны в направлении к головной станции в утренний период «пик» и в остальной период суток, соответственно;

Γ_q^{un} Γ_q^{hun} - расчетные густоты пассажиропотоков в пределах q -й зоны в направлении от головной станции в вечерний период «пик» и в остальной период, соответственно.

Условия равенства числа «ниток» прибытия и отправления поездов на каждой зонной станции (условия стационарности) примут вид:

$$y_i + y_{n+i} = x_i + x_{n+i} \quad i = \overline{1, k-1}$$

$$y_k + y_{n+k} + \sum_{j=1}^{n-k} x_{2n+j} = x_k + x_{n+k} + \sum_{j=1}^{n-k} y_{2n+j} \quad i = k$$

$$y_i + y_{n+i} + y_{2n+i-k} = x_i + x_{n+i} + x_{2n+i-k} \quad i = \overline{k+1, n}$$

Ограничения по числу путей для ночного отстоя составов на зонных станциях:

$$x_i \leq r_i \quad i = \overline{1, k-1}$$

$$x_k + \sum_{j=1}^{n-k} y_{2n+j} \leq r_k \quad i = k$$

$$x_i \leq r_i + y_{2n+i-k} \quad i = \overline{k+1, n}$$

где $r-i$, - число путей для отстоя составов на i -ой зонной станции.

В качестве критериальной функции можно принять суммарные перевозочные затраты, пропорциональные поездо-километрам пробега:

$$z = \left(\sum_{i=1}^n (x_i + x_{n+i} + y_i + y_{n+i}) l_i \right) + \left(\sum (y_{2n+j} + x_{2n+j}) (l_{k+j} - l_k) \right) C_{n-км}$$

Кроме того имеют место условия неотрицательности и целочисленности переменных:

$$x_i \geq 0 \quad x_{n+i} \geq 0 \quad x_{2n+j} \geq 0$$

$$y_i \geq 0 \quad y_{n+i} \geq 0 \quad y_{2n+j} \geq 0$$

$$i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, n-k}$$

Задача минимизации функции при соответствующих условиях, является целочисленной линейной задачей математического программирования, которая может быть решена одним из известных численных методов [4].

Выводы. Анализ современного состояния и работы пригородного железнодорожного транспорта Украины показал, что он находится в кризисном

положении. Аналитические методы расчета размеров движения пригородных поездов, определяемых только величиной пассажиропотока, для интенсивных и неинтенсивных периодов перевозок не в полной мере отражают специфические особенности пригородных перевозок, не учитывают требования стационарности, путевого развития зонных станций, а также потерь пассажиров, связанных с ожиданием поездов.

Расчет размеров движения целесообразно проводить комплексно по всем периодам суток, определяя экономически выгодный вариант, учитывающий суммарные затраты железнодорожного транспорта на осуществление перевозок, потери времени пассажиров на ожидание поездов, а также на введение в график движения засыльных поездов. Такой способ расчета позволяет повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта, сократит его потери в связи с переходом части пассажиров на альтернативные виды транспорта, обеспечивает условия для организации оборота пригородных составов на головной и зонных станциях пригородного участка. Для сокращения затрат железнодорожного транспорта на организации перевозок пассажиров целесообразно в неинтенсивные периоды суток вводит в эксплуатацию наряду с поездами наибольшей вместимости (двенадцативагонными электропоездами) поезда уменьшенной вместимости (десяти-, восьми-, шестивагонные электропоезда).

Л и т е р а т у р а

1. Воробьев Н.А., Скрипников В.Е. Рациональные схемы движения пассажирских поездов. «Железнодорожный транспорт», 1968, №2.
2. Полинцев Е.П. Технологические особенности пригородных железнодорожных перевозок в условиях роста крупных городов. ЛИИЖТ, 1982.
3. Возможности снижения издержек при эксплуатации пригородных участков на железных дорогах Германии.-1996.-45, №9.-с.535.
4. Бещева Н.И. Сравнение отдельных видов тяги в пригородном пассажирском движении. М., «Транспорт», 1968. Тр. ВНИИЖТ, в.ш.358.

R e f e r e n c e s

1. Vorobyov N., Skripnikov V. Rational charts of motion of passenger-trains. «Railway transport», 1968, №2.
2. Polincev E. Technological features of suburban railway transportations in the conditions of height of metropolises, 1982.
3. Possibilities of decline of expenses during exploitation of suburban areas on the railways of Germany.- 1996.-45, №9.-с.535.

4. Besheva N. Comparison of separate types of traction is in suburban passenger motion. М., «Transport», 1968. 358.

Білецький Ю.В., Даниліна І.В., Шепитько О.В.
Дослідження методів розрахунку розмірів руху приміських поїздів.

У статті наведені теоретичні дослідження методики розрахунку розмірів руху приміських поїздів на ділянці. Висвітлені проблеми розрахунку розмірів руху приміських поїздів. Висвітлені питання експлуатації складів однаковою композиції. Для скорочення витрат залізничного транспорту на організації перевезень пасажирів доцільно в неінтенсивні періоди доби вводити в експлуатацію поряд з поїздами найбільшої місткості (дванадцятивагонними електропоїздами) поїзда зменшеною місткості (десяти-, восьми-, шестивагонні електропоїзди).

Ключові слова: модель, пасажиропотік, система, освоєння, інформаційне забезпечення, поїзд.

Beletsky Y., Danilina I., Shepitko O. Investigation methods for calculating the size of local trains.

The paper presents the theoretical research methodology for calculating the size of local trains on location. Investigated methods calculation sizes local trains on the site. When covering issues exploitation formulations the same composition. To reduce costs of rail transport on the organization transportation passengers is expedient in the non-intensive periods day to enter into service along with the greatest capacity trains. Given the problem of calculating the size of local trains.

Calculating size motion appropriate conduct complex for all periods day by defining cost-effective way that takes into account total costs of rail transport in realization transportations, loss time passengers waiting for trains as well as introduction to the traffic schedule missent trains. This way calculate improves competitiveness of rail transport, reduce his losses due transfer passengers on alternative modes transport.

Keywords: model, system, mastering, dataware, train.

Білецький Ю.В. – ст. викладач. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

Даниліна І.В. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

Шепитько О.В. – асистент «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 12.03.2015

УДК 629.4

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ СТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Черніков В.Д., Наталуха Н.В., Брагін М.І.

IMPROVING FUNCTIONING MODELS OF STATIONARY OBJECTS RAILWAY AUTOMATICS

Chernikov V., Nataluha N., Bragin N.

Проведено аналіз існуючих моделей функціонування стаціонарних об'єктів залізничної автоматики. Дослідження та аналіз схем вмикання стаціонарних пристроїв залізничної автоматики показав їх достатнє, адекватне відтворення у вигляді множини вхідних сигналів для побудови інформаційних моделей систем об'єктів залізничної автоматики. Розглянуто процес функціонування пристроїв станційної автоматики в частині взаємодії з підлоговим обладнанням і черговим по станції. Удосконалена математична модель функціонування системи станційної автоматики. Визначено, що систематична зміна нормативної бази забезпечить плавний перехід від різних моделей управління до стандартизованих моделей безпечного управління стаціонарними об'єктами залізничної автоматики.

Ключові слова: удосконалення, модель, автоматика, стаціонарний об'єкт, черговий по станції, підлогове обладнання.

Вступ. Постановка проблеми. Інформаційно-технічний та нормативний стан залізниць України не встигає за вимогами сучасного рівня. На більшості станцій та перегонів експлуатуються технічні засоби, побудовані в кінці 60-х років, і раніше. Використання морально і фізично зношеного обладнання не представляє реальної можливості для створення нової технології управління залізницями. Таким чином, необхідно здійснити структурну перебудову, як технології роботи залізничного транспорту, так і всієї технічної і нормативно-технічної політики України.

Для забезпечення технічної модернізації, підвищення швидкостей руху та модернізації пристроїв при забезпеченні необхідного рівня безпеки необхідно не скільки збільшення дільничної швидкості руху по ділянці, скільки збільшення швидкості доставки вантажу або проходження по території всієї держави (комерційної швидкості). Отже підвищення комерційної швидкості перевезень пов'язано із зменшенням витрат часу на зупинки, простої, очікуван-

ня формування, проходження небезпечних ділянок та маневри, що безпосередньо пов'язано з можливістю автоматизованих і автоматичних (диспетчерських) систем управління [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначено, що існуючі моделі функціонування станційних пристроїв автоматики, орієнтовані, в основному, на релейну елементну базу. Однак, в даний час, необхідно мати такий формальний опис, на основі якого можливий синтез моделі функціонування станційних систем різного типу, без прив'язки до конкретної станції або елементної бази пристроїв автоматики. Цим вимогам, в значній мірі, відповідає теорія графів, зокрема орієнтованих.

Дослідження та аналіз схем вмикання стаціонарних пристроїв залізничної автоматики показав їх достатнє, адекватне відтворення у вигляді множини вхідних сигналів для побудови інформаційних моделей систем об'єктів залізничної автоматики (СОЗА). Визнано достатню достовірність вхідних сигналів, що отримуються від датчиків у вигляді дискретної множини. На базі отриманої множини можна побудувати розширені, інформаційні моделі та визначити окремі (базові) стани СОЗА за допомогою функцій алгебри-логіки. Обмежувальним критерієм розширення кількості станів висунуто мінімальні витрати коштів. Для цього розглянемо процес функціонування пристроїв станційної автоматики в частині взаємодії з підлоговим обладнанням і черговим по станції (ДСП). У кожен момент часу в систему надходять дані від датчиків підлогового обладнання, відбувається формування керуючих сигналів, а так само візуалізація деякою інформацією на пульті ДСП. Одночасно з цим, визначено один або кілька можливих переходів, що викликаються будь-яким системним подією. Ініціалізовані ДСП або зміною стану датчиків переходять утворюють траєкторію функціонування системи станційної авто-

матики. При цьому необхідно відзначити три моменти [2, 3, 4].

Мета. Удосконалити модель функціонування стаціонарних об'єктів залізничної автоматики.

Результати досліджень. Розглянемо процес функціонування пристроїв станційної автоматики в частині взаємодії з підлоговим обладнанням і черговим по станції (ДСП). У кожен момент часу в систему надходять дані від датчиків підлогового обладнання, відбувається формування керуючих сигналів, а так само візуалізація деякою інформацією на пульті ДСП. Одночасно з цим, визначено один або кілька можливих переходів, що викликаються будь-якою системною подією. Припускається, що $\exists V_i, V_j$ - безлічі інформаційних елементів певного типу, що належать різним конфігураціям такі, що $V_i = V_j$, де V_i, V_j - видимі інформаційні елементи.

Кожна конфігурація видимих інформаційних елементів V_i, \dots, V_n створює передумови для одного або декількох переходів системи в стани D_i, \dots, D_n . Ініціюють переходи якісь системної події, які визначаються як діями чергового по станції, так і зміною стану датчиків підлогового обладнання. Будемо вважати, що ДСП з однаковою ймовірністю може вибрати один з можливих в системі варіантів керуючих впливів. Отже, на етапі проектування всі дозволені події "а ргіогі" для розробника випадкові і рівноймовірні, а значить, системні події при моделюванні можна виключити з розгляду. Під інформаційним елементом розуміються активні в даний момент часу дані, з усіх передбачених на етапі проектування. З деякими з них пов'язані можливі системні події, рівноймовірно і випадково ініційовані ДСП або зміною стану датчиків. На основі сказаного можна зробити висновок, що модель є динамічною, і зміна внутрішнього стану повністю визначаються інформаційним масивом або структурою W , яка є сукупністю:

$$W = \{V, S, B, F, H\}$$

де V - множина інформаційних елементів, що об'єднують різну кількість елементів визначеного типу.

B - множина дозволених переходів;

S - множина сценаріїв;

F и H - відображення $F: S \rightarrow B; H: B \rightarrow S$.

Система станційної автоматики є динамічною, і зміна її внутрішнього стану повністю визначається виразом даним.

Істинність виразу можна довести, методом порівняння з моделлю функціонування кінцевого автомата. Дійсно, абстрактний кінцевий автомат (рис. 1), містить деяку кількість вхідного алфавіту $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ вихідного алфавіту $Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_n\}$, внутрішніх станів S , початко-

вого стану $s_1 \in S$, функції переходів $\delta(a, s)$ і функції виходів $\chi(a, s)$, а модель його функціонування описується виразом:

$$M = (A, S, Z, s_1, \delta(a, s), \chi(a, s))$$

Запропонована вище модель і інформаційна структура узгоджуються з математичним апаратом мереж Петрі [5,7] (з деякими обмеженнями). На основі слідства, функціонування системи станційної автоматики можна представити графічно (рис. 2.) і у вигляді виразу:

$$N = \{P, T, F, H, M_0\}$$

де $P = \{p_i\}, i = \overline{1, n}$ - кількість позицій;

$T = \{t_j\}, j = \overline{1, m}$ - кількість переходів, причому $P \cap T = \emptyset$;

F та H - відображення $F: P \rightarrow T; H: T \rightarrow P$, задані матрицями інцидентності $F: P \times T \rightarrow \{0,1\}$ та $H: T \times P \rightarrow \{0,1\}$, причому $F(p, t) = 1$, якщо перехід t інцидент позиції p , $H(t, p) = 1$, якщо позиція p інцидент на переходу t ;

$M_0: P \rightarrow \{0,1,2,\dots\}$ - початкове маркування або розмітка.

У рамках даної моделі інформаційні елементи системи станційної автоматики є безліччю позицій P ; T - безліч всіх можливих переходів; сенс відображень F і H очевидний; активному (мабуть) елементу відповідно позначена позиція; сценарієм (безлічі видимих елементів) - деяка розмітка M ; безлічі сценаріїв - безліч допустимих розміток; початкового сценарієм після активізації додатки - початкова розмітка M_0 ; рівної ймовірності реакції користувача - рівноймовірно спрацювання переходів. Слід зазначити, що загальний апарат мереж Петрі для повної адаптації до задачі моделювання роботи системи автоматики на станції потребує суттєвого обмеження: кількість фішок в кожній позиції не може перевищувати однієї, тобто початкова маркування $M_0: P \rightarrow \{0,1\}$. Це означає, що будь-який сценарій не передбачає активності двох ідентичних інформаційних елементів. Дійсно, одна секція не може бути задіяна у двох маршрутах, одне показання світлофора не може одночасно дозволяти рух по двом різним маршрутам, і т.д. Природно, дане обмеження не є властивістю топології мережі, воно апріорно накладається на мережу, виходячи з логіки роботи централізації. Система автоматики функціонує, переходячи від сценарію до сценарію (тобто від розмітки до розмітки). Стан системи в деякий момент часу визначається безліччю активізованих інформаційних елементів, або деякої розміткою M . Запуск одного з дозволених переходів здійснюється в результаті дій чергового по станції або зміни стану

датчиків, що приводить до зміни поточного стану системи за допомогою зміни розмітки. Таким чином, запроваджений апарат обмежених мереж Петрі дозволяє адекватно описувати динамічну модель функціонування системи станційної автоматики. У той же час, для вирішення питання про доцільність застосування мереж Петрі, необхідно довести їх безпеку і активність. Так, за визначенням [3], мережа Петрі безпечна, якщо будь-яка її позиція містить не більше однієї фішки: $\forall p_i \in P$ та $\forall M \in R(N) : M(p_i) \leq 1$. Оскільки спочатку було накладено обмеження на структуру мережі, то модель є безпечною протягом усього часу функціонування додатка. Під активністю моделюється структури розуміється відсутність тупикових станів або тупикових розміток, і в роботі [4] вона визначена наступним чином. Перехід t_j називається активним або живим, якщо для всякої $M' \in R(N)$ існує така послідовність запусків $\tau = (t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_r})$, що перехід t_j буде дозволений, тобто перехід активний, якщо він досяжний від будь-якої розмітки. Мережа активна, якщо всі її переходи активні. Для процесу функціонування системи автоматики на станції це означає, що існує можливість або продовження реалізації деякої функції, або повернення до попереднього стану. У реальних пристроях ця вимога виконується, наприклад, ДСП встановлює маршрут, якщо в системі неможлива реалізація цього завдання (наприклад, зайнята секція маршруту), то вона повертається в початковий стан. Активна мережа володіє властивістю досяжності будь-якої розмітки $M' \in R(N)$ від будь-якої розмітки $M'' \in R(N)$, а оскільки мережа є живою, якщо всі її переходи живі, то задача дослідження живості мережі (тобто відсутності тупикових ситуацій) зводиться до задачі досяжності переходів. Однак це питання є досить складним, і в рамках загальної моделі функціонування системи станційної автоматики його однозначне рішення не можливо. Крім того запропонована модель не має у своєму складі засобів опису структури системи і апарату маніпулювання даними. У зв'язку з цим, необхідно більш деталізувати загальну модель, а саме: виділити об'єкти системи автоматики, провести аналіз функціонування та здійснити синтез приватних моделей об'єктів.

В результаті реалізації моделі складена статистична функція розподілу тривалості проміжку часу між подіями об'єкту «світлофор Ч», розраховані середні арифметичні значення та статистична дисперсія для основних типів об'єктів обробки статистичних даних на ЕОМ, за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення.

Суттєвою відмінністю даного дослідження від уже відомих у стандартизації моделей безпечно управління системами станційної автоматики є стандартизація моделей зі збільшенням кількості станів для вирішення проблем оцінювання якості (технічного стану) стаціонарних об'єктів та застосування їх

у мікропроцесорних системах, котрі розробляються на базі існуючих датчиків інформації [6].

Реалізація таких моделей дозволить створити стандарт на відображення та сприяти розв'язанню проблеми збільшення швидкості руху поїздів з одночасним зменшенням витрат часу на простоті.

Висновки. Визначено, що систематична зміна нормативної бази забезпечить плавний перехід від різних моделей управління до стандартизованих моделей безпечно управління стаціонарними об'єктами залізничної автоматики. На базі отриманої множини пристроїв залізничної автоматики визначені окремі (базові) стани СОЗА, для цього розглянуто процес функціонування пристроїв станційної автоматики в частині взаємодії з підлоговим обладнанням і черговим по станції. Удосконалена математична модель функціонування системи станційної автоматики.

Визначено, що моделі цього рівня дозволяють реалізувати експертні системи за дистанційною оцінкою технічного стану самих елементів залізничної автоматики. Додаткові стани вимагають більшого інформаційного поля для їх представлення і передачі по каналах зв'язку. Для реалізації моделей в системах управління доцільно застосовувати енергозбережні технології світового рівня.

Л і т е р а т у р а

1. Глушков В. М. Синтез цифровых автоматов. Том 1. М.: Физматгиз, 1962.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. - М.: Мир, 1984. - 264с.
3. Мойсеенко В. И., Поддубняк В. Й., Радковский С. А. Моделирование состояний объектов систем железнодорожной автоматики. //Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. 4/2001, Харьков. - С. 40-44
4. Грунтов П. С., Бабченко С. А., Захаров И. Е. Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте. Учебное пособие. Ч. II / Под ред. Грунтова П. С.; БелИЖТ, 1987. - 69 с.
5. Дубов Ю. А., Травкин С. И., Якимец В. Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. М.: Наука, 1986.
6. Гринь В. Ф. Программная увязка управляющей вычислительной машины и диспетчерской централизации. В сб. Кибернетика и транспорт. - М: «Наука», 1967. - С. 101-117.
7. Загарий Г. И., Федюшин Ю. М. Моделирование процесса перевозок на железных дорогах Украины с помощью расширенных сетей Петри // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. 4/1997, Харьков. - С. 52-56.

References

1. Glushkov V. M. Synthesis of digital automats. Tom 1. M.: Fizmatgiz, 1962.
2. Piterson. Theory of petrinets and design of the systems. it is M.: the World, 1984. - 264с.
3. Moiseenko V. And., Suboakery of V. Й., Radkovskiy S. And. Design of the states of objects of the systems of railway automation. //Informatively-managing systems on a railway transport. 4/2001, Kharkiv. - С. 40-44

4. Gruntov P., Babchenko C. And., Zacharov And. E. CASS of management on a railway transport. Train aid. Ч. II / Under ред. Грунтова П. С.; БелИЖТ, 1987. - 69 p.
5. Dubrov of Ю. And., Travkin C. And., Yakimets V. H. Multicriterion models of forming and choice of variants of the systems. M.: Science, 1986.
6. Grin B. Ф. Programmatic tying up of managing calculable machine and controller's centralization. In сб. Cybernetics and transport. it is M: «Science», 1967. _ С. 101-117.
7. Zagariy and., Fedyushin M. Design of process of transportations on the railways of Ukraine by means of the extended petrinets // Informatively-managing systems on a railway transport. 4/1997, Kharkiv. _ С. 52-56.

Черников В.Д., Наталуха Н.В., Брагин Н. И. Усовершенствование моделей функционирования стационарных объектов железнодорожной автоматики.

Проведен анализ существующих моделей функционирования стационарных объектов железнодорожной автоматики. Исследование и анализ схем включения стационарных устройств железнодорожной автоматики показал их достаточное, адекватное воссоздание в виде множества входных сигналов для построения информационных моделей систем объектов железнодорожной автоматики. Рассмотрен процесс функционирования устройств станционной автоматики в части взаимодействия с напольным оборудованием и дежурным по станции. Усовершенствована математическая модель функционирования системы станционной автоматики. Определено, что систематическое изменение нормативной базы обеспечит плавный переход от разных моделей управления к стандартизированным моделям безопасного управления стационарными объектами железнодорожной автоматики.

Ключевые слова: усовершенствование, модель, автоматика, стационарный объект, дежурный по станции, напольное оборудование.

Chernikov V, Nataluha N., Bragin N. Improving functioning models of stationary objects railway automatics.

The analysis existing models of stationary objects functioning railway automation. Research and analysis switching circuits fixed rail automation devices showed them sufficient, adequate reproduction in a plurality of input signals for building information models railway automation objects. The process functioning the station automation devices in terms of interaction with the equipment and the floor next to the station. Advanced mathematical model station automation system. Determined that the systematic change in the regulatory framework will ensure a smooth transition different management models to standardized models stationary objects safe management of railway automation. The essential difference between the study already known models in the standardization safe automation systems control the station is to standardize models with an increasing number of states to address quality evaluation (technical condition) stationary objects and their use in microprocessor-based systems, which are developed on the basis of existing sensor information.

Keywords: improvement model, automatic, stationary object, duty station, floor equipment.

Черніков В.Д. – ст. викл. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Наталуха Н.В. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Брагин М.І. – аспірант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Рецензент: Соколов В.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 13.03.2015

УДК 656.225

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОСТИ**Чернецкая-Белецкая Н.Б., Баранов И.О., Солдаткин Д.О.****ANALYSIS OPTIONS FOR TRAFFIC CONTROL RAILWAYS IN TERMS OF UNEVEN****Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Soldatkin D.**

В статье выполнен анализ и исследование неравномерности объёмов перевозок, поездной и грузовой работы. Проведен анализ влияния неравномерности на эксплуатационную работу железных дорог. Освещены основные факторы, влияющие на эксплуатационную работу железных дорог. Предложены базовые показатели качества работы железнодорожных структур. Установлено, что решающее значение для сокращения задержек поездов имеет оптимизация регулирования загрузки участков и станций. Предложены основные приемы коррекции и адаптации решений с использованием обратных связей.

Ключевые слова: перевозочный процесс, неравномерность, эксплуатационная работа, фактор, пропускная способность.

Введение. Железнодорожный транспорт характеризуется неравномерностью эксплуатационной работы. Неравномерность эксплуатационной работы вызывается большим числом факторов. Их можно условно подразделить на три группы: экономические, технические и организационные.

К экономическим факторам относятся колебания выпуска продукции предприятиями, связанные с сезонностью производства, изменение связей между районами производства и потребления, таможенные операции, заключение сделок на поставку продукции и товаров и т.п.

К техническим факторам относятся случайный характер поездообразования на станциях формирования поездов, маршрутизация перевозок по роду груза, что влечет за собой увеличение неравномерности подхода вагонов под выгрузку, отказы технических средств и др.

К организационным факторам можно отнести установившиеся режимы работы предприятий (перерывы в выходные и праздничные дни), предоставление "окон" для ремонтных и реконструктивных работ, сгущение подвода поездов к пунктам сдачи перед отчетным часом, наличие в графике движения пассажирских поездов и т.п.

Экономические факторы влияют преимущественно на колебания грузопотоков по длительным периодам - сезонам, месяцам; технические - вызывают в основном суточную неравномерность вагонопотоков.

Сгущение работы в отдельные периоды суток (внутри-суточная неравномерность), как правило, определяется организационными условиями.

Постановка проблемы. Влияние неравномерности движения на эксплуатационную работу прежде всего относится к неравномерности грузовых перевозок. Прежде всего это относится к перевозочной мощности железнодорожных линий. Не менее ощутимо влияет неравномерность перевозок и на размеры перевозочных средств, необходимых для освоения заданных объёмов работы.

Потребность в вагонном парке находится в прямой зависимости от размеров работы вагонов. Поэтому даже временное превышение объема перевозок влечет за собой увеличение потребности в вагонном парке. Нарушение ритма в работе предприятий, а особенно перерывы в выходные дни и ночные периоды, увеличивают продолжительность нахождения вагонов под грузовыми операциями и тем самым увеличивают их оборот, что в свою очередь повышает потребность в рабочем парке вагонов. Аналогично, увеличение размеров движения, вызываемое неравномерностью перевозок, сказывается на повышении потребности в локомотивах.

Большое значение имеет также учет необходимых размеров колебаний числа поездов и при разработке графика движения.

Неравномерность движения оказывает большое влияние и на оперативную работу. Неизбежные колебания размеров движения чрезвычайно затрудняют регулирование локомотивного парка на длинных участках обращения. Правильно учесть их влияние означает более экономично использовать локомотивный парк.

Неравномерность поступления грузов под выгрузку бесспорно влияет на использование не только вагонов, но и разгрузочных механизмов, а также емкость фронтов и производительность труда рабочих. Изучение закономерностей поступления грузов под выгрузку позволяет лучше организовать местную работу участков. Изучение неравномерности объёмов перевозок, умение отличить неизбежные колебания от сгущений или перерывов, вызываемых неправильно установлен-

ними режимами и подлежащих устранению, помогает существенным образом улучшить использование перевозочных средств и сократить потребности в подвижном составе. Различают сезонную, суточную, внутрисуточную неравномерности. Изменение объемов перевозок по периодам года (кварталам, месяцам) принято называть сезонной неравномерностью перевозок.

Внутрисуточная неравномерность проявляется как в грузовой работе - выполнении погрузки, выгрузки, так и в сгущении в определенные периоды суток размеров движения поездов. В основе нарушения внутрисуточного ритма лежат преимущественно организационные причины.

В поездной работе также наблюдается внутрисканционная неравномерность. Это преимущественно вызвано уменьшением интервала между грузовыми поездами вследствие занятия перегонов пассажирскими поездами. Рассматривая причины возникновения неравномерности, нетрудно заметить, что отдельные виды неравномерности имеют либо случайный, либо закономерный характер. Так, неравномерность поездобразования случайна вследствие случайного характера поступления в сортировочный парк замыкающих накопление групп вагонов. Сгущения грузовых поездов в графике из-за пропуска пассажирских или наличия постоянного "окна" являются закономерными. Накладываясь друг на друга, эти виды неравномерности в целом образуют случайный характер колебаний эксплуатационной работы по суткам.

Поскольку управление эксплуатационной работой базируется на суточных периодах и показателях при месячном объеме работы, установленном техническими нормами, учёт суточной неравномерности оказывает существенное влияние на расчёт эксплуатационных показателей. С другой стороны, знание закономерностей суточной неравномерности позволяет находить пути ее снижения и уменьшения ее влияния на эксплуатационные процессы.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблемы неравномерности в эксплуатационной работе железных дорог детально исследованы в работах А.К. Угрюмова [1], Ю.В. Дьякова [2], Д.Ю. Левина, В.И. Некрашевича и В.И. Бодюла.

Неравномерность всех эксплуатационных процессов в конечном итоге выражается в неравномерности вагонопотоков и поездопотоков, т.е. размеров движения поездов на участках. В исследовании д.т.н. профессора А.К. Угрюмова [1] установлено, что суточные колебания вагонопотоков и размеров движения поездов подчиняются закону нормального распределения.

Цель. Целью работы является анализ и исследование неравномерности объёмов перевозок, поездной и грузовой работы, а также ее влияния на эксплуатационную работу железных дорог.

Результаты исследований. Неравномерность поездопотоков по направлениям приводит к тому, что на линиях с одинаковым среднесуточным поездопотоком в обоих направлениях имеет место максимальный встречный пробег резервных локомотивов. С увеличением разницы среднесуточных поездопотоков

по направлениям встречный пробег резервных локомотивов уменьшается и при определенной величине этой разницы исчезает совсем, так как избыток локомотивов в преимущественном направлении компенсирует все колебания поездопотока обратного направления. В этих условиях регулировка локомотивов упрощается, так как резервом локомотивы отправляются только в обратном направлении.

В целях сглаживания неравномерности в дальнейших исследованиях будут предложены алгоритмы и методики управления погрузкой и ее привязки к нитке графика.

Временная неравномерность интенсивности движения поездов может быть охарактеризована коэффициентом неравномерности, который может быть определен для любого периода времени (за год, месяц, сутки, час). Колебания интенсивности движения грузовых поездов в течение месяца, вызваны изменением объема грузовой работы по дням недели, предоставлением "окон" для ремонтных и строительных работ, а также недостатками в регулировании локомотивного парка и повышенными заданиями по сдаче порожних вагонов.

Другими возможностями уменьшения влияния задержек на выполнение графика движения являются, сокращение времени простоя составов на станциях технического обслуживания и использование свободных ниток графика для ускорения пропуска поездов. Изменение порядка пропуска поездов позволяет сократить число скрещений поездов и продолжительность их стоянок на станциях по сравнению с максимальным графиком.

Решающее значение для сокращения задержек поездов имеет оптимизация регулирования загрузкой участков и станций, что в условиях ДЦУ решать будет гораздо легче, чем в существующих условиях. Анализ теоретических исследований работы железных дорог Украины и других стран позволяет сделать вывод о том, что наиболее рациональной системой организации движения грузовых поездов является твердый график. Одной из основных проблем на пути практической реализации движения поездов по графику являются непредвиденные сбои, отклонения от заранее разработанного плана [3].

Организация поездной и местной работы на направлении во многом зависит от интенсивности движения, плотности потока поездов, скорости движения, продолжительности задержек поездов [4]. В условиях реализации информационных технологий в работе по твердому графику, на железных дорогах Украины должны быть задействованы приемы коррекции и адаптации решений с использованием обратных связей: отслеживание реального заполнения ниток графика поездами, анализ практически реализуемых веса и длины поездов, что позволяет периодически корректировать график. В излагаемых условиях базовыми показателями качества работы, на реализацию которых должны быть направлены усилия железнодорожных структур, становятся:

- практически реализуемые вес и длина поездов в целом, по категориям и по ниткам графика в сравнении с графиковыми нормативами (в %);

- уровень выполнения графика грузовых поездов по отправлению, проследованию и прибытию - по техническим станциям (в %);

- выполнение согласованных параметров по погрузке и отправлению вагонов с грузовых пунктов (количество и процент к согласованным заданиям);

- выполнение железной дорогой согласованных заданий по подаче вагонов под погрузку (количество и процент к согласованному заданию, нарушение технологических нормативов по времени в установленных грациях);

- выполнение клиентурой согласованных заданий по выгрузке, высвобождению погрузочных ресурсов (количество и процент к согласованному заданию, нарушение технологических нормативов по времени в установленных грациях);

- реализация схемных решений в работе железнодорожных станций и узлов при работе по жесткому графику движения поездов.

Выводы. Неравномерность объемов перевозок, поездной и грузовой работы зависит от многих факторов, влияющих на эксплуатационную работу железных дорог, неизбежно вызывая значительные межоперационные простои вагонов и поездов на станциях и участках. Наличие сезонной и суточной неравномерности движения в условиях повышенной дальности перевозок вызывает необходимость выполнения условий полновесности (полносоставности) грузовых поездов, что объективно приводит к недоиспользованию графиковых ниток, что в свою очередь ведёт к невыполнению норм оборота локомотивов и бригад и вызывает большие межоперационные простои.

Установление критериев отклонений и характера суточной неравномерности позволяет за счёт применения системы организационных мер, включая календарное планирование погрузки, ее сгущение, значительно снизить неравномерность и решить ряд эксплуатационных задач, а именно: пропускной способности, графика движения поездов, расчета потребности в локомотивах, использования локомотивов, определения оптимальной длины "плеча" тягового обслуживания.

Дальнейшее изучение неравномерности перевозок и ее влияния на эксплуатационную работу железных дорог требует разработки новой технологии организации железнодорожных перевозок на основе информационных технологий, стержнем которой должен быть твердый график движения поездов.

Литература

1. Угрюмов А.К. Неравномерность движения поездов. М., Транспорт, 1968 г., 112 с
2. Дьяков Ю.В., Расулов М.Х. Технология перевозок и график движения. Железнодорожный транспорт №4, 1991 г.
3. Поплавский А.А. Создание эффективной управляющей системы для оперативного руководства перевозочным процессом на железнодорожном транспорте. М. Интекст. 2007 г., 184 с.

4. Филипченко С.А. Развитие нормативно-технологической основы перевозочного процесса // "Железнодорожный транспорт", 2003г., №11, с.31-35.

References

1. Ugriymov A. The unevenness of the movement trains. M., Transport, 1968 112p.
2. Dyakov Y, Rasulov M. Technology and transportation timetable. Rail transport №4, 1991.
3. A. Poplawski. Creating an effective control system for operational management of transportation process in rail transport. M. Intekst. 2007, 184 p.
4. Filipchenko S. Development regulatory and technological basis transportation process // "Rail", 2003., №11, p.31-35.

Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Солдаткін Д.О. Аналіз варіантів управління перевізним процесом на залізничному транспорті в умовах нерівномірності.

У статті виконаний аналіз і дослідження нерівномірності обсягів перевезень, поїзної і вантажної роботи. Проведено аналіз впливу нерівномірності на експлуатаційну роботу залізниць. Висвітлено основні чинники, що впливають на експлуатаційну роботу залізниць. Запропоновано базові показники якості роботи залізничних структур. Встановлено, що вирішальне значення для скорочення затримок поїздів має оптимізація регулювання завантаженням ділянок і станцій. Запропоновано основні прийоми корекції та адаптації рішень з використанням зворотних зв'язків.

Ключові слова: перевізний процес, нерівномірність, експлуатаційна робота, фактор, пропускна здатність.

Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Soldatkin D. Analysis options for traffic control railways in terms of uneven.

In the article analysis and research uneven volume of traffic, train and freight operations. The influence non-uniformity in the operational performance railways. Highlights key factors influencing operational performance of railways. Proposed baseline quality railway structures. It was established that critical to reducing train delays has optimization control loading areas and stations. Proposed the basic techniques of correction and adaptation solutions using feedbacks. Establishing criteria and the nature deviations daily non-uniformity allows through the use of organizational measures, including scheduling loading, its concentration, significantly reduce uneven and solve a number operational tasks, namely bandwidth, train schedule, the calculation need for locomotives, use locomotives, determine optimal length "arm" traction service. In order to smooth the unevenness in further studies will be proposed algorithms and techniques of control loading and binding to the thread chart.

Keywords: transportation process, unevenness, maintenance work, factor, bandwidth.

Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., завідувач кафедрою "Логістичне управління та безпека руху на транспорті", СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Баранов І.О. – аспірант кафедри "Логістичне управління та безпека руху на транспорті", СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Солдаткін Д.О. – магістрант кафедри "Логістичне управління та безпека руху на транспорті", СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

УДК 629.4.083

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ШВИДКОСТІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВА ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Обозний О.М.

DETERMINATION OF DEPENDING OF MODIFICATION SPEED OF LOCOMOTIVE'S NODES PARAMETERS FROM OPERATING CONDITIONS

Obozny O.

В статті розглянуто питання визначення залежності швидкості зміни параметрів вузлів локомотива від умов експлуатації. Також розглянуто питання прогнозування технічного стану локомотива, враховуючи швидкість протікання процесу зміни властивостей вузлів локомотива. Визначено залежність ймовірності безвідмовної роботи локомотива при зміні параметрів вузлів по лінійному закону. Наведено перелік показників рейсу, які найбільшою мірою впливають на зміну технічного стану локомотива.

Ключові слова: ймовірність безвідмовної роботи, технічний стан локомотива, прогнозування, швидкість протікання процесу, показники рейсу.

Вступ. Локомотив, як будь-яка складна транспортна машина, має обмежену надійність, що обумовлено об'єктивними причинами: зношенням партертя, старінням та втомленням матеріалів, втратою функціональних властивостей робочих рідин, порушенням зазорів, регулювань, накопичення яких може призвести до неочікуваних відмов вузлів і агрегатів локомотива під час виконання рейсу.

Для запобігання таких випадків в системі експлуатації та ремонту локомотивів розроблено ряд запобіжних заходів, направлених на підтримання працездатності локомотива протягом всього терміну експлуатації.

Постановка проблеми. Для технічних засобів передбачені три групи показників надійності: довговічності, безвідмовності, ремонтпридатності. В кожній групі передбачені одиничні показники: ресурс, напрацювання на відмову, працездатність відновлення і т.д.

Однак дані показники не дають цілісного представлення про фактичний технічний стан і фактичну надійність локомотива, так як вони існують відокремлено і не пов'язані єдиним критерієм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання визначення надійності роботи вузлів локо-

мотива розглядалося у багатьох роботах, зокрема в роботах Е.Д. Тартаковського, В.Г. Пузиря, О.В. Устенко. [1, 2, 3]. Однак, в цих роботах не приділялася увага впливу умов експлуатації на технічний стан вузлів і локомотива в цілому.

Мета статті. Визначення залежності швидкості зміни параметрів вузлів локомотива від умов експлуатації.

Результати досліджень. Зміни, що відбуваються у вузлах локомотива з часом і призводять до втрати його працездатності, пов'язані із зовнішніми і внутрішніми впливами на них. Існують три основних джерела впливу на вузли локомотива:

- дія енергії зовнішнього середовища, включаючи людину, яка виконує функції оператора, здійснюючи експлуатаційну роботу або ремонт, технічне обслуговування чи передрейсову підготовку;

- внутрішні джерела енергії, пов'язані з робочими процесами, що проходять у вузлах локомотива;

- потенціальна енергія, накопичена в матеріалах конструкції локомотива в процесі експлуатації.

Основними формами енергії, що впливають на працездатність об'єктів є: механічна, теплова, хімічна, електромагнітна. Ці форми енергії, діючи на вузли локомотива викликають в них процеси, що погіршують початкові параметри і можуть призвести до відмови (рис. 1).

В результаті дії тієї чи іншої енергії пошкодження вузла може відбутися не відразу. Часто перед періодом зовнішнього прояву, тобто пошкодженням вузла, існує період накопичення впливів. Наприклад, для початку розвитку втомної тріщини необхідна певна кількість циклів змінних напружень.

Під пошкодженням вузла розуміється відхилення його параметрів від початкових. Якщо ці відхилення перевищують допустимий рівень, то може відбутися відмова вузла [4].



Рис. 1. Схема зміни властивостей і станів вузлів локомотива

Часто зміна параметру вузла локомотива Y підпорядковується лінійному закону

$$Y = \gamma \cdot t, \tag{1}$$

де γ – швидкість протікання процесу, яка залежить, як правило, від великої кількості випадкових факторів – від навантаження, температури, умов експлуатації і т.д.

Найбільш часто швидкість протікання процесу підпорядкована нормальному закону розподілення (рис. 2)

$$f(\gamma) = \frac{1}{\sigma_\gamma \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(\gamma_\gamma - \gamma_{cp})^2}{2\sigma_\gamma^2} \right\}. \tag{2}$$

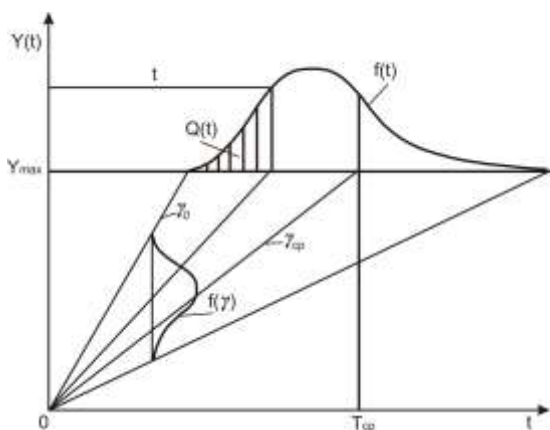


Рис. 2. Модель зміни параметру вузла локомотива по лінійному закону

Гранично допустиме значення параметрів Y_{max} встановлюється з умови правильності функціонування об'єкту. При $Y = Y_{max}$ настає граничний стан, який і визначає термін служби вузлів локомотива до відмови $t = T$. Термін служби є функцією випадкового аргументу, тобто

$$T = \frac{Y_{max}}{\gamma}. \tag{3}$$

Ймовірність безвідмовної роботи вузла визначається наступною залежністю

$$P(t) = 0,5 + \hat{O} \left(\frac{Y_{max} - \gamma_{cp} \cdot t}{t \cdot \sigma_\gamma} \right). \tag{4}$$

Якщо в початковий момент часу існує розкид значень параметру Y , тоді термін служби об'єкта є функцією двох незалежних аргументів Y_0 та γ

$$T = \frac{Y_{max} - Y_0}{\gamma}. \tag{5}$$

Приймаючи, що випадкові аргументи Y_0 та γ розподілені по нормальному закону і лінійна зміна $Y(t)$ за часом

$$P(t) = 0,5 + \hat{O} \left(\frac{Y_{max} - Y_0 - \gamma_{cp} \cdot t}{\sqrt{\sigma_{Y_0}^2 + \sigma_\gamma^2(t) \cdot t^2}} \right) \tag{6}$$

У [5] було вказано, що одними з основних функцій системи управління передрейсовою підготовкою локомотивів є прогнозування технічного стану локомотива і визначення можливості локомотивом рівня можливості конкретного локомотива виконати конкретний рейс з відомими параметрами.

Для забезпечення оцінки технічного стану локомотива перед виконанням рейсу і після його завершення необхідно визначити критерій, який би комплексно охоплював показники надійності вузлів локомотива і вплив на них негативних параметрів рейсу.

Для оцінки технічного рівня локомотива під час виконання рейсу необхідно визначити ряд параметрів, що в найбільшій мірі впливають на його фактичний технічний стан.

Кількість показників не повинна бути надто великою, але в достатньо точній мірі враховувати основні чинники, які найбільшою мірою знижують показники надійності роботи вузлів локомотива.

Для оцінки технічного стану локомотива під час передрейсової підготовки доцільно використовувати наступні показники:

- Q , т – найбільша вага поїзда;
- V_p , км/год – рейсова швидкість локомотива;
- L , км – довжина плеча;
- R , км – найбільший радіус кривої;
- I_i , % – найбільший підйом;
- I_c , % – найбільший спуск;

$G_{a.i.}$, т (кВт·год) – витрати матеріалів і енергетичних ресурсів;

T_p , км (год) – загальний ресурс локомотива до виконання капітального ремонту.

Технічний рівень локомотива можна математично описати в загальному вигляді як деяку функцію критерію T від параметрів його оцінки

$$T = f(Q, V_p, L, R, I_i, I_c, G_{a.i.}, T_p) \quad (7)$$

Висновок. Кількість рейсів, які локомотив зможе виконати на певних плечах обслуговування, залежить від умов експлуатації, а саме довжини плеча, ваги поїзда, наявності кривих різних радіусів, ухилів, підйомів. Кожен з цих чинників негативно впливає на поточний технічний стан локомотива.

Література

1. Пузир, В.Г. Наукові основи удосконалення технології передрейсової підготовки локомотивів та локомотивних бригад [Текст]: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.07, 05.22.20 / Пузир Володимир Григорович. – Х., 2005. – 368 с. – Бібліогр.: с. 280 – 299.
2. Тартаковский, Э.Д. Качество ремонта и надежность тепловозов [Текст] / Э.Д. Тартаковский. – М.: Транспорт, 1973. – 81 с.
3. Тартаковский, Э.Д. Основы автоматизации технического обслуживания, диагностирования и ремонта локомотивов [Текст]: Учебн. пособие. - ч.III. / Э.Д. Тартаковский, А.В. Устенко, В.Г. Пузырь. – Харьков: ХИИТ, 1992. – 74 с.
4. Острейковский, В.А. Теория надежности [Текст]: Учеб. Для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
5. Обозный, О.М. Розробка методики прийняття рішення про видачу локомотива в рейс на основі аналізу його фактичного технічного стану [Текст] / О.М. Обозный, С.В. Бобрицький // Зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2014, – Вип. 149 – С. 71 – 75.

References

1. Puzyr, V.G. Naukovi osnovy udoskonalennja tehnologii' peredrejsovoi' pidgotovky lokomotyviv ta lokomotyvnyh brygad [Tekst]: dys. ... dokt. tehn. nauk: 05.22.07, 05.22.20 / Puzyr Volodymyr Grygorovych. – H., 2005. – 368 s. – Bibliogr.: s. 280 – 299.
2. Tartakovskij, Je.D. Kachestvo remonta i nadezhnost' teplovozov [Tekst] / Je.D. Tartakovskij. – M.: Transport, 1973. – 81 s.
3. Tartakovskij, Je.D. Osnovy avtomatizacii tehničeskogo obsluzhivanija, diagnostirovanija i remonta lokomotivov [Tekst]: Uchebn. posobie. - ch.III. / Je.D. Tartakovskij, A.V. Ustenko, V.G. Puzyr'. – Har'kov: HIIT, 1992. – 74 s.
4. Ostrejkovskij, V.A. Teorija nadezhnosti [Tekst]: Ucheb. Dlja vuzov / V.A. Ostrejkovskij. – M.: Vyssh. shk., 2003. – 463 s.

5. Oboznyj, O.M. Rozrobka metodyky pryjnattja rishennja pro vydachu lokomotyva v rejs na osnovi analizu jogo faktychnogo tehničnogo stanu [Tekst] / O.M. Oboznyj, S.V. Bobryc'kyj // Zb. nauk. pr. / Ukr. derzh. akad. zaliznych. transp. – H., 2014, – Vyp. 149 – S. 71 – 75.

Обозный А.Н. Определение зависимости скорости изменения параметров узлов локомотива от условий эксплуатации.

В статье рассмотрен вопрос определения зависимости скорости изменения параметров узлов локомотива от условий эксплуатации. Также рассмотрен вопрос прогнозирования технического состояния локомотива, учитывающая скорость протекания процесса изменения свойств узлов локомотива. Определена зависимость вероятности безотказной работы локомотива при изменении параметров узлов по линейному закону. Приведен перечень показателей рейса, которые наиболее влияют на изменение технического состояния локомотива. Сделан вывод, что оценка технического состояния узлов локомотива является многокритериальной и включает в себя анализ параметров рейса и основных параметров узлов локомотива.

Ключевые слова: *вероятность безотказной работы, техническое состояние локомотива, прогнозирование, скорость протекания процесса, показатели рейса.*

Obozny O. Determination of depending of modification speed of locomotive's nodes parameters from operating conditions.

In the article reviewed the question of determining the dependence of the rate of change of parameters locomotives operating conditions. Also reviewed the issue of forecasting technical condition of the locomotive, given the speed of the process changes the properties of locomotives. The dependence of the probability of failure-free operation of the locomotive when the parameters of nodes in a linear law. Showed the list of indicators of route that are most affected by a change in the technical condition of the locomotive. Done conclusion that technical evaluation units locomotive on preroute preparation is multicriteria, and includes analysis parameters of route and the basic parameters of the locomotive units. The number of routes that can perform locomotive on the some service shoulders depends on conditions such as shoulder length, weight of train, the presence of different curves radius, slopes, climbs. The more harder profile path, the greater the weight of the train and shoulder length, the greater the speed settings will deteriorate units and the smaller the number of flights will perform locomotive.

Keywords: *the probability of failure-free operation, the technical condition of the locomotive, forecasting, speed of the process, indicators of route.*

Обозный О.М. – асистент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Української державної академії залізничного транспорту, e-mail: obozny@rambler.ru.

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

УДК 629.7

ВЕНТИЛЯТОР С ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИННОЙ ЛОПАТКИ

Гусенцова Е.С.

FAN WITH VARYING LENGTH OF BLADES

Gusentsova E.

В статье выполнен анализ различных способов регулирования производительности осевых вентиляторов. Предложена конструкция вентилятора с переменной длиной рабочих лопаток для регулирования его производительности, на которую получен патент Украины. Кроме того, вентилятор содержит конусную обечайку, которая имеет возможность перемещаться в осевом направлении, обеспечивая минимальный зазор между рабочими лопатками и обечайкой на переменных режимах. Показано, что предложенный способ регулирования обладает высоким КПД в широком диапазоне изменения производительности вентилятора.

Ключевые слова: осевой вентилятор, рабочие лопатки, регулирование производительности, конусная передвижная обечайка, характеристик вентилятора, эффективность работы

Введение. Вентиляторы, в частности осевые, представляют собой один из видов лопаточных машин. Они получили самое широкое распространение во многих отраслях техники, в частности, системах охлаждения транспортных установок. Работа вентилятора системы охлаждения транспортной установки сопровождается достаточно частым изменением его производительности. Поэтому, ее эффективность в значительной степени зависит от эффективности работы системы охлаждения и вентилятора.

Постановка проблемы. Простейшим, но неэкономичным способом уменьшения производительности является дросселирование с помощью шибера, расположенного перед вентилятором или за ним [1].

При уменьшении производительности до 50% экономия мощности составляет для лопаток, загнутых назад, лишь 15% от нормальной мощности. Для других форм лопаток при той же степени дросселирования экономия составляет примерно 40% нормальной мощности.

При увеличении производительности на 50% (что с технической точки зрения осуществить с помощью дросселя невозможно) лопатки, загнутые назад, не дают сколько-нибудь заметного увеличения

потребляемой мощности. Потребляемая мощность повышается для лопаток, загнутых вперед, на 60%, для радиальных стальных лопаток - на 37%.

Отсюда следует, что регулирование дросселем для лопаток, загнутых назад, не целесообразно. Что касается других форм лопаток, то такой способ регулирования оправдывает себя экономически лишь для малых установок.

Регулирование производительности изменением скорости вращения рабочего колеса является наиболее экономичным, так как при уменьшении скорости вращения (n') потребляемая мощность снижается пропорционально отношению скоростей вращения в степени 2,5...3.

Коэффициент полезного действия меняется в зависимости от изменения скорости вращения. Уменьшенная потребляемая мощность составляет

$$N' = \left(\frac{n'}{n} \right)^{2.5 \dots 3}$$

Например, уменьшенная вдвое производительность при сниженной вдвое скорости вращения требует только примерно 1/8...1/6 номинальной мощности. Несмотря на повышение стоимости электродвигателя, используемого для регулирования скорости вращения, этот способ регулирования для вентиляторов больших размеров наиболее экономичен.

Анализ последних исследований и публикаций. Комбинация дешевого, но неэкономичного регулирования с помощью дросселя с частичным регулированием скоростью вращения позволяет добиться экономии мощности, что делает экономичной эксплуатацию даже вентиляторов больших размеров.

Отметим также возможность регулирования производительности вентилятора с помощью направляющих лопаток на входе в рабочее колесо, поворотом рабочих лопаток, спрямляющего аппарата.

Изменение угла поворота лопаток рабочих колес приводит к широкому изменению производительности и давления в области приемлемых КПД (рис. 1). Однако такой способ существенно усложняет конструкцию вентилятора, если необходимо изменять параметры работы вентилятора в процессе его работы без остановки [1].

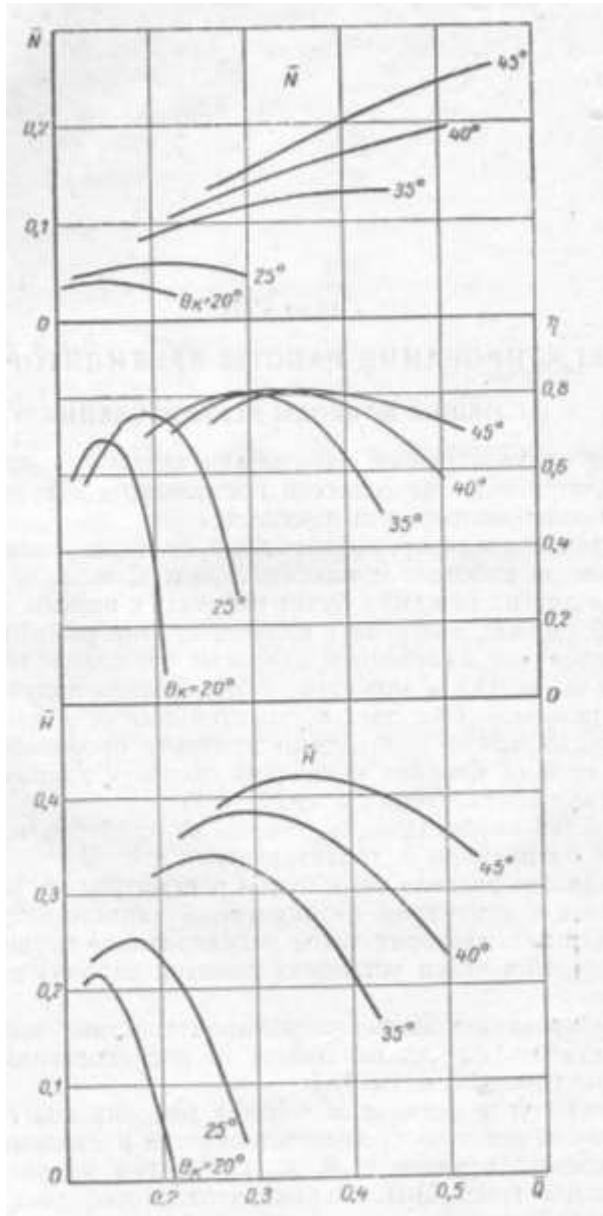


Рис. 1. Регулирование параметров вентилятора поворотом рабочих лопаток

При регулировании поворотом лопаток направляющего аппарата (рис. 2) в некотором диапазоне изменения углов КПД остается достаточно высоким, а затем резко уменьшается. При этом способе регулирования достигается значительное изменение потребляемой мощности, что используется для пуска крупных вентиляторов: перед пуском направляющий аппарат становится в положение, соответствующее наибольшему снижению мощности. Важно

также отметить, что регулирование направляющим аппаратом может осуществляться на ходу, без остановки вентилятора.

Целью статьи является разработка и исследование способа регулирования с помощью изменения длины рабочих лопаток и определение его эффективности.

Результаты исследований. На кафедре гидрогазодинамики ВНУ им. В. Даля проведены исследование по определению экономичности регулирования производительности осевого вентилятора изменением длины лопаток. С этой целью разработана конструкция рабочего колеса с изменяющейся длиной рабочих лопаток (относительного диаметра втулки) [2].

Величину относительного диаметра втулки \bar{d} при заданной производительности Q стремятся сделать как можно меньшей, так как это способствует уменьшению диаметра вентилятора. Уменьшение \bar{d} часто ограничивается конструктивными соображениями, связанными с размещением данного числа лопаток, особенно при выполнении их поворотными, как это обычно и делается, например, у шахтных вентиляторов главного проветривания. Минимальная величина \bar{d} может также ограничиваться условием размещения электродвигателя во втулке направляющего аппарата.

В соответствии с Международным стандартом ISO 5801 [3] и стандартом ГОСТ 10921–90 [4] существуют четыре типа стенов, на которых могут быть получены в лабораторных условиях аэродинамические характеристики вентиляторов. Эти стеноды максимально приближены к четырем реально существующим компоновкам вентиляторов в сети. Схема используемого стенода приведена на рис. 3.

Исследуемый вентилятор (рис. 4) состоит из рабочего колеса (втулка 1 и лопатки 2, длина которых может изменяться механизмом, размещенным во втулке) и подвижной обечайки 3. При уменьшении длины лопаток обечайка перемещается в осевом направлении, сохраняя необходимый зазор между концами лопаток и ее корпусом.

Результаты экспериментов приведены на рис. 5 и 6.

Экономичность вентиляторной установки достаточно полно оценивается ее средневзвешенным КПД, определяемым в пределах зоны экономичного регулирования $\eta_{у.л\bar{d}}$. Его величина для вентиляторных установок с плавным изменением режимов (регулирование направляющим аппаратом и изменением длины рабочих лопаток) и для установок со ступенчатым изменением режимов (с неподвижными лопатками различно).

Для первого случая зона разбивается на достаточно большое число квадратов, причем характерные точки выбираются в центре каждого из них. Затем определяется $\eta_{у.л\bar{d}}$.

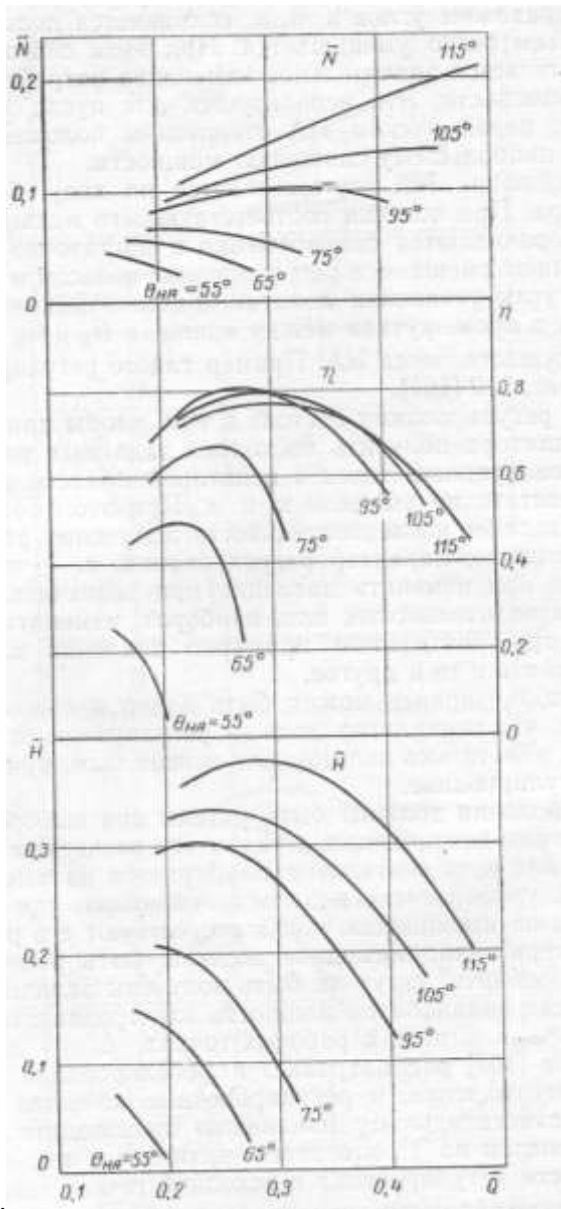


Рис. 2. Регулирование параметров вентилятора поворотом лопаток направляющего аппарата

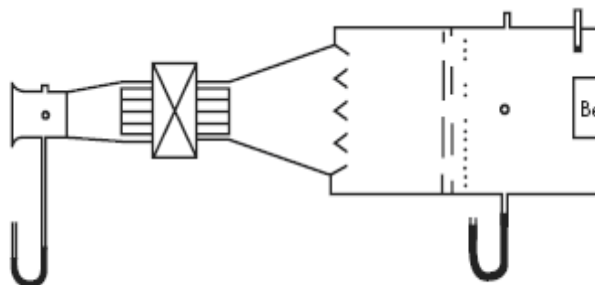


Рис. 3. Схема стенда для испытания осевых вентиляторов

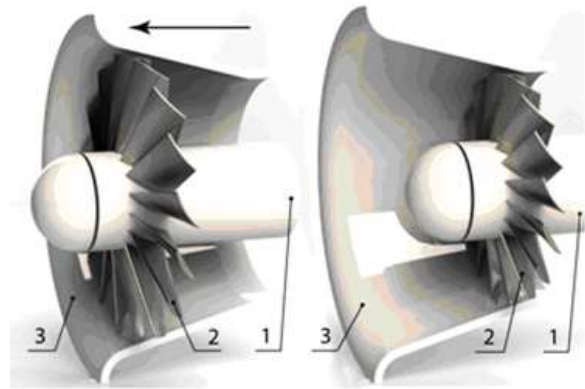


Рис. 4. Осевой вентилятор с переменной длиной лопаток

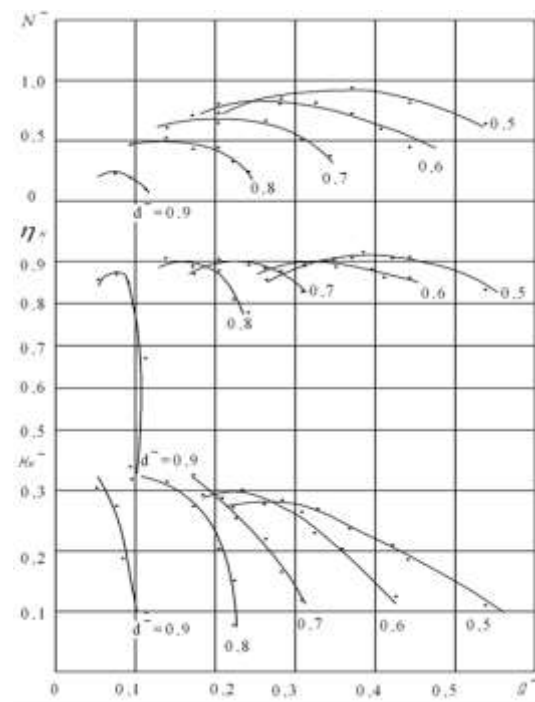


Рис. 5. Характеристики вентилятора при различном втулочном отношении.

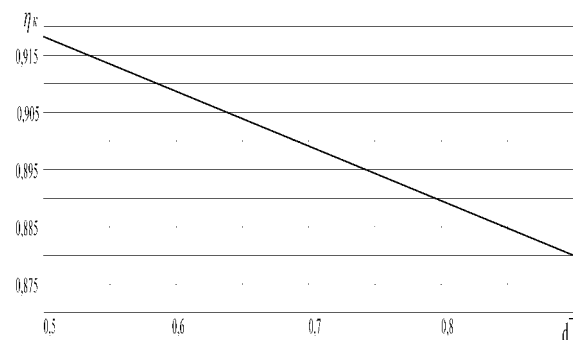


Рис. 6. Зависимость КПД вентилятора от величины втулочного отношения

$$\eta_{y,cr} = \frac{\sum_1^n \bar{Q}\bar{H}_y}{\sum_1^n \frac{\bar{Q}\bar{H}_y}{\eta_y}}$$

Для второго случая

$$\eta_{y,cr} = \frac{\sum_1^n \bar{Q}\bar{H}_y}{\sum_1^n \bar{N}'}$$

В этом выражении \bar{N}' - мощность между средними точками квадратов.

Вывод. Выполненные эксперименты показали, что исследуемый метод регулирования производительности осевого вентилятора обладает достаточно высоким КПД в широком диапазоне изменения производительности по сравнению с другими методами.

Л и т е р а т у р а

1. Брусиловский И.В. Аэродинамика осевых вентиляторов / Брусиловский И.В.- М.: Машиностроение, 1984. – 240 с.
2. Патент України на корисну модель № 900040 РОБОЧЕ КОЛЕСО ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА. Автори Гусенцова Є.С., Коваленко А.О., у 2013 14121, опубл. 12.05.2014, Бюл № 9.
3. ГОСТ 10921–90. «Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний».

R e f e r e n c e s

1. Brusilovskij I.V. Aerodinamika osevyh ventiljatorov / Brusilovskij I.V.- M.: Mashinostroenie, 1984. – 240 s.
2. Patent Ukrainy na korisnu model' № 900040 ROBOChE KOLESO OS"OVOGO VENTILJaTORA. Avtori Gusencova Є.S., Kovalenko A.O., u 2013 14121, opubl. 12.05.2014, Bjul № 9.
3. GOST 10921–90. «Ventiljatory radial'nye i osevye. Metody aerodinamicheskikh ispytanij».

Гусенцова Є.С. Вентилятор з перемінною довжиною лопаті.

У статті виконано аналіз різноманітних способів регулювання продуктивності осевих вентиляторів. Запропонована конструкція вентилятора зі змінною довжиною робочих лопатів для регулювання його продуктивності, на яку отримано патент України. Крім того, вентилятор містить конусну обичайку, яка має можливість переміщатися в осьовому напрямку, забезпечуючи мінімальний зазор між робочими лопатами і обечайкою на змінних режимах. Показано, що запропонований спосіб регулювання має високий ККД у широкому діапазоні зміни продуктивності вентилятора.

Ключові слова: осьовий вентилятор, робочі лопаті, регулювання продуктивності, конусна пересувна обичайка, характеристика вентилятора, ефективність роботи.

Gusentsova E. Fan with varying length of blades.

This article gives an analysis of the different ways of regulation the performance of axial fans - throttling, guide vanes, turning of blades. The design of the fan with a variable length of rotor blades for the regulation of its performance, which received a patent of Ukraine was proposed. Furthermore, the fan comprises a shell ring which is movable in the axial direction, providing a minimum gap between the rotor blades and the sidewall of shell ring was constructed. Stand was designed and built, picked up test equipment for bench testing. As a result of these experiments, the experimental dependence of the power consumption, pressure and efficiency of the performance of the fan were received. We compare the efficiency of the proposed method with other method of regulation. It has been shown that a wide range of performance by varying the adjustment length rotor blades is more effective compared with commonly used. It is shown that the proposed method has a high efficiency control in a wide range of fan performance.

Keywords: axial fan blades, capacity control, shell ring s, the characteristics of the fan, the efficiency of the fan.

Гусенцова Є.С. – асистент кафедри «Гідрогазодинаміка» СХУ ім. В. Даля, e-mail: marlazinge@rambler.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 19.03.2015

УДК 339.54

СПРОЩЕННЯ ПРОЦЕДУР МИТНОГО КОНТРОЛЮ ЗА РАХУНОК ШИРОКОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ДЕКЛАРУВАННЯ

Чернецька-Білецька Н.Б., Сєврук К.В.

SIMPLIFICATION OF CUSTOMS CONTROL THROUGH THE WIDESPREAD INTRODUCTION OF ELECTRONIC DECLARATION

Chernetskaya-Beletskaya N., Sevruk K.

У статті розглянуто актуальні питання впровадження у роботу митниць України багатофункціональної комплексної системи електронного декларування «Електронна митниця». Визначено головні завдання та пріоритетні напрямки роботи митної служби в умовах глобальної інтеграції України до світового економічного середовища. У роботі розглянуто досвід використання аналогічних систем у митних органах країн Євросоюзу, Сполучених Штатів Америки, Росії та ін. Розглянуто етапи впровадження запропонованої системи та принципи організації електронного середовища.

Ключові слова: митниця, електронне декларування, інформаційні технології, електронне середовище, комплексна система.

Розвиток світового господарства визначається глобальними інтеграційними процесами, пов'язаними з досить тісною співпрацею країн та тенденціями створення єдиного ринку.

Велика роль надається митній політиці як інструменту інтеграційних процесів, яка визначається як складова внутрішньої та зовнішньої політики, що визначає зміст діяльності держави та її компетентних органів у сфері регулювання зовнішньоекономічних відносин та організації митної системи і має на меті захист національних інтересів, національної безпеки й економічного суверенітету держави.

Світовий досвід говорить про те, що митна політика будь-якої держави зосереджується на двох основних напрямках: тарифному та нетарифному регулюванні.

Поєднуючи їх, органи влади впроваджують в життя власну економічну ідеологію. Співвідношення цих методів змінюється залежно від того, які завдання стоять перед країною, на якій стадії знаходиться її економіка.

Постановка проблеми. На сучасному етапі економічного розвитку майже всі без винятку країни належать до певних міжнародних економічних

угруповань або декларують про свої наміри приєднатися до них. Умови диктуються країнами – світовими лідерами, що мають високий показник економічного розвитку, стабільний політичний курс, впливовий міжнародний авторитет, головною проблемою для яких є пошук нових ринків для імпорту сировини та експорту власної готової продукції. Тому ці країни й зацікавлені в інтеграційних процесах.

Тому актуальною є задача удосконалення діяльності митних органів у цьому напрямку, шляхом використання позитивного досвіду митних органів інших країн, та спрямування всіх зусиль на спрощення та створення сприятливих умов для учасників зовнішньоекономічної діяльності. Перенесення всієї процедури митного оформлення імпорту безпосередньо на кордон, у місця ввезення товарів на митну територію України, виключить ряд процедур митного контролю та зменшить витрати часу на його проведення, створить передумови для спрощення процедури митного оформлення вантажної митної декларації.

Пріоритетними напрямками в роботі митної служби є забезпечення повного стягування податків та зборів, ефективне застосування митно-тарифного та нетарифного регулювання зовнішньоекономічної діяльності, удосконалення форм і методів митного контролю, сприяння зовнішньоекономічній діяльності українських імпортерів та експортерів, підвищення ефективності протидії контрабанді й порушенням митних правил [1].

Головним завданням Держмитслужби на сьогоднішній день все ж залишається поповнення дохідної частини Держбюджету України. Практично всі податки стягнено митними органами з імпортних операцій суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності. Тому дуже актуальним на теперішній час є питання удосконалення митного контролю та оформлення саме імпортних вантажів, що ввозяться в Україну підприємствами [1].

Створення багатофункціональної комплексної системи «електронна митниця» спрямовано на зміцнення митної безпеки України, адаптацію Єдиної автоматизованої інформаційної системи Державної митної служби України та нової комп'ютеризованої транзитної системи ЄС, оперативне отримання актуальної і достовірної інформації про наміри щодо здійснення зовнішньоекономічних операцій, створення умов для прискорення процедур митного контролю та митного оформлення [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Митним кодексом України у статті 71 передбачена можливість для юридичних та фізичних осіб проводити митне оформлення за власним бажанням безпосередньо у місті перетину митного кордону. Але механізму реалізації цих положень Кодексу на теперішній час не розроблено та практичного втілення вони зараз майже не набули [2].

На відміну така можливість не тільки передбачена статтею 62 Митного кодексу Російської Федерації, який набрав чинності з 01.01.2004 року, але і визначена Постановою Уряду Російської Федерації від 27.11.2003 року № 715 та наказом Державного митного комітету Російської Федерації від 24.12.2003 року № 1529. Поки що це стосується тільки приватних підприємств без створення юридичної особи. Максимального спрощення набула процедура митного оформлення імпортованих вантажів у Сполучених Штатах Америки, де у пунктах пропуску проводиться тільки митний контроль - огляд вантажів, їх облік та постановка на контроль. Після пропуску на митну територію країни, вантажі відразу випускаються у вільне використання, з наступним митним оформленням протягом певного часу. У країнах Євросоюзу взагалі всі вантажі вартістю до 3000 євро оформлюються у митному відношенні безпосередньо на кордоні [6].

Тенденції світового розвитку встановлюють нові завдання щодо спрощення митних процедур та процедур логістики при постачанні товарів для ввезення та вивезення з території країни, зменшення ризиків порушення безпеки мешканців, для чого необхідно створювати електронні інформаційні системи, які будуть функціонально сумісні між аналогічними системами різних країн, будуть доступні, керувані, безпечні, об'єднані та контрольовані.

Держави-члени ЄС визначили, що для виконання зазначених завдань необхідно зменшити різницю між митними процедурами країн світу із застосуванням механізму електронної митниці. З цієї метою прийняте рішення Ради ЄС щодо впровадження простого та безпаперового середовища для митних адміністрацій та суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності [5].

Митна служба України розпочала втілення новітніх технологій в митну справу ще у 1992 році. У 2005 році почався новий етап цієї роботи з розробки принципів побудови системи «Електронна митниця» та її часткової реалізації [1].

Однак, організація і проведення цієї роботи досі не завершена та потребує єдиного підходу та комплексного вирішення.

Метою роботи є дослідження та впровадження світового досвіду застосування електронного декларування у роботу Митної служби України задля спрощення процедур митного контролю.

Результати досліджень. Ключовим поняттям проблеми, що розглядається у статті є поняття «Електронна митниця» [3].

«Електронна митниця» – це багатофункціональна комплексна система, яка поєднує інформаційно-комунікативні технології та сукупність механізмів їх застосування і дає можливість підвищити якість митного регулювання та вдосконалити митне адміністрування з метою забезпечення митної безпеки України, шляхом:

- технологічного забезпечення безперервного потоку, накопичення та обробки електронної інформації між митними адміністраціями держав, органами державної влади України і суб'єктами зовнішньоекономічної діяльності;
- впровадження новітніх сучасних електронних процедур митного контролю і оформлення та їх супроводження;
- створення та технічної підтримки організаційно-технічних систем для функціонування всеохоплюючих автоматизованих процедур оцінки якості виконання митної справи;
- інформаційного забезпечення правоохоронної діяльності та контролю за переміщенням товарів.

Складовими елементами «Електронної митниці» повинні стати такі підсистеми, як: електронне декларування; електронний документообіг; аналіз ризиків і керування ними; контроль за транзитом; єдина міжвідомча автоматизована система збору, збереження й обробки інформації, в тому числі від різних відомств; автоматизоване здійснення усіх видів державного контролю; уніфікована база нормативних та довідкових документів, які використовуються в митних цілях; інформаційне забезпечення пост-аудиту та правоохоронної діяльності.

Створення багатофункціональної комплексної системи «Електронна митниця» спрямовано на зміцнення митної безпеки України, адаптацію Єдиної автоматизованої інформаційної системи Держмитслужби та нової комп'ютеризованої транзитної системи ЄС, оперативне отримання актуальної і достовірної інформації про наміри щодо здійснення зовнішньоекономічних операцій, створення умов для прискорення процедур митного контролю та митного оформлення, поліпшення соціального та інформаційного обслуговування населення, удосконалення інформаційної інфраструктури Держмитслужби.

Багатофункціональна комплексна система «Електронна митниця» поєднує інформаційно-телекомунікаційні технології та сукупність механізмів їх застосування. Створення зазначеної системи дасть можливість підвищити якість митного регу-

лювання та вдосконалити митне адміністрування [3].

Концепція визначає принципи побудови комплексної системи та етапи її створення, основні положення з формування її інформаційно-телекомунікаційного забезпечення, а також створення передумов для інтеграції України у світову інформаційну спільноту.

Концепція ґрунтується на вимогах Конституції України, законодавства України, міжнародних митних конвенцій та враховує досвід інших країн.

Проектування і створення комплексної системи передбачається здійснювати на базі Єдиної автоматизованої інформаційної системи Держмитслужби з урахуванням міжнародних стандартів з максимальним залученням науково-технічного потенціалу держави шляхом:

- автоматизації;
- інтеграції системи аналізу ризиків до автоматизованих систем митного оформлення;
- запровадження електронного цифрового підпису для посадових осіб митних органів;
- створення системи електронного документообігу та електронного декларування;
- модернізації Єдиної автоматизованої інформаційної системи Держмитслужби та баз даних для забезпечення цілісності, достовірності, актуальності та доступності інформації;
- удосконалення механізму доступу до інформаційних ресурсів органів державної влади;
- зміни системи накопичення статистичних показників для формування бази даних таких показників;
- розвитку та вдосконалення функціональних підсистем Єдиної автоматизованої інформаційної системи Держмитслужби для автоматизації діяльності структурних підрозділів Держмитслужби;
- організації каналів зв'язку між підрозділами митних органів різного рівня з використанням сучасних технологій передачі даних;
- організації міжнародних каналів зв'язку для виконання угод з інформаційного обміну;
- створення системи телефонного зв'язку та системи передачі відеозображення у складі відомчої телекомунікаційної мережі на основі сучасних технологічних рішень;
- оснащення митних органів новітніми засобами обробки та передачі інформації;
- створення у митних органах сучасних локальних обчислювальних мереж;
- комплексного впровадження засобів криптографічного та технічного захисту інформації, ідентифікації та автентифікації користувачів;
- захисту інформації від несанкціонованого та неконтрольованого ознайомлення, модифікації, знищення, копіювання, поширення;
- обов'язкової автоматичної реєстрації результатів ідентифікації та автентифікації користувачів, результатів виконання користувачем операцій з об-

робки інформації, спроб несанкціонованих дій з інформацією, фактів позбавлення користувачів права на доступ до інформації та її обробку, результатів перевірки цілісності засобів захисту інформації;

- створення комплексних систем захисту інформації на базі типових рішень та відомчого центру сертифікації ключів Держмитслужби.

Держави-члени ЄС прийняли рішення діяти в рамках структури «Електронної Європи» та затвердили Рішення Ради щодо простого та безпаперового середовища для митниці та торгівлі.

ЄС розробив Багаторічний стратегічний план впровадження «Електронної митниці», яким пропонується [5]:

- об'єднати існуючі системи контролю за експортом, імпортом та транзитом в єдину систему;
- увести систему єдиного обліку торговців з реєстрацією тільки в одній державі;
- надати суб'єктам ЗЕД можливість використання місць єдиного електронного доступу для оформлення зовнішньоекономічних операцій;
- проводити усі фактичні перевірки товару в єдиний час в єдиному місці;
- забезпечити обмін електронною інформацією між усіма органами та суб'єктами, задіяним в зовнішньоекономічних операціях (у тому числі з 3-ми країнами). Митниця буде діяти для цих органів та агентів як єдине вікно;
- відбір товарів для митного догляду на прикордонних та внутрішніх пунктах митного оформлення (ПМО) проводити на основі автоматизованого аналізу ризиків;
- збір, повернення, звільнення від платежів здійснювати уповноваженим суб'єктом в місці, де він зареєстрований та де знаходяться його документи;
- уведення безпаперового середовища для митниці та торгівлі, подання митної декларації в електронному вигляді зі свого місця розташування, в незалежності від країни відправлення або ввозу товарів;
- проводити електронний обмін інформацією між митними пунктами пропуску на території усього ЄС, де вона необхідна для митних процедур.

Для реалізації цього плану планується унесення змін до Митного кодексу, головною метою якого є використання інформаційних технологій замість паперових (рис. 1) [3].

Структура комплексної системи передбачає централізований моніторинг та управління центральною і резервною базами даних Держмитслужби, базами даних митних органів, вузлами відомчої телекомунікаційної мережі, головним та регіональними інформаційно-телекомунікаційними комплексами системи "Електронна пошта", серверами, робочими станціями, програмно-технічними комплексами, телекомунікаційним обладнанням.

Фактично створення та організація електронно-інформаційного середовища в митній службі можливо представити як перехід від інформаційного

сховища до інформаційно-довідкової системи, яка, в свою чергу, потребує перетворення в автоматизовану виконавчо-контрольну (рис. 2) [3].

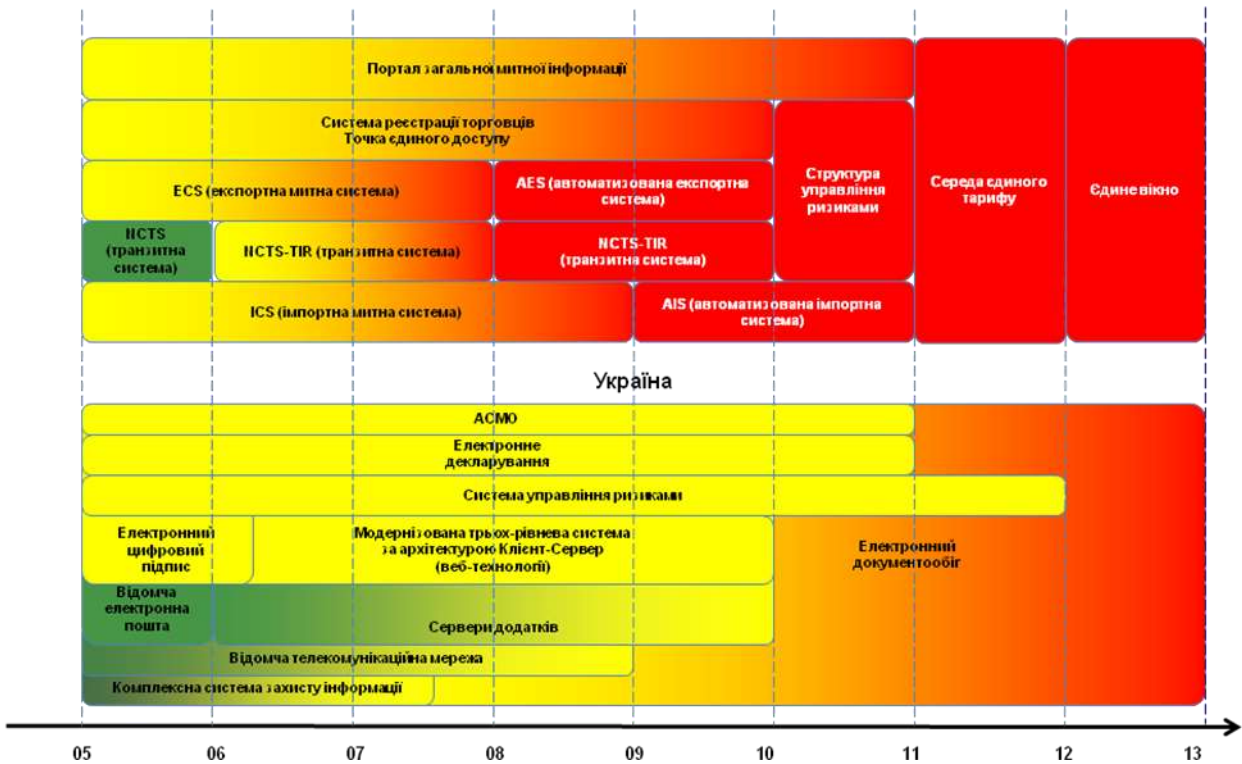


Рис. 1. Етапи впровадження системи «Електронна митниця»

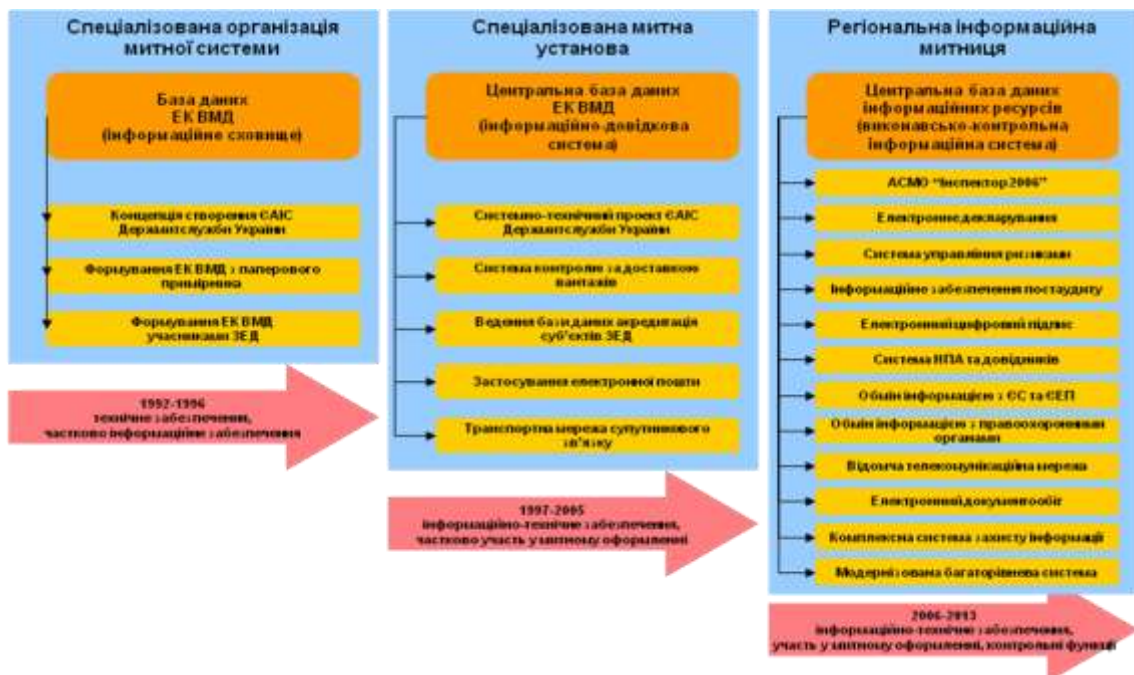


Рис. 2. Організація електронного інформаційного середовища

Висновки. Отже, необхідно змінювати підходи роботи центрального апарату Служби: усі нормативні документи, технології повинні базуватися та будуватися в межах визначеної інформаційної електронної стратегії. Такій підхід потребує змін не тільки на рівні інформаційного департаменту, але також на рівні управлінської ланки центрального апарату Держмитслужби. Ця система повинна бути створена на нових інформаційних технологіях та, відповідно, на сучасній матеріальній базі, яка дозволить побудувати модернізовану багаторівневу систему з відомчою телекомунікаційною мережею, забезпеченою комплексною системою захисту інформації, що потребує тривалого часу та значних капіталовкладень. Технологічні та технічні проблеми (канали зв'язку, формати даних, які передаються, програмні продукти, забезпечення надання та використання інформації) не дозволяють сьогодні широкомасштабно розпочати введення процедур інформаційних технологій.

Л і т е р а т у р а

1. Держана митна служба України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.customs.gov.ua>
2. Митний кодекс України.: К.:ПАЛИВОДА А.В., 2012. – С. 138-157.
3. Пашко П. В. Митна безпека (теорія, методологія та практичні рекомендації): моногр. / П. В. Пашко. – Одеса : ПЛАСКЕ, 2009. – 628 с.
4. Держана фіскальна служба України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sfs.gov.ua/>
5. Мацкевич В. Обеспечение безопасности цепи поставок товаров в ЕС / В. Мацкевич // Таможня и ВЭД. – 2008. – № 11 – С. 13–15.
6. Міжнародна конвенція про спрощення та гармонізацію митних процедур. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua>.

R e f e r e n c e s

1. Derzhana mitna sluzhba Ukraïni. – [Elektronnij re-surs]. – Rezhim dostupu: <http://www.customs.gov.ua>
2. Mitnij kodeks Ukraïni.: K.:PALIVODA A.V., 2012. – S. 138-157.
3. Pashko P. V. Mitna bezpeka (teorija, metodologija ta praktichni rekomendacii): monogr. / P. V. Pashko. – Odesa : PLASKE, 2009. – 628 s.
4. Derzhana fiskal'na sluzhba Ukraïni. – [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://sfs.gov.ua/>
5. Mackevich V. Obespechenie bezopasnosti cepi posta-vok tovarov v ES / V. Mackevich // Tamozhnja i VJeD. – 2008. – № 11 – S. 13–15.

6. Mizhnarodna konvencija pro sproshhennja ta garmonizaciju mitnih procedur. [Elektronnij rsurs] – Rezhim dostupu : <http://zakon.rada.gov.ua>.

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Севрук К.В. Упрощение процедур таможенного контроля за счет широкого внедрения электронного декларирования.

В статье рассмотрены актуальные вопросы внедрения в работу таможни Украины многофункциональной комплексной системы электронного декларирования «Электронная таможня». Определены главные задачи и приоритетные направления работы таможенной службы в условиях глобальной интеграции Украины в мировое экономическое пространство. В работе рассмотрен опыт использования аналогичных систем в таможенных органах стран Евросоюза, Соединенных Штатов Америки, России и др. Рассмотрены этапы внедрения предложенной системы и принципы организации электронной среды.

Ключевые слова: таможня, электронное декларирование, информационные технологии, электронная среда, комплексная система.

Chernetskaya-Beletskaya N., Sevruk K. Simplification of customs control through the widespread introduction of electronic declaration.

The article describes the current implementation issues in the work of the customs Ukraine multifunctional complex electronic declaration system "Electronic Customs". Identify the main objectives and priorities of the customs service in the global integration of Ukraine into the world economy, namely to ensure full collection of taxes and fees, effective application of customs tariff and non-tariff regulation of foreign trade activities, improving the forms and methods of customs control, the promotion of foreign trade activities Ukrainian importers and exporters, increase the efficiency of combating smuggling and customs violations. The paper describes the experience with similar systems in the customs authorities of the EU countries, the United States, Russia and others. The stages of implementation of the proposed system and the principles of the electronic environment.

Keywords: custom, electronic declaration, information technology, electronic environment, integrated system.

Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СЧУ ім. В. Даля, e-mail: chernetska_nb@mail.ru.

Севрук К.В. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СЧУ ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 20.03.2015

УДК 656.073

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕВОЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ**Михайлов Е.В., Дебижа Е.Л.****IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES IN THE TRANSPORTATION OF BULK CARGO****Mikhailov E., Debija E.**

В статье рассмотрены вопросы использования мягких контейнеров в транспортно-технологических схемах поставок сыпучих грузов. Определены подходы к рациональному выбору параметров мягких контейнеров при транспортировании сыпучих грузов в соответствии с транспортными характеристиками перевозимых грузов при соблюдении заданных технологических ограничений. Использование таких технологий позволит повысить эффективность перевозок за счет более полного использования грузоподъемности и грузоемкости транспортных средств

Ключевые слова: мягкий контейнер, сыпучий груз, перевозка, вагон, погрузка, выгрузка, типоразмер, параметры, оптимизация.

Введение. В мировой практике постоянно возрастают объемы перевозок насыпных и навалочных грузов. Вместе с тем повышаются и требования к технической и экологической безопасности перевозок, сохранности груза, удобству принятой схемы транспортировки для потребителя. Кроме того, при перевозке железнодорожным транспортом время от времени возникает проблема недостатка специализированного подвижного состава и транспортного оборудования, которые используются для этих перевозок. Все это стимулирует транспортные организации разрабатывать и внедрять новые, эффективные технологии погрузки, перевозки и перевалки сыпучих грузов [1, 2, 3].

С учетом перспектив роста общих объемов грузоперевозок, в том числе сыпучих грузов, нужно создавать и развивать перспективные технологии перевозок, которые могут более полно удовлетворить нужды всех участников транспортного процесса. Одной из технологий, которые позволяют оптимизировать логистические затраты при проведении погрузочно-разгрузочных работ, перевозке, перевалке и временном хранении сыпучих грузов, является организация транспортировки таких грузов в мягких контейнерах (биг-бегах, МК) [1, 4].

Мягкий контейнер (далее - МК) фактически является большим мешком, который имеет стропы или петли и зацепы для подъема, и тело мешковидного типа для хранения и перевозки груза. Грузоподъемность МК варьируется обычно от 500 кг до 2000 кг. (Существуют исключения, например, крупнотоннажный мягкий контейнер МК-14-10 грузоемкостью до 14 т). Чаще всего МК изготавливается из полипропилена и имеет цилиндрическую или параллелепипедную форму. Длина одной стороны контейнера может составлять от 500 мм до 1200 мм, а возможный объем - до 3 куб.м. Высота МК может достигать 250 см, при минимальной 80 см.

Мягкие полимерные контейнеры по параметрам, которые определяют их срок использования, имеют следующие разновидности:

- МК одноразовые - используются в обороте только один раз и затем идут на утилизацию и, соответственно, в переработку,

- МК циклические - которые могут использоваться в нескольких циклах их загрузки/разгрузки,

- МК многооборотные - контейнеры, которые используются в цепочках загрузки/разгрузки в течении продолжительного времени, указанного в характеристиках этого контейнера.

Частота употребления МК в циклическом обращении зависит от параметров, которые отвечают за его запас прочности. По условиям стандартизации одноразовые МК имеют запас прочности 5:1, циклические МК - имеют запас 6:1 (могут использоваться несколько раз) и многооборотные контейнеры - имеют запас прочности 8:1. Разрешено применять МК для хранения в них продукции с построением штабеля с уровнями расположения их один на одном до 7 ярусов.

Постановка проблемы. В мягком контейнере можно перевозить различные грузы: технический углерод, цемент, полимеры, крахмал, зерно, сахар, солод, мучные, рудные и сыпучие грузы, окатыши ферросплавов, торф, серу, серный колчедан, минеральные удобрения и много что другое [4].

Анализ имеющейся информации относительно технологий использования мягких контейнеров при перевозке сыпучих грузов позволяет выделить следующие преимущества этих технологий перед традиционными:

- отсутствие потребности в дефицитном специализированном подвижном составе;
- отсутствие физических потерь перевозимых грузов;
- сохранение качества и чистоты перевозимых грузов;
- защита подвижного состава и окружающей среды от отрицательного влияния перевозимых грузов;
- отсутствие необходимости очистки грузового помещения подвижного состава после перевозки сыпучего груза;
- простые механизмы, используемые в технологическом процессе погрузки - выгрузки МК;
- возможность временного хранения грузов при перевалке на открытых портовых площадках, что позволяет экономить оборотные средства на постройку складских помещений;
- повышение качества условий работы персонала, в том числе и с точки зрения санитарно - гигиенических условий.

С учетом этих существенных преимуществ в последнее время распространяются железнодорожные перевозки сыпучих грузов с использованием МК.

В технических условиях (ТУ) погрузки и крепления грузов на открытом подвижном составе [5] приведены рекомендованные схемы погрузки мягких контейнеров в полувагонах только для нескольких их типоразмеров, которые имеют в сечении форму круга. Однако, анализ научно-технической информации и данных интернета свидетельствует, что для перевозок сыпучих грузов в настоящее время используется более двадцати типоразмеров МК.

С учетом современных возможностей и существующих технологий изготовления МК, возможно их производство практически любой формы с довольно широким спектром основных параметров (ширина, высота, прочность, грузоподъемность). При этом представляется перспективным использование МК, которые имеют в поперечном сечении форму квадрата, что позволяет наиболее полно использовать полезную площадь пола вагона.

При планировании перевозок и выборе параметров нужного МК следует учитывать транспортные характеристики сыпучих грузов. Например, от насыпной массы груза существенно зависит полнота использования грузоподъемности и вместимости вагонов при тех или иных параметрах мягкого контейнера.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [1-4] и др. рассмотрены вопросы технологии перевозки грузов мягких контейнерах. Однако, в технических условиях (ТУ) погрузки и

крепления грузов на открытом подвижном составе [5] приводятся рекомендованные схемы погрузки мягких контейнеров в полувагоны только для нескольких их типоразмеров. С учетом технологических возможностей изготовления МК практически любых типоразмеров, вопрос о выборе рациональных параметров мягких контейнеров остается открытым.

Цель статьи. В работе обоснован подход к совершенствованию технологий перевозки сыпучих грузов в мягких контейнерах за счет рационального выбора параметров контейнеров в соответствии с транспортными характеристиками перевозимого груза.

Результаты исследований. Рассмотрим вопрос выбора рациональных параметров МК, которые имеют в поперечном сечении форму квадрата, соответственно величине насыпной массы перевозимого груза. При этом должны выполняться несколько условий:

- количество используемых мягких контейнеров K должно быть минимальным: $\hat{E} \rightarrow K_{\min}$,

- загрузка вагона G_B должна быть максимально полной (конечно не превышая трафаретной его грузоподъемности G_B^{\max}): $G_B \rightarrow G_B^{\max}$.

- гарантированное технологическое обеспечение прочности МК при нужной его грузоместимости.

Будем рассматривать в качестве характеристики j -го типоразмера мягкого контейнера, имеющего в поперечном сечении форму квадрата, объединение двух его основных параметров – ширины b_j и высоты h_j .

Количество контейнеров j -го типоразмера K_{3j} , которое может быть размещено в полувагоне, может быть определено следующим образом

$$K_{3j} = N_3 \cdot M_3 \cdot Z_{3j},$$

где N_3 - число контейнеров j -го типоразмера, которые могут быть загружены по ширине полувагона;

M_3 - число контейнеров j -го типоразмера, которые могут быть загружены по длине полувагона;

Z_{3j} - число ярусов погрузки контейнеров j -го типоразмера в полувагоне.

Рабочий объем одного контейнера j -го типоразмера составит

$$V_{3j} = b_j^2 \cdot h_j.$$

При известных внутренних размерах кузова полувагона (B - ширина, L - длина, H - высота) можно записать

$$N_3 = \langle B / b_i \rangle,$$

$$M_3 = \langle L / b_i \rangle.$$

Знаком $\langle \dots \rangle$ здесь обозначаем целую часть от результата деления соответствующего выражения с округлением в меньшую сторону.

Загрузка вагона сыпучим грузом с насыпной массой γ_k с использованием K_{3j} мягких контейнеров составит

$$G_{3jk} = K_{3j} \cdot V_{ij} \cdot \gamma_k = N_3 \cdot M_3 \cdot Z_{3j} \cdot b_i^2 \cdot h_j \cdot \gamma_k$$

Для примера на рис. показанные некоторые результаты расчетов зависимости $G_{3jk} = f(b_i, h_j, \gamma_k)$ при различных параметрах МК. В расчетах 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 $\gamma_k = 1$ т/м³; погрузка контейнеров – в один ярус.

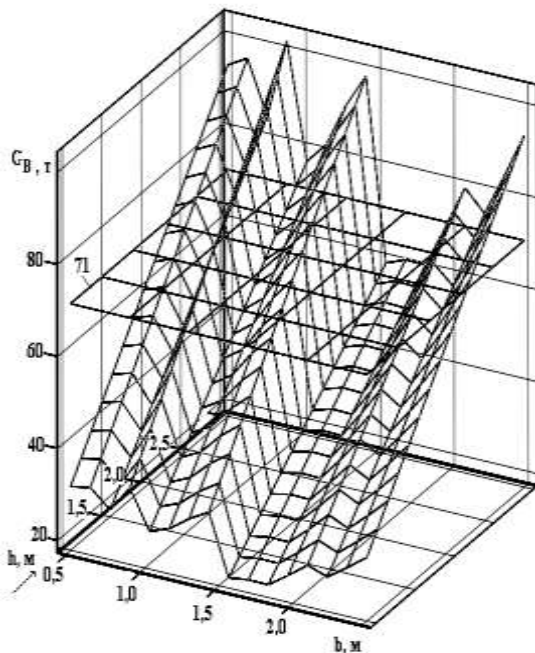


Рис. График зависимости $G_{3jk} = f(b_i, h_j)$ при $\gamma_k = 1$ т/м³ и погрузке контейнеров в вагоне в один ярус

Анализируя график указанной зависимости можно подобрать рациональное соотношение параметров мягких контейнеров (ширины b_i и высоты h_j) при котором достигается максимальное использование грузоподъемности вагона для заданного значения насыпной массы γ_k перевозимого груза.

В общем случае, для выбора рациональных параметров МК нужно решать оптимизационную задачу следующего вида

$$G_{ijk} = f(N_3, M_3, Z_{3j}, b_i^2, h_j, \gamma_k) \rightarrow G_B^{\max}.$$

Решение этой задачи возможно проводить с использованием известных математических методов с учетом следующих ограничений

$$\begin{aligned} \hat{E}_{ij} &\rightarrow K_{\min}, \\ b_i^{\min} &\leq b_i \leq b_i^{\max}, \\ h_j^{\min} &\leq h_j \leq h_j^{\max}. \end{aligned}$$

При варьировании значениями параметра b_i в рамках ограничений следует учитывать внутренние геометрические размеры кузова полувагона и технологические возможности изготовления МК.

Следует также учесть, что при выборе рационального значения параметра h_j и числа Z_{3j} ярусов погрузки МК в полувагон нужно соблюдать требования ТУ [5], которые запрещают, чтобы контейнеры верхнего яруса при их погрузке в полувагон выступали над его бортом больше, чем на 1/3 их высоты (и вообще 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 b_i и h_j для мягких контейнеров соответственно заданной величине насыпной массы γ_k перевозимого груза.

Вывод. Таким образом, рациональный выбор параметров мягких контейнеров в соответствии с транспортными характеристиками перевозимого груза позволит сократить затраты на контейнеризацию перевозок сыпучих грузов при получении всех известных преимуществ контейнерных перевозок.

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 же.-д. транспорта / Под ред. Г.М. Третьякова. - Г.: Маршрут, 2003. - 323 с.
2. Транспортные средства для доставки сыпучих грузов: Учебн. Пособие для вузов ж.-д. транспорта / Г.М. Третьяков, В.С. Горюшинский, А.В. Ковтунов и др. Под общ. ред. Э.П. Дудкина. - Г.: Маршрут, 2004. - 296 с.
3. Прудникова В.П. Контейнер как средство перевозки грузов.- Владивосток, 2009.-29с.
4. Гагарский Э.А., Кириченко С.А., Трихунков М.Ф. Тенденции развития контейнерных транспортно-технологических систем на современном этапе. // Бюллетень транспортной информации. 2011. № 2. С. 3–7.

5. Технические условия погрузки и крепления грузов.- М.: Транспорт, 1990.- 489с.

References

1. Tret'yakov G.M., Goryushinskij V.S., Kovtunov A.V. i dr. Kontejnerno-transportnye sistemy dlya nasypnyh gruzov: Uchebn. posobie dlya vuzov zhe.-d. transporta / Pod red. G.M. Tret'yakova. - G.: Marshrut, 2003. - 323 s.
2. Transportnye sredstva dlya dostavki sypuchih gruzov: Uchebn. Posobie dlya vuzov zh.-d. transporta / G.M. Tret'yakov, V.S. Goryushinskij, A.V. Kovtunov i dr. Pod obshch. red. E.H.P. Dudkina. - G.: Marshrut, 2004. - 296 s.
3. Prudnikova V.P. Kontejner kak sredstvo perevozki gruzov.- Vladivostok, 2009.-29s.
4. Gagarskij E.H.A., Kirichenko S.A., Trihunkov M.F. Tendencii razvitiya kontejnernyh transportno-tekhnologicheskikh sistem na sovremennom ehtape. // Vyul-leten' transportnoj informacii. 2011. № 2. S. 3-7.
5. Tekhnicheskie usloviya pogruzki i krepleniya gruzov.-М.: Transport, 1990.- 489s.

Михайлов Є.В., Дебіжа Є.Л. Удосконалювання технологій перевезення сипучих вантажів.

У статті розглянуті питання використання м'яких контейнерів у транспортно-технологічних схемах поставки сипучих вантажів. Визначено підходи до раціонального вибору параметрів м'яких контейнерів при транспортуванні сипучих вантажів відповідно до транспортних характеристик вантажів що перевозяться при дотриманні заданих технологічних обмежень. Використання таких технологій дозволить підвищити ефективність

перевезень за рахунок більш повного використання вантажопідйомності та вантажомісткості транспортних засобів

Ключові слова: м'який контейнер, сипучий вантаж, перевезення, вагон, навантаження, вивантаження, типорозмір, параметри, оптимізація.

Mikhailov, E.V., Debija E.L. Improvement of technologies in the transportation of bulk cargo.

The article describes the use of flexible containers in the transport and technological schemes of delivery of bulk cargo. Defined approaches to the rational choice of the parameters of the flexible containers for transportation of bulk cargoes in accordance with the transport characteristics of the goods transported while respecting the given technological constraints. The use of such technologies will improve the efficiency of transport through better utilization of capacity and cargo capacity of vehicles.

Keywords: soft container, bulk cargo, transportation, carriage, loading, unloading, size, options, optimization.

Михайлов Є.В. – к.т.н., доцент кафедри «Логістичне управління й безпека руху на транспорті» СНУ ім.В.Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: evgmi@yandex.ru.

Дебіжа Є.Л. - студент кафедри «Логістичне управління й безпека руху на транспорті» СНУ ім.В.Даля, м. Луганськ, Україна.

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

Стаття подана 20.03.2015

УДК 656.073.28

ВЛИЯНИЕ ИНТЕГРАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ НА УЧАСТКЕ ПОГРУЗКИ-РАЗГРУЗКИ ПОРТА НА СТОЯНОЧНОЕ ВРЕМЯ СУДНА

Пархотько А.В.

INFLUENCE OF INTEGRATION INTO INFORMATION SYSTEM AT THE AREA OF LOADING UNLOADING OF PORT ON PARKING TIME OF THE VESSEL

Parkhotko A.

В статье рассмотрена связь времени выполнения технологического процесса погрузки-разгрузки судов с уровнем интеграции в логистическую информационную систему предприятия. Описана проблематика передачи информационных потоков в условиях роста информационной нагрузки на работу подразделений порта. Определены показатели, отражающие качество работы порта и их зависимость от времени выполнения погрузочных операций. Описан алгоритм и описан функциональный смысл взаимодействия менеджмента с производственными участками на уровне информационных потоков. При составлении алгоритма использована зависимость времени выполнения операций от уровня автоматизации процесса учета и обработки данных. Даны рекомендации по автоматизации учета технологического процесса с последующей интеграцией в единую логистическую информационную систему порта. Предложена структура типовой учетной программы управления базой данных перегрузочного процесса порта.

Ключевые слова: судно, погрузка, порт, логистическая информационная система, стояночное время судна, операции, менеджмент.

Введение. Организация процесса обработки и обслуживания отдельного судна и их совокупности судов основывается на определенных требованиях, правилах, нормах, утверждаемых и вводимых в действие на международном, национальном и оперативном уровнях. Взаимоотношения портов, судовладельцев, а также грузоотправителей и грузополучателей характеризуется такими понятиями как обработка судна, обслуживания судна, стояночного и стальнойного времени судна в порту.

Наибольшее влияние на итоговую стоимость проводимых операций оказывает стояночное время судна [1] - все время нахождения судна в порту с момента прихода его в порт, т.е. окончания швартовки судна к причалу или постановки его на якорь в пределах портовых вод по указанию порта до моме-

нта отхода его из порта, т.е. начала отшвартовки судна от причала или съемки его с якоря.

Практический анализ уровня получения оперативной информации и ее обработки менеджментом порта показывает использование упрощенных численных и коммуникативных методов. Вследствие того, что данные обрабатываются локально, их дальнейшее использование без предварительной унификации не представляется возможным либо требует привлечения дополнительных трудовых и временных ресурсов.

Следует отметить, что данные получаемые менеджментом порта поступают из различных производственных подразделений, в том числе с участка погрузки-разгрузки. Каких-либо способов автоматической передачи оперативной информации как правило не достаточно. Таким образом, от скорости обмена информацией, зависит оперативное согласование действий, связанных с погрузкой-выгрузкой судов, подготовка необходимых документов и соответственно время обработки судов и выполнение грузового плана порта [2].

Применение методов автоматизированной обработки и передачи данных, а также объединение информационных потоков менеджмента и производственных подразделений повышает достоверность данных и ускоряет принятие решений, соответственно положительно влияет на непрерывность графика работы порта.

Постановка проблемы. Повсеместное использование информационных систем в процессах управления предприятиями обусловлено растущим количеством услуг и контрагентов, которые требуют учета. Современные принципы получения и обработки логистической информации затрагивают не только менеджмент, но и все технологические цепочки и персонал предприятия. Необходимость обеспечения достоверности информации требует применения

современных методов обработки данных и высокого уровня ответственности всех пользователей.

Электронные системы обработки данных обеспечивают оборот стандартизированных документов между подразделениями предприятия (контрагентами) и заменяют такие традиционные формы связи, как почта, пересылка с нарочным и факсы.

Для того чтобы логистическая информация отвечала потребностям управляющих и эффективно поддерживала процесс планирования и оперативную деятельность, логистическая информационная система (ЛИС) должна опираться на шесть принципов: доступность, точность, своевременность, выявление исключительных ситуаций, гибкость, соответствующее оформление [3].

Значительное влияние на процессы управления процессами предприятия оказывает скорость принятия решений, которая в свою очередь, зависит от достоверности, скорости получения и читабельности информации. Применение современных логистических информационных систем в учете позволяет снизить временные затраты не только на ввод данных, но и сводит к нулю время на передачу информации лицу, принимающему решение по управлению технологическим процессом, систематизирует данные и унифицирует их для дальнейшего использования. В связи с этим приобретает актуальность использование как минимум простых учетных процедур интегрированных в комплексную информационную систему предприятия. Например, ведение учета отношений с судовладельцами, грузоотправителями и грузополучателями на уровне коммерческого подразделения порта целесообразно дополнить данными о выполнении грузовых операций на участке погрузки-разгрузки, фиксировать перемещения транспорта и объемы перемещаемого груза.

Следует отметить, что грузовые документы для судов должны готовиться и вручаться портом администрации судна до производства грузовых работ [1]. После окончания погрузки порт составляет исполнительный грузовой план [4], соответствующий фактической загрузке судна, подписывается капитаном судна, портом и высылается в порт (порты) назначения. Для учета стояночного времени, фактически затраченного судном в порту, судно совместно с портом ведет таймшит. В таймшите в хронологическом порядке фиксируются в часах и минутах (с точностью до 5 мин) все производственные операции и все задержки и перерывы в обработке судна с указанием причин и продолжительности.

Выполнение данного комплекса учетных и организационных мероприятий на участках погрузки-разгрузки судов без использования современных информационных средств приводит к возникновению ошибок в документах и погрешностей в расчетах.

Экономическая эффективность грузопереработки порта зависит от использования современных средств передачи и обработки данных (единой логистической информационной системы), правильного

учета задействованных ресурсов. При этом, обеспечивается не только поддержание непрерывности перегрузочных работ, но и появляется возможность увеличения грузопотока за счет снижения перестраховочных временных интервалов между судозаходами. Своевременные действия менеджмента обеспечивают сведение к минимуму непроизводительных простоев техники и выплат демереджа в случае задержки судна.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах Макеевой Ю.Н. [1], Снопкова В.И. [2], Бауэрскса Д. [3], Аксютин Л.Р. [4], Яковлева Ю.П. [5] и др. неоднократно говорилось о логистике складских процессов на участках погрузки-разгрузки порта, использовании информационных систем в финансовом и товарном учете. Однако вопрос взаимодействия вертикали подразделений порта, как участников взаимного информационного потока, в настоящее время проработан недостаточно.

Цель статьи. Цель статьи – повышение эффективности загрузки судна в порту на основе выявления точек информационного соприкосновения подразделений, взаимодействующих в процессе управления грузовыми потоками порта, структурировать потоки информации и определить перспективы интеграции с информационной системой предприятия для более качественного управления.

Результаты исследований. Порт осуществляет погрузку, а судно принимает грузы в соответствии с разработанным портом и утвержденным капитаном судна грузовым планом, по коносаментным партиям. В случае невыполнения указанных требований и задержки в связи с этим производства грузовых работ порт оплачивает штрафные санкции судовладельцу. Время выполнения грузовых операций и подготовки соответствующих документов и отчетности является величиной, зависимой от качества технологического оснащения перегрузочного процесса.

Разнообразие факторов, влияющих на эффективность перегрузочных работ, нашло свое отражение в зависимости стояночного времени судна от времени на выполнение работ на каждом этапе грузового процесса [1].

Стояночное время рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{н\o}} = t_{\text{а\o}} + t_{\text{а\text{н\i}}} + t_{\text{i а\text{н\i}}} + t_{\text{i}} + t_{\text{i а\text{е}}} + t_{\text{i д\text{i}}} + t_{\text{i д\text{н\i}}}$$

где $t_{\text{а\o}}$ - грузовое время, используемое для погрузки-разгрузки судна, сут.;

$t_{\text{а\text{н\i}}}$ - время для выполнения вспомогательных операций, связанных с обработкой судна, сут.;

$t_{\text{i а\text{н\i}}}$ - время на выполнение вспомогательных операций по обслуживанию судна, сут.;

t_{i} - время перерывов в погрузке-разгрузке судна из-за непогоды, сут.;

$t_{\text{i а\text{е}}}$ - время стоянки судна в ожидании начала счета стальной времени, сут.;

$t_{i\delta i}$ - время прочих стоянок судна по различным причинам, за которое несет ответственность порт, сут.;

$t_{i\delta \bar{i}}$ - время прочих стоянок судна по различным причинам, за которое несет ответственность судно (судовладелец), сут.

Определим зависимость перечисленных параметров от применения логических информационных систем в процессе обработки судна (табл.):

Таблица

Зависимость временных параметров операций по обработке судна от использования информационных систем

Наименование операции	Зависимость / параметр
Швартовка/отшвартовка судна	Нет
Оформление прихода-отхода судна портовыми властями	Да/ $t_{всн}$
Оформление грузовых документов на погрузженный (выгруженный) груз	Да/ $t_{всн}$
Открытие и закрытие трюмов	Нет
Подготовка грузовых площадей	Да/ $t_{прп}$
Выборочная перевеска груза у борта судна	Да/ $t_{зр}$
Сепарирование партий груза	Нет
Крепление груза на судне	Нет
Вспомогательные операции, непосредственно связанных с погрузкой/выгрузкой	Да/ $t_{зр}, t_{всн}$
Перетяжка/перестановка судна от причала к причалу	Нет
Документальная подготовка судна к обработке и рейсу (бункеровка, вода и пр.)	Да/ $t_{обс}$

Как видно из таблицы, не все временные параметры, участвующие в расчете стояночного времени зависят от использования информационных систем. Это объясняется тем, что в учетных системах фиксируются измеряемые действия (логические или абсолютные значения), находящие дальнейшее отражение в документации.

Время, затраченное на каждую операцию, зависит от глубины использования логистических информационных средств. Соответственно такое воздействие можно выразить коэффициентом глубины автоматизации учета k . Тогда расчет стояночного времени можно представить в виде формулы

$$T_{\bar{n}0} = k_{\bar{a}0} \cdot t_{\bar{a}0} + k_{\bar{a}\bar{i}} \cdot t_{\bar{a}\bar{i}} + k_{i\bar{a}\bar{i}} \cdot t_{i\bar{a}\bar{i}} + k_i \cdot t_i + k_{i\bar{a}} \cdot t_{i\bar{a}} + k_{i\delta i} \cdot t_{i\delta i} + k_{i\delta \bar{i}} \cdot t_{i\delta \bar{i}}$$

где k - соответствующие коэффициенты глубины автоматизации учета на каждом этапе перегрузочного процесса.

Учитывая зависимость (табл.), коэффициенты $k_i, k_{i\bar{a}}$ и $k_{i\delta \bar{i}}$ будут стремиться к 1, так как данные этапы не связаны с учетом операций в логистической информационной системе порта, либо автоматизация учета не влияет на длительность выполнения операций. Остальные коэффициенты будут зависеть от глубины автоматизации учета на конкретных этапах и рабочих местах и всегда будут меньше 1.

При значительной степени автоматизации процессов и методов обмена информацией можно говорить об оптимизации стояночного времени. При этом

$$k_{\bar{a}0}, k_{i\delta i}, k_{\bar{a}\bar{i}}, k_{i\bar{a}\bar{i}} \rightarrow 0 \\ T_{\bar{n}0} \rightarrow \min$$

Информационные системы логистики призваны обеспечить интеграцию всех видов логистической деятельности. Интеграция опирается на четыре уровня информационного обеспечения: обслуживание сделок, управленческий контроль, анализ решений и стратегическое планирование [3].

Система информационных потоков - совокупность физических перемещений информации, которая дает возможность осуществить любой процесс, реализовать какое-либо решение [5].

Схематически потоки информации, связанные с процессами погрузки-разгрузки судов, внутри логистической информационной системы предприятия можно представить в виде блок-схемы (рис. 1).



Рис. 1. Схема информационных потоков процесса погрузки-разгрузки судов

Функциональный смысл взаимодействия следующей:

- 1- предоставление информации о необходимых финансовых расчетах с судовладельцами, грузоотправителями и другими контрагентами для осуществления взаиморасчетов;
- 2- контроль поступления/остатков груза на складе, выдача распоряжений на формирование судовых партий;
- 3- контроль количества груза, перемещенного через борт судна;
- 4- контроль количества груза, поданного к борту судна.

С каждым годом на украинском рынке возрастает количество информационных систем разной направленности и компаний, которые внедряют или разрабатывают эти системы. Практически все предлагаемые программные решения позиционируются как комплексные управленческие системы, имеющие много функций, и обеспечивающие автоматизацию всех основных бизнес-процессов предприятия [5].

Описанная выше методика взаимодействия может быть реализована в виде учетной компьютерной программы со следующей структурой подчиненности данных (рис. 2).



Рис. 2. Структурная схема учетной программы процессов погрузки-разгрузки

Аналогичные методы автоматизации учета с целью построения/интеграции в логистическую информационную систему порта можно выполнять для различных этапов и технологических процессов.

Вывод. В ходе исследования определена прямая зависимость временных составляющих стояночного времени судна от применения логистических информационных систем в перегрузочном процессе порта. Использование систем автоматизации учета и принятия решений применимо для многих технологических процессов и является универсальным алгоритмом по увеличению эффективности деятельности предприятия.

Литература

1. Макеева Ю.Н. Организация и технология перегрузочных процессов в портах. Оптимизация технологических схем: учебное пособие для вузов / Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2007. – 237 с.
2. Снопков В.И. Технология перевозки грузов морем: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. - С. Петербург: АНО НПО "Мир и Семья", 2001 г. 560 с.
3. Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. /Пер. с англ. - М.: ЗАО "Олимп-бизнес", 2005. - 640 с.
4. Аксютин Л.Р. Грузовой план судна. Одесса, ЛАТСТАР, 1999. - 139 с.
5. Яковлев Ю.П. Контролинг на базе информационных технологий. - К.: Центр обучающей литературы, 2006. - 318 с.

References

1. Makeeva Yu.N. Organization and technology of reloading processes in ports. Optimization of technological schemes: manual for higher education institutions/Growth. the state. un-ty of means of communication. – Rostov N / Д, 2007. – 237 pages.
2. Snopkov V. I. Technology of transportation of freights by sea: The textbook for higher education institutions. 3rd prod., reslave. and additional - St. Petersburg:

Autonomous Non-Commercial Organization of NPO Mir i Semya, 2001 of 560 pages.

3. Donald J. Bowersox , David J. Closs Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process. 2nd prod. / translate with English - М.: JSC Olimp-business, 2005. - 640 pages.
4. Aksyutin L.R. Cargo plan of the vessel. Odessa, LATSTAR, 1999. - 139 pages.
5. Yakovlev Yu.P. Kontroling on the basis of information technologies. - К.: The center of the training literature, 2006. - 318 pages.

Пархотько А.В. Вплив інтеграції в інформаційну систему на діяльність вантаження-розвантаження порту на час стоянки судна.

У статті розглянутий зв'язок часу виконання технологічного процесу вантаження-розвантаження судів з рівнем інтеграції в логістичну інформаційну систему підприємства. Описана проблематика передачі інформаційних потоків в умовах зростання інформаційного навантаження на роботу підрозділів порту. Визначені показники, що відображають якість роботи порту і їх залежність від часу виконання вантажних операцій. Описаний алгоритм і описаний функціональний сенс взаємодії менеджменту з виробничими ділянками на рівні інформаційних потоків. При складанні алгоритму використана залежність часу виконання операцій від рівня автоматизації процесу обліку і обробки даних. Дани рекомендації по автоматизації обліку технологічного процесу з подальшою інтеграцією в єдину логістичну інформаційну систему порту. Запропонована структура типової облікової програми управління базою даних перевантажувального процесу порту.

Ключові слова: судно, вантаження, порт, логістична інформаційна система, час стоянки судна, операції, менеджмент.

Parkhotko A. Influence of integration into information system at the area of loading unloading of port on parking time of the vessel.

In article communication of time of performance of technological process of loading unloading of courts with the level of integration into logistic information system of the enterprise is considered. The perspective of transfer of information streams in the conditions of growth of information load of work of divisions of port is described. The indicators reflecting quality of work of port and their dependence on time of performance of loading operations are defined. The algorithm is described and the functional sense of interaction of management with production sites at the level of information streams is described. By drawing up algorithm dependence of time of performance of operations on the level of automation of process of the account and data processing is used. Recommendations about automation of the accounting of technological process with the subsequent integration into uniform logistic information system of port are made. The structure of the standard registration program of management of a database of reloading process of port is offered.

Keywords: vessel, loading, port, logistic information system, parking time of the vessel, operation, management.

Пархотько А.В. – аспирант кафедри «Транспортні системи» СНУ ім. В. Даля, e-mail: andrey777mail@ukr.net.

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

УДК 629.4.05

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ОБОРОТА ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Белецкий Ю.В., Будников Е. Д., Полякова Т.Ю.

DEVELOPING PREDICTIVE MODELS VALUE OF FREIGHT CARS

Beletsky Y., Budnikov E., Polyakova T.

В статье приведен анализ основных методик рационального использования вагонного парка железных дорог. Установлено, что в настоящее время на железнодорожном транспорте в области автоматизации перевозочного процесса не уделяется особого внимания факторам, которые влияют на элемент оборота грузового вагона. Освещены основные понятия нейронных сетей. Разработана математическая модель прогнозирования оборота грузового вагона. Результаты моделирования позволяют оценить внутреннюю адекватность модели прогнозирования, которые количественно оценивают точность расчетов.

Ключевые слова: модель, пассажиропоток, система, освоение, информационное обеспечение, поезд.

Постановка проблемы. Оборот грузового вагона является одним из важнейших показателей эксплуатационной работы, выполнение которого характеризует качество эксплуатационной работы железнодорожных подразделений и который целесообразно рассматривать как комплексный показатель стойкости выполнения перевозочного процесса для данной подсистемы или системы в целом. Для рационализации использования вагонного парка, улучшения качественных и количественных показателей работы станций необходимо уменьшить время обращения грузового вагона путем соблюдения установленных технологическими нормативами значений то есть применять все возможные технологические мероприятия относительно стабилизации этого показателя. Поставленные задачи наиболее эффективно реализовать путем разработки математической модели прогнозирования оборота грузового вагона, которая базируется на формировании нейронной сети.

Анализ последних исследований и публикаций. Под нейронными сетями подразумеваются вычислительные структуры, моделирующие простые биологические процессы, ассоциированные с процессами человеческого мозга. Нейронные сети, ко-

торые адаптируются и те, которые обучают, представляют собой системы, способные к обучению путем анализа положительных и отрицательных воздействий [1]. Элементарным преобразователем в данных сетях является искусственный нейрон. Нейрон является составной частью нейронной сети. В состав нейрона входят множители (синапсы), сумматор и нелинейный преобразователь. Синапсы осуществляют связь между нейронами и умножают входной сигнал на число, характеризующее силу связи - вес синапса. Сумматор выполняет сложение сигналов, которые поступают по синаптическим связям от других нейронов, и внешних входных сигналов.

Цель. Целью данной работы является совершенствование технологии управления поездопотоками на уровне дирекции железнодорожных перевозок (ДН) и железной дороги в целом, что обеспечивает соблюдение нормативного оборота грузовых вагонов за счет предоставления приоритетности поездам при организации их пропуска по участкам и как следствие способствует устойчивости функционирования железно-дорожной системы.

Результаты исследования. Нелинейный преобразователь реализует нелинейную функцию одного аргумента - выходу сумматора [1]. Эта функция называется "функцией активации" или "передаточной функцией" нейрона. Математическая модель нейрона описывается соотношениями:

$$s = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b,$$

где w_i - вес синапса ($i=1, \dots, n$);

b - значение смещения;

s - результат добавления;

x_i - компонента входного вектора ($i=1, \dots, n$);

y - исходный сигнал нейрона;

n – число входов нейрона;
 f – нелинейный преобразователь (функция активации).

Выходной поток, который формирует нейрон, определяется следующим выражением:

$$y = f(s),$$

Структуру нейрона отобразим на рис.1.

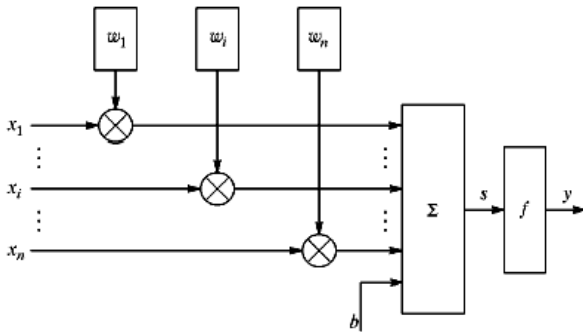


Рис. 1. Структура искусственного нейрона

Объединение нейронных сетей с нечеткой логикой дает принципиально новое качество. Полученная в результате такого объединения нейро-нечеткая сеть обладает двумя важнейшими интеллектуальными свойствами:

- а) лингвистичностью, то есть преподавание знаний на естественном языке;
- б) возможностью самообучения в реальном масштабе времени.

Однако, изучив ряд научных работ и публикаций, можно сделать вывод, что любая нейронная сеть, даже относительно распространенная для решения оптимизационных задач, подходит для осуществления вышеуказанных задач. Так, для полностью связанной нейронной сети без скрытых нейронов [3] справедливо утверждение, что не для любого входного значения сеть сможет сформировать правильное значение выхода [4].

Предусматривается, что «входной слой» будет состоять из параметров, которые в формальном виде отвечают перечню оперативных параметров. В данном случае в качестве желательного значения исходного сигнала имеется в виду адекватное значение оборота грузового вагона, которое отвечает входным параметрам.

Такая структура нейронной сети обеспечит соблюдение требований предоставления оперативных прогнозов относительно величины оборота вагона на основе сопоставления и обобщения входных параметров. Таким образом, после построения такой сети и предоставления входного вектора параметров будет получено прогнозное значение оборота грузового вагона.

Как отмечалось ранее, построение модели прогноза выполнения оборота грузовых вагонов по ДН

и железной дороге в целом должно базироваться на анализе статистических и динамических данных относительно выполнения качественных показателей работы их элементов.

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^H v_i \cdot \sigma \left(\begin{matrix} w_{i1}x_1 + w_{i2}x_2 + \dots \\ + w_{in}x_n + u_i \end{matrix} \right)$$

В первую очередь, необходимо формально определить структуру сети. Существует такое число H , набор чисел w_{ij}, u_{ij} и набор чисел v_i , что приближает прогнозную функцию $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ с погрешностью не больше чем (любое малое число которое воссоздает заданную точность аппроксимации) на всей области определения. Любую непрерывную функцию от n переменных можно точно реализовать с помощью трехслойной нейронной сети [1].

Выбор отмеченных параметров основывается на наличии в них признаков оперативности элементов обращения транзитного вагона. Таким образом разработав нейронную сеть, которая будет основана на наборе отмеченных элементов в дальнейшем будет получена возможность прогнозировать значение оборота транзитного вагона на предплановые сутки при задании входного вектора.

В данном случае задача отражения <вход-выход> имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{matrix} \left\{ n_{\delta}^P \delta_1 \right\} = \left\{ n_{\delta}^1 \delta_1, \dots, n_{\delta}^P \delta_1 \right\} \\ \left\{ n_{\delta}^P \delta_2 \right\} = \left\{ n_{\delta}^1 \delta_2, \dots, n_{\delta}^P \delta_2 \right\} \\ \left\{ S_{\delta}^P \delta \right\} = \left\{ S_{\delta}^1 \delta, \dots, S_{\delta}^P \delta \right\} \end{matrix} \right\} \rightarrow \left\{ Q_{\delta}^P \delta \right\} = \left\{ Q_{\delta}^1 \delta, \dots, Q_{\delta}^P \delta \right\},$$

Формирование входного вектора для оборота груженого вагона в данном случае не является целесообразным поскольку данный показатель носит характеристику отчетного и используется в основном для учета [2]. Данный показатель, как правило, характеризует усредненный оборот транзитного и местного вагонов.

В соответствии с методом наименьших квадратов, целевой функцией ошибки нейронной сети, которая минимизируется является величина:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{j,p} (y_{j,p}^{(N)} - d_{j,p})^2,$$

где $y_{j,p}^{(N)}$ - реально исходное состояние нейрона j – го исходного слоя N нейронной сети при подаче на ее входы p – го образа (спрогнозированное значение обращения грузового вагона);

$d_{j,p}$ – идеальное (желательное) исходное состояние этого нейрона (нужное значение оборота грузового вагона).

Выводы. На основании проведенного анализа установлено, что в настоящее время на железнодорожном транспорте в области автоматизации перевозочного процесса не уделяется особого внимания факторам, которые влияют на элемент оборота грузового вагона. Для рационализации использования вагонного парка, улучшения качественных и количественных показателей работы станций необходимо уменьшить время оборота грузового вагона путем соблюдения установленных технологическими нормативами значений. Для решения поставленных задач разработана математическая модель прогнозирования оборота грузового вагона. Результаты моделирования в виде прогнозной зависимости по сравнению с реальными значениями общего оборота вагонов позволяют оценить внутреннюю адекватность модели прогнозирования, которые количественно оценивают точность расчетов.

Л и т е р а т у р а

1. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей / Горбань А.Н. – СПб. ПараГраф, 1990. – 160 с.
2. Розенблат Ф. Принципы нейродинамики / Розенблат Ф. – М. Мир, 1965.
3. Горбань А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере / Горбань А.Н., Россиев Д.А. – Новосибирск. Наука, 1996. – 144 с.
4. Paul J. Werbos, Backpropagation Through Time: What It Does and How to Do It //Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, 1992, pp.309-319.

R e f e r e n c e s

1. A. Gorban. Training neural networks / A. Gorban - SPb. Paragraphs, 1990. - 160 p.
2. Principles of neurodynamics F. Rosenblatt / F. Rosenblatt - Mir, 1965.
3. A. Gorban. Neural networks on personal computer / Gorban A., Russiev D. - Novosibirsk. Science, 1996. - 144 p.
4. Paul J. Werbos, Backpropagation Through Time: What It Does and How to Do It //Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, 1992, pp.309-319.

Білецький Ю.В., Будников Є.Д., Полякова Т.Ю. Розробка моделі прогнозування значення обігу вантажного вагона.

У статті наведено аналіз основних методик раціонального використання вагонного парку залізниць. Встановлено, що в даний час на залізничному транспорті в області автоматизації перевізного процесу не приділяється особливої уваги факторам, які впливають на елемент обігу вантажного вагона. Висвітлено основні поняття нейронних мереж. Розроблено математичну модель прогнозування обігу вантажного вагона. Результати моделювання дозволяють оцінити внутрішню адекватність моделі прогнозування, які кількісно оцінюють точність розрахунків.

Ключові слова: модель, пасажиропотік, система, освоєння, інформаційне забезпечення, поїзд.

Beletsky Y, Budnikov E., Polyakova T. Developing predictive models value of freight cars.

The article presents the analysis of the main methods rational use rolling stock railways. It was found that at present the railways in the transportation process automation does not pay particular attention to factors that affect the element turnover of freight wagon. Basic concepts neural networks. A mathematical model for predicting turnover of freight wagon. The simulation results allow to evaluate the adequacy of internal forecasting models that quantitatively assess the accuracy calculations. This structure neural network will ensure compliance with the requirements operational forecasts regarding the value turnover car based on the comparison and synthesis of the input parameters. Thus, after the construction of such a network and provide input parameter vector is obtained predictive value turnover of freight wagon. As noted earlier, the construction forecasting models perform turnover of freight cars by DN and the railway as a whole must be based on analysis statistical and dynamic data on the implementation high-quality performance their elements.

Keywords: model, passenger, system development, information technology, train.

Білецький Ю.В. – ст. викл. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Будников Є.Д. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Полякова Т.Ю. – ст. викл. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 22.03.2015

УДК 656.212

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ МЕТОДАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Жолтикова К.О., Коваль О.П., Пивоварова Н.В., Роговий А.С., Хуснутдінов І.Г.

PERFECTION OF RAILWAY STATION WORK BY METHODS OF IMITATING MODELLING

Zholtikova K., Koval E., Pivovarova N., Rogovoy A., Husnutdinov I.

За допомогою імітаційного моделювання на прикладі вантажної станції досліджено вантажну та комерційної роботи. Розраховані етапи встановлення та перенесення нових вагонних ваг на станцію. Розроблено математичну модель перевірки доцільності введення нової схеми зважування, за рахунок складання імітаційної моделі роботи нових ваг в нових умовах і визначено, що зважування вагонів на 1-й колії парка скоротить перепроби локомотивів та простої вагонів, а також підвищується пропускна здатність. За результатами імітаційного моделювання отримано, що якщо поїзд не встиг зважитися, а другий вже у вхідного сигналу, третій вже готовий вийти з під'їзної колії і тоді з'являється очікування, але цей збій значно менше потребує часу ніж перепроби при вихідній схемі зважування.

Ключові слова: залізнична станція, вантажна робота, імітаційне моделювання, зважування, ваги

Постановка проблеми. Залізниця нашої країни перебуває у складних умовах переходу до ринкових відносин. Відбувається зміна вимог до якості перевезень, виконуваних залізничним транспортом. Змінюється якісний склад перевезених вантажів, у корені змінилася система планування перевезень, зростає конкуренція з боку інших видів транспорту. Вантажні станції є найважливішим елементом залізничного транспорту. У нових економічних умовах вони покликані зіграти ключову роль у справі залучення вантажів до перевезень. Від роботи цих станцій безпосередньо залежить фінансове становище всієї галузі в цілому. Тому поліпшення роботи вантажних станцій – величезний резерв підвищення ефективності роботи транспорту в цілому.

Аналіз існуючих положень. Зараз на більшості вантажних станцій встановлено ваги, але в багатьох випадках вони застарілі. Використання вагів не обмежується тільки зважуванням. За допомогою використання нового вагового обладнання є можливість: - завжди бути інформованими про кількість матеріаль-

них запасів, які буде визначено шляхом точного зважування на підприємстві;

- підвищити продуктивність праці (а отже прибуток), автоматизувавши рутинні процеси зважування;
- створити оперативний зв'язок між ланцюгами виробничої або торгівельної структури (наприклад, АРМ вагового майстра -> бухгалтерія -> дирекція).

Постановка задачі. Для успішної оптимізації процесу зважування вагонів необхідно:

- провести статистичний аналіз зважування вагонів;

- зробити математичне моделювання на основі імітаційної моделі досліджуваної системи зважування;

- провести апробацію моделі;

- розрахувати ефективність отриманої моделі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення практичних задач тільки аналітичними методами часто сполучено із великими ймовірностями отримання не досить точного результату [1]. За останні кілька десятиліть накопичився досвід використання тих або інших методологічних підходів і моделей для розрахунку й оптимізації транспортних систем взагалі, і систем залізничного транспорту зокрема [2, 3, 4]. Але аналіз показує, що часто методи використовуються некоректно [5].

Сучасне імітаційне моделювання застосовується в основному для дослідження ситуацій та систем, що можна описати як системи масового обслуговування. Це не обмежує застосування імітаційного моделювання, оскільки на практиці будь-яку ситуацію дослідження операцій або прийняття рішень можна тією чи іншою мірою розглядати, як систему масового обслуговування. Із цієї причини методи імітаційного моделювання знаходять широке застосування в задачах, що виникають у процесі створення систем масового обслуговування, систем зв'язку; в економічних і комерційних завданнях, включаючи оцінки поведінки споживача, визначення цін, економічне прогнозування діяльності фірм; у соціальних та соціально-

психометричних завданнях; на транспорті; у задачах аналізу військових стратегій і тактик.

На залізничному транспорті одним з найважливіших параметрів є пропускна здатність [6, 7]. Під пропускною здатністю звичайно розуміють максимальне число поїздів установленої ваги, що може бути пропущене через станцію протягом доби при найкращому використанні постійних пристроїв і прийнятій технології роботи [7]. Фактичні можливості станції пропускати поїздопоток можуть виявитися або вище максимальної розрахункової величини, або нижче її, тому що порядок використання постійних пристроїв змінюється залежно від сформованих експлуатаційних умов. Організація руху поїздів, технологія роботи станції не можуть бути заздалегідь, на всі випадки життя, визначені як найвигідніші, найкращі. По своїй сутності пропускна здатність станції – величина багатоелементна [7].

Для дослідження транспортних систем, в тому числі й дослідженні пропускної здатності, найчастіше використовують аналітичний детермінований метод розрахунку, теорію масового обслуговування, графічний метод та імітаційне моделювання. Але використання кожного з вищенаведених методів може привносити деяку помилку у розрахунки. Порівнювальна оцінка, проведена в [5] показує, що явну перевагу має метод імітаційного моделювання, але він є дуже трудомістким й недостатньо продуктивним, коли є багатоваріантність.

Мета. Метою роботи є удосконалення роботи залізничної станції методами імітаційного моделювання.

Результати досліджень. Для розрахунку роботи залізничної станції використалося імітаційне моделювання за допомогою програми Ithink та було спроектовано граф імітаційної моделі руху поїздів маршрутів через стрілки та колії, що дало змогу розрахувати основні параметри роботи станції. Програми, що дозволяють використати апарат імітаційного моделювання, сприяють збереженню фінансових витрат, що не потрібно використати для коштовних експериментів.

На першому етапі моделювання роблять обробку вихідних даних щодо законів розподілу основних величин, що входять до моделювання, за допомогою теорії ймовірності. Далі, отримавши закон розподілу, визначаємо числові характеристики випадкових величин: математичне очікування, початковий момент, центральний момент, моду, медіану, дисперсію, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнти асиметрії та ексцесу. З отриманих даних проведемо графічну оцінку системи [10].

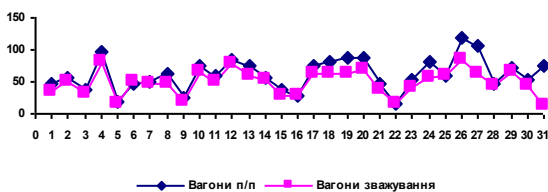


Рис. 1. Порівняння загального обігу вагонів по станції з вагонами, які підлягають зваженню

З рис.1 видно, що частота прибуття вагонів, що будуть проходити операцію зважування майже дорівнює частоті загального вагонообігу станції, значить система є доцільною для впровадження нових ваг [8, 9].

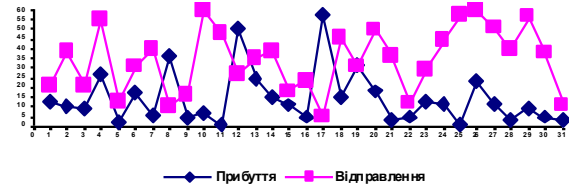


Рис. 2. Порівняння обігу вагонів по станції (прибуття – відправлення), які підлягають зважуванню

За допомогою рис. 2 перевіряється система на зайнятість, як по прибуттю так і по відправленню. І визначено, що система буде працювати в обох випадках.

Алгоритм зважування та математичної моделі процесу наведено на рис. 3, включає в себе блоки, де 1 блок – містить начало дослідження; 2 блок – містить дані для проведення дослідження – вибірка даних вагонів; 3 блок – присвячений аналізу та перегляду ситуації, яка склалася на даний випадок по вагонах; 4 блок – виконуються розрахунки, пов'язані з технічними нормами навантаження вагонів; якщо умова виконується, тоді переходимо до 10 блоку; 5 блок – якщо умова 4-го блоку не виконується, а саме – технічна норма навантаження вагонів, то 6 блок – якщо умова 5-го не виконується, тоді розраховується подача навантажених вагонів; 7 блок – якщо умова 6-го блоку не виконується, тоді розраховується подача порожніх вагонів; якщо умова цього блоку не виконується, тоді ми переходимо до 4-го блоку; 8, 9 блок – якщо умова виконується в 6-му та 7-му блоках, тоді проводяться здвоєнні операції та навантаження порожніх вагонів; а також переходимо до 11-го блоку; 10 блок - містить дослідження певними методами для вагонів, які туди потрапляють з 4-го блоку; переходимо до 11-го блоку – собівартості; 11 блок – розрахунок собівартості вагонів повинен дорівнюватися \min значенню з блоків 8, 9; переходимо з цього блоку до 12 блоку; 12 блок – знайшли оптимальність використання рухомого складу; переходимо до 13 блоку; 13 блок – закінчення алгоритму.

Прибуття поїздів на колію зважування наведено в таблиці.

Апробація системи. За допомогою імітаційного моделювання перевіряємо чи буде система працювати в сучасних умовах. На рис.4 наведена схема імітаційного моделювання.

Приймаємо в якості подій прибуття поїзда на колію, де вже розташовані нові ваги та його зваження, тоді маючи прибуття поїздів наведених в таблиці 1 складаємо імітаційну модель, алгоритм якої показано на рис. 5.

Маючи модель пропускання поїздів через колію з вагами та дані по прибуттю та відправленню

поїздів за добу перевірено працездатність системи, та зведено результати розрахунків до діаграми, що показано на рис. 6.



Рис. 3. Алгоритм математичної моделі, що відображує процес зважування на станції



Рис.4. Схема імітаційного моделювання

Таблиця

Прибуття поїздів на колію зваження				
№ п/п	Час прибуття	Час зваження	Час відправлення	Час затримки
1	9:01	10	9:11	
2	9:38	10	9:48	
3	10:15	8	10:23	
4	10:33	10	10:43	10
5	10:53	9	11:02	10
6	14:02	5	14:07	
7	15:10	12	15:22	
8	16:01	10	16:01	
9	17:20	5	17:25	
10	17:30	10	17:40	5
11	17:46	8	17:54	6
12	18:22	10	18:32	
13	18:44	8	18:52	
14	19:18	10	19:28	
15	21:20	7	21:27	
16	21:35	15	21:50	
17	21:57	11	22:09	7
18	4:05	3	4:08	
19	6:23	10	6:33	

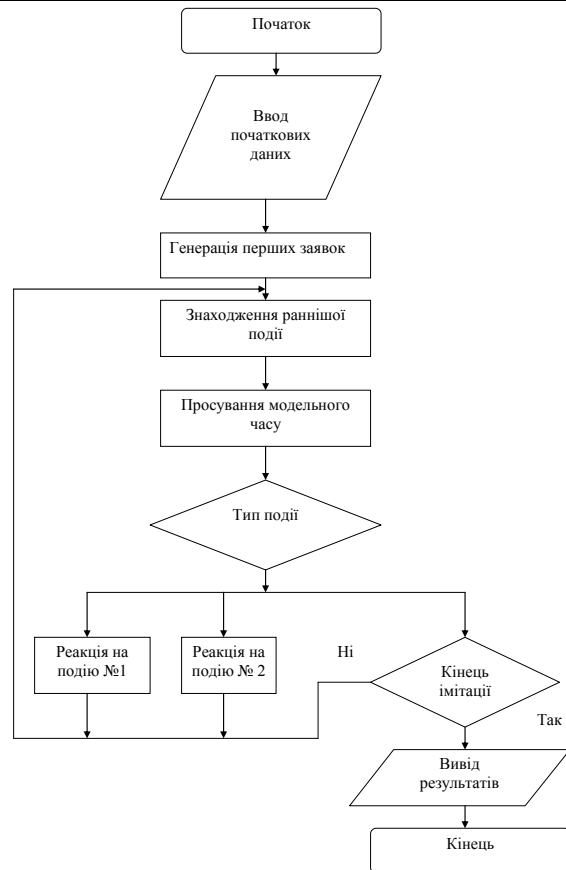


Рис. 5. Алгоритм імітаційної моделі системи зважування

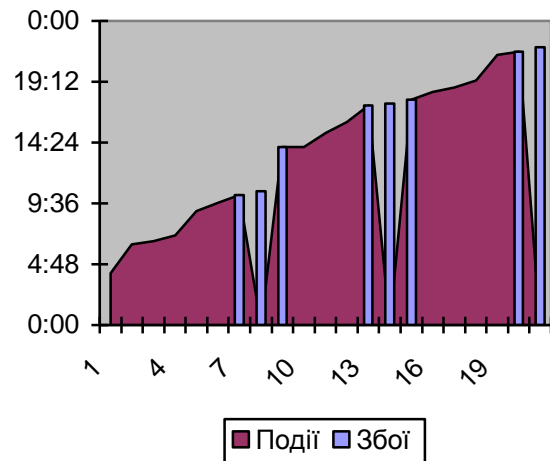


Рис. 6. Діаграма отриманої імітаційної моделі пропуску поїздів через колію з вагами

Складено імітаційну модель пропуску поїздів і визначено, що система може працювати зі збоями або ні. Система в цілому працює без збоїв але є тимчасові затримки (з 10:00 до 14:00 і з 17:00 до 18:30). Для того щоб система працювала без збоїв потрібно, щоб усі події з'являлися вчасно [11, 12]. Тобто скласти приблизний графік навантаження та руху.

Висновки.

- Досліджено вантажну станцію щодо вантажної та комерційної роботи. Розраховані етапи встановлення та перенесення нових вагонних ваг на станцію.

- Розроблено математичну модель перевірки доцільності введення нової схеми зважування, за рахунок складання імітаційної моделі роботи нових ваг в нових умовах і визначено, що зважування вагонів на 1-й колії парка скоротить перепробіги локомотивів та простої вагонів, а також підвищується пропускна здатність.

- За результатами імітаційного моделювання отримано, що якщо поїзд не встиг зважитися, а другий вже у вхідного сигналу, третій вже готовий вийти з під'їзної колії і тоді з'являється очікування, але цей збій значно менше потребує часу ніж перепробіги при вихідній схемі зважування.

Література

1. Акулиничев В.М. и др. Математические методы в эксплуатации железных дорог. М. Транспорт, 1981, – 224с.
2. Кельтон В. Имитационное моделирование. / В.Кельтон, А.Лоу. – 3-е изд. – СПб.:Питер,2004. – 848 с.
3. Хорафас Д.Н. Системы и моделирование. Перевод с англ. Изд-во «Мир», М., 1967.
4. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – наука и искусство. / Р.Шеннон. – М.:Мир,1978. – 418 с.
5. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей (теоретические основы, методология): Автореф. дис...д-ра. техн. наук: 05.22.08/ А.Э.Александров; УрГУПС. – Екатеринбург, 2008. – 50 с.
6. Левин Д.Ю. Оптимизация потоков поездов. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.
7. Моделирование транспортных систем. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С., М-изд-во «Транспорт» 1992г., – 209 с.
8. Єдиний технологічний процес роботи станції Рутченкове і під'їзних колій. - Д.: ДЗ, 2004. - 215 с.
9. Техническо-распорядительный акт станции Рутченково. – Д.: ДЗ, 2004. – 56 с.
10. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд. 7 – е, стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 479 с.
11. Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте/ А.А. Смехов, В.В. Повороженко, А.Т. Дерибас и др. Под ред. А.А. Смехова. - М.: Транспорт, 1990. - 351 с.
12. Л.М. Петренко, В.В. Габа. Управління вантажною та комерційною роботою на залізничному транспорті. – Київ: КУЕТТ, 2004. – 461 с.

References

1. Bartosh E.T. Jenergetika izotermicheskogo podvizhnogo sostava. M., "Transport", 1976, 303 s.
2. Ekimovskij, I.P. Jekspluatacija i tehničeskoe obslužhivanie refrizheratornogo podvizhnogo sostava : ucheb. dlja PTU / I.P. Ekimovskij. – M. : Transport, 1983. – 192 s.
3. Panferov, V.I. Optimizacija rezhima preryvistogo otoplenija / V.I. Panferov, A.N. Nagornaja, E.Ju. Pa-

shnina // Problemy teplojenergetiki: materialy Vse-rossijskoj nauch.-tehn. konf. studentov, aspirantov i molodyh učenyh. -Cheljabinsk: Izd-vo JuUrGU, 2006. – S. 31-32.

4. Kahtina R.I. Tehnologija perevozki skoroportjashhih-sja gruzov: Ucheb. pos. – M.: RGOTUPS, 2001. –108 s.
5. Mironenko V. K. Vpliv kil'kosti grup priznachen' mi-scevih vagoniv u skladah poizdiv na rozmiri peredava-l'nogo 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 issledo-vanie jenergeticheskikh sistem dlja zheleznodorozhnyh perevozk skoroportjashhihsja gruzov : dissertacija ... doktora tehničeskikh nauk : 05.14.01 / Naumenko Ser-gej Nikolaevich; [Mosk. gos. un-t putej soobshh. (MIIT) MPS RF].- Moskva, 2008.- 271 s.
7. Naumenko S. N., Tejmurazov N. S. Aktual'nye pro-blemy 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 gruzov v refrizheratornom podvi-zhnom sostave //Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. – 2009. – № 4.
9. Perevozka skoroportjashhihsja gruzov: 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 gruzov. –M.: Transport, 1992. – 167 s.
12. S. Naumenko, V. Panferov, Konštrukčne materiály a možnosti nových železničnych termičkych kontajnerov pre Ruské Železnice, Zborník prednášok XVI medzinárodnej konferencie «Súčasně problémy v kolajových vozidlách», Díel II, Žilina 8.-10.10.2003, SLOVENSKO, 135-141.

Жолтикова К, Коваль Е.П., Пивоварова Н.В., Роговой А.С., Хуснутдинов И.Г. Совершенствование работы железнодорожной станции методами имитационного моделирования.

На основе имитационного моделирования на примере грузовой станции исследованы грузовая и коммерческая работы. Рассчитаны этапы установки и переноски новых вагонных весов на станцию. Разработана математическая модель проверки целесообразности введения новой схемы взвешивания. За счет составления имитационной модели работы новых весов в новых условиях определено, что взвешивание вагонов на 1-ом пути парка сократит перепробеги локомотивов и простой вагонов, а также повышается пропускная способность. По результатам имитационного моделирования получено, что если поезд не успел взвеситься, а второй уже у входного сигнала, третий уже готов выйти с подъездного пути и тогда появляется ожидание, но такое совпадение значительно меньше требует времени чем перепробеги при исходной системе взвешивания.

Ключевые слова: железнодорожная станция, грузовая работа, имитационное моделирование, взвешивание, весы.

Zholtikova K., Koval Ye.P., Pivovarova, Rogovoy A.S., Husnutdinov I.G. Perfection of railway station work by methods of imitating modelling.

On the basis of imitating modelling on an example of cargo station cargo and commercial works are investigated. Stages of installation and resocks of new carload scales are calculated on station. The mathematical model of expediency introduction check of the new scheme of weighing is developed. At the expense of drawing up of new scales work imitating model in new conditions it is defined that weighing of cars on 1st way of park will reduce rerun of locomotives and idle times of cars, and also throughput raises. By results of imitating modelling it is received that if the train has not had time to be weighed, and the second already at an entrance signal, the third is already ready to leave from an access road and then there is an expectation, but such coincidence demands time than rerun at initial system of weighing much less.

Keywords: railway station, cargo work, imitating modelling, weighing, scales.

Жолтикова К. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Коваль О.П. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Пивоварова Н.В. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Роговий А.С. – к.т.н., доцент кафедри «Теоретична механіка і гідравліка», ХНАДУ, м. Харків, Україна, e-mail: asrogovoy@ukr.net

Хуснутдинов И.Г. – магістр кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

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

Стаття подана 22.03.2015

УДК 656.225

АНАЛІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Чернецька-Білецька Н.Б., Рязанцева А.К., Вітер В.Г.

ANALYSIS OF QUALITY ASSURANCE PROCESSES FOR THE PRODUCTION OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL PRODUCTS IN RAILWAY TRANSPORT

Chernetckaya-Beletskaya N., Ryazantseva A., Viter V.

У статті здійснено аналіз сучасного стану процесів виробництва науково-технічної продукції на залізничному транспорті. Відзначено актуальність дослідження, оскільки проблема якості стає ключовою, сприяючи очевидного зростання інтересу до стратегічних питань бізнесу і до проблеми якості, а також до підходів і методів їх вирішення, висловлюючись в різних формах. Завдяки комплексному підходу до питання забезпечення якості можна добитися підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту, що є досить актуальним в сучасній економіці.

Ключові слова: аналіз, якість, організація, показники, продукція, транспорт.

Постановка проблеми. Залізничний транспорт є не тільки основною складовою транспортної системи, а і ключовою галуззю, що відображає сучасний стан і розвиток економіки країни. При взаємодії з іншими видами транспорту він покликаний своєчасно і високоякісно забезпечувати у внутрішньому і в міжнародному залізничних сполученнях потреби населення і практично всіх галузей народного господарства в перевезеннях і послугах, життєдіяльність всіх галузей економіки і національну безпеку держави, формування ринку перевезень і ін.

Великий досвід в організації експлуатаційної і економічної роботи залізниць і їх підрозділів (полігонів) був накопичений за період незалежності України. Проте продовжується пошук ефективних методів управління процесами ухвалення рішень в системах оперативного управління потоків поїздів.

Особливість нових підходів полягає в застосуванні науково-обґрунтованих методів господарювання, вдосконаленні системи управління перевезеннями, впровадженні досягнень науково-технічного прогресу і передових технологій і так далі, що неможливо здійснити за відсутності належної уваги до науково-дослідних підприємств, основна функція яких полягає в пошуку і знаходженні прин-

ципово нових підходів і якості вирішення даної проблеми.

Дослідження різних наукових проблем, які дозволяють підвищити ефективність і оптимізувати роботу залізничного транспорту припускає облік ступеня впливу ряду чинників (економічних, соціальних, виробничих і тому подібне). Сучасний стан економіки країни обумовлює зменшення об'ємів вантажних перевезень і велику збитковість пасажирських перевезень, тому актуальною стає необхідність обліку чинника забезпечення якості процесів виробництва науково-технічної продукції на залізничному транспорті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При детальному огляді існуючих наукових робіт і літературних джерел [1-5] та розглядаючи світовий досвід вирішення даної проблеми, можна виділити наступне. Країні Євросоюзу мають достатньо могутню систему залізничного транспорту. На відміну від України, де частка перевезень вантажів значно превалює перед перевезеннями пасажирів, країни західної Європи орієнтують свої залізничні транспортні системи в основному на перевезення пасажирів. Ця відмінність, за великим рахунком, не вносить яких або принципових відмінностей, в завдання, які стоять перед науково-проектними організаціями [2, 6].

Матеріали і результати дослідження. Не дивлячись на наявність найбільших успіхів в області науки і проектування таких країн, як Німеччина, Франція, Італія для подальшого аналізу і вивчення вибраний підхід до організації науково-проектного комплексу Великобританії. Тому, перш за все, доцільно розглянути досвід саме цієї країни. Стрижнем проведення наукових досліджень у Великобританії є вищі учбові заклади, фундаментальні розробки яких визначають основні напрями науково-технічного прогресу на залізничному транспорті. Вектор фундаментальних досліджень визначена основними завданнями, поставленими транспортним Міністерст-

вом країни. До таких завдань відноситься, наприклад, стан безпеки руху, швидкісний рух та ін. Далі, в роботу вступають проектні організації, які доводять наукові розробки до рівня реальних технічних і проектних рішень. Практичне ж використання, тобто впровадження, здійснюється вже індустріальними підприємствами.

Окрім європейських країн, широкий досвід по ефективній організації проектних робіт і наукових досліджень в області залізничного транспорту накопичений на Північно-американському континенті, лідером серед яких, безумовно, є Сполучені Штати Америки, унаслідок чого в області залізничного транспорту цей континент більшою мірою орієнтований на шлях розвитку США. Тобто перевага віддається автономним видам тяги, частка електричного транспорту невелика, хоча як і в Україні, упор зроблений на вантажні перевезення [7]. Проте, при детальному аналізі стану проектування, впровадження технічних і проектних рішень США і Канади можна відмітити, що там немає окремого науково-проектного комплексу для залізничного транспорту [8, 9].

На рис. 1 представлено структуру проблеми створення і освоєння нових наукових напрямів, яка складена шляхом детального аналізу робіт [8-13]. Саме при цьому схемному рішенні забезпечується вирішення завдань забезпечення якості виробництва науково-технічної продукції, з урахуванням певної кількості факторів.

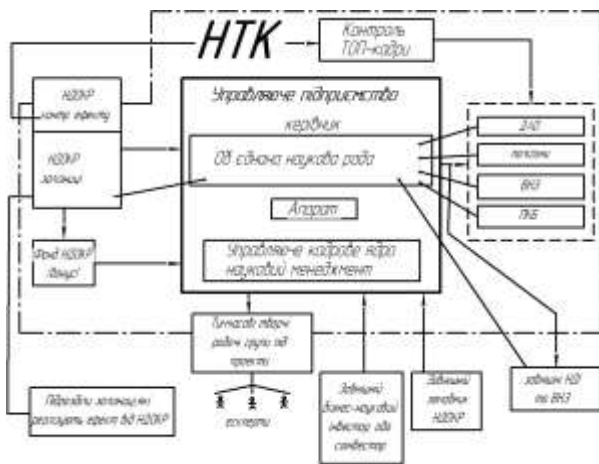


Рис. 1. Структуризація проблеми створення і освоєння нових наукових напрямів

Як відомо, в сучасній ринковій економіці проблемам якості приділяється особлива увага, що пов'язане з наявністю конкурентного середовища і пред'явленням принципово інших вимог до якості продукції, що випускається. В даний час виживаність будь-якого підприємства, організації, фірми і її стійке положення на ринку товарів і послуг визначаються рівнем конкурентоспроможності. У свою чергу конкурентоспроможність пов'язана з двома показниками - рівнем ціни і рівнем якості продукції. Причому другий чинник поступово виходить на перше місце. Продуктивність праці і економія всіх ви-

дів ресурсів поступаються місцем якості продукції [10].

Проблема якості і підвищення конкурентоспроможності стає ключовою, сприяючи очевидному зростанню інтересу до стратегічних питань бізнесу і до проблеми якості, а також до підходів і методів їх рішення, виражаючись в різних формах [11]. При здійсненні планування заходів щодо поліпшення забезпечення якості процесів виробництва і усунення причин виробництва неякісних продуктів (послуг), виділення засобів і людей для здійснення поліпшень необхідні аналіз і оцінка витрат, пов'язаних з якістю, і ефекту від поліпшень, тому невід'ємній стратегії компанії, що становить, є система прозорого бухгалтерського і управлінського обліку в рамках системи менеджменту якості продукції.

Стратегія забезпечення якості процесів виробництва повинна розглядатися як одна з найважливіших функціональних стратегій і розроблятися у вигляді невід'ємної частини загальної стратегії компанії [5, 8, 9, 12, 13], тому керівництво компанії, ухвалюючи рішення про розробку і впровадження системи якості, повинне замислюватися про формування всього комплексу стратегічних компонентів.

Необхідно відзначити, що функції контролю забезпечення якості процесів виробництва продукції і її елементів є такими, що становлять технологічних процесів і тому передбачають відповідні витрати ресурсів, що істотно впливає на організацію виробництва цієї продукції в цілому і на підходи до економічних розрахунків [12]. Крім того, організація виробництва завжди повинна будуватися з урахуванням вірогідності його збоїв, виникненням дефектів і передбачати схеми оперативного впливу на якість процесів створення і просування продукції, усунення дефектів і браку на ранніх стадіях створення і реалізації продукції.

Таким чином, формування і реалізація в діяльності зарубіжних компаній залізничного транспорту стратегії якості лише зачіпає решту елементів регулярного менеджменту, не припускаючи необхідності їх істотної перебудови. Головна ж проблема, з якою стикаються вітчизняні компанії, що розробляють інноваційну систему менеджменту якості продукції, - це необхідність перебудови різних аспектів діяльності компанії і пов'язана з цим зміна організаційної культури компанії, психології менеджерів і виконавців [8, 14-16].

На рис. 2 показано укрупнену структуру алгоритму процесу управління якістю. У цій структурі показані зв'язки з об'єктами управління: процесами виробництва науково-технічної продукції і життєвим циклом розробки, а також з середовищем, вимоги і характеристики якої є зовнішніми даними.

Управління якістю продукції, це не просто контроль якісних параметрів і причин їх відхилень - це управлінська діяльність, що охоплює життєвий цикл продукції, системно забезпечує стратегічні і оперативні процеси підвищення якості продукції і функціонування самої системи управління.

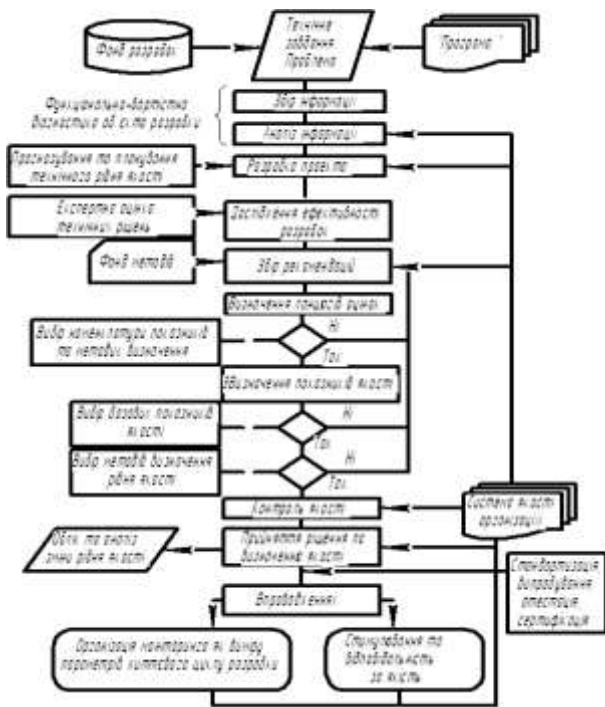


Рис. 2. Алгоритм управління якістю виробництва науково-технічної продукції

Управління якістю продукції, це не просто контроль якісних параметрів і причин їх відхилень - це управлінська діяльність, що охоплює життєвий цикл продукції, системно забезпечує стратегічні і оперативні процеси підвищення якості продукції і функціонування самої системи управління.

Спільність завдань управління дозволяє формулювати і загальні його закони, а аналіз і узагальнення практики управління дає можливість, спираючись на закони, конкретизувати зміст управління в рамках науки управління [15].

Безпосередніми об'єктами управління в даному випадку є споживчі характеристики продукції, чинники і умови, що впливають на їх рівень, а також процеси формування якості продукції на різних стадіях її життєвого циклу. Суб'єктами управління є різні органи управління і окремі особини, що функціонують на різних ієрархічних рівнях і реалізуючи функції управління якістю відповідно до загальноприйнятих принципів і методів управління.

Розрахунок показників, що оцінюють рівень забезпечення якості процесів виробництва, проводиться з певною метою. Найважливіша з них - зіставлення різних споживчих властивостей виробів і їх економічних характеристик, тобто визначення оптимального рівня якості виробів. Із зростанням вимог, що пред'являються споживачами до якості продукції, неминуче росте ціна продукції, що випускається, і її собівартість.

Структура алгоритму процесу управління якістю підприємства показана на рис. 3, де показані зв'язки з об'єктами управління: процесами виробництва науково-технічної продукції і життєвим циклом ро-

зробки, а також з середовищем, вимоги і характеристики якої є зовнішніми даними. Причому, управління якістю продукції повинне здійснюватися системно, тобто на підприємстві повинна функціонувати система управління якістю, що є організаційною структурою, чітко розподіляючою відповідальністю, процедурами, процесами і ресурсами, необхідними для управління якістю.

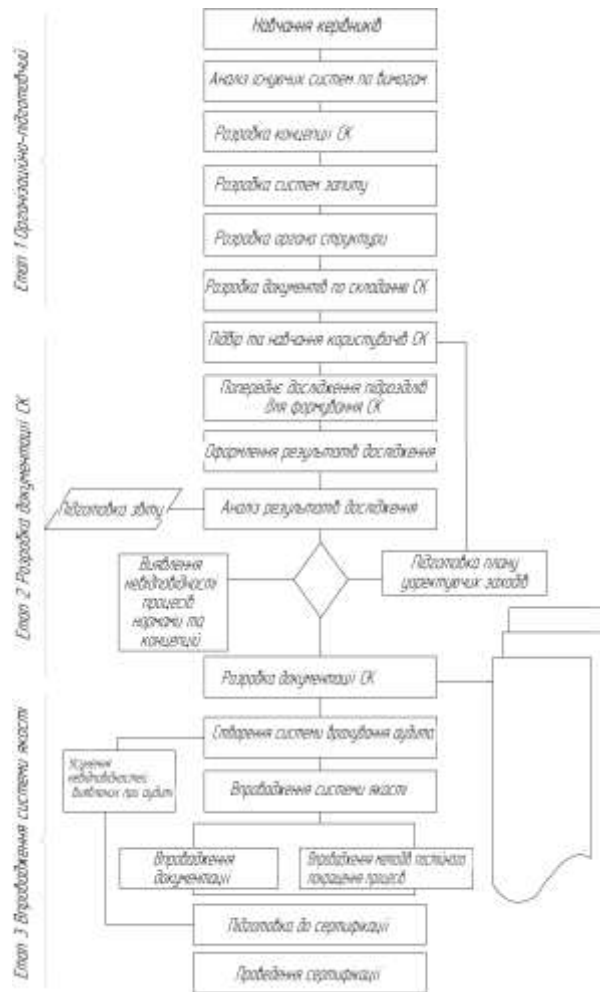


Рис. 3. Алгоритм побудови системи якості

Висновки. Таким чином, заходи щодо підвищення забезпечення якості процесів виробництва повинні зачіпати всі підрозділи без виключення. Проведений аналіз показав, що більшість заходів не контролюються відділами якості і надійності. Особлива увага повинна приділятися підвищенню якості в науково-дослідних підприємствах і організаціях, що зумовить якість створення нових виробів і технологій. Безумовно, найбільш ефективним методом, сприяючим підвищенню якості, є вкладення фінансових коштів в процеси їх попереднього відбору і стратегічного планування підготовки, тому виникає необхідність знаходити потрібні засоби для проведення досліджень.

Л и т е р а т у р а

1. Инновационные перспективы США, ЕС, Японии: (технол. приоритеты и методология их формирования) /Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений; отв. ред. Дынкин А. А. и др. - М.: ИМЭМО, 2004. 108 с.
2. Развитие инновационной деятельности: теория и практика /Н. В. Лапина, И. Ю. Рогова, А. В. Рогов; под общ. ред. В. М. Ларина. - Саратов: СГСЭУ, 2003,- 178 с.
3. Лукашев В.И. Научно-технический прогресс и экономическая эффективность транспортного производства: (Макроэкон. оценка) /В. И. Лукашев. - М.: Интекст, 2003.-351 с.
4. Малышева Н.И. Управление инновационной деятельностью сети железных дорог в условиях реформирования отрасли // Сборник научных трудов «Проблемы развития сети железнодорожного транспорта». Хабаровск, 2006. ил. С 170-184.
5. Якутин Ю. В. Интегрированные корпоративные структуры: развитие и эффективность. - М.: Экономическая газета, 1999, - 368 с.
6. Алишаускас Ю.Ю. Проблемы разработки научно-технических решений. - Вильнюс: Экоцентрас, 1990. - 169 с.
7. Данилин И.В. Государственная научно-техническая политика США /Данилин И. В.; Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. - М.: ИМЭМО, 2004. - 113 с.
8. Инновационные перспективы США, ЕС, Японии: (технол. приоритеты и методология их формирования) /Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений; отв. ред. Дынкин А. А. и др. - М.: ИМЭМО, 2004.
9. Лоуэлл С. Технологически эффективное предприятие. - М.: Политиздат, 1991.
10. Попов М. Г., Попов А. М. Применение функции потерь качества для оценки и выбора проектных решений // Вестник машиностроения. - 2002. - №9. -С.73-78.
11. Система качества. Сборник нормативно-методических документов. М.: изд-во Стандартов, 1992.
12. Малышева Н.И. Повышение эффективности работы железнодорожного транспорта на основе реализации региональных научно-технических программ, дисс. канд. тех. наук.—Новосибирск, 2006,—155 с.
13. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст]: пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковичкий, К. В. Гончаров. – Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.
14. William R. Cheswick, Steven M. Bellovin, Aviel D. Rubin. Firewalls and Internet Security, 2nd Edition. Addison Wesley – 2003. - 464 pp
15. Bragg R., Rhodes-Ousley M, Keith E. Network Security. Strassberg Osborne/McGraw-Hill – 2003. - 896 pp.
16. John R. Vacca. Managing Information Security. Syngress – 2010. - 320 pp.
2. Razvitie innovacionnoj dejatel'nosti: teorija i praktika /N. V. Lapina, I. Ju. Rogova, A. V. Rogov; pod obshh. red. V. M. Larina. - Saratov: SGSJeU, 2003,- 178 s.
3. Lukashev V.I. Nauchno-tehnicheskij progress i jekonomicheskaja jeffek-tivnost' transportnogo proizvodstva: (Makrojekon. ocenka) /V. I. Lukashev. - M.: Intekst, 2003.-351 s.
4. Malysheva N.I. Upravlenie innovacionnoj dejatel'nost'ju seti zhe-leznych dorog v uslovijah reformirovanija otrasli // Sbornik nauchnyh trudov «Problemy razvitija seti zheleznodorozhnogo transporta». Habarovsk, 2006. il. S 170-184.
5. Jakutin Ju. V. Integrirovannye korporativnye struktury: razvi-tie i jeffektivnost'. - M.: Jekonomicheskaja gazeta, 1999, - 368 s.
6. Alishauskas Ju.Ju. Problemy razrabotki nauchno-tehnicheskikh reshe-nij. - Vil'njus: Jekocentras, 1990. - 169 s.
7. Danilin I.V. Gosudarstvennaja nauchno-tehnicheskaja politika SShA /Danilin I. V.; Ros. akad. nauk, In-t mirovoj jekonomiki i mezhdunar. odnoshe-nij. - M.: IMJeMO, 2004. - 113 s.
8. Innovacionnye perspektivy SShA, ES, Japonii: (tehnol. priority i metodologija ih formirovanija) /Ros. akad. nauk, In-t mirovoj jekonomiki i mezhdunar. odnoshenij; отв. red. Dynkin A. A. i dr. - M.: IMJeMO, 2004.
9. Loujell S. Tehnologicheski jeffektivnoe predpriyatje. - M.: Politizdat, 1991.
10. Popov M. G., Popov A. M. Primenenie funkcii poter' kachestva dlja ocenki i vybora proektnyh reshenij // Vestnik mashinostroenija. - 2002. - №9. -S.73-78.
11. Sistema kachestva. Sbornik normativno-metodicheskikh dokumentov. M.: izd-vo Standartov, 1992.
12. Malysheva N.I. Povyshenie jeffektivnosti raboty zheleznodorozhnogo transporta na osnove realizacii regional'nyh nauchno-tehnicheskikh programm, diss. kand. teh. nauk.—Novosibirsk, 2006,—155 s.
13. Intellektual'nye transportnye sistemy zheleznodorozhnogo transporta (osnovy innovacionnyh tehnologij) [Tekst]: posobie / V. V. Skalozub, V. P. Solov'ev, I. V. Zhukovickij, K. V. Goncharov. – D. : Izd-vo Dnepropetr. nac. un-ta zh.-d. transp. im. akad. V. Lazarjana, 2013. – 207 s.
14. William R. Cheswick, Steven M. Bellovin, Aviel D. Rubin. Firewalls and Internet Security, 2nd Edition. Addison Wesley – 2003. - 464 pp
15. Bragg R., Rhodes-Ousley M, Keith E. Network Security. Strassberg Osborne/McGraw-Hill – 2003. - 896 pp.
16. John R. Vacca. Managing Information Security. Syngress – 2010. - 320 pp.

R e f e r e n c e s

1. Innovacionnye perspektivy SShA, ES, Japonii: (tehnol. priority i metodologija ih formirovanija) /Ros. akad. nauk, In-t mirovoj jekonomiki i mezhdunar. odnoshenij; отв. red. Dynkin A. A. i dr. - M.: IMJeMO, 2004. 108 s.

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Рязанцева А.К., Ветер В.Г. Анализ обеспечения качества процессов производства научно-технической продукции на железнодорожном транспорте.

В статье осуществлен анализ современного состояния процессов производства научно-технической продукции на железнодорожном транспорте. Основываясь на опыте высокоразвитых стран можно констатировать наличие проблемы недостаточного внимания к научно-исследовательским предприятиям Украины, основная функция которых заключается в поиске и нахождении принципиально новых подходов и качества решения данной проблемы. Отмечено актуальность исследования, поскольку проблема качества становится ключевой, способствуя очевидному росту интереса к стратегическим вопро-

сам бизнеса и к проблеме качества, а также к подходам и методам их решения, выражаясь в разных формах. Благодаря комплексному подходу к вопросу обеспечения качества можно добиться повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта, что является весьма актуальным в современной экономике. Таким образом, мероприятия по повышению качества процессов производства должны затрагивать все подразделения без исключения.

Ключевые слова: анализ, качество, организация, показатели, продукция, транспорт.

Chernetckaya-Beletskaya N., Ryazantseva A., Viter V. Analysis of quality assurance processes for the production of scientific and technical products in railway transport.

The article analyzes the current state processes of production a scientific and technical products in railway transport. Based on the experience of developed countries can state the problem the insufficient attention to research enterprises on Ukraine, whose main function is to search and find innovative approaches and quality of solution. Noted the relevance on the study, as the issue of quality becomes a key, contributing to the apparent growing interest in strategic issues the business and to the quality problem and the

approaches to and methods of their solution, expressing itself in different forms. Through an integrated approach to the issue of quality assurance can be achieved improving the competitiveness on rail transport, which is very important in the modern economy. Thus, measures to improve the quality of production processes should apply to all departments without exception.

Keywords: analysis, quality, organization, performance, production, transport.

Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., професор, зав. кафедрою «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Рязанцева А.К. – зав. лабораторією кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.
e-mail: translogstud@yandex.ru.

Вітер В.Г. – студент групи ТЛ-941м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 23.03.2015

УДК 656.224

**АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ****Черніков В.Д., Семенов С.О., Молякова К.М.****ANALYSIS THE FUNCTIONING OF PASSENGER FACILITIES AT RAILWAY TRANSPORT****Chernikov V., Semenov S., Molyakova K.**

У статті виконаний аналіз пасажирських комплексів залізничного транспорту України, відмічено гострий соціальний і макроекономічний характер транспортної проблеми в умовах економіки країни і малого капіталовкладення, що склалися, в розвиток і модернізацію транспортної системи в цілому. Показано, що ефективність роботи пасажирських комплексів має на увазі собою реалізацію цілого комплексу мерів, направлено на підвищення і оптимізацію організації перевезень пасажирів залізничним транспортом, включаючи вирішення ряду проблемних питань, підвищення рівня наукової обґрунтованості і схвалюваних технічних рішень на основі наукових підходів перспективних пропозицій по розвитку цієї галузі.

Ключові слова: аналіз, ефективність, методика, організація, параметри, транспорт.

Постановка проблеми. Відомо, що пасажирські перевезення займають особливе місце в роботі залізничного транспорту України, що обумовлене їх важливим соціально-економічним значенням в житті суспільства [1-4]. У зв'язку з цим вирішення проблем, пов'язаних з поліпшенням організації перевезень пасажирів, є пріоритетним в діяльності транспортних підприємств. Таке рішення зв'язати соціальні, функціональні, економічні і технічні завдання, направлені на підвищення ефективності і якості обслуговування пасажирів покладено на систему організації пасажирських перевезень на залізничному транспорті.

Важливим є і умова комфортабельності пасажирських перевезень, їх доступність, зручність при користуванні, володіння швидкістю доставки до місця призначення, безпекою і, що дуже важливе, економічністю [2, 5-7]. Має місце і фінансовий аспект проблеми. Капіталовкладення держави в залізниці незначні, а такі транспортні об'єкти, як місця стоянок автотранспорту біля вокзалів, станції і так далі впливають на всі статті витрат і доходів. Але позитивний ефект обмежує висока капіталоємкість інфраструктури.

Останніми роками в умовах ринкової економіки в Україні транспортна проблема набуває все більш гострого соціального і макроекономічного характеру. На жаль, до теперішнього часу в Україні не існувало науково обґрунтованої комплексної методики оптимального функціонування, розвитку і проектування пасажирських комплексів в транспортних вузлах в умовах розвитку ринкової економіки.

Все це показує, що пасажирському залізничному комплексу необхідна розробка дієвих, науково-обґрунтованих мерів, направлених на збереження положення залізниць на транспортному ринку і підвищення їх економічної ефективності і функціонування. Особливо гостро дана проблема встає у зв'язку з інтеграцією України в міжнародний ринок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Останні роки на зарубіжних залізницях чітко простежується тенденція перетворення вокзалів в сучасні комплекси, свого роду транспортно-торгово-культурні і суспільні центри, що визначають обличчя міста. Проводяться заходи, направлені на підвищення якості і культури обслуговування пасажирів. До цих заходів, перш за все, відноситься збільшення швидкості руху, вдосконалення системи продажу квитків, модернізація устаткування вокзалів. [1-4, 8].

Аналіз наукових праць [3-12] показав, що роль економічного механізму управління пасажирським залізничним комплексом особливо важлива у зв'язку з політичними і соціально-економічними перетвореннями в країні, зміною життєвого рівня населення, «розшаруванням» його по рівнях матеріального добробуту і зниженням рухливості, що різко зменшило об'ємні і якісні показники пасажирського залізничного комплексу. Через це комплексу бракує власних фінансових коштів для розвитку. В результаті в Україні, за останній період, темпи його оновлення знизилися майже в 10 разів, а його стан досяг критичного рівня. Більше половини пасажирських вагонів вже виробили свій ресурс. Списуванню підлягають більше 70% пасажирських електровозів і

близько 85% електро- і дизель-поїздів. По більшості техніко-технологічних параметрів інфраструктура і технологія перевезень залізниць не відповідає зростаючим вимогам суспільства і європейським стандартам. Залізничний транспорт, як найбільш доступний для населення вид транспорту, втрачає конкурентні позиції на ринку транспортних послуг.

Матеріали і результати дослідження. Сучасні умови розвитку економіки країни обумовлюють зростання конкуренції між видами транспорту, з урахуванням складової матеріальних витрат на перевезення пасажирів. Тому механізм управління пасажирським господарством не вписується в динаміку названого ринку і вимагає вдосконалення шляхом розробки і впровадження комплексу заходів. Проте в даному випадку можливість застосування тут комплексу заходів, що базуються на одночасному використанні принципів маркетингу і логістики, направлених на формування цілісного і багатогранного економічного механізму управління результатами пасажирських перевезень не є достатньою умовою розвитку пасажирських комплексів [13]. Разом з тим, сукупність науки і практики зарубіжних залізниць, що працюють на ринку пасажирських перевезень в умовах жорсткої конкуренції з автомобільним і повітряним транспортом довела, що ефективне управління в даній сфері діяльності неможливе без комплексу заходів маркетингу та логістики. [3, 14].

З урахуванням географічного положення України, для подальшого розвитку пасажирських комплексів і транспортної інфраструктури в цілому цікавий досвід удосконалення роботи залізниць Франції. Україна і Франція близькі по території, населенню і протяжності залізниць. Франція володіє добре розвинутою транспортною системою. Основними видами транспорту в країні є автомобільний та залізничний, частка останнього в загальному пасажирообігу складає 25%. Залізниця Франції за винятком декількох ліній місцевого значення, об'єднані в Національне суспільство французьких залізниць [15].

В умовах розвитку конкуренції на ринку пасажирських перевезень Франції особлива увага була приділена вдосконаленню технології надання послуг на вокзалах і в поїздах. Саме від даних технологій залежить здібність комплексу до залучення пасажирів для здійснення поїздки залізничним транспортом, а, отже, дозволяє отримувати максимально можливий прибуток від пасажирських перевезень.

На рис. 1 та рис. 2 зображено порівняльний аналіз перевезень пасажирів в Україні окремими видами пасажирського транспорту. Як показали дослідження [1, 3], за останні роки залізничний транспорт став більш конкурентноздатним, що пов'язане перш за все з гострою конкуренцією в приміському сполученні між автомобільним і залізничним (автобусним) видами транспорту.



Рис. 1. Аналіз пасажирських перевезень України різними видами транспорту (1990 р.)

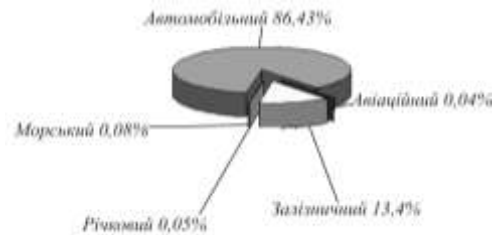


Рис. 2. Аналіз пасажирських перевезень України різними видами транспорту (2014 р.)

Оцінка варіантів розвитку пасажирських комплексів і оптимізації процесів взаємодії включає облік організаційного ефекту від зниження експлуатаційних витрат в результаті вдосконалення експлуатаційної роботи, підвищення продуктивності праці та ін.; соціального ефекту, який виявляється в створенні резерву переробляючої і пропускну здатності вузла, де розташовуються пасажирські комплекси, його ролі в транспортній системі, забезпеченні «ресурсів варіантів» для правильного вирішення проблем розвитку і планування пасажирських комплексів в процесах подальшого його проектування; ефекту технічної прогресивності, що відображає можливість автоматизації і типізації схем; ефекту планувальних структур, що склалися, входять в пасажирський комплекс, в поліпшенні умов розселення, збільшенні вільного часу населення за рахунок скорочення тривалості поїздок та ін.; ефекту розвитку – в припускаючи облік при проектуванні переваг, пов'язаних з максимальним використанням існуючих пристроїв.

Зазначимо, що методи оцінки загальної ефективності функціонування пасажирського комплексу досить складні і потребують подальшої наукової розробки.

Наприклад, при обчисленні економічної ефективності пасажирської підсистеми важливу роль грає правильна оцінка втрат часу пасажирів. Наявність вільного часу пасажирів сприяє зростанню їх підприємницької і виробничої активності, поліпшенню суспільної і трудової дисципліни, що позначається на продуктивності праці. Заощадження робочого часу, проте пов'язано не тільки із зростанням продуктивності праці, але і з використанням вільного часу і його особливим значенням для розвитку суспільства. Таким чином, закон економії часу розповсюджується як на виробничу, так і на невироб-

ничу сфери, а отже, економія часу, викликана поліпшенням транспортного обслуговування населення, повинна отримувати грошову оцінку.

Останніми роками широко застосовується спосіб оцінки заощадженого часу через вартісну оцінку 1 пас.-год [16]:

$$\Delta S_n = 365 \Delta N S_{i \text{ аїї} - \tilde{a} \ddot{a}} \quad (1)$$

де ΔN - економія витрат часу пасажирів, пас.год/добу;

$S_{i \text{ аїї} - \tilde{a} \ddot{a}}$ - вартість 1 пас. год.

Розрахунки економічних параметрів [17] показують, що вартість 1 пас.-год визначається тільки в дальньому і місцевому пасажирському сполученні, в приміському ж практикують зазвичай тільки прискорення від доставки пасажирів в пас.-год і не проводиться їх грошова оцінка. Тому при розвитку пасажирських комплексів в транспортних вузлах такі заходи як будівництво метрополітенів, залізничних станцій, збільшення пропускної спроможності вулиць і провізної здатності міського транспорту, пристрій транспортних розв'язок, автоматизація і механізація процесів в пасажирській транспортній системі, складно зробити техніко-економічне обґрунтування.

Ефект від скорочення витрат часу на поїздку до місця роботи визначається зростанням продуктивності праці, а в кінцевому рахунку – приростом національного доходу, унаслідок вказаного зростання продуктивності праці.

Розглядаючи різні варіанти схем розміщення пасажирських станцій і внутрішньоміських транспортних зв'язків, необхідно враховувати економічний ефект від скорочення витрат часу на поїздку до місця роботи. Для практичного розрахунку вартості 1 приміської пас.-год рекомендовано використовувати наступну формулу [18]

$$S_{i \text{ аїї} - \tilde{a} \ddot{a}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n N_i}{m \cdot (1+n)} \quad (2)$$

де 2 - коефіцієнт, що враховує втрати в прибутку;

$\sum_{i=1}^n N_i$ - загальні втрати в заробітній платі за 1

год роботи, грн;

M - число робочих, що втрачають в заробітній платі;

N - доля в приміському потоці осіб, не зайнятих у виробничій сфері (в умовах крупного міста до складає 0,2-0,5) [19].

У методиці оцінки ефективності функціонування пасажирського комплексу транспортного вузла (підсистеми, елементу) розрахунок обмежений економічним порівнянням варіантів по параметрах, що допускають кількісний опис. Іноді порівнюються

якісні показники, такі, як трудомісткість, матеріаломісткість та ін.[19, 20].

Чинники і параметри, що визначають ефективність функціонування пасажирського комплексу, можна розділити на дві групи: а) чинники і параметри, що підвищують загальну ефективність його роботи (продуктивність, надійність і ін.); б) чинники і параметри, що знижують її недосконалість технології, відсутність резервів розвитку та ін. Звідси параметри і чинники, що підвищують ефективність, включаються в інтегральну функцію ефективності із знаком плюс, а що знижують її – із знаком мінус.

Інтегральна функція ефективності j-го варіанту розвитку і реконструкції може виражатися рівнянням

$$F_{Ej}^* = c_1 \cdot T_{1j}^* \pm c_2 \cdot T_{2j}^* \pm \dots \pm c_n \cdot T_{nj}^* \quad (3)$$

де j - номер даного варіанту.

При виконанні умов

$$\sum_{i=1}^n c_i = 1 \quad T_i^* = \frac{T_i^{\delta}}{T_i^{\alpha}} \quad (4)$$

де c_i – коефіцієнт, що визначає відносну важливість 1-го параметра по відношенню до останніх;

$T_i^{\delta} T_i^{\alpha}$ – значення 1-го параметру відповідно для пропонованого та базисного варіантів, в якості базисного варіанту зазвичай використовується існуючий транспортний вузол, параметри якого відомі і можуть перевірятися експериментально; знак (*) - ознака безрозмірності параметру [19].

Коефіцієнти, що визначають відносну важливість i-го параметра, можуть визначатися методом експертних оцінок, основу якого складає система індивідуальних опитів кваліфікованих фахівців, методика проведення яких в даний час досить добре відпрацьована [17]. Розрахунок може бути проведений таким чином:

1) кожному параметру дається кількісна оцінка важливості у вигляді коефіцієнтів $c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1s}$, сума яких дорівнює одиниці;

2) встановлюється математичне очікування важливості для всього колективу з N_s експертів по формулі

$$D = \frac{\sum_{i=1} \sum_{j=1} c_{ij}}{N} \quad (5)$$

Подальше дослідження можна здійснити на основі методик, викладених в роботах [17, 18].

Висновки. Ефективність роботи пасажирських комплексів має на увазі собою реалізацію цілого комплексу мерів, направлених на підвищення ефективності організації перевезень пасажирів залізничним транспортом, включаючи вирішення ряду проблемних питань, підвищення рівня наукової об-

грунтованості і схвалюваних технічних рішень на основі наукових підходів перспективних пропозицій по розвитку цієї галузі. В даному випадку основним ініціатором для розвитку повинні стати відповідні державні органи із залученням вітчизняного наукового потенціалу і компаній галузі для практичної реалізації мерів, що приймаються. Для визначення оптимальних шляхів розвитку і функціонування пасажирських комплексів необхідно враховувати не тільки кількість пасажиропотоку, а і скорочення витрат часу на поїздку, що надалі дозволить з урахуванням заданих чинників і обмежень, визначити найбільш ефективний шлях розвитку і підвищити економічну ефективність, що є метою подальших досліджень.

Л і т е р а т у р а

1. Пасажирский железнодорожный комплекс. Вокзалы: учеб. пособие для студентов вузов ж.д. транспорта/ Е.В. Показкая, А.С. Левченко. – Самара: СамГАПС, 2007. – 66 с.
2. А. П. Абрамов, О.Ф.Мирошниченко Новое в формировании доходов железных дорог от пассажирских перевозок //Вестник ВНИИЖТ. 1991.—№8 — С. 9 — 12.
3. Аксенов И. М. Эффективность пассажирских железнодорожных перевозок:— Монография. К. Издательство. “Транспорт України”.— 2004. 284 с.
4. Аксенов И.М. Выбор конкурентных стратегий в сфере пассажирских перевозок //Залізничний транспорт України. 2002. — №3. – С. 45 – 50.
5. Быкодаров С. А. Система оценки экономических результатов работы железных дорог //Экономика железных дорог – 2000 — № 7 – С. 36-41.
6. Бубнова Г. В. Методы и средства стратегического планирования работы железнодорожного транспорта //Экономика железных дорог. 2001—N—С 15-19.
7. Г. А. Гольц, В. Н. Гулия, В. Н. Лишвиц Методы прогнозирования пассажирских перевозок /Проблемы прогнозирования и оптимизации работы транспорта М.: — 1992. — С. 78-128
8. Е. А. Голиков, В. М. Пурлик Основы логистики и бизнес-логистики –М.: РЭА. — 1993.— 161с.
9. Концепція формування мережі логістичних центрів в системі міжнародних транспортних коридорів України /Ю. М. Цветов, О. П. Кутах, М. В. Макаренко та інш. — К. — КУЕТТ. — 2003. — 109с.
10. Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту (схвалено розпорядженням Кабінету міністрів України від 27 грудня 2006 р. № 671, 7. с.
11. В. Г. Котов, О. Ф. Мирошниченко Совершенствование планирования и формирования доходов железных дорог от пассажирских перевозок //Совершенствование хозяйственного механизма на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт. — 1987.— С. 81-95.
12. Концепция реформирования транспортного сектора Украины К.: ВАТ ИКТП - Центр. — 1999. — 67 с.
13. Аксенов И.М. Создание экономического механизма управления пассажирским железнодорожным комплексом Украины: дис. докт. экон. наук.: 08.00.03 – экономика и управление национальным хозяйством / И.М. Аксенов. – Д., 2008. – 324 с.
14. Вторая сетевая научно-практическая конференция “Современные проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте”: Труды. — М., 2000. — 240 с
15. Коммерческая политика в области пассажирских перевозок: (Франция) // Ж. д. трансп. за рубежом. Сер. 1: ЭИ / ЦНИИТЭИ МПС. – 1992. Вып. 1. с. 9-11.
16. Белкина Е.В. Повышение социально-экономической эффективности пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте: Автореф. дис. канд. экон. наук: 08.00.05 МИИТ, М., 1990, с. 23.
17. Алаев М.М., Андреев Б.Ф. Методика технико-экономического обоснования сравнения реконструктивных мероприятий станций и узлов. //Тр. науч.-практ. конф. "Современные проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте"Утом III, М., МИИТ, 1999, с. 25.
18. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем. -М.: Транспорт, 1972, с. 208.
19. Владимиров Т.А. Использование статистических методов при оценке качества обслуживания пассажиров на железнодорожном транспорте //Статистическое моделирование экономических процессов. - Новосибирск, 1991.-с. 67-73.
20. Бойма Ю.А., Олтроже Хр. Проектирование и моделирование линий общественного транспорта //Железные дороги мира. 1996, №1, с. 11-18.

References

1. Passazhirskij zheleznodorozhnyj kompleks. Vokzaly: ucheb. pocobie dlja studentov vuzov zh.d. transporta/ E.V. Pokackaja, A.S. Levchenko. – Samara: SamGAPS, 2007. – 66 s.
2. А. П. Абрамов, О.Ф.Мирошниченко Новое в формировании доходов железных дорог от пассажирских перевозок //Вестник ВНИИЖТ. 1991.—№8 — С. 9 — 12.
3. Akse nov I. M. Je ffe ktivnost' passazhirskih zheleznodorozhnyh perevozok: — Monografija. K. Izdatel'stvo. “Transport Ukraini”.— 2004. 284 s.
4. Akse nov I.M. Vybor konkurentnyh strategij v sfe-re passazhirskih perevozok //Zal izn ichnij transport Ukraini. 2002. — №3. – S. 45 – 50.
5. Bykodarov S. A. Sistema ocenki jekonomicheskikh rezul'tatov raboty zheleznyh dorog //Jekonomika zheleznyh dorog – 2000 — № 7 – S. 36-41.
6. Bubnova G.V. Metody i sredstva strategicheskogo planirovanija raboty zheleznodorozhnogo transporta //Jekonomika zheleznyh dorog. 2001—N—S 15-19.
7. G.A. Gol'c, V.N. Gulija, V.N. Lishvic Metody prognozirovanija passazhirskih perevozok /Problemy prognozirovanija i optimizacii raboty transporta M.: — 1992. — S. 78-128
8. E. A. Golikov, V.M. Purlik Osnovy logistiki i biznes-logistiki –M.: R.JeA. — 1993.— 161s.
9. Koncepcija formuvannja merezhi logistichnih centriv v sistemі mizhnarodnih transportnih koridoriv Ukraini /Ju. M. Cvetov, O. P. Kutah, M.V. Makarenko ta insh. — K. — KUETT. — 2003. — 109s.
10. Koncepcija Derzhavnoї programi reformuvannja zalizn ichnogo transportu (shvaleno rozporjadzhennjam Kabinetu ministriv Ukraini vid 27 grudnja 2006 r. № 671, 7. s.
11. V.G. Kотов, O.F. Miroshnichenko Sovershenstvovanie planirovanija i formirovanija dohodov zheleznyh dorog ot passazhirskih perevozok //Sovershenstvovanie hozjajstvennogo mehanizma na zheleznodorozhnom transporte. M.: Transport. — 1987.— S. 81-95.

12. Концепція реформування транспортного сектора України К.: ВАТІКТР - Центр. — 1999. — 67 с.
13. Aksenov I.M. Sozdanie jekonomicheskogo meha-nizma upravlenija passazhirskim zheleznodorozhnym kompleksom Ukrainy: dis. dokt. ekon. nauk.: 08.00.03 – jekonomika i upravlenie nacional'nom hazhajstvom / I.M. Aksenov. – D., 2008. – 324 s.
14. Vtoraja setevaja nauchno-prakticheskaja konferencija "Sovremennye problemy jekonomiki i upravlenija na zheleznodorozhnom transporte": Trudy. — M., 2000. – 240 s
15. Kommercheskaja politika v oblasti passazhirskih perevozok: (Francija) // Zh. d. transp. za rubezhom. Ser. 1: JeI / CNIITJeI MPS. – 1992. Vyp. 1. s. 9-11.
16. Belkina E.V. Povyshenie social'no-jekonomicheskoi jeffektivnosti passazhirskih perevozok na zheleznodorozhnom transporte: Avtoref. dis. kand. jekonom, nauk: 08.00.05 MIIT, M., 1990, s. 23.
17. Alaev M.M., Andreev B.F. Metodika tehniko-jekonomicheskogo obosnovanija sravnenija rekonstruktivnyh meroprijatij stancij i uzlov. //Tr. nauch. - prakt. konf. "Sovremennye problemy jekonomiki i upravlenija na zheleznodorozhnom transporte. Tom III, M., MIIT, 1999, s. 25.
18. Persianov V.A., Skalov K.Ju., Uskov N.S. Modelirovanie transportnyh sistem. -M.: Transport, 1972, s. 208.
19. Vladimirova T.A. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov pri ocnke kachestva obsluzhivaniya passazhirov na zheleznodorozhnom transporte //Statisticheskoe modelirovanie jekonomicheskikh processov. - Novosibirsk, 1991.- s. 67-73.
20. Bojma Ju.A., Oltrozhe Hr. Proektirovanie i modelirovanie linij obshhestven'nogo transporta //Zheleznye do-rog mira. 1996, №1, s. 11-18.

Черніков В.Д., Семенов С.О., Молякова К.М.
Анализ функционирования пассажирских комплексов на железнодорожном транспорте.

В статье выполнен анализ пассажирских комплексов железнодорожного транспорта Украины, отмечен острый социальный и макроэкономический характер транспортной проблемы в сложившихся условиях экономики страны и малого капиталовложения в развитие и модернизацию транспортной системы в целом. Поэтому пассажирскому комплексу необходима разработка действенных, научно-обоснованных мер, направленных на сохранение положения железных дорог на транспортном рынке и повышение их экономической эффективности и

функционирования. Показано, что эффективность работы пассажирских комплексов подразумевает собой реализацию целого комплекса мер, направленного на повышение и оптимизацию организации перевозок пассажиров железнодорожным транспортом, включая решение ряда проблемных вопросов, повышение уровня научной обоснованности и принимаемых технических решений на основе научных подходов перспективных предложений по развитию этой отрасли.

Ключевые слова: анализ, методика, организация, параметры, транспорт, эффективность.

Chernikov V., Semenov S., Molyakova K. Analysis the functioning of passenger facilities at railway transport.

The article contains analysis a passenger facilities of railway transport in Ukraine, were marked by severe social and macroeconomic nature the transport problem in the prevailing conditions the economy and small investments in the development and modernization of the transport system as a whole. Therefore, the passenger complex is necessary to develop effective, research-based measures aimed at maintaining the situation of Railways in the transport market and increase their economic efficiency and functioning. It is shown that the efficiency the passenger complexes involves a whole range of measures aimed at improving and optimizing the transportation the passengers by railway transport, including the solution of a number problematic issues, raising the level scientific validity and engineering decisions taken on the basis of scientific approaches promising proposals for the development of this industry.

Keywords: analysis, efficiency, methodology, organization, parameters, transport.

Черніков В.Д. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Семенов С.О. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.
 e-mail: semen_opugt@mail.ru

Молякова К.В. – студент групи ТЛз-241м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.

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

Стаття подана 25.03.2015

УДК 656.225

ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ЗА РАХУНОК КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Білецький Ю.В., Семенов С.О., Горюшко Я.С.

IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF RAIL TRANSPORT BY CONTAINER CARRIAGE

Beletskiy Yu., Semenov S., Goryushko Ya.

У статті розглянуто питання підвищення конкурентоздатності залізничного транспорту. Вказано, що за даних умов розвитку ринку підприємства залізничного транспорту повинні вміти оцінювати рівень своєї конкурентоспроможності і завчасно вживати заходи щодо попередження збитковості та банкрутства. В якості інструменту підвищення конкурентоспроможності перевезень вантажів, що виявляє вплив практично на всі показники конкурентоспроможності та підвищує конкурентоспроможність і ефективність перевезень пропонується використовувати контейнеризацію перевезень.

Ключові слова: *аналіз, вантаж, конкурентоспроможність, організація, перевезення, транспорт.*

Постановка проблеми. Сучасне полягання вітчизняного залізничного транспорту України в економіці і фінансових коштах характеризується суперечливими явищами, що породжуються як об'єктивними чинниками, так і допущеними раніше помилками і прорахунками в економічній політиці [1]. Положення транспортного ринку показує, що процеси його розвитку в країні відбуваються в кризовій формі. У зв'язку з кризою, що склалася, на ринку перевезень, особливо у міжнародному сполученні, стало необхідним забезпечення фінансово-економічної стабільності даної галузі і поліпшення соціально-економічного положення і формування умов підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту, наприклад, за рахунок використання контейнерних перевезень, враховуючи географічне розташування країни та розташування на перетині потужних товарних потоків.

Дане завдання ряд наукових колективів і підприємств прагнуть вирішити шляхом стабілізації об'ємів перевізної роботи і забезпечення її зростання, але доводиться констатувати, що подальший розвиток залізниць вимагає скорочення витрат, вдосконалення системи управління, підвищення рівня технічної їх оснащеності та ін.

На жаль однієї констатації проблеми конкурентоспроможності, плачевного положення вітчизняних залізниць і низької якості їх послуг для знаходження

шляхів виходу з що склався ситуації недостатньо. Необхідно здійснити пошук підходів до підвищення конкурентоспроможності, нові методи її оцінки на транспортному ринку, засновані на науковому обґрунтуванні даного критерію щодо перевезень та інших чинників, що впливають на конкурентоспроможність. Також необхідно дати якісну оцінку фінансово-економічної стійкості і цінності суб'єктів даного ринку, частку окремих видів транспорту в освоєнні перевезень та їх вплив на приріст ВВП, що означає вимогу визначення конкурентоспроможності транспортних організацій (підприємств, технологічних комплексів, галузі і національної транспортної системи в цілому) [2-5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз ряду наукових праць і літературних джерел [1, 3, 4, 6-8] показав, що необхідною умовою конкурентоспроможності галузі і економіки в цілому є забезпечення динамічного розвитку транспортної системи, її стійкого функціонування і своєчасної модернізації. Оскільки конкуренція сприяє впровадженню передових технологій і техніки, розвитку науково-дослідних розробок і практичному використанню їх результатів, вона є своєрідним двигуном науково-технічного прогресу, який виступає найважливішою умовою підвищення ефективності роботи транспортної системи України в цілому.

За даних умов розвитку ринку підприємства залізничного транспорту повинні вміти оцінювати рівень своєї конкурентоспроможності і завчасно вживати заходь щодо попередження збитковості та банкрутства. Постійне збільшення якості транспортного обслуговування разом із зростанням обсягів перевезень позитивно відображається на стані конкурентоздатності на ринку транспортних залізничних послуг [1].

Відомо, що вантажообіг і відправлення вантажів залізничним транспортом Україні зменшився більш ніж у три рази в порівнянні з першими роками незалежності країни при погіршенні основних техніко-економічних показників і у останні роки ця тенденція спаду об'ємів перевезень, на шкода, зберігається. В

цей же час питанням організації транспортного виробництва і зокрема підвищенню функціонування перевізних компаній, збільшення їх конкурентоспроможності приділяється недостатня увага.

Незважаючи на певні досягнення та деякі шляхи вирішення, залишаються питання, що потребують додаткового наукового аналізу для подальшого підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту.

Матеріали та результати дослідження. Одним з шляхів підвищення конкурентоспроможності на залізничному транспорті може бути своєчасна доставка вантажів «від дверей до дверей» [9]. Велике значення для прискорення доставки має їх контейнеризація, оскільки основними результатами застосування контейнерів, окрім підвищення ступеня збереження і зниження собівартості перевезень, є економія витрат і часу на тару і упаковку вантажів, а також на навантажувально-розвантажувальні роботи, завдяки чому, підвищення швидкості і надійності доставки «від дверей до дверей».

За рахунок прискорення доставки вантажів від вантажовідправників до вантажодержувачів саме контейнеризація перевезень дає економію часу. Ключове значення має не просто швидкість доставки, а гарантія доставки вантажу у встановлений термін – тобто терміновість.

Оскільки перевезення є не стандартизованим, а диференційованим товаром, конкуренція на транспортному ринку не вільна, а монополістична [10, 11], яка дозволяє кожному виробникові транспортних послуг орієнтуватися на певний постійний круг клієнтів, мати стійкі кореспонденції вантажопотоків або пасажиропотоків, тобто володіти власною фундаментальною «нішею» на ринку перевезень. Згідно класифікації, відбитої в роботі [12], транспортний ринок в частині вантажних перевезень є ринком товарів промислового призначення, а транспортна послуга є необхідною умовою виробництва і реалізації інших товарів і послуг, і її споживачами є підприємства і організації.

Для підвищення якості перевезень вантажів (зокрема – терміновості їх доставки) і досягнення зростання конкурентоспроможності транспортних послуг необхідне постійне вдосконалення транспортних технологій. Відомо, що недостатня якість товарів і послуг приводить до фінансових втрат, зниження конкурентоспроможності, тому питання підвищення якості мають постійно бути у фокусі уваги менеджменту будь-якої компанії [8, 13]. Існують різні підходи до визначення конкурентоспроможності організації за якістю продукції, застосовні, зокрема, і до організації залізничної галузі [9].

Як правило, стратегічні рішення ухвалюються на основі методів, за допомогою яких фірма могла б використовувати існуючу конкурентну перевагу в просуванні товару і послуг і забезпеченні свого подальшого зростання [7, 14].

Залучення на залізничний транспорт вантажів, які можна перевозити у контейнерах, і зростання контейнеризації залізничних перевезень можуть бути досяг-

нуті тільки на основі розробки і виходу на ринок високоякісних транспортних продуктів, що забезпечують доставку вантажів у контейнерах.

Для підвищення конкурентоспроможності залізничних контейнерних перевезень необхідно підвищувати терміновість перевезень, а також асортимент і якість послуг, що надаються. Ці завдання можна вирішити шляхом перегляду технології одиночних і групових контейнерних відправок, а також створення нових, конкурентоздатних транспортних продуктів.

У роботі [9] пропонується три варіанти організації контейнерних перевезень і дрібних консолідованих контейнеризованих відправок: за участю експедитора, логістичного провайдера і інтермодального оператора (рис.).



Рис. Схематична діаграма контейнерного перевезення

Контейнеризація є могутнім інструментом підвищення конкурентоспроможності перевезень вантажів, які можна перевозити у контейнерах, що надає дію практично на всі показники конкурентоспроможності і що підвищує конкурентоспроможність і ефективність перевезень. У роботах [15, 16] виділяються такі складові ефекту від контейнеризації перевезень вантажів, які можна перевозити у контейнерах, як економія експлуатаційних витрат на затарювання і упаковку тарно-штучних вантажів, отримувана вантажовідправниками; економія експлуатаційних витрат на навантажувально-розвантажувальні роботи; ефект від підвищення збереження вантажів; ефект від прискорення доставки вантажів у контейнерах, що розраховується на основі вартісної оцінки скорочення вантажної маси в дорозі; ефект від зниження витрат на створення складів для зберігання вантажів, що враховує як скорочення оборотного капіталу, що «вмертвляється» в складських запасах, так і безпосереднє зниження поточних витрат, пов'язаних із зберіганням запасів, а також економія капітальних витрат на будівництво складських споруд та ін.

До перерахованих видів ефектів доцільно додати ефект від розвитку товарообміну, що виявляється в збільшенні інтенсивності і дальності товаропотоків і дозволяє кожному виробникові і регіону ефективно спеціалізувати свою діяльність в рамках світової економіки. Адже саме контейнерні перевезення дозволяють реалізувати зростаючу потребу в терміновості задоволення попиту при зростаючому «розпилюванні» виробничої діяльності фірм по всій земній кулі [17].

Вказані ефекти в своїй сукупності утворюють макроекономічний ефект від розвитку контейнеризації. Такий ефект може виникнути завдяки діяльності конкретних економічних суб'єктів і розподілу між учасниками виробничо-логістичних ланцюгів, що обслуговуються контейнерними перевезеннями, тобто існують не відособлено від діяльності суб'єктів ринку, а тільки в рамках цієї діяльності [18-20].

Розвиток контейнеризації, що дозволяє отримати вище перелічені істотні ефекти, вимагає і значних інвестиційних витрат на створення потужностей і технологій, обробку, що забезпечує переміщення контейнерів, а також постійних витрат на їх зміст.

У числі пріоритетних шляхів щодо підвищення конкурентоспроможності перевезень вантажів, які можна перевозити у контейнерах, можна виділити заходи щодо таких напрямів, як технологічне забезпечення підвищення якості, існуючих і створення перспективних транспортних продуктів (розвиток технології концентрації вагонопотоків, здійснення раціонального завантаження рухомого складу та ін.), забезпечення технічної готовності термінально-складського господарства до реалізації продуктової лінійки залізничних контейнерних перевезень (створення мережі крупних терміналів-хабів для забезпечення ритмічної роботи з контейнерними поїздами) та ін.

Висновок. Таким чином, підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту можна досягти за рахунок перевезень вантажів, які можна перевозити у контейнерах, з доставкою «від дверей до дверей», що дозволить привернути додаткові об'єми контейнерних перевезень і забезпечити не тільки стійкість положення, але і економічну безпеку залізничного транспорту, якісне і ефективне його функціонування при повному задоволенні потреб народного господарства і населення в перевезеннях і зниженні тарифного навантаження на споживачів транспортної продукції.

Л і т е р а т у р а

1. Аксенов И.М. Создание экономического механизма управления пассажирским железнодорожным комплексом Украины: дис. докт. экон. наук.: 08.00.03 – экономика и управление национальным хозяйством / И.М. Аксенов. – Д., 2008. – 324 с.
2. Белов, И. В. Экономика железнодорожного транспорта [Текст] : учеб. / И. В. Белов, В. Г. Галабурда, В. Ф. Данилин [и др.] ; под ред. И. В. Белова. – М. : Транспорт, 1989. – 351 с.
3. Дубровина, В. И. Оценка конкурентоспособности грузовых перевозок на основе показателей качества транспортного обслуживания с применением многомерной модели [Текст] / В. И. Дубровина // Бюллетень Обще-

диненного ученого совета ОАО «РЖД». – 2014. – № 1. – С. 57–66.

4. Исследование в сфере оценки потребителями качества услуг на рынке грузоперевозок железнодорожным транспортом [Текст] / «Гудок», «РЖД-Партнер». – Декабрь 2013 г. – М. : Гудок, 2013. 30 с.
5. Лапидус, Б. М. Эволюция железнодорожного транспорта: на пути к инновационному ренессансу [Текст] / Б. М. Лапидус, Д. А. Мачерет // Вестник ВНИИЖТ. – 2011. – №1. – С. 3–14.
6. Lynch, R. L. Strategic management [Текст] / R. L. Lynch. – 5th ed. – UK : Pearson Education Limited, 2009. – 826 p.
7. Recommendations: Organizing demonstration runs of container block trains on Euro-Asian transport links [Электронный ресурс] / United Nations Economic Commission for Europe. – URL: <http://www.unece.org/trans/main/sc2/sc2.html>
8. Report on Combined Transport in Europe [Текст] : Paris, International Union of Railways (UIC) – Railway Technical Publications (ETF). – December 2012. – 95 p.
9. Дубровина В.И. Экономическое обоснование направленный повышения конкурентоспособности железнодорожных перевозок контейнеропригодных грузов: дис. к. экон. наук.: 08.00.03 – экономика и управление национальным хозяйством / Дубровина В.И. – Москва., 2014. – 171 с.
10. Мачерет, Д. А. Рыночные категории и ценовая политика [Текст] / Д. А. Мачерет // Железнодорожный транспорт. – 1994. – № 1. – С. 37–45.
11. Мачерет, Д. А. Совершенствование экономических методов управления производственными ресурсами и работой железнодорожного транспорта [Текст] : дис. ... д-ра экон. наук. : 08.00.05 / Мачерет Дмитрий Александрович. – М. : МИИТ, 2000. – 317 с.
12. Котлер, Ф. Основы маркетинга [Текст] / Ф. Котлер. – М. : Прогресс, 1990. – 736 с.
13. Juran, J. Juran's Quality Handbook, [Текст] / J. Juran, A. V. Godfrey. – 5th ed. – New York: McGraw-Hill, 1999
14. Lynch, R. L. Strategic management [Текст] / R. L. Lynch. – 5th ed. – UK : Pearson Education Limited, 2009. – 826 p.
15. Экономика железнодорожного транспорта [Текст] / Под ред. Н. П. Терешинной, Б. М. Лапидуса. – М. : ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 676 с.
16. Экономическая эффективность контейнерных перевозок [Текст] / А. Т. Дерibas, М. Ф. Трихунков. – М. : Транспорт, 1974. – 64 с.
17. Хаммелс, Д. Транспортные издержки и международная торговля во вторую эру глобализации [Текст] / Д. Хаммелс / Экономическая школа. – Альманах, том 7. – 2011. – С. 141–160.
18. Мачерет, Д. А. Экономические методы управления производственными ресурсами и работой железнодорожного транспорта [Текст] / Д. А. Мачерет. – М. : МИИТ, 2000. – 146 с.
19. Макконелл, К. Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика [Текст] / К. Р. Макконелл, С. Л. Брю / 16-е издание. – СПб, М. : ИНФРА-М, 2007. – 940 с.
20. Мандриков, М. Е. Экономическая эффективность и пути ускорения доставки грузов железнодорожным транспортом [Текст] / М. Е. Мандриков. – М. : Транспорт, 1974. – 88 с.

References

1. Aksenov I.M. Soznanie Ekonomicheskogo mehanizma upravlenija passazhirskim zheleznodorozhnym kompleksom Ukrainy: dis. dokt. ekon. nauk.: 08.00.03 – Ekonomika i

- upravlenie nacional'nom hazhajstvom / I.M. Aksenov. – D., 2008. – 324 s.
2. Belov, I. V. Ekonomika zheleznodorozhnogo transporta [Tekst]: ucheb. / I. V. Belov, V. G. Galaburda, V. F. Danilin [i dr.] pod. red. I. V. Belova. – M. : Transport, 1989. – 351 s.
 3. Dubrovina, V. I. Ocenka konkurentosposobnosti gruzovyh perevozok na osnove pokazatelej kachestva transportnogo obsluzhivaniya s primeneniem mnogomernoj modeli [Tekst] / V. I. Dubrovina // B'ulleten' Ob'edinennogo uchenogo soveta OAO «RZhD». – 2014. – № 1. – S. 57–66.
 4. Issledovanie v sfere ocenki potrebiteljami kachestva uslug na rynke gruzoperevozok zheleznodorozhnym transportom [Tekst] / «Gudok», «RZhD-Partner». – Dekabr' 2013 g. – M. : Gudok, 2013. 30 s.
 5. Lapidus, B. M. Revoljucija zheleznodorozhnogo transporta: na puti k innovacionnomu renessansu [Tekst] / B. M. Lapidus, D. A. Macheret // Vestnik VNIIZhT. – 2011. – №1. – S. 3–14.
 6. Lynch, R. L. Strategic management [Tekst] / R. L. Lynch. – 5th ed. –UK : Pearson Education Limited, 2009. – 826 p.
 7. Recommendations: Organizing demonstration runs of container block trains on Euro-Asian transport links [Elektronnyj resurs] / United Nations Economic Commission for Europe. – URL: <http://www.unece.org/trans/main/sc2/sc2.html>
 8. Report on Combined Transport in Europe [Tekst] : Paris, International Union of Railways (UIC) – Railway Technical Publications (ETF). – December 2012. – 95 p.
 9. Dubrovina V.I. Ekonomicheskoe obosnovanie napravlenij povyshenija konkurentosposobnosti zheleznodorozhnyh perevozok kontejneroprigojnyh gruzov: dis. k. ekon. nauk.: 08.00.03 – Ekonomika i upravlenie nacional'nom hazhajstvom / Dubrovina V.I. – Moskva., 2014. – 171 s.
 10. Macheret, D. A. Rynochnye kategorii i cenovaja politika [Tekst] / D. A. Macheret // Zheleznodorozhnyj transport. – 1994. – № 1. – S. 37–45.
 11. Macheret, D. A. Sovershenstvovanie ekonomicheskikh metodov upravlenija proizvodstvennymi resursami i rabotoj zheleznodorozhnogo transporta [Tekst] :dis. d-ra ekon. nauk : 08.00.05 / Macheret Dmitrij Aleksandrovich. – M. : MIIT, 2000. – 317 s.
 12. Kotler, F. Osnovy marketinga [Tekst] / F. Kotler. – M. : Progress, 1990. – 736 s.
 13. Juran, J. Juran's Quality Handbook, [Tekst] / J. Juran, A. B. Godfrey. – 5th ed. – New York: McGraw-Hill, 1999
 14. Lynch, R. L. Strategic management [Tekst] / R. L. Lynch. – 5th ed. –UK : Pearson Education Limited, 2009. – 826 p.
 15. Ekonomika zheleznodorozhnogo transporta [Tekst] / Pod. red. N. P. Terjoshinoy, B. M. Lapidusa. – M. : FGOU «Uchebno-metodicheskij centr po obrazovaniju na zheleznodorozhnom transporte», 2011. – 676 s.
 16. Ekonomicheskaja jeffektivnost' kontejneryh perevozok [Tekst] / A. T. Deribas, M. F. Trihunkov. – M. : Transport, 1974. – 64 s.
 17. Hammels, D. Transportnye izderzhki i mezhdunarodnaja trgovlja vo vtoruju jeru globalizacii [Tekst] / D. Hammels / Ekonomicheskaja shkola. – Al'manah, tom 7. – 2011. – S. 141–160.
 18. Macheret, D. A. Ekonomicheskie metody upravlenija proizvodstvennymi resursami i rabotoj zheleznodorozhnogo transporta [Tekst] / D. A. Macheret. – M. : MIIT, 2000. – 146 s.
 19. Makkonell, K. R. Ekonomiks: principy, problemy i politika [Tekst] / K. R. Makkonell, S. L. Brju / 16-e izdanie. – SPb ,M. : INFRA-M, 2007. – 940 s.
 20. Mandrikov, M. E. Ekonomicheskaja jeffektivnost' i puti uskorenija dostavki gruzov zheleznodorozhnym transportom [Tekst] / M. E. Mandrikov. – M. : Transport, 1974. – 88 s
- Белецкий Ю.В., Семенов С.А., Горюшко Я.С. Повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта за счет контейнерных перевозок.**
- В статье рассмотрены вопросы повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта. Отмечена необходимость осуществления поиска подходов к повышению конкурентоспособности, новых методов ее оценки на транспортном рынке, основанных на научном обосновании данного критерия относительно перевозок и других факторов, влияющих на конкурентоспособность. Указано, что при данных условиях развития рынка предприятия железнодорожного транспорта должны уметь оценивать уровень своей конкурентоспособности и заблаговременно принимать меры по предупреждению убыточности и банкротства. Авторами констатировано уделение недостаточного внимания вопросам организации транспортного производства и в частности повышению функционирования перевозочных компаний. В качестве инструмента повышения конкурентоспособности перевозок грузов, оказывающего воздействие практически на все показатели конкурентоспособности и повышающим конкурентоспособность и эффективность перевозок предлагается использовать контейнеризацию перевозок.*
- Ключевые слова:** анализ, груз, конкурентоспособность, организация, перевозка, транспорт.
- Beletskij Yu., Semenov S., Goryushko Ya. Improving the competitiveness of rail transport by container carriage.**
- The article contains the questions of improving the competitiveness on a rail transport. Noted the need to search for approaches to improve the competitiveness of new methods for its evaluation in the transport market based on a scientific rationale for this criterion relative to transportation and other factors affecting the competitiveness. It is indicated that under these conditions the development of the railway transport enterprise must be able to assess the level of their competitiveness in advance and take measures to prevent loss and bankruptcy. The authors found insufficient attention to the issues of transport production and in particular to improve the functioning of the transportation companies. As a tool for improving the competitiveness of freight that have an impact on virtually all indicators competitiveness and increasing the competitiveness and efficiency of transport are encouraged to use the containerization of shipping.*
- Keywords:** analysis, cargo, carriage, competitive, organization, parameters, transport.
- Білецький Ю.В.** – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.
- Семенов С.О.** – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.
e-mail: semen_opugt@mail.ru.
- Горюшко Я.С.** – студент групи ТЛЗ-241м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.
- Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

УДК 656.13

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ЦЕМЕНТУ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Таранцова В.Є., Шворнікова Г.М.

ANALYSIS OF METHODS TO INCREASE ECONOMIC EFFICIENCY OF CEMENT DELIVERY BY RAIL

Tarantsova V., Shvornikova A.

В статті розглянуто основні аспекти перевезення цементу залізничним транспортом з урахуванням причин його втрат при перевезенні. Виконано аналіз використання цементу при будівництві об'єктів народного господарства, його виробництва та, відповідно, обсягів його перевезення за останні роки. Зазначено, що концентрація вантажопотоків цементу при завантаженні спостерігається на цементних заводах, а мережа пунктів розвантаження є досить розгалуженою. Розглянуто особливості використання різних видів спеціалізованого транспорту, що забезпечують збереження цементу під час його доставки. Визначено основні економічні аспекти вибору ефективного способу доставки цементу до вантажоодержувача. Також розглянуті питання планування перевезень з урахуванням досягнення максимальної їх ефективності.

Ключові слова: цемент, перевезення, рухомий склад, ефективність, планування.

Вступ. При зведенні будь-якої будівлі або споруди виконують певні транспортні і навантажувально-розвантажувальні роботи, пов'язані з доставкою від місць виготовлення на будівельний майданчик матеріалів, напівфабрикатів і виробів [1]. Доставка цих матеріалів є комплексним процесом, що включає завантаження, транспортування, розвантаження і складування. Для зведення конструкцій одноповерхової промислової будівлі доставляють до 150 кг конструкцій на 1 м³ обсягу будівлі, для житлового повнозбірного - 250 кг, цегляного - 500 кг [2]. У вартості деяких будівельних матеріалів транспортні витрати іноді перевищують витрати по здобичі або їх виготовленню.

Незважаючи на складну соціально-економічну ситуацію в Україні виробництво цементу, а відповідно і обсяги його перевезення, мають досить стабільні показники. За перший місяць 2015 року цементні підприємства України випустили 277, 0 тисяч тонн цементу. За останні три роки це найвищий показник січня. Він вище торішнього на 15,4% і вище

за показник 2013 року на 29,9%. Загалом динаміка випуску цементу за останні роки наведена на рис. [4].



Рис. Виробництво цементу в Україні за роками

Постановка проблеми. Цемент відноситься до вантажів з досить стійкими обсягами перевезень. Для вантажопотоків цементу характерна концентрація завантаження в основному на великих цементних заводах і надзвичайна розпиленість пунктів вивантаження, кожна з яких має декілька одержувачів.

На цьому етапі економічного розвитку все більше значення отримує зниження витрат праці на одиницю продукції. Висока трудомісткість навантажувально-розвантажувальних і перевантажувальних

робіт з цементом вимагає рішення задачі по вдосконаленню способів його доставки.

Економічна ефективність перевезень цементу в спеціалізованих вагонах, спеціалізованих контейнерах і в пакетованому вигляді дозволяє ставити питання про доцільність широкого їх впровадження в народному господарстві. Правильне обґрунтування ефективності використання різних способів перевезення цементу забезпечить їх розвиток і допоможе у вирішенні проблем впровадження прогресивних засобів його транспортування [3].

Незважаючи на високу ефективність перевезень цементу в спеціалізованих вагонах, спеціалізованих контейнерах і в пакетованому вигляді, темпи їх розвитку не задовольняють зростаючі потреби народного господарства в перевезеннях вантажів. Однією з причин, стримуючих розвиток цих прогресивних способів доставки вантажів, є невирішеність низки питань їх планування і економічного регулювання. У зв'язку з цим необхідно розробити ефективний механізм економічної компенсації додаткових витрат транспортних і промислових підприємств, що розширюють номенклатуру і обсяг відправлення вантажів в спеціалізованих вагонах, спеціалізованих контейнерах і в пакетованому вигляді. Тому питання визначення сфер ефективного застосування різних способів доставки цементу, а також умов їх впровадження стають все більш актуальними.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження питань підвищення ефективності перевезень цементу вимагає рішення завдань, пов'язаних зі встановленням меж раціонального застосування різних способів доставки цементу в конкретних умовах з урахуванням специфіки окремих споживачів.

Економічна ефективність при рішенні цих завдань кінець кінцем визначається мірою підвищення продуктивності праці. Проте, безпосередній розрахунок витрат праці при існуючій системі обліку, звітності і ціноутворення важко здійснити. Тому, для визначення ефективності використання того або іншого варіанту слід застосовувати систему показників, які можуть їх усебічно охарактеризувати. Необхідно також враховувати вплив даних способів доставки на якість продукції транспортного процесу і поліпшення умов праці робітників.

Усі методики характеризуються тим, що проблему економічно доцільного розподілу перевезень вантажів по способах доставки, вони вирішують з народногосподарської точки зору. В якості критерію оцінки порівнюваних варіантів перевезень вантажів встановлюються приведені витрати, а умовою вибору раціонального варіанту - їх мінімум. У експлуатаційні витрати при цьому включаються витрати доріг в частині, пов'язаній з роботою рухомого складу, підготовкою вагонів до перевезень, їх зважуванням, утриманням постійних пристроїв, що забезпечують необхідну пропускну спроможність ліній і станцій, витрати вантажовласників, пов'язані з навантаженням-розвантаженням вантажу, його затаруванням, утриманням навантажувально-розвантажувальних

пристроїв і складського господарства, а також витрати, пов'язані з ушкодженням, втратою і погіршенням якості вантажів, що перевозяться.

Капітальні витрати по порівнюваних варіантах перевезень включають капіталовкладення доріг - в парк вагонів і локомотивів, в розвиток пропускних здібностей ліній і станцій, в споруди для підготовки вагонів до перевезень і вагове господарство, капіталовкладення вантажовласників в засоби механізації навантажувально-розвантажувальних робіт, складське господарство, парк контейнерів. У одноразові витрати включається також вартість вантажної маси в дорозі.

Різниця капітальних вкладень по варіантах - їх додаткова величина - зіставляється з економією на поточних витратах. Отримувана величина ефективності одного з варіантів повинна порівнюватися з нормативом. Дуже істотну роль для правильного порівняння варіантів грає доцільне значення нормативу порівняльної ефективності капітальних вкладень. Чим менше буде задана величина нормативу, тим більше дорогі за вартістю варіанти виявлятимуться вигідними, і, чим більш високою буде ця величина, тим більше дешеві за вартістю варіанти виявляться ефективними.

Для вибору найкращого варіанту необхідно зіставити в усій сукупності усі переваги і недоліки порівнюваних варіантів. Зіставлення повинне робитися не для певного моменту часу, а в динамічній перспективі з урахуванням чинника часу.

Недоліком багатьох досліджень є те, що вибір раціонального варіанту доставки вантажів здійснюється за даними якого-небудь одного року, тобто без урахування чинника часу. Очевидно, що порівняльний аналіз повинен проводитися в розрізі усього планованого періоду з визначенням раціональних термінів застосування того або іншого способу доставки вантажів.

Мета статті. Вивчення методів підвищення економічної ефективності перевезення цементу за рахунок використання сучасних способів доставки та комплексної оцінки економічних показників.

Викладення основного матеріалу. Перевезення цементу займає великий обсяг в будівельних перевезеннях. При цьому необхідно дотримуватись вимог щодо збереження цього дорогого матеріалу. Слід зауважити, що втрати цементу при перевезенні і навантажувально-розвантажувальних роботах на неспеціалізованому рухомому складі досягають близько 5-10%. Крім того, цемент псується при попаданні на нього навіть невеликої кількості вологи, при збільшенні терміну зберігання (злежується). Цементний пил шкідливий для людини, і ця обставина вимагає перевозити його в закритих, герметичних резервуарах [4].

Оскільки втрати цементу за період доставки від постачальника до споживача досі залишаються достатньо великими, то роль транспорту в задоволенні народного господарства в перевезеннях цього найважливішого будівельного матеріалу і в забезпеченні

ні його максимального збереження неухильно зростає. Великі втрати цементу різко знижують економічні показники будівництва і створюють штучний його дефіцит в країні. Це означає, що щорік в нашій країні втрачається більше 8 млн. тонн цементу, тобто близько п'яти цементних заводів працюють на заповнення втрат [3].

Поряд з матеріальним збитком, викликаним втратою вантажів при перевезеннях, втрати в дорозі викликають певні труднощі в роботі залізничного транспорту. Забруднення верхньої будови колії збільшує об'єм і частоту ремонтних робіт по очищенню баласту, порушує нормальну роботу рейкових ланцюгів автоблокування, знижує ходову швидкість поїздів і пропускну спроможність залізничних ліній. У пасажирських поїздах і населених пунктах, розташованих поблизу залізничних магістралей створюються антисанітарні умови, відбувається інтенсивне забруднення довкілля.

Тип використовуваного рухливого складу значно впливає на величину втрат цементу при його перевезенні.

Норми природного спаду при перевезеннях в критих вагонах насипом - 1,0%, в критих вагонах в тарі - 0,6%, в цистернах-цементовозах і у вагонах бункерного типу - 0,8%. Відмова від використання піввагонів, як безумовно непридатних засобів для транспортування цементу, збереже не менше ніж 300 тис. тонн цементу на рік. Вживання спеціалізованих вагонів дозволяє знизити втрати при вантаженні і транспортуванні до 0,5% [5].

Аналіз існуючих типів і конструкцій вагонів, призначених для перевезення цементу показав, що вагони бункерного типу і цистерни мають цілий ряд конструктивних недоліків. Це призводить до значних втрат цементу від твердіння і спікання. Крім того, відомо, що в цистернах-цементовозах перевозиться велика кількість інших порошкоподібних вантажів (глинозем, мінеральні добрива, вапно), які по своїх фізико-хімічних властивостях значно відрізняються від властивостей цементу. Змішування залишків інших вантажів з цементом також викликає його втрати.

При дійсній на цей час структурі перевезень цементу скороченню втрат могли б сприяти наступні заходи:

- 1) для перевезення цементу насипом використовувати спеціалізовані вагони поліпшеної конструкції;
- 2) для доставки цементу у віддалені райони країни використовувати спеціалізовані контейнери;
- 3) перевезення цементу в затареному вигляді здійснювати пакетами.

Таким чином, проблема запобігання втратам цементу нерозривно пов'язана з визначенням оптимальних шляхів розвитку системи його транспортування і зберігання.

Спосіб транспортування цементу насипом є ефективним для пунктів з постійним і концентрованим вжитком цементу за наявності у одержувачів, а

також в пунктах перевалки механізованих складів силосного і бункерного типів. Багаточисельні споживачі з невеликим вантажообігом мають склади комірною типу, непристосовані до прийому і зберігання незатареного цементу і використання механізації. В цьому випадку всі перевантажувальні операції з цементом виконуються вручну, що різко знижує продуктивність праці і збільшує простой транспортних засобів.

Оснащення споживачів з невеликим об'ємом вжитку механізованими складами і пневматичними розвантажувачами нерентабельно. Отже, за умовами перевантаження і зберігання ці споживачі можуть приймати цемент упакований в паперові мішки, або в спеціалізованих контейнерах.

Проте, дефіцит тари і недостатнє оснащення заводів устаткуванням по затарюванню призвело до того, що потреба в затареному цементі задовольняється лише на 60%. Обмежений обсяг виробництва затареного цементу і нерівномірний розподіл його по заводах викликає зустрічні перевезення рівноякісного цементу насипом і в тарі. Постачання багатьох заводів невеликі (66%) і здійснюються на значні відстані [3].

Наприклад, Амвросієвський цементний завод – одне із старих цементних підприємств України. Завод Амвросієвський має в своєму розпорядженні власну сировинну базу. Мергель і крейда добуваються кар'єрах, що належать підприємству. Сьогодні підприємство виробляє близько 2 млн. тонн клінкеру на рік і більше 2,1 тонн цементу. На підприємстві працюють 6 технологічних ліній з виробництва клінкеру і 8 технологічних ліній з помелу цементу.

З 2006 року завод входить до складу Групи Heidelbergcement. Багато заводів не мають обладнаних складів і цемент тривалий час зберігається навалом під навісом, що неминуче приводить до великих втрат.

Упаковка цементу в паперові мішки збільшує його собівартість на 40%. На упаковку цементу в країні щорік витрачається більше 170 млн. штук паперових мішків, на виробництво яких використовуються близько 80 тис. тонн паперу. Очевидно, що значного зниження собівартості упакованого цементу не можна досягти без зниження вартості тари. Найважливішим засобом зниження транспортних витрат є перевезення цементу в спеціалізованих вагонах і в спеціалізованих контейнерах, а при доставці упакованого в мішки цементу - його пакетування [4].

Для досягнення високої економічної ефективності транспортного обслуговування постачання вантажів повинні здійснюватися в найбільш раціональних транспортних засобах з максимальним наближенням до тих умов, для яких вказані засоби створені. Вживання на транспорті спеціалізованих вагонів і контейнерів приводить до необхідності вирішення наступних оптимізаційних завдань:

- ✓ визначення рівня спеціалізації вагонного парку;

✓ визначення рівня вживання спеціалізованих контейнерів;

✓ встановлення транспортних зв'язків з урахуванням вживання спеціалізованих вагонів і контейнерів.

Плануванню перевезень повинні передувати економічні дослідження з метою виявлення вантажопотоків, які можуть бути перемкнуті на перевезення в спеціалізованих вагонах, контейнерах і в пакетованому вигляді, а також розмірів партій постачання вантажів.

Основною метою планування є максимальне задоволення потреб народного господарства в перевезеннях вантажів при ефективному використанні технічних засобів і мінімальних транспортно-виробничих витратах, залежних від умов перевізного процесу. При цьому система планування перевезень повинна передбачати:

✓ наукове прогнозування економічно доцільних обсягів вантажів, що підлягають перевезенню в спеціалізованих вагонах, контейнерах і в пакетованому вигляді на перспективу, а також комплексний розвиток технічних засобів для їх здійснення;

✓ встановлення доцільних обсягів перевезення вантажів в спеціалізованих вагонах, контейнерах і в пакетованому вигляді для поточних умов з урахуванням реально існуючого розвитку відповідних технічних засобів;

✓ своєчасне перевезення вантажів;

✓ максимальне використання вантажопідйомності та місткості рухомого складу і контейнерів;

✓ скорочення часу обороту вагонів, контейнерів та засобів пакування;

✓ зберігання вантажу, рухомого складу, контейнерів і засобів пакування при перевезенні.

Плани перевезень діляться на довгострокові, п'ятирічні, річні, кварталні і місячні. Довгострокові плани визначають генеральну лінію розвитку перевезень вантажів на 10-20 років. Прогноз перевезень може розроблятися за допомогою трьох груп методів: екстраполяції, математичних моделей, експертних оцінок.

До чинників, що впливають на розміри перевезень вантажів в контейнерах відносяться:

✓ обсяг виробництва контейнеропригодної продукції в народному господарстві;

✓ рівень розвитку матеріально-технічної бази контейнерної транспортної системи;

✓ рівень показників використання технічних засобів контейнерної транспортної системи; при поліпшенні цих показників тим же парком контейнерів, рухомого складу, навантажувально-розвантажувальних машин забезпечується додаткове перевезення вантажів в контейнерах;

✓ середня дальність перевезення 1 т вантажу в контейнерах; збільшення середньої дальності перевезення вантажів в контейнерах призводить до збільшення обороту контейнера і для виконання того ж обсягу перевезень потрібний додатковий парк контейнерів;

✓ повторність перевезення контейнеропригодних вантажів;

Планування контейнерних і пакетних перевезень вантажів по вантажовідправниках здійснюється за рахунок загальних обсягів перевезень вантажів по номенклатурних групах "Вантажі в універсальних контейнерах з виділенням великотоннажних", "Вантажі в спеціалізованих контейнерах" і "Вантажі в пакетованому вигляді", з виділенням ряду номенклатурних груп по основних видах продукції. На підставі затвердженого плану перевезень вантажів, в т.ч. в спеціалізованих контейнерах і засобах пакування транспортні підприємства укладають з вантажовідправниками річні договори на перевезення вантажів, в яких конкретизуються показники плану перевезень, а також показники використання контейнерів і рухомого складу.

Для підвищення якості планування контейнерних перевезень і роботи контейнерного парку система облікових показників повинна відповідати системі планових показників.

Висновки. Аналіз структури залізничних перевезень цементу показав:

1. Для вантажопотоків цементу характерна концентрація навантаження на територіях цементних заводів та велике розгалуження пунктів вивантаження;
2. До найбільш ефективних засобів доставки цементу відносяться: спеціалізовані вагони-цементовози, автоцементовози, спеціалізовані контейнери, пакетні відправки;
3. Проблема попередження втрат цементу при перевезенні тісно пов'язана з визначенням оптимальних шляхів розвитку системи його зберігання та транспортування;
4. Аналіз розміщення виробництва та вживання цементу підтверджує наявність резерву щодо підвищення економічної ефективності перевезення цього вантажу.

Література

1. Куликов, А.В. Пути сокращения транспортных издержек при строительстве жилых объектов / А.В. Куликов, С.Ю. Фирсова // Технология, организация и управление автомобильными перевозками : сб. науч. тр. № 3 / Сибирская гос. автомобильно-дорожная академия. - Омск, 2010. - С. 155-158.
2. Кузубов К. А. Пути совершенствования перевозок строительных грузов автомобильным транспортом / К.А. Кузубов, А.В. Куликов // [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/konfer37/495.pdf>
3. Шкурина Л.В. Резервы повышения экономической эффективности перевозок цемента: дис. канд. эк. наук.: спец. 08.00.05 «Экономика, организация управления и планирования народного хозяйства» / Шкурина Лидия Владимировна; Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. – Москва, 1984. – 209 с.
4. Державний комітет статистики: офіційний сайт: [Електронний ресурс]. – режим доступа: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

5. Грузоведение, сохранность и крепление грузов / А.А. Смахов, А.Д. Малов, А.М. Островский и др.; Под ред. А.А.Смахова. – М.: Транспорт, 1987.

References

1. Kulikov, A.V. Puti sokrashhenija transportnyh izderzhkek pri stroitel'stve zhilyh ob'ektov / A.V. Kulikov, S.Ju. Firsova // Tehnologija, organizacija i upravlenie avtomobil'nymi perevozkami : sb. nauch. tr. № 3 / Sibirskaja gos. avtomobil'no-dorozhnaja akademija. - Omsk, 2010. - С. 155-158.
2. Kuzubov K. A. Puti sovershenstvovanija perevozok stroitel'nyh грузов avtomobil'nym transportom / K.A. Kuzubov, A.V. Kulikov // [Elektronnyj resurs]. – rezhim dostupa: <http://www.sworld.com.ua/konfer37/495.pdf>
3. Shkurina L.V. Rezervy povyshenija jekonomicheskoj jeffektivnosti perevozek cementa: dis. kand. ek. nauk.: spec. 08.00.05 «Jekonomika, organizacija upravljenja i planirovanija narodnogo hazjajstva» / Shkurina Lidija Vladimirovna; Moskovskij institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – Moskva, 1984. – 209 s.
4. Derzhavnij komitet statistiki: oficijnij sajt: [Elektronnyj resurs]. – rezhim dostupa: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
5. Грузоведение, сохрannost' i kreplenie грузов / А.А. Смахов, А.Д. Малов, А.М. Островский и др.; Под ред. А.А.Смахова. – М.: Транспорт, 1987.

Таранцова В.Е., Шворникова А.М. Анализ методов повышения экономической эффективности доставки цемента железнодорожным транспортом.

В статье рассмотрены основные аспекты перевозки цемента железнодорожным транспортом с учетом причин его потерь при перевозке. Выполнен анализ использования цемента при строительстве объектов народного хозяйства, его производства и, соответственно, объемов его перевозки за последние годы. Отмечено, что концентрация грузопотоков цемента при загрузке наблюдается на цементных заводах, а сеть пунктов разгрузки достаточно разветвлена. Рассмотрены особенности использования различных видов специализированного транспорта, обеспечивающих сохранность цемента во время его дос-

тавки. Определены основные экономические аспекты выбора эффективного способа доставки цемента грузополучателю. Также рассмотрены вопросы планирования перевозок с учетом достижения максимальной их эффективности.

Ключевые слова: цемент, перевозки, подвижной состав, эффективность, планирование.

Tarantsova V., Shvornikova A. Analysis of methods to increase economic efficiency of cement delivery by rail.

The article describes the main aspects of the transportation of cement by rail, taking into account the reasons of ego loss in transit. The analysis of the use of cement in the construction of national economy, the ego of production and, consequently, the volume of the ego transportation in recent years. It is noted that the concentration of freight traffic observed when loading cement in cement plants and a network of branched unloading enough. The features of the use of various types of specialized vehicles to ensure the safety of cement during delivery ego. The most effective means of delivery of cement include specialized wagons for cement, cement trucks, specialized containers, packet departure. The problem of preventing loss during transportation of cement is closely related to the definition of best ways to develop a system of storage and transportation. The main economic aspects of choosing an effective method of delivery of cement to the consignee. Also addressed issues of transport planning with the maximum efficiency.

Keywords: cement, transportation, rolling stock, the effectiveness of planning.

Таранцова В.Є. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, e-mail: izumrud-nikolaevka@mail.ru
Шворнікова Г.М. – к.т.н., доц. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

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

Стаття подана 25.03.2015

УДК 519.283

**ВИКОРИСТАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТУ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ
УХВАЛЕННЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ СТАНЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ****Черніков В.Д., Бодрухін О.М., Хілобок К.О.****USING FORECASTING AS PART OF THE SYSTEM OF DECISION SUPPORT FOR
OPTIMIZATION OF PLANT PROCESSES****Chernikov V., Bodruhin O., Hilobok K.**

У статті виконаний аналіз прогнозування як важливого елементу системи підтримки і прийняття рішень. Відмічено, що період оперативного прогнозування тісно пов'язаний з організацією передачі інформації про поїзди. Вказано, що для чіткого обліку даних і достовірності отриманих результатів в оперативному прогнозі, інформація про елементи системи, що становлять, повинна поступати на станцію не пізніше за початок періоду прогнозування. Встановлена актуальність використання прогнозування для оптимізації роботи станційних процесів в сучасній роботі залізничного транспорту.

Ключові слова: елемент, оптимізація, подія, прогнозування, процес, система.

Постановка проблеми. Відомо, що в даний час залізниці України мають ряд специфічних особливостей, які роблять істотний вплив на ефективність схвалюваних рішень. Помилки в плануванні перевізного процесу призводять до істотного зниження ефективності їх діяльності. В результаті, пошук оптимальних рішень на майбутні періоди функціонування є достатньо складною проблемою, при цьому в значній мірі, отримуваний результат залежить від повноти і достовірності необхідних початкових даних, які надають різні інформаційні системи (ІС).

Ефективному рішення питань комплексного планування діяльності всього підприємства важко наявності проблем, серед яких неоднорідність використовуваного інформаційного забезпечення, великі об'єми даних і так далі. Такі обставини свідчать про актуальність досліджень направлених на вдосконалення інформаційного забезпечення систем підтримки ухвалення рішень (СППР) на залізниці [1,2].

Крім того, для ухвалення найбільш ефективних рішень необхідно обробити дані про стан транспортної системи і перевізного процесу при дотриманні жорстких тимчасових обмежень. У цих умовах завдання вибору оптимального варіанту оперативної дії на систему пред'являє високі вимоги до техніч-

ної, інформаційної і математичної основи організації управління процесом перевезень. Тому виникає необхідність впровадження програмно-інформаційних комплексів, наприклад автоматизованих систем регуляції і управління вагонопотоками, що дозволить по-новому вирішити цілий клас технологічних завдань, які забезпечують високу якість надання транспортних послуг і пов'язаних з оптимізацією режимів роботи станцій. Для подальшого вдосконалення організації перевізного процесу на залізницях України необхідна вивчення і аналіз розробок математичних моделей і відповідних методів їх реалізації, які забезпечують оптимальне оперативне управління вагонопотоками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним критерієм розвитку і оптимізації транспортних систем є створення і впровадження систем підтримки ухвалення рішень (СППР) на станціях, перегонах і ділянках залізниць, які дозволяють сформулювати вимоги до створення пакетів прикладних програм в даній наочній області і, по суті, зробити загальнодоступними розробки [2, 3, 4], отримані фахівцями різних науково-дослідних і проектних організацій залізничного транспорту.

На основі аналізу робіт [1, 3] виявлено, що теорія аналізу, синтезу, оптимізації і експлуатації СППР на залізничному транспорті знаходиться в даний час в основному на етапі розробки. Об'єктом експертизи є автоматизовані технологічні комплекси управління рухом поїздів на ділянці залізниць (АТК-УДП), яка є першим рівнем в автоматизованій системі управління на залізничному транспорті, і більшість досліджень проблеми аналізу ефективності функціонування автоматизованого технологічного комплексу (АТК-УДП) розглядаються або на рівні окремих підсистем управління, або у відриві від процесів управління рухом поїздів і алгоритмів функціонування технологічних пристроїв в експлуатації [5, 6]. Тобто виникає необхідність впровадження

більш комплексного інформаційного пакету, що дозволяє заздалегідь передбачити (спрогнозувати) поведінку елементів системи.

Якісним вирішенням побудови такої комп'ютерної системи для управління станційними процесами, яка була б ефективним і доступним інструментом інженера - проектувальника і експлуатаційника для підтримки ухвалення раціональних і відповідальних рішень, як при проектуванні, так і при управлінні рухом поїздів, була б доступність її використання. Відзначимо, що розробка і використання прогнозування, як елементу СППР є актуальною проблемою, вирішення якої є сукупність фундаментальних теоретичних досліджень з максимальним використанням можливостей сучасних засобів обчислювальної техніки [7-10].

Метою статті є аналіз використання прогнозування як важливого елементу системи СППР.

Матеріали і результати дослідження. Для оптимізації роботи і підвищення функціональної здатності роботи систем на залізничному транспорті необхідно враховувати великий об'єм початкових даних у поєднанні з інтегрованими знаннями фахівців в області теорії систем залізничної автоматики і телемеханіки [1-3, 9, 11], систем управління транспортом, методів виконання експлуатаційно-технічних розрахунків, електротяги і інших розділів транспортної науки.

Безумовно, прогнозування об'єму роботи станцій є важливим елементом СППР на станційному рівні. Період прогнозування має наступне розділення: річне, квартальне, місячне і короткострокове на 48, 24, 12, 6, 4 години. Річні, квартальні і місячні прогнози об'єму роботи станції розробляються на дорожньому рівні управління по заявках вантажовідправників і нормам передачі поїздів за стиковими пунктами дорогий, з ділянок на станції. Ці норми закріплені в нормативному графіку руху поїздів.

Короткострокове прогнозування має велике значення для оперативного планування і припускає розробку прогнозу підходу поїздів до станції і прогноз об'єму вантажної роботи, передбачуваної на вантажних пунктах станції.

Слід зазначити, що в число прогнозованих поїздів, наступних на сортувальну станцію, включаються ті, які сформовані на інших станціях регіону і знаходяться в очікуванні відправлення і в русі на ділянках і напрямках. На ці потяги має бути інформація, задіяна в автоматизованій системі оперативного управління (АСОУ). Інформація на ці потяги поступають в ІОЦ станцій із станцій їх формування відразу ж після відправлення. Щ зв'язаний телетайпним зв'язком з ІОЦ крупних станцій, інформаційними бюро і пунктами концентрації інформації (ПКІ) дільничних, вантажних, внутрішньовузлових і інших невеликих станцій вантаження і вивантаження. ІОЦ має, крім того, прямий телеграфний зв'язок з вантажними станціями відділення. У роботі ІОЦ широко використовується

міжміський зв'язок і місцеві внутрішньовузлові АТС. Вантажні станції мають телефонний і інші види зв'язку з фронтами вантажних робіт на всіх пунктах вантаження і вивантаження вантажів і під'їзних коліях.

Інформація є основою прогнозування, вона визначає якість прогнозу і володіє якісними характеристиками: глибиною, повнотою, достовірністю. Глибина інформації має на увазі відстань, на яку передається інформація про склади поїздів і вантажі. Станції, ділянки, з яких передається інформація про склади поїздів, утворюють зону інформації.

Період оперативного прогнозування тісно пов'язаний з організацією передачі інформації про поїзди. Щоб врахувати дані точної інформації в оперативному прогнозі, вони повинні поступати на станцію не пізніше за початок періоду прогнозування. З урахуванням повноти і достовірності інформації, що поступає, період прогнозування для залізниць європейської частини СНД зазвичай складає 30-48 год, азійській частині 48-72 год. Чим більше період оперативного прогнозування, тим більше необхідна глибина інформації, від якої залежить період прогнозування. Розрахунок здійснюється таким чином. Період прогнозування [10-12]:

$$T_L = \frac{L}{\bar{v}} T_L = L/\bar{v} \quad (1)$$

де L – глибина інформації, км;

\bar{v} – середня швидкість просування поїзда, км/ч.

Залежно від глибини і сукупності технологічних чинників просування поїздів встановлюється достовірність прогнозу:

$$G_{\bar{I}} = \frac{|D_{\bar{I}} - D_{\hat{\delta}}|}{D_{\hat{\delta}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

де $D_{\bar{I}}$ – число прогнозованих подій (число поїздів передбачуваного прибуття);

$D_{\hat{\delta}}$ – число подій, фактично подіям за одиницю

часу, передбачених прогнозом (число поїздів, фактично прибулих у вказаний період прогнозу на станцію).

Оскільки з прогнозом пов'язано попереднє визначення завантаження технологічних елементів станції: парку прибуття, сортувальної гори, парків формування і відправлення і т. д., те прогнозування дозволяє заздалегідь розрахувати і передбачити регульовальні заходи для станцій і ділянок, які коректуються в процесі оперативного планування.

Висновки. Використання прогнозування як важливого елементу СППР є ефективним засобом вирішення складних завдань оцінки аналізу показ

ників якості проєктованих систем управління рухом поїздів і оптимізації станційних процесів. Виконавши синтез знань провідних фахівців різних областей транспорту в комп'ютерних системах, СППР дозволяють в лічені хвилини отримувати кваліфіковані оцінки різних варіантів побудови систем управління, аналізувати вплив будь-яких змін і модернізацій елементів бази даних системи, що становлять, і тому подібне. Таким чином, використання прогнозування для оптимізації роботи станційних процесів в даний час стає актуальною необхідністю.

Література

- Demidov V. Improvement of the Dataware System for Decision Making at the Railway. In: Proceedings of Sixth International Baltic Conference on Databases and Information Systems (DB&IS 2004). Riga: University of Latvia, 2004, Volume 673. pp. 127-138.
- Копытов Е., Demidov V., Petoukhova N. Method of Temporal Databases Design Using Relational Environment. In: Scientific Proceedings of Riga Technical University – Computer Science: Applied Computer Systems. Riga: Riga Technical University, 2002 Series 5, Volume 13. pp. 236-246.
- Rosenberg J.M. Dictionary of Artificial Intelligence & Robotics. – N.Y.: Willey & Sons, 1989
- Un. Sistema esperto treni/Barfolucci M., Carehesio. – M.: Tech. prof., 1988. – № 7. – С.383-390.
- Автоматизация процесса разработки и проектирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Отчет о НИРС / ВНИИЖТ; Руководитель М.Н. Василенко. – № ГР 018300032008. – Л., 1987
- Кочнев Ф.П., Акулиничев В.М., Макарошкин А.М. Организация движения на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1979.
- Крылова Е.В. Экспертные системы. Обзор советской и зарубежной литературы // РАН, ин-т радиотехники и электроники. – М., 1992.
- Применение экспертных систем на железнодорожном транспорте. Mehr Sicherheit durch Experten Systeme / Metr Dicter Bundesbahn. – 1989-65.– № 6. – С. 497–500 (ФРГ).
- Родионов А.С. Интеллектуальное моделирование – новое направление в системах имитации // Экспертные системы и анализ данных.– Новосибирск: СО АН СССР, 1988.
- Экспертные системы железнодорожной автоматики и телемеханики / Вл.В. Сапожников, М.Н. Василенко, В.П. Быков, Н.И. Рубинштейн // Автоматика, телемеханика и связь. – 1992. – № 6. – С.13- 16.
- Системы поддержки принятия решений / Л.А. Баранов, Е.В. Ерофеев, В.В. Сапожников, М.Н. Василенко, В.П. Быков // Железнодорожный транспорт. – 1995. – № 12. – С.19-21.
- Иванова Г.Е. Системы поддержки принятия решений в стратегии развития предприятий. – Л.: АН СССР, 1990.
- Environment. In: Scientific Proceedings of Riga Technical University – Computer Science: Applied Computer Systems. Riga: Riga Technical University, 2002 Series 5, Volume 13. pp. 236-246.
- Rosenberg J.M. Dictionary of Artificial Intelligence & Robotics. – N.Y.: Willey & Sons, 1989
- Un. Sistema esperto treni/Barfolucci M., Carehesio. – M.: Tech. prof., 1988. – № 7. – С.383-390.
- Automation of process of development and design of systems of railway automatic equipment and telemechanics: Report on NIRS / VNIIZhT; Head M. N. Vasilenko. – No. GR 018300032008. – L., 1987.
- Kochnev F.P., Akulinichev V. M., Makarochkin A.M. Organization of the movement on railway transport. – M.: Transport, 1979.
- Krylova E.V. Expert systems. Review of the Soviet and foreign literature//Russian Academy of Sciences, in-t of radio engineering and electronics. – М, 1992.
- Use of expert systems on railway transport. Mehr Sicherheit durch Experten Systeme/Metr Dicter Bundesbahn. – 1989-65. – No. 6. – Page 497-500 (Germany).
- Rodionov A.S. Intellectual modeling – the new direction in systems of imitation//Expert systems and the analysis of data. – Novosibirsk: FROM Academy of Sciences of the USSR, 1988.
- Expert systems of railway automatic equipment and telemechanics / Vl. V. Sapozhnikov, M. N. Vasilenko, V.P. Bykov, N. I. Rubenstein//Automatic equipment, telemechanics and communication. – 1992. – No. 6. – Page 13 - 16.
- Systems of support of decision-making / L.A. Rams, E.V. Erofeyev, V. V. Sapozhnikov, M. N. Vasilenko, V.P. Bykov//Railway transport. – 1995. – No. 12. – Page 19-21.
- Ivanova G. E. Systems of support of decision-making in strategy of development of the enterprises. – L.: Academy of Sciences of the USSR, 1990.

Черников В.Д., Бодрухин О.М., Хилобок К.О. Использование прогнозирования как элемента системы поддержки принятия решений для оптимизации работы станционных процессов.

В статье выполнен анализ прогнозирования как важного элемента системы поддержки и принятия решений. В ходе изучения проблематики исследования в качестве основного критерия поиска решения в транспортных задачах выявлено создание и внедрение систем поддержки и принятия решений, и прогнозирование объема работы станций в свою очередь является важным элементом на станционном уровне. Информация, как основа прогнозирования, определяет качество прогноза и обладает рядом качественных характеристик. Отмечено, что период оперативного прогнозирования тесно связан с организацией передачи информации о поездах. Указано, что для четкого учета данных и достоверности полученных результатов в оперативном прогнозе, информация о составляющих элементах системы должна поступать на станцию не позднее начала периода прогнозирования. Установлена актуальность использования прогнозирования для оптимизации работы станционных процессов в современной работе железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: оптимизация, прогнозирование, процесс, система, событие, элемент.

Chernikov V., Bodruhin O., Hilobok K. Using forecasting as part of the system of decision support for optimization of plant processes.

In this paper the analysis of forecasting as an important element on support systems and decision-making. In the course of studying the issues the study as the main search term solutions to the transport problems identified the creation and implementation on support systems and decision making, and forecasting the volume the work stations in turn is an important element at the plant level. Information, as a basis forecasting, determines the quality of the forecast and has a number of qualitative characteristics. It is noted that the period of operational forecasting is closely connected with the organization an information transfer trains. States that for a clear account the data and the reliability of the results in the operational forecast, information about the components of the system elements should arrive at the station no later than the beginning the projection period. Actuality use forecasting to

optimize plant processes in the contemporary work on a railway transport.

Keywords: *event, element, forecasting, optimization, process, system.*

Черніков В.Г. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Бодрухін О.М. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Хілобок К.О. – студент групи ТЛЗ-241м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецкая-Белецкая Н.Б.

Стаття подана 25.03.2015

УДК [622.648:622.693:622.33.037].001.24

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИДРОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ ИЗ ХРАНИЛИЩ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ**Медведева О.А., Семенов Е.В., Витушко О.В.****CALCULATION OF PARAMETERS AND THE OPERATING MODES OF HYDROTRANSPORT COMPLEX WHEN DEVELOPING OF MAN-MADE PLACER FROM WASTE STORAGE AT ENRICHMENT****Medvedeva O., Semenenko E., Vitushko O.**

В статье рассмотрены особенности выбора режимов работы и определения гидравлических уклонов и критических скоростей для гидротранспортных установок, обеспечивающих подачу техногенных россыпей, добываемых из хранилищ отходов обогащения (ХО), выведенных из эксплуатации. Предлагаемые методы расчета впервые учитывают, что течение гидросмеси осуществляется без использования насосов, под действием перепада геодезических высот верхней и нижней отметок дамбы обвалования, а также особенности укладки трубопроводов по наружным откосам дамб. Впервые для гидросмесей, содержащих частицы мелких фракций, сформулировано ограничение на скорость течения, при выполнении которого гидросмесь по характеру зависимости гидравлического уклона от скорости течения можно рассматривать как однородную жидкость. Предложенные в статье методы расчета учитывают современную тенденцию замены стальных труб в магистральных гидротранспортных комплексов на трубы из полиэтилена, что требует адаптации существующих методик определения гидравлических уклонов и критических скоростей гидротранспортирования.

Ключевые слова: техногенные месторождения, энергетические затраты, критическая скорость гидротранспортирования, концентрация, скорость потока, удельные потери напора, полиэтиленовые трубы.

Введение. Напорный гидротранспорт традиционно используется для складирования отходов переработки минерального сырья. Это особенно актуально для горно-обогатительных комбинатов (ГОК), перерабатывающих железорудное сырье и полиметаллические россыпи. Для этих предприятий система складирования отходов фактически является продолжением обогатительного передела и характеризуется транспортированием пульп низкой концентрации. Вследствие этого для большей части ГОКов Украины ХО достигают в высоту более 20 м [1 – 4].

Эти ХО эксплуатируются с середины прошлого века и уже являются перспективными техногенными месторождениями, в которых сосредоточены запасы минерального сырья, оставшегося от переработки первичных россыпей. В современных условиях разработка таких техногенных месторождений становится экономически выгодной. Очевидно, что для проектируемых технологий разработки месторождений трубопроводный транспорт рассматривается как наиболее перспективный в плане доставки техногенных россыпей на обогатительное производство. При этом режимы работы гидротранспортных установок будут существенно зависеть от геометрических параметров ХО, поскольку высота отметок, с которых предполагается доставлять техногенные россыпи, а также параметры дамбы обвалования определяют течение пульпы в том или ином режиме.

Постановка проблемы. Для вновь проектируемых установок, течение пульпы в которых обеспечивается перепадом геодезических высот ХО, методы расчета режимов работы отсутствуют, что сдерживает эксплуатацию ХО как техногенных месторождений минерального сырья [5, 6].

Анализ последних исследований и публикаций. Известные методики расчета гидравлического уклона и критической скорости ориентированы на горизонтальные или вертикальные трубопроводы. При этом критическая скорость в горизонтальном трубопроводе больше чем в наклонной или вертикальной трубе того же диаметра [1 – 4]. Поэтому при определении параметров и режимов работы гидротранспорта наличие таких участков в магистрале не учитывается. Существующие гидротранспортные установки обеспечивают подачу пульпы под давлением насосов, поэтому влияние параметров ХО на их режимы работы мало, а скорость транспортирования и диаметр трубопровода выбирался из усло-

вия сверхкритического течения. При этом допустимое превышение рабочей скорости потока гидросмеси над критическим значением регламентируется в диапазоне от 5 до 25 %, без соответствующего теоретического обоснования, опираясь на результаты экспериментов для горизонтальных трубопроводов.

Цель статьи. В работе выполнена оценка возможных режимов течения пульпы по трубопроводам под действием перепада геодезических высот верхней и нижней отметками дамбы обвалования ХО, что является актуальной научной задачей.

Результаты исследований. Результаты анализа более двух десятков известных методик расчета параметров гидротранспорта указывают на то, что вид формулы для определения гидравлического уклона при течении пульпы по трубопроводу выбирается в зависимости от режима течения, концентрации пульпы и соотношения фактической и критической скоростей (табл.) [2, 5, 6].

Для пульпы высокой концентрации понятие критической скорости отсутствует, поскольку при таких концентрациях твердые частицы не выпадают на дно трубопровода. С понижением, до определенного значения, скорости транспортирования изменяется режим течения. При этом однородный режим течения переходит в стержневой, при котором формируется недеформируемое ядро потока. При дальнейшем снижении перепада давления ядро потока увеличивается в диаметре, пока не достигнет внутренней поверхности трубы, после чего течение по трубопроводу прекращается.

При течении пульпы низкой и средней концентрации в горизонтальном трубопроводе в режиме гетерогенной жидкости гидравлический уклон рассчитывают по следующим формулам [5, 6]:

$$i = i_0 + \sigma i_0^{kp} \frac{V_{kp}}{V}; \quad (1)$$

$$i_0 = \frac{\lambda V^2}{2gD}; \quad i_0^{kp} = \frac{\lambda_{kp} V_{kp}^2}{2gD}; \quad \sigma = \rho^{1.5} \left(1 + 150 \frac{d_{cp}}{D} \right) - 1;$$

$$\lambda = 0,3091g^{-2} \left(\frac{DV}{10v_w} \right); \quad \lambda_{kp} = 0,3091g^{-2} \left(\frac{DV_{kp}}{10v_w} \right);$$

$$\rho = \frac{1 + Ar}{1 + Ar(1 - C)},$$

где i – гидравлический уклон при течении пульпы; i_0 – гидравлический уклон при течении воды; i_0^{kp} – гидравлический уклон при течении воды с критической скоростью; σ – коэффициент, учитывающий

влияние диаметра и плотности частиц; λ – коэффициент гидравлического сопротивления трения; g – ускорение свободного падения; λ_{kp} – коэффициент гидравлического сопротивления трения в критическом режиме; v_w – кинематический коэффициент вязкости воды.

Часть трубопроводов рассматриваемых гидротранспортных установок проложено по наружным откосам дамб обвалования, и поэтому наклонены к горизонту на угол, равный углу между откосом и основанием дамб. При этих углах наклона трубопроводы нельзя рассматривать как вертикальные. С учетом этого при течении пульпы низкой и средней концентрацией в наклонных трубопроводах, при углах наклона близких к углам наружных откосов дамб обвалования, в режиме гетерогенной жидкости гидравлический уклон рассчитывают по следующим формулам [4]:

$$\frac{i_\alpha - i_0}{i - i_0} = \cos^2 \alpha, \quad (2)$$

где i_α – гидравлический уклон при течении гидросмеси по трубопроводу, наклоненному к горизонту под углом α .

Подставив в выражение (2) предыдущие формулы, и проведя соответствующие преобразования, получим:

$$i_\alpha = i_0 \left[1 + \mu \sigma \left(\frac{V_{kp}}{V} \right)^3 \cos^2 \alpha \right]; \quad (3)$$

$$\mu = \log_{10}^2 \left(\frac{Re}{10} \right); \quad Re = \frac{DV}{v_w}; \quad Re_{kp} = \frac{DV_{kp}}{v_w},$$

где Re – число Рейнольдса; Re_{kp} – критическое число Рейнольдса.

Учитывая сверхкритический режим течения гидросмеси фактическую скорость в трубопроводе можно выразить через величину критической скорости [2]:

$$V = KV_{kp}, \quad (4)$$

где K – параметр режима гидротранспортирования, величина которого изменяется в интервале $1 \leq K \leq 2$.

Таблица

Классификация режимов течения пульп различной концентрации

Классификация пульп по концентрации	Классификация режимов течения	
	Гетерогенная жидкость	Однородная жидкость
Низкая концентрация $C < 0,2 \frac{Ar+1}{Ar}$	$V < 1,25V_{kp}$	$V \geq 1,25V_{kp}$
Средняя концентрация $0,2 \frac{Ar+1}{Ar} \leq C < \frac{Ar+1}{Ar+3,33}$	$V_{kp} = 15 \sqrt[3]{D} \sqrt[4]{w} (\rho - 0,4)$	$V_{kp} = 12,8 \sqrt[3]{D} \sqrt[4]{w} \sqrt[3]{\frac{Ar+1}{ArC}}$
Высокая концентрация $\frac{Ar+1}{Ar+3,33} \leq C < \frac{(1+Ar)(2-P_{0,1})}{3,33+Ar(2-P_{0,1})}$	Стержневой	Турбулентный

где: V – средняя расходная скорость течения пульпы; V_{kp} – критическая скорость гидротранспортирования; C – массовая концентрация пульпы; Ar – параметр Архимеда транспортируемого материала; $P_{0,1}$ – доля в транспортируемом материале частиц диаметром менее 0,1 мм.

Как показали результаты ряда исследователей критические режимы течения суспензий соответствуют турбулентному течению, поэтому для критического числа Рейнольдса справедлива следующая оценка [1, 2]:

$$Re_{kp} = 10^k, \tag{5}$$

где k – показатель степени со значением $k \geq 3$.

С учетом (4) и (5) формулу величины μ можно записать в виде выражения

$$\mu = (1 + \log_{10^{k-1}} K)^2,$$

которое после разложения в степенной ряд логарифма и соответствующих преобразований, преобразуется в следующую приближенную формулу:

$$\mu = \left(1 + \frac{0,328}{k-1}\right)^2.$$

Последнее выражение позволяет получить оценку среднего значения для величины μ

$$\mu_{cp} = 1,19,$$

с учетом которого выражение (3) примет следующий вид:

$$i_\alpha = i_0 \left[1 + 1,2 \frac{\sigma}{K^3} \cos^2 \alpha\right]. \tag{6}$$

В случае использования для расчета величины λ вместо логарифмического закона степенного закона вместо формулы (6) нужно использовать следующее выражение:

$$i_\alpha = i_0 \left[1 + \sigma \left(\frac{V_{kp}}{V}\right)^{3-p} \cos^2 \alpha\right], \tag{7}$$

где N – коэффициент пропорциональности; p – показатель степени.

При течении пульп низкой и средней концентрации в режиме однородной жидкости гидравлический уклон не зависит от угла наклона трубопровода и для расчета рекомендовано использовать следующую формулу [2 – 4]:

$$i = \rho i_0. \tag{8}$$

Сравнивая правые части выражений (6) – (8), а также оценив интервал изменения относительной плотности пульпы (рис.), можно сделать вывод, что условие (8) может быть реализовано при значениях параметра режима гидротранспортирования удовлетворяющих неравенству:

$$K \geq K_\rho; \tag{9}$$

$$K_\rho = \sqrt[3]{\frac{1,2\sigma}{\rho-1} \cos^2 \alpha}.$$

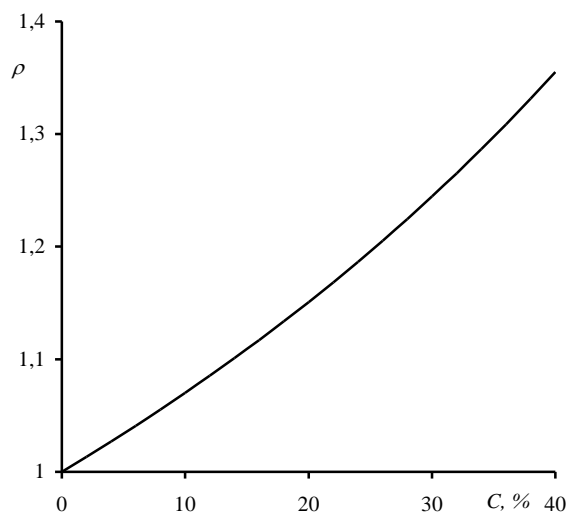


Рис. Зависимость относительной плотности пульпы от массовой концентрации

В случае использования для расчета величины λ вместо логарифмического закона степенного закона вместо выражения (9) получим

$$K_{\rho} = \sqrt[3-p]{\frac{\sigma \cos^2 \alpha}{\rho - 1}}.$$

При определении рабочей точки магистрали, обеспечивающей отведение отходов обогащения, выражение (6), (7) или (8) приравнивают обобщенной расходно-напорной характеристике насосов, а в случае магистрали, обеспечивающей доставку добытых техногенных россыпей на обогатительное производство самотеком с текущей отметки дамбы ХО, рассматривают следующее выражение:

$$\begin{aligned} \frac{i}{\rho} &= i_g, \\ i_g &= \frac{i_m}{k_z} \left(1 + \frac{i_z - i_m}{i_m + i_L n} \right), \\ i_z &= \frac{Z_0}{L_0}, \quad i_L = \frac{h}{L_0}, \quad i_m = \frac{1}{\beta + m}, \end{aligned} \quad (10)$$

где i_g – эффективный геодезический уклон магистрали; i_L – относительная высота дамбы обвалования; i_m – форм параметр профиля дамбы; k_z – коэффициент местных гидравлических потерь; L_0 – длина горизонтальных участков труб, проложенных параллельно периметру ХО по дамбам, а также длина трубопровода от упорной дамбы до обогатительного производства; n – номер дамбы текущего яруса; β – относительная ширина верха дамбы обвалования; m – заложение наружного откоса дамб обвалования; h – высота дамб обвалования; Z_0 – перепад геодезических высот начала и конца трубопровода от упорной дамбы до обогатительного производства; b – ширина верха дамбы обвалования.

Из формулы (10) видно, что в зависимости от соотношения величин i_m и i_z увеличение порядкового номера яруса будет приводить к увеличению или к уменьшению значения i_g . В случае если i_m превышает i_z , то с увеличением n значение i_g уменьшается, а если i_m меньше i_z – то увеличивается. Если же эти две величины равны друг другу или имеют близкие значения, то можно считать, что рассматриваемая величина i_g не зависит от номера текущего яруса и для всего периода эксплуатации ХО как техногенного месторождения равна:

$$i_g = \frac{i_m}{k_z}.$$

Вывод. Таким образом, главными особенностями выбора режимов работы и определения параметров гидротранспорта для установок, обеспечивающих подачу техногенных россыпей, добываемых из ХО, выведенных из эксплуатации являются:

- существенная зависимость гидравлического уклона и критической скорости от угла наклона трубопроводов, проложенных по откосам дамб;
- независимость гидравлического уклона от отношения коэффициентов гидравлического трения в фактическом и критическом режимах.

Предлагаемые методы расчета учитывают, что течение гидросмеси осуществляется без использования насосов, под действием перепада геодезических высот верхней и нижней отметок дамбы обвалования. Впервые для гидросмесей, содержащих частицы мелких фракций, сформулировано ограничение на скорость течения, при выполнении которого гидросмесь можно рассматривать как однородную жидкость.

Л и т е р а т у р а

1. Булат, А.Ф. Модели элементов гидротехнических систем горных предприятий: Монография / А.Ф. Булат, О.В. Витушко, Е.В. Семенов; Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск: Герда, 2010. – 216 с.
2. Семенов, Е.В. Научные основы технологий гидромеханизации открытой разработки титан-цирконовых россыпей / Евгений Владимирович Семенов. – Киев: Наукова думка, 2011. – 232 с.
3. Брагин Б.Ф. Проектування споруджень і систем трубопроводного й інших видів транспорту / Б.Ф. Брагин, Ф.Д. Маркунтович, Н.Б. Чернецька. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2004. – 208 с.
4. Трубопроводный гидротранспорт твердых сыпучих материалов / Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочиташвили, С.И. Криль, Л.А. Смойловская. – Тбилиси: Мецниереба, 2006. – 350 с.
5. Медведева, О.А. Технологические решения по разработке техногенных месторождений ГОКов Кривбасса / О.А. Медведева // Форум гірників – 2014: Мат. міжн. конф., жовтень 2014р. - Дніпропетровськ, 2014. - С. 154 – 161.
6. Медведева, О.А. Анализ и современное состояние хранилищ продуктов переработки минерального сырья / О.А. Медведева // Збагачення корисних копалин. Науково-технічний збірник наукових праць. – м. Дніпропетровськ. – 2012. – №51(92). – С. 22 – 29.

R e f e r e n c e s

1. Bulat A.F. Modely elementov gidrotekhnicheskikh sistem gornyyh predpriyatiy: Monografija / A.F. Bulat, O.V. Vitushko, E.V. Semenenko // In-t geotekhnicheskoy mekhaniki im. N.S. Poljakova NAN Ukrainy. – Dnepropetrovsk: Gerda, 2010. – 216s.
2. Semenenko E.V. Nauchnye osnovy tekhnologiy gidromekhanizatsii otkrytoy razrabotki titan-tsirkonovykh rossypey / Evgeniy Vladimirovich Semenenko. – Kiev: Naukova dumka, 2011. – 232 s.
3. Bragin B.F. Proektuvannja sporudzen' i system truboprovodnogo y inshikh vydiv transportu // B.F. Bragin, F.D. Markuntovich, N.B. Chernen'ka. - Lugans'k: Vyd-vo SNU im. V. Dalja, 2004. – 208 s.
4. Truboprovodnyi gidrotransport tverdykh sypuchikh materialov / L.I. Makharadze, T.Sh. Gochitashvili,

- S.I. Kril', L.A. Smoylovskaja. – Tbilisi: Metsnierba, 2006. – 350s.
5. Medvedeva O.A. Tekhnologicheskie reshenija po razrabotke tekhnogennykh mestorozhdeniy GOKov Krivbassa / O.A. Medvedeva // Forum girnykiv – 2014: Mat. mizhn. konf., zhovten' 2014r. – Dnipropetrovs'k, 2014. – S. 154 – 161.
 6. Medvedeva O.A. Analiz i sovremennoe sostojanie khranilishch produktov pererabotki mineral'nogo syr'ja / O.A. Medvedeva // Zbagachennja korysnykh kopalyu. Naukovo-tekhnichnij zbirnik naukovih prac'. – m. Dnipropetrovs'k. – 2012. - №51(92). – S. 22 – 29.

Медведєва О.О., Семененко Є.В., Вітушко О.В.
Розрахунок параметрів та режимів роботи гідротранспортного комплексу при розробці техногенних розсіпів зі сховищ відходів збагачення.

У статті розглянуто особливості вибору режимів роботи і визначення гідравлічних ухилів та критичних швидкостей для гідротранспортних устаткувань, які забезпечують подачу техногенних розсіпів, що добуваються із сховищ відходів збагачення (СВ), виведених з експлуатації. Запропоновані методи розрахунку вперше враховують, що течія гідросуміші здійснюється без використання насосів, під дією перепаду геодезичних висот верхньої та нижньої відміток дамби обвалування, а також особливості укладки трубопроводів по зовнішніх укосах дамб. Вперше для гідросумішей, що містять частинки дрібних фракцій, сформульовано обмеження на швидкість течії, при виконанні якого гідросуміш за характером залежності гідравлічного ухилу від швидкості течії можна розглядати як однорідну рідину. Запропоновані в статті методи розрахунку враховують сучасну тенденцію заміни сталевих труб в магістралях гідротранспортних комплексів на труби з поліетилену, що вимагає адаптації існуючих методик визначення гідравлічних ухилів і критичних швидкостей гідротранспортування.

Ключові слова: техногенні родовища, енергетичні витрати, критична швидкість гідротранспортування, концентрація, швидкість потоку, питомі втрати напору.

Medvedeva O., Semenenko E., Vitushko O.
Calculation of parameters and the modes of hydrotransport at production of man-made placer from waste storages at enrichment.

The article includes features of choice for operation models and determine the hydraulic gradients and critical speeds for hydro-plants as well as hydrotransport's parameters for machines which provide giving of the man-made placer from waste storages of enrichment taken out of service are considered. The offered methods of calculation for the first time consider that the currency without using the pumps under the influence of different geodesic tops heights and lower marks of a ridging dams. For gydromixtures, which contain particles of small fractions, the restriction on the current speed have been formulated by realization of which gydromixture can be seen as homogeneous liquid, for the first time. Proposed in the article calculation methods take into account the current trend of replacing steel pipes in pipelines of hydro complexes on the pipes made of polyethylene, which requires adaptation of existing methods for determining the hydraulic gradient and critical speeds hydrotransportation.

Keywords: man-made placer, effective viscosity, critical speed of hydrotransportation, concentration, flow, unit head loss.

Медведєва О.О. – к.т.н., докторант відділу геодинамічних систем та вібраційних технологій Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, e-mail: Olyu-1702@yandex.ua

Семененко Є.В. – д.т.н., завідувач відділу проблем шахтних енергетичних комплексів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, e-mail: igtmnanu@yandex.ua

Вітушко О.В. – д.т.н., ТОВ «Шахтостроймонтаж», головний інженер шахти «Вільхова Західна», igtmnanu@yandex.ua

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

Стаття подана 25.03.2015

УДК 656.225

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДЫХ НИТОК ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Белецкий Ю.В., Баранов И.О., Горбачева Ю.С.

IMPROVING EFFICIENCY TRANSPORTATION PROCESS BASED ON THE MODEL OF BUILDING A SOLID THREAD TRAIN SCHEDULE

Beletsky Y., Baranov I., Gorbacheva Y.

В статье поставлены задачи повышения эффективности перевозочного процесса. Освещены основные причины нестабильности графика движения поездов и замедления оборота подвижного состава. Разработана структурная схема организации перевозок на основе твердого графика движения поездов и системы идентификации подвижного состава. Определены наиболее перспективные варианты перехода технологии поездной работы от информационных систем к управляющим для всех уровней управления. Составлена блок-схема алгоритма формирования твердых ниток графика движения поездов, обеспечивающего рациональный уровень потребностей в перевозках.

Ключевые слова: эффективность, модель, график движения поездов, блок-схема, оптимизация.

Введение. Необходимость в разработке и внедрении новой системы управления перевозками на железнодорожном транспорте Украины обусловлена новыми экономическими условиями и возникновением между разными видами транспорта конкурентной борьбы за клиента, когда на первый план выступает показатель качества транспортного обслуживания. Действующая же до настоящего времени система централизованного управления перевозками ориентирована на традиционные технологии, позволяющие контролировать выполнение количественных и качественных показателей, но не предусматривающие экономическую оценку принимаемых технологических решений. Отсутствие объективной оценки работы подразделений, влияющих на конечный итог по хозяйству перевозок, приводит к снижению вероятности принятия экономически правильных управляющих решений. Поэтому поставлена задача разработки и реализации комплексной программы дальнейшего повышения прибыльности предприятий “Укрзалізниця”.

Своевременность доставки грузов является одним из основных показателей качества работы желе-

знодорожного транспорта, по которому его оценивает грузополучатель. Поэтому на решение задачи своевременной доставки груза нацелена вся система организации грузовых перевозок на основе оптимизации управления перевозочным процессом и экономических критериев для решения этих задач.

Постановка проблемы. Неравномерность в организации погрузки, изменения её адресности, выгрузки, образование погрузочных ресурсов и т.д. являются главной причиной нестабильности графика движения, весьма ощутимых технологических и экономических потерь, замедления оборота подвижного состава.

Существенные вложения в технические решения передачи данных, в развитие вычислительных центров создают предпосылки для изменения технологии перевозок, однако, коренной ломки старых подходов, перехода от стохастических по своей природе решений к эффективным решениям, подкрепленных глобальной компьютерной поддержкой, пока не произошло [5].

Анализ последних исследований и публикаций. Созданные и действующие в последние годы системы АСОУП, «ДИСПАРК» и т.п. не могут в полной мере обеспечить эффективное управление перевозками на основе информационных технологий без дополнительных инвестиций, прежде всего в обеспечение оперативности и достоверности исходной информации.

Данное направление исследования имеет важное значение для экономики страны, так как позволяет значительно улучшить качество перевозок, сократить транспортные издержки, улучшить эксплуатационные показатели, повысить качество обслуживания клиентуры, повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг [2, 3].

Цель. Предложенная математическая модель формирования твердых ниток графика направлена

на стабільність поїздної роботи на участках и полигонах железных дорог. Это обеспечивается путем равномерной прокладки ниток на графике в течение суток, что позволяет реализовать рациональную загрузку технического оснащения станций, участков, локомотивов и бригад, а также в целом повысить эффективность перевозочного процесса.

Обеспечение равномерности дает как прямой экономический эффект (снижение экономических затрат), так и косвенный, трудно учитываемый в модели, но явно возникающий через улучшение условий труда диспетчерского аппарата и повышения качества перевозочного процесса.

Именно поэтому задача равномерности становится актуальной в области организации движения поездов. Рассмотрим процесс формирования математической модели.

Результаты исследований. Рассматриваемый полигон может быть представлен в виде графа, вершины которого соответствуют станциям, дуги – перегонам [1].

Структуру полигона будем описывать матрицей смежности:

$$P = \{P_{ij}\} P_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

где 1 между ст. i, j существует перегон, 0 ст. i, j не смежные.

В случае $i = j$ принимается $P_{ij} = 1$ (т.е. существует перегон от станции к самой себе — простой вагона на станции представляется в виде его движения по такому «виртуальному» перегону).

В матрице смежности для процесса решения задачи нет необходимости, поскольку наличие перегонов учитывается с помощью матриц норм веса и длин составов. При отсутствии перегонов в этих матрицах ставятся нормы, равные нулю, чем вводится запрет на следование поездов по данным «несуществующим» перегонам.

Кроме того, железнодорожный полигон характеризуется протяженностью участков. Протяженность будем описывать матрицей времен хода при заданной скорости по перегонам.

Время хода по перегону между станциями i и j .

$$T^x = \{t_{ij}^x\} t_{ij}^x > 0$$

В общем случае $t_{ij}^x \neq t_{ji}^x$

Возможно также расширение матрицы времен хода по перегонам с разделением по категориям поездов.

Поступившие для перевозки отправки образуют множество Z , элементы которого представляют собой векторы:

$$\bar{Z}_l = (i, j, V, k, t_{i \rightarrow j}, t_{j \rightarrow i}, q_{\text{брутто}})$$

i - станция отправления;

j - станция назначения;

V - количество вагонов;

k - тип вагонов;

$t_{\text{омп}}$ - время готовности отправки к включению в состав поезда на станции отправления;

$t_{\text{досм}}$ - время доставки на станцию назначения;

$q_{\text{брутто}}$ - масса брутто одного вагона.

Будем считать, что $V \cdot q_{\text{брутто}} \leq Q_{\text{аод}}^l$ - общая масса отправки не превышает весовой нормы поезда $Q_{\text{оп}}^n$.

$V \cdot l_{\text{ваг}}^k \leq L$ - количество вагонов в отровке не превышает максимально-допустимой длины поезда L , $l_{\text{ваг}}^k$ - длина вагона k -го типа.

Если общая масса или длина отправки превышает максимально допустимые величины, то отправка становится маршрутом. Поэтому в рамках данной модели будут рассматриваться только вагоны, не вошедшие в маршрут.

Зададимся некоторым периодом планирования $T_{\text{пл}}$ и разобьем его на интервалы дискретизации длительностью Δt . Причем интервал дискретизации однозначно определяется максимально возможным числом нормативных ниток в интервале. $T_{\text{пл}}$ кратен Δt .

К началу каждого интервала дискретизации соответствуют множество вершин, количество которых равно количеству вершин исходного графа. Вершины нумеруются двумя индексами (i, j) , i - номер вершины исходного графа; t — номер интервала дискретизации. Вершины $i_1 t_1$ и $i_2 t_2$ соединяются дугой, если существует перегон между станциями $i_1 t_1$, и время хода по этому перегону равно $t_2 - t_1$.

где t_2, t_1 - соответственно номера интервалов дискретизации. Такая дуга соответствует возможному отправлению поезда со станции i_1 на станцию i_2 в момент начала интервала дискретизации t_1 .

Кроме того, вводятся так называемые дуги ожидания - дуги, соединяющие вершины $(i, t)(i, t+1)$. Такие дуги соответствуют тому, что поезд (отправка) остается на станции i в течение интервала t . Полученный таким образом граф представляет собой некую заготовку, «сетку» для последующего формирования графика движения поездов [1]. Из полученного графа следует исключить дуги, кроме дуг ожидания, соответствующие пропуску пассажирских поездов, грузовых транспортных (транспортных по отношению к рассматриваемому полигону) поездов, а также дуги, попадающие в технические окна.

Каждой дуге графа необходимо присвоить соответствующий массив с размером X , равным количеству поступивших заявок на перевозку [1].

l - й элемент этого массива равен 1, если отправка, соответствующая заявке номер l , перемещается по этой дуге. В противоположном случае l -й элемент равен 0.

$$X = \{X_{ijl}\}$$

$$X_{ijl} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

где 1 – группа вагонов (отправка) l отправляется со станции i по маршруту следования на ст. j в момент времени t .

0 - в ином случае

Таким образом, необходимо найти массив X . Этот массив представляет собой, по сути, план твердого графика движения поездов.

Этот график должен обеспечить:

- доставку отправок на станции назначения в срок;
- доставку с максимальной скоростью;
- перевозку отправок поездами, по возможности, полновесными или полносоставными;
- доставку, по возможности, технологическими маршрутами (или с минимумом переработки)

В качестве целевой функции предлагается использовать минимум вагоночасов простоя:

$$\sum_{\forall_i} \sum_{\forall_t} \sum_{\forall_j} X_{ijl} V_l \Delta t \rightarrow \min, i \neq j$$

Выбор такой целевой функции обеспечит выполнения требований перевозки отправок с минимумом простоя на технических станциях. Ограничения задачи можно записать следующим образом. Поезда должны быть не тяжелее весовой нормы на данном перегоне:

$$\sum_{\forall_t} X_{ijl} V_l q_{\text{вп}}^l \leq Q_{ij}^H - \text{для каждой дуги } (i, j, t)$$

Поезда должны быть не более нормы длины L_{ij} на данном перегоне:

$$\sum_{\forall_t} X_{ijl} V_l l_{\text{ваг}}^k \leq L_{ij} - \text{для каждой дуги } (i, j, t)$$

Отправка должна быть доставлена в срок, не превышающий определеннный в договоре срок доставки. Для реального полигона построенный таким образом граф будет содержать очень большое количество дуг и вершин, что приведет к большой размерности задачи оптимизации и, как следствие, к невозможности использования этой модели для решения задач оперативного управления перевозками. Наиболее существенно на размеры графа влияет количество станций, включенных в исходный (не развернутый во времени) граф полигона [4]. На размер графа также влияет величина интервала дискретизации. Увеличение этого интервала позволит существенно уменьшить размер развернутого графа и, следовательно, объем вычислительной работы. Уменьшить количество дуг развернутого графа можно также и за счет исключения из графа дуг ожидания, соответствующих простоям отправки на станциях, в ожидании отправления с поездом, где эти простои невозможны технически или нежелательны.

При небольшом полигоне из пяти технических станций, периоде планирования, равном трем дням (72 часа) и разбитом на трехчасовые интервалы (их количество будет равно 24), и количестве предъяв-

ляемых заявок к перевозке около 500 для полигона такого размера на указанный срок размерность задачи будет составлять:

$$D = i \cdot j \cdot t \cdot l = 5 \cdot 5 \cdot 24 \cdot 500 = 300\,000,$$

что затруднительно для ее решения на персональных компьютерах, но возможно для более мощных машин. Блок-схема алгоритма формирования твердых ниток графика представлена на рис.



Рис. Блок-схема алгоритма формирования ниток жесткого графика, обеспечивающего рациональный уровень потребностей в перевозках

Задача может быть сведена к задаче линейного программирования в булевых переменных. Для этого проводится перенумерация переменных:

$$Z_k = X_{ijl}$$

$$k = (i-1) \cdot I \cdot T \cdot L + (j-1) \cdot T \cdot L + (t-1) \cdot L + (l-1)$$

где $i = 1..I, j = 1..J, t = 1..T, l = 1..L$

Задачу линейного программирования предлагается решать Р-методом, суть которого состоит в следующем. Любой вариант решения представляется в виде двоичного числа, в котором каждая переменная занимает определенный разряд числа. Путем прибавления на каждом шаге единицы осуществляется направленный перебор всех таких двоичных чисел, начиная с нуля. Для каждого варианта осуществляется последовательная проверка ограничений. Направленность перебора заключается в

том, что после нарушения какого-либо ограничения остальные ограничения не проверяются, и далее осуществляется переход к рассмотрению следующего варианта путем прибавления единицы в двоичном числе к тому разряду, которому соответствует переменная, по которой произошло нарушение ограничения. При проверке каждого ограничения суммирование проводится порядком, начиная с последней переменной.

Выводы. Совершенствование управления перевозочным процессом предусматривает реализацию новой модели управления на основе экономических критериев с концентрацией функций вертикально интегрированной системы по уровням управления с последующим переходом к организации перевозок по «твёрдым ниткам» графика движения поездов.

На основании анализа существующей системы управления разработана структурная схема организации перевозок на основе твёрдого графика движения поездов и системы идентификации подвижного состава.

Предложена технология организации перевозок на основе «твёрдых ниток» графика движения поездов. Определены варианты перехода технологии поездной работы от информационных систем к управляющим для всех уровней управления.

Предложенная математическая модель формирования «ниток» твёрдого графика движения поездов описывается элементами теории графов и сводится к задаче линейного программирования в булевых переменных с критерием минимума вагоно-часов простоя на технических станциях.

Составлена блок-схема алгоритма формирования твёрдых ниток графика движения поездов, обеспечивающего рациональный уровень потребностей в перевозках.

Л и т е р а т у р а

1. Соловьёва Н.П., Соколова Л.Н., Аветикян А.А. Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог в условиях рыночной экономики // Железнодорожный транспорт в СНГ и за рубежом. ЦНИИТЭИ. Обзор. Вып. 24, 1997 г. с. 22-35.
2. Аветикян А.А. Потенциал транзитности вагонопотоков. Метод динамического прогнозирования транзитности. М. Транспорт, 1978 г., 215 с.
3. Акулиничев В.М. Система организации вагонопотоков, М., Транспорт, 1979 г., 224 с.
4. Бодюл В.И., Шаров В.А., Жабров О.А. «Ритм» - комплексная технология. Железнодорожный транспорт, 1984 г., №6, с. 14-16.
5. Волков В.С., Левин Д.Ю., Лерман В.Д. Совершенствование эксплуатации железных дорог. М., Транспорт, 1984 г., 208 с.

R e f e r e n c e s

1. Solovieva N., Sokolova L., Avetikan A. Perfection of operating work of railways in the conditions of market economy // the Railway transport in the CIS and abroad. ЦНИИТЭИ. Review. Вып. 24, 1997 p. 22-35.

2. Avetikan A. Potential of transit of вагонопотоков. Method of dynamic prognostication of transit. M. Transport, 1978, 215 p.
3. Akulinishev V. System of organization of вагонопотоков, M., Transport, 1979, 224 p.
4. Bodul V. and., Sharov of B. and., Gabrov A. «rhythm» is complex technology. Railway transport, 1984, №6, p. 14-16.
5. Volkov .C., Levin D., Lerman B. Perfection of exploitation of railways. M., Transport, 1984, 208 p.

Білецький Ю.В., Баранов І.О., Горбачова Ю.С.
Підвищення ефективності перевізного процесу на основі моделі побудови твердих ниток графіку руху поїздів.

У статті поставлено завдання підвищення ефективності перевізного процесу. Висвітлено основні причини нестабільності графікового руху поїздів і уповільнення обігу рухомого складу. Розроблено структурну схему організації перевезень на основі твёрдого графіку руху поїздів і системи ідентифікації рухомого складу. Визначено найбільш перспективні варіанти переходу технології поїзної роботи від інформаційних систем до керуючих для всіх рівнів управління. Складена блок-схема алгоритму формування твердих ниток графіку руху поїздів, що забезпечує раціональний рівень потреб у перевезеннях.

Ключові слова: ефективність, модель, графік руху поїздів, блок-схема, оптимізація.

Beletsky Y., Baranov I., Gorbacheva Y. Improving efficiency transportation process based on the model of building a solid thread train schedule.

The article raised problem increasing efficiency of the transportation process. Highlight the major causes instability grafik trains and slow turnover of rolling stock. The block diagram organization transport on the basis of a solid schedule trains and rolling stock identification systems. Identify the most promising options for moving technology train work on information systems to control for all levels management. Drawn flowchart forming solid thread train schedule, ensures the rational level of transportation needs. Based on the analysis existing management system developed organization chart movements based on a solid schedule trains and rolling stock identification systems. The proposed mathematical model "thread" solid train schedule describes the elements graph theory and is reduced to a linear programming problem in Boolean variables with the criterion of minimum downtime wagon-hours on technical stations.

Keywords: efficiency, model, train schedule, block diagram, optimization.

Білецький Ю.В – ст. викл. кафедри “Логістичне управління та безпека руху на транспорті”, СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Баранов І.О. – аспірант кафедри “Логістичне управління та безпека руху на транспорті”, СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Горбачова Ю.С. – магістрант кафедри “Логістичне управління та безпека руху на транспорті”, СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 26.03.2015

УДК 534.1:629.4.014.6

МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РАМЫ ВЕДУЩЕЙ ТЕЛЕЖКИ ДИЗЕЛЬ Поезда Д1**Гриндей Е.О.****MODAL ANALYSIS OF THE LEADING BOGIE FRAME OF THE DIESEL-MULTIPLE UNIT TRAIN OF D1 SERIES****Gryndei E.**

В статье рассматривается создание расчетной модели несущих конструкций моторного вагона дизель поезда серии Д1. Представлены особенности построения уточненной расчетной модели для проведения модального анализа рамы ведущей тележки. Разработанная расчетная модель отражает конструктивные особенности всего вагона, включая массы кузова, гидropередачи и дизеля, как удаленные массы, а также, характеристики рессорного подвешивания и опорных устройств кузова на тележки и тележек на колесные пары. Для адекватного распределения инерционных характеристик кузова вагона расчетная модель дополнена элементом, который имитирует поддерживающую тележку.

На основании разработанной модели сгенерирована конечно-элементная сетка с использованием элементов типа тетраэдр. Выполнен расчет собственных частот рамы ведущей тележки в диапазоне до 100 Гц и соответствующих им форм колебаний.

Для верификации представленной расчетной схемы в ходе ходовых динамических испытаний моторного вагона дизель поезда измерялись деформации элементов рамы тележки при разных скоростях движения и типичных эксплуатационных режимах. Выполнено сравнение результатов модального анализа и частот, которые имеют значительную интенсивность, полученную из амплитудных спектров деформаций, построенных на основании результатов испытаний. А так же проведен сравнительный анализ частоты подкакивания кузова вагона, вычисленной по аналитической формуле и с использованием МКЭ. Установлена адекватность полученных собственных частот рамы тележки моторного вагона дизель поезда Д1.

Ключевые слова: дизель поезд Д1, моторный вагон, ведущая тележка, расчетная модель, модальный анализ, собственная частота, верификация.

Постановка проблемы. Прогнозирование долговечности тягового подвижного состава с точки зрения усталостной прочности позволяет предсказывать вероятный пробег локомотивов без повреждений несущих конструкций, а также выявлять «ослабленные» места, в которых появление усталос-

тных повреждений возникнет раньше, чем в других [1]. Кроме того, использование информации о распределении прогнозируемой долговечности по конструкции, обеспечивает повышение эффективности проведения неразрушающего контроля экипажной части железнодорожного подвижного состава, способствуя тем самым обоснованному принятию решений относительно возможного продления срока службы [2,3].

Дизель поезд Д1 выпускался в 1960 – 1980-х годах венгерским заводом Ганц-МАВАГ. Дизельный поезд Д1 состоит из двух моторных вагонов и двух прицепных вагонов. Кузов моторного вагона опирается на трёхосную ведущую (моторную) и двухосную поддерживающую тележки. Установленный производителем нормативный срок службы вагонов дизель поезда Д1 – 20 лет, максимально допустимый – при условии поэтапного продолжения – 45 лет.

При оценивании долговечности особое значение имеет близость частотного спектра нагрузок и собственных частот конструкции, поскольку от этого зависят вклады силовых воздействий на динамическую деформацию конструкции. В случае приближения частоты динамического воздействия на конструкцию к одной из ее собственных частот интенсивность нагрузки распределяется по соответствующей форме колебаний [4].

Анализ последних исследований и публикаций. Расчетная оценка усталостной долговечности является интегральной и не раскрывает основных факторов, которые влияют на накопление повреждений конструкции [5]. С точки зрения выявления факторов, влияющих на эксплуатационную прочность несущих конструкций подвижного состава, практический интерес предоставляет исследование собственных частот и форм колебаний несущих конструкций, которое в САЕ-системах получило название модального анализа [6].

Совместные колебания механических систем железнодорожного подвижного состава вызываются рядом разнообразных по природе и характеру возмущающих факторов [7, 8]. Традиционные расчетные схемы, используемые при расчете прочности несущих конструкций подвижного состава, не могут применяться для проведения модального и динамического анализа, так как не отражают индивидуальные особенности сложных конструкций и не учитывают факторы, способные существенно влиять на результаты расчета. Расчетные модели необходимо строить таким образом, чтобы они наиболее полно отражали особенности рассматриваемой конструкции и способы ее нагружения, позволяли получить наибольшую точность результатов и обеспечивали экономически приемлемую трудоёмкость вычислительных работ [9 10].

Цель статьи. Разработать адекватную расчетную схему для модального анализа и проверить точность расчетов. Провести сравнительный анализ расчетных и экспериментальных значений собственных частот ведущей рамы тележки моторного вагона дизель поезда Д1.

Материалы исследований. Несущие конструкции экипажной части вагонов представляют собой сложные сборочные системы, среди которых наиболее нагруженные – рамы тележек. Вследствие статических, квазистатических и динамических воздействий, которым подвергается экипажная часть в условиях эксплуатации, в рамах тележек постоянно происходят изменения напряженно-деформированного состояния, которые и являются причиной накопления усталостных повреждений.

В статье представлены особенности построения уточненной расчетной модели для проведения модального анализа несущих конструкций подвижного состава на примере ведущей рамы тележки моторного вагона дизель поезда Д1. При этом рассмотрены вопросы верификации расчетной модели и проведена проверка адекватности полученных результатов.

Трехмерная (3D) и конечно-элементная (КЕ) модели рамы тележки дизель поезда Д1. Рама тележки моторного вагона дизель поезда Д1 представляет собой цельно сварочную конструкцию, которая

состоит из двух боковин, соединённых между собой двумя концевыми, главной поперечной и двумя промежуточными балками. Продольные и поперечные балки на раме тележки предназначены для установки и крепления силового оборудования. Впереди обе боковины плавно соединены с конечной балкой, выгнутой для размещения на ней картера дизеля. К верхнему поясу боковины приварены опорные пяты скользунов. Скользун почти полностью размещены на боковинах, что значительно уменьшает изгибный момент, который действует на главную поперечную балку. Благодаря чему уменьшено ее сечение, что позволило сделать тележку легкой. Расположение скользунов под углом относительно продольной оси тележки определяет теоретический центр вращения тележки, что исключает необходимость установки шкворня. К нижнему поясу боковины приварены кронштейны для установки фрикционных амортизаторов и тормозного цилиндра, а так же буксовые челюсти. Передняя промежуточная балка выгнута в средней части. Между передней концевой и промежуточной балками сварена балка коробчатого сечения для установки опоры дизеля. Все остальные опоры закреплены на кронштейнах, приваренных к боковинам, передней концевой балке и балке для опоры дизеля [11].

К кронштейну, который приварен к главной поперечной балке, подвешена коробка скоростей, которая кроме этого присоединена к сложной по конфигурации балке, которая имеет три точки опоры и приварена к главной поперечной балке, боковинам и задней промежуточной балке. Второй кронштейн подвески гидромеханической передачи, приваривается к специальной мощной и короткой балке, присоединенной с одной стороны к главной поперечной балке, а с другой – к боковине рамы. Задняя концевая балка в средней части изогнута для установки на нее корпуса подшипника карданного вала привода редуктора вспомогательных машин.

В соответствии с технической документацией с помощью программы SolidWorks 2008 построена трехмерная геометрическая (3D) модель рамы тележки Д1 с учетом всех выше изложенных особенностей конструкции (рис. 1).

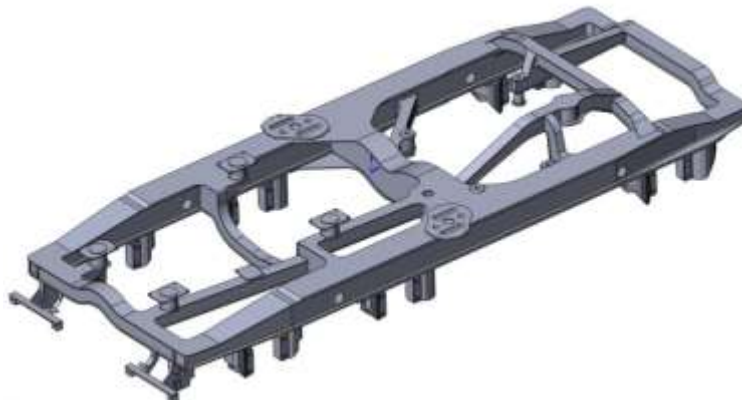


Рис. 1. 3D модель ведущей рамы тележки

На основании разработанной 3D модели сгенерирована конечно-элементная сетка. При создании сетки определена степень дискретизации твердотельной модели, с указанием как параметра размера конечных элементов (тетраэдров), при помощи которых формируется математическая модель рамы тележки. Конечно-элементная сетка может существенным образом влиять на качество получаемых решений в случае сложной пространственной конфигурации конструкции [12]. Как правило, более мелкое разбиение обеспечивает лучшие по точности результаты. Поэтому сгенерирована конечно-элементная сетка с размером стороны элемента 8 мм. Качество сетки проверено по правилу Рунге [13]. Конечно-элементная модель рамы тележки содержит 1817137 узлов и 7737063 элементов.

Расчетная модель для модального анализа.

Существенное влияние на расчетные частоты и формы колебаний конструкции оказывают способ ее закрепления и ее особенности. Следовательно, расчетная схема рамы тележки должна отражать все характеристики рессорного подвешивания и опорных устройств. Для проведения расчетов динамических характеристик напряженно-деформированного состояния рамы тележки моторного вагона разработана уточненная расчетная модель (рис. 2). Эта расчетная модель имеет отличие от модели, применяемой для статических расчетов, тем, что содержит дополнительные конструктивные элементы.

Кузов моторного вагона представлен удаленной массой, опирающейся на скользуны рамы тележки, которые смоделированы абсолютно жесткими элементами (рис. 2а). Эти элементы представляют собой примитивные геометрические фигуры, повторяющие реальные размеры. Масса кузова передается на «скользуны» с помощью элементов типа абсолютно жесткие стержни, перемещение которых возможно только в направлении теоретического центра вращения тележки.

Для того, чтобы правильно распределить действие массы кузова, создана имитационная модель поддерживающей тележки (рис. 2б) в виде твердого

тела с габаритами, повторяющими центральную часть рамы. Кроме того, смитировано рессорное подвешивание этой тележки, которое представлено упругим опиранием, с жесткостью, рассчитанной с учетом характеристик комплектов пружин.

Учитывая, значительные массы дизеля и гидрорепердачи, в уточненной расчетной схеме эти конструктивные элементы представлены как удаленные массы, размещенные в соответствии с положением их центров тяжести (рис. 2а).

В схеме рамы ведущей тележки опирание на короткий и длинный балансиры, представленные абсолютно жесткими элементами, смоделировано с помощью упругих элементов. Балансиры связаны с колесными парами с помощью элемента типа «штифт», который не позволяет балансирам перемещаться, разрешая вращение относительно продольной оси штифта.

В уточненной расчетной схеме колесные пары представлены абсолютно жесткими телами, зафиксированными в местах расположения буксовых челюстей (рис. 2а). Эти тела связаны в продольном и поперечном направлениях упругими элементами с элементами, имитирующими буксовые узлы. Для бегунковой колесной пары продольная связь между буксовыми челюстями и буксовыми узлами отсутствует.

Со стороны поддерживающей тележки предусмотрена упругая связь кузова со следующим вагоном. Масса кузова, приложенная на поддерживающую тележку, распределена по элементам, которые имитируют скользуны (рис. 2б).

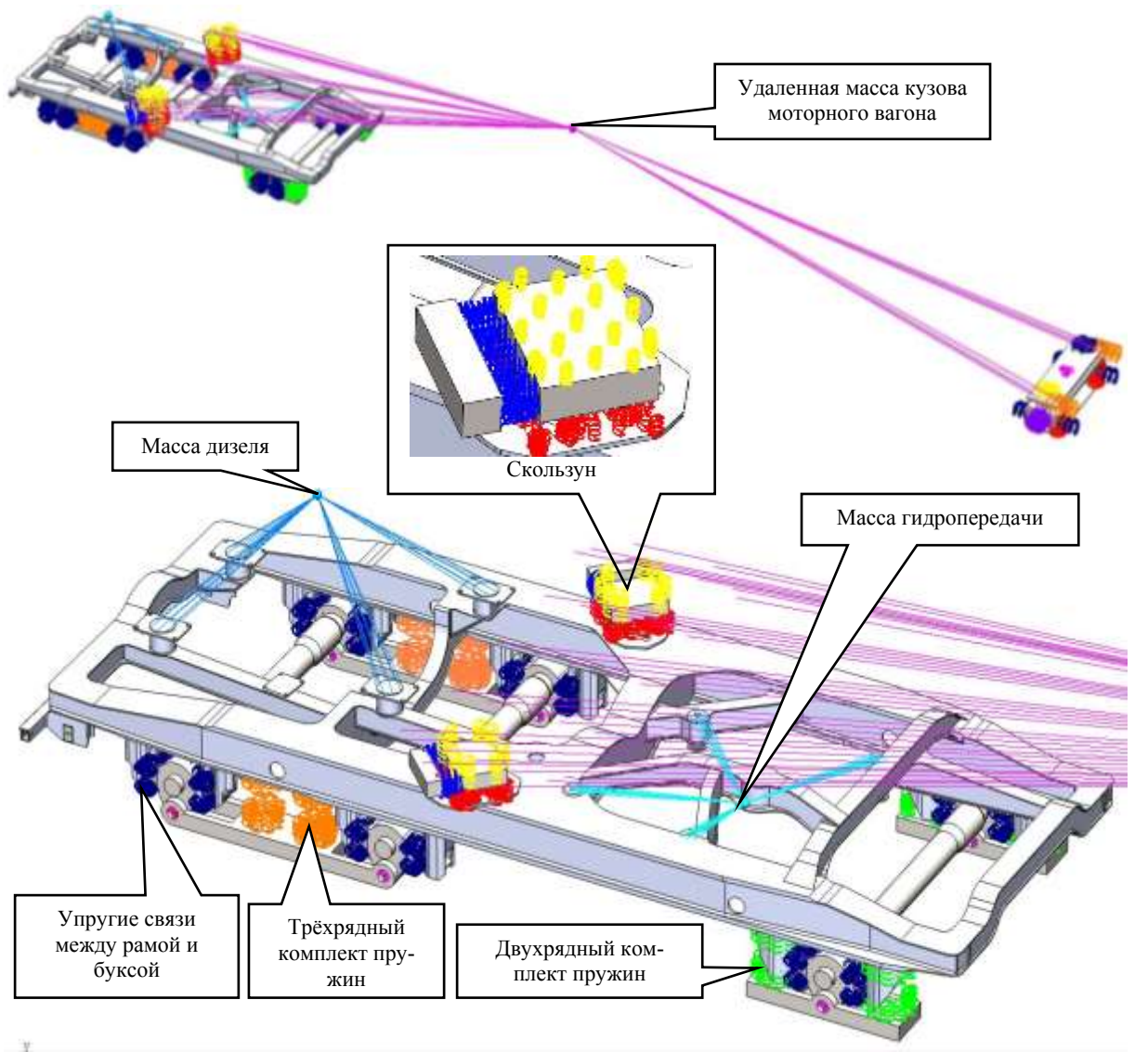
Характеристики всех упругих элементов заданы линейными. Рассеивание механической энергии отображено при помощи модального демпфирования, которое устанавливает коэффициент демпфирования по каждой форме колебаний.

Жесткостные характеристики рессорного подвешивания, вычисленные на основании технических данных [14], и массы дизеля, гидрорепердачи и кузова моторного вагона дизель поезда Д1, представлены в таблице 1.

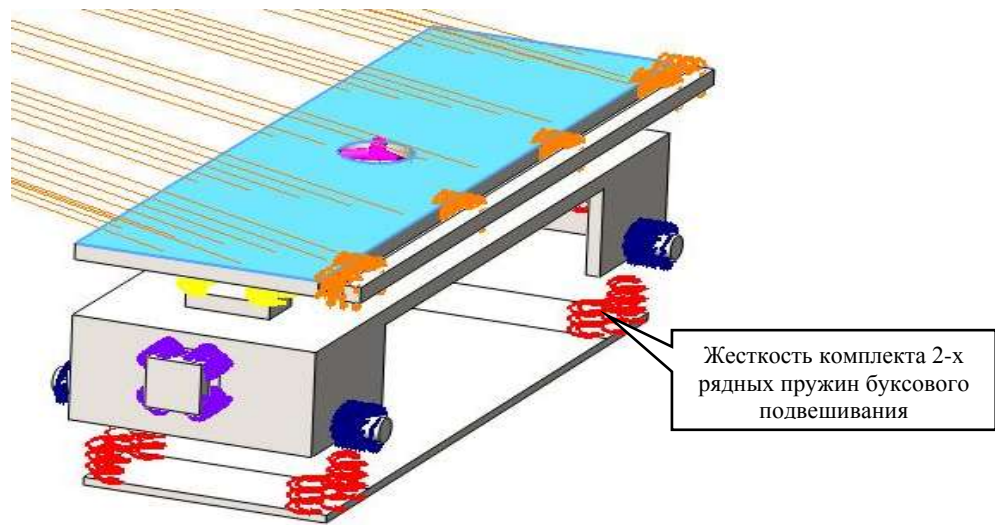
Таблица 1

Инерционные и жесткостные характеристики вагона дизель поезда Д1

Параметры	Ведущая тележка		Поддерживающая тележка	
	Комплект 3-х рядных пружин	Комплект 2-х рядных пружин	Буксовое подвешивание Комплект 2-х рядных пружин	Центральное подвешивание Комплект 2-х рядных пружин
вертикальная	4144290 Н/м	3446056 Н/м	702697 Н/м	1090499 Н/м
горизонтальная	708808 Н/м	141160 Н/м	1049600 Н/м	980662 Н/м
Масса дизеля	4,6 т		–	
Масса гидрорепердачи	2,54 т		–	
Масса кузова с пассажирами	51 т			



а



б

Рис. 2. Уточненная расчетная модель рамы ведущей тележки моторного вагона:
а – ведущая тележка; б – имитация поддерживающей тележки

Модальний аналіз. Как известно, динамический отклик несущей конструкции обусловлен ее собственными формами колебаний. Выходными данными модального анализа выступают частоты и формы колебаний конструкции, которые дают возможность дальнейшего вычисления характеристик ее напряженно-деформированного состояния при динамическом анализе. По результатам модального анализа каждой собственной форме колебаний сопоставляется массовая доля конструкции, приходящаяся на колебание, осуществляющееся по соответствующей форме.

Из всего массива собственных частот, которыми обладает конструкция, колебания происходят в основном на определенных частотах, массовая доля которых наибольшая. Такие частоты называют главными, а направление, по которому они действуют – главными направлениями [15].

Для рамы тележки рассчитаны частоты, в диапазоне до 100 Гц. Результаты анализа представлены в Таблице 2, где показаны значения первых 12 частот и массовые доли по главным направлениям. Частоты, формы колебаний которых имеют значительные массовые доли, в таблице 2 выделены.

Поскольку в расчетной схеме учтено, что масса кузова опирается упруго на раму тележки, то, собственные частоты кузова проявляются в спектре, вычисленном при модальном анализе. Это позволяет выполнять проверку построенной расчетной модели по частоте подсакивания кузова. Для этого рассчитана частота подсакивания кузова v_a по аналитической формуле (1):

$$v_a = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sum K_{\text{тел}}}{m_{\text{куз}}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sum K_{\text{вед.т.}} + \sum K_{\text{под.т.}}}{m_{\text{куз}}}}, \quad (1)$$

где $\sum K_{\text{тел}}$ – суммарная жесткость рессорного подвешивания ведущей и поддерживающей тележек; $m_{\text{куз}}$ – масса кузова с пассажирами.

Суммарная жесткость рессорного подвешивания ведущей тележки моторного вагона рассчитана по формуле (2):

$$\sum K_{\text{вед.т.}} = \sum K_{3\text{х.ряд}} + \sum K_{2\text{х.ряд}}, \quad (2)$$

где $\sum K_{3\text{х.ряд}}$ – суммарная жесткость двух комплектов 3-х рядных пружин рессорного подвешивания ведущей тележки; $\sum K_{2\text{х.ряд}}$ – суммарная жесткость двух комплектов 2-х рядных пружин рессорного подвешивания ведущей тележки.

Поддерживающая тележка, в отличие от ведущей, кроме буксового подвешивания оборудована центральным подвешиванием. Следовательно, суммарная жесткость рессорного подвешивания поддерживающей тележки определяется по формуле (3):

$$\sum K_{\text{под.т.}} = \frac{1}{1/\sum K_{\text{бук.п.}} + 1/\sum K_{\text{цент.п.}}}, \quad (3)$$

где $\sum K_{\text{бук.п.}}$ – суммарная жесткость четырех комплектов 2-х рядных пружин буксового подвешивания поддерживающей тележки; $\sum K_{\text{цент.п.}}$ – суммарная жесткость двух комплектов 2-х рядных пружин центрального подвешивания поддерживающей тележки.

Итак, частота подсакивания кузова равна, $v_a = 2,8$ Гц.

Таблица 2

№ Форм колебаний	Частота, Гц	Массовая доля в главных направлениях		
		Продольное	Вертикальное	Поперечное
1	1,88	–	–	0,19
2	2,41	–	0,84	–
3	2,77	–	–	0,23
4	3,10	0,023	0,05	–
5	4,84	0,015	0,008	0,001
6	5,16	0,014	0,013	0,001
7	9,93	0,109	–	–
8	16,72	0,002	–	0,005
9	18,45	–	–	0,069
10	19,58	–	–	0,008
11	19,74	–	–	0,037
12	20,07	–	–	0,068

Рассчитанная при модальном анализе главная частота в вертикальном направлении составляет $\nu_{\text{расч}} = 2,41$ Гц.

Для верификации расчетной схемы также установлена соответствующая частота по результатам ходовых динамических испытаний $\nu_{\text{ход.исп.}} = 2,61$ Гц.

При проведении испытаний измерялись ускорения кузова, рам тележек и буксовых узлов моторного вагона дизель поезда Д1 и деформации рамы ведущей тележки при разных скоростях движения и типичных эксплуатационных режимах. Обработка замеренных реализаций ускорений и деформаций проведена с использованием программы, разработанной в ПК Labview [16].

При сравнении низшей собственной частоты в вертикальном направлении, определенной на основании модального анализа и ходовых динамических

испытаний, установлено, что отличие этих значений не превышает 7,66%.

Для верификации уточненной расчетной модели сопоставлены расчетные частоты с частотами, которые имеют значительную интенсивность, установленную из амплитудных спектров деформаций. Эти деформации измерены тензодатчиками, которые были размещены во время проведения испытаний на раме ведущей тележки (рис. 3). Представленные амплитудные спектры деформаций соответствуют интервалу скорости движения дизель поезда 40-50 км/ч (рис. 4-5).

Как видно, при сопоставлении представленных значений, расчетные частоты удовлетворительно согласуются с результатами испытаний, что подтверждает адекватность уточненной расчетной схемы.

На рис. 6 представлены формы колебаний рамы ведущей тележки моторного вагона дизель поезда Д1, соответствующие частотам 1,88 Гц, 2,41 Гц, 5,16 Гц.

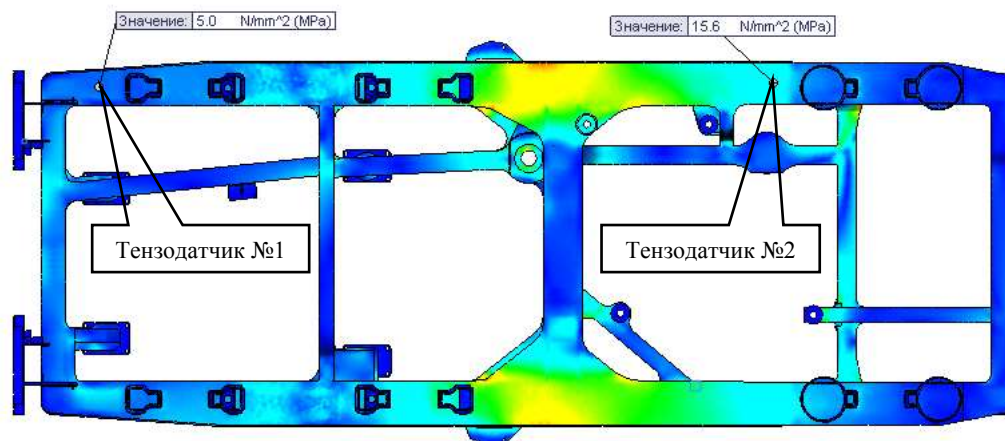


Рис. 3. Расположение тензодатчиков 1 и 2 на раме тележки

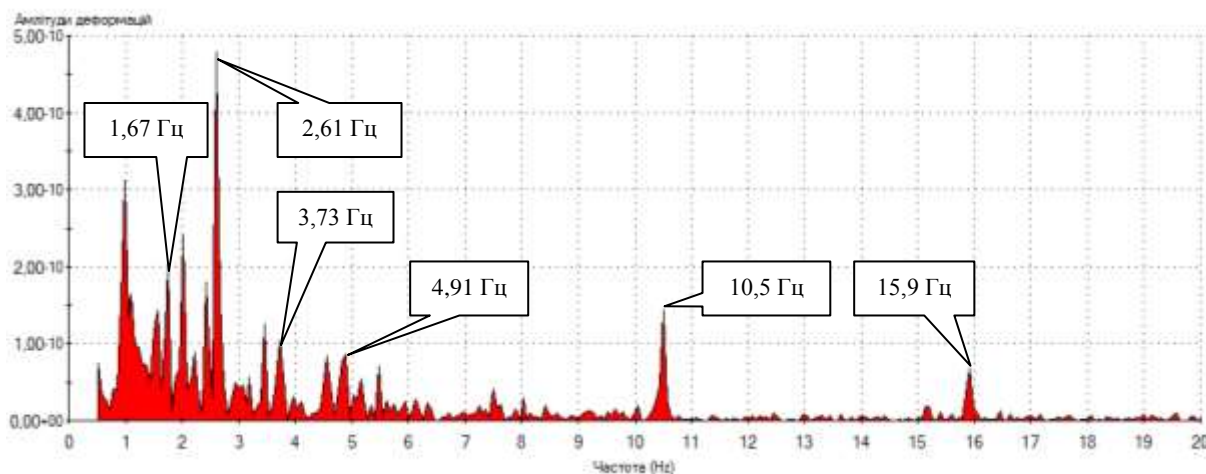


Рис. 4. Амплитудный спектр деформаций (тензодатчик №1)

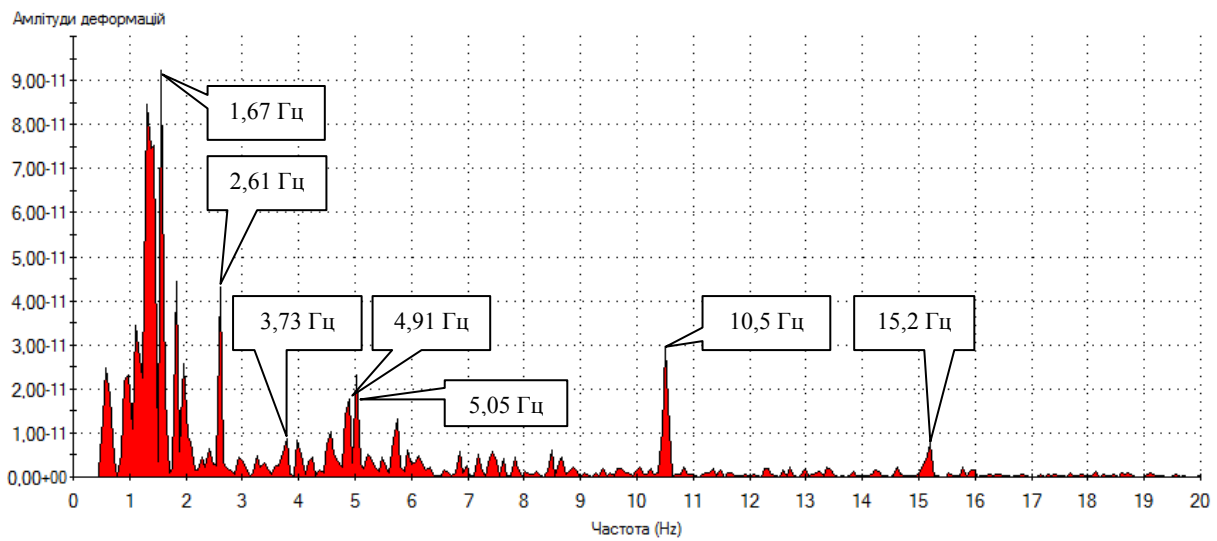
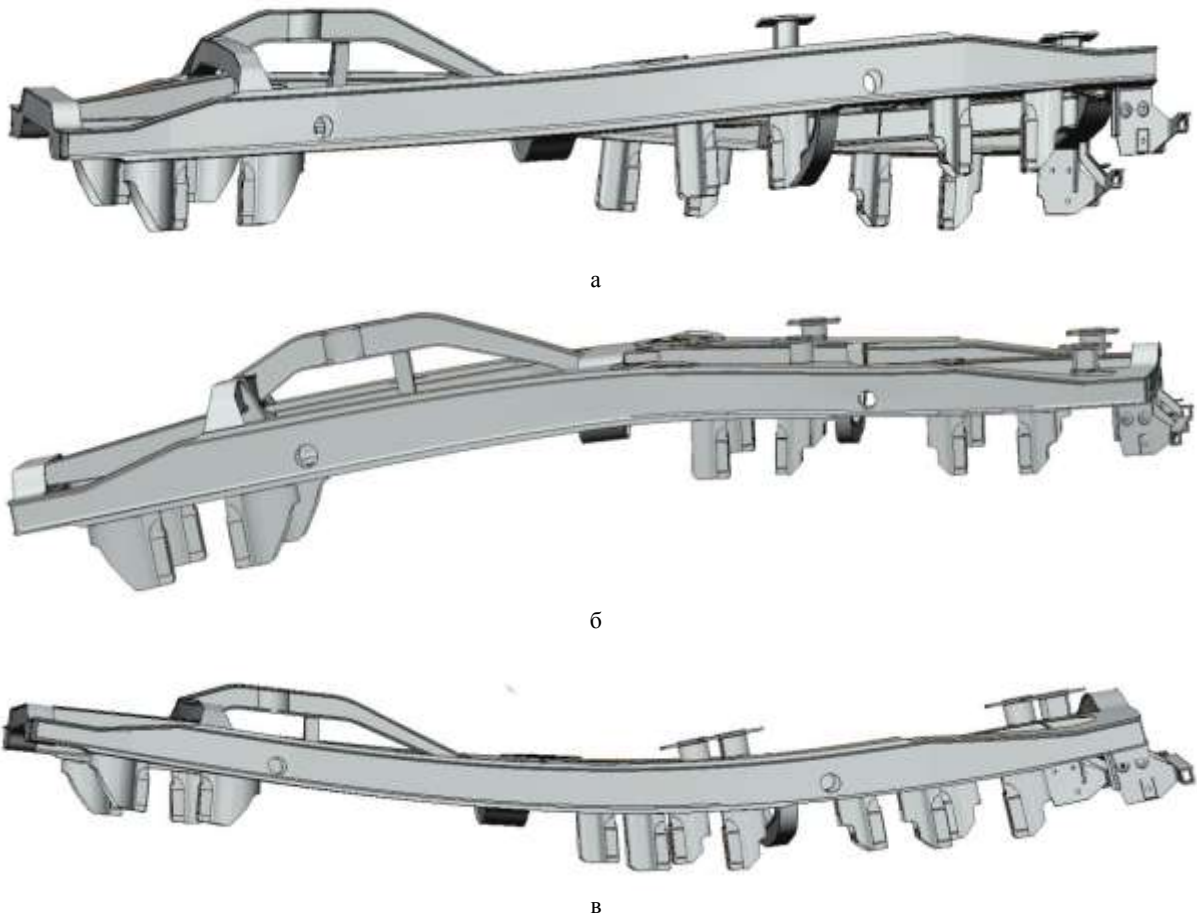


Рис. 5. Амплитудный спектр деформаций (тензодатчик №2)

Рис. 6. Формы колебаний рамы ведущей тележки соответствующие частотам:
а – 1,88 Гц; б – 2,41 Гц; в – 5,16 Гц

Выводы. 1. При построении расчетных схем для проведения модального анализа применительно к рамам тележек железнодорожного подвижного состава необходимо корректно отражать все характеристики рессорного подвешивания и опорных уст-

ройств транспортного средства, условия закрепления исследуемой конструкции.

2. Уточненная расчетная схема благодаря дополнительным элементам, которые имитируют детали рамы тележки, позволяет получить более полное отображение реальной конструкции.

3. По результатам модального анализа, проведенного для рамы моторной тележки дизель поезда Д1, вычислены частот конструкции в диапазоне до 100 Гц. Сопоставление значений расчетных собственных частот в вертикальном направлении с результатами испытаний и аналитической частотой указало на близость их значений. Так, наибольшие различия между частотами в вертикальном направлении, определенными при модальном анализе и испытаниях, не превышает 7,66%, что указывает на адекватность уточненной расчетной модели реальной конструкции.

4. В целом, применение модального анализа совместно с анализом динамических процессов, регистрируемых в ходовых испытаниях, позволяет обеспечить верификацию компьютерной модели и полученных результатов.

Л и т е р а т у р а

1. Техническое регулирование и продление назначенных сроков службы тягового подвижного состава./ В.И. Дворецкий, А.Ю. Черняк, Ю.В. Браславец, П.А. Гриндей // Залізничний трансп. України. – 2008. – № 2/1. – С. 51-53.
2. А. А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев / Компьютерное моделирование в инженерной практике – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040с.
3. Огородникова О.М. ANSYS Workbench - модальный анализ [Электронный ресурс] / Учебно-методические материалы Огородниковой О. М. – 2009. – Режим доступа. <http://cae.ustu.ru/cont/edu/edu.htm>.
4. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. М.: Наука, 1967. – 444 с.
5. Оцінка втомної довговічності несучих конструкцій тягового рухомого складу / Г. Ю. Черняк, Р. Ю. Дьомін, П. О. Гриндей, А. В. Мостович // Залізничний трансп. України. – 2008. – №3. – С. 15-17.
6. Модальный анализ и усталостная долговечность рам тележек тягового подвижного состава / А.Ю. Черняк, Е.О. Гриндей, П.О. Гриндей – Локомотив информ, №11, 2010 – С.4 – 7.
7. Макеев В.П., Гриненко Н.И., Павлюк Ю.С. Статистические задачи динамики упругих конструкций. – М.: Наука, 1984. – 232 с.
8. Механическая часть тягового подвижного состава: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В. Бирюков, А.Н. Савоськин, Г.П. Бурчак и др. – М.: Транспорт, 1992. – 440 с.
9. Статистическая динамика рельсовых экипажей / В.Ф. Ушкалов, Л.М. Резников, С.Ф. Редько – Киев: Наук. думка, 1982. – 360 с.
10. Вагоны: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / Л.А. Шадур, И.И. Челноков и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 439 с.
11. Дизельные поезда. Устройство, эксплуатация, ремонт, устранение неисправностей/ А.П. Палкин и др.// Изд-во «Транспорт». – 1970. – С.1-360.
12. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040с.
13. Численные методы. Учеб.пособие/ Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков /Режим доступа:

http://storage.library.opu.ua/online/books/kaf_is/bahvalov_.pdf

14. Справочник по электроподвижному составу, тепловозам и дизель-поездам / А.И. Тищенко – Т.И.М., «Транспорт», 1976. – 432 с.
15. Курс теории колебаний. Учеб. Пособие для студентов вузов. Изд. 3-е, испр. И доп. / А.А. Яблонский, С.С. Норејко / М.: Высшая школа, 1975. – С. 248.
16. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В.П. Федоров, А.К. Нестеренко. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 427 с.

References

1. Tehnicheskoe regulirovanie i prodlenie nazna-chennyh srokov sluzhby tjagovogo podvizhnogo sostava./ V.I. Dvoreckij, A.Ju. Chernjak, Ju.V. Braslavец, P.A. Grindej // Zaliznichnij transp. Ukraїni. – 2008. – № 2/1. – S. 51-53.
2. A. A. Aljamovskij, A.A. Sobachkin, E.V. Odincov, A.I. Haritonovich, N.B. Ponomarev / Komp'juternoe modelirovanie v inzhenernoj praktike – SPb.: BHV-Peterburg, 2008. – 1040s.
3. Ogorodnikova O.M. ANSYS Workbench - mo-dal'nyj analiz [Jelektronnyj resurs] / Uchebno-metodicheskie materialy Ogorodnikovoj O. M. – 2009. – Rezhim dostupa. <http://cae.ustu.ru/cont/edu/edu.htm>.
4. Timoshenko S.P. Kolebanija v inzhenernom dele. M.: Nauka, 1967. – 444 s.
5. Ocinka vtomnoi dovgoichnosti nesuchih konstrukcij tjagovogo ruhomogo skladu / G. Ju. Chernjak, R. Ju. D'omin, P. O. Grindej, A. V. Mostovich // Zaliznichnij transp. Ukraїni. – 2008. – №3. – S. 15-17.
6. Modal'nyj analiz i ustalostnaja dolgovechnost' ram telezhok tjagovogo podvizhnogo sostava / A.Ju. Chernjak, E.O. Grindej, P.O. Grindej – Lokomotiv inform, №11, 2010 – S.4 – 7.
7. Makeev V.P., Grinenko N.I., Pavljuk Ju.S. Sta-tisticheskie zadachi dinamiki uprugih konstrukcij. – M.: Nauka, 1984. – 232 s.
8. Mehanicheskaja chast' tjagovogo podvizhnogo sostava: Uchebnik dlja vuzov zh.-d. transp. / I.V. Birjukov, A.N. Savos'kin, G.P. Burchak i dr. – M.: Transport, 1992. – 440 s.
9. Statisticheskaja dinamika rel'sovych jekipazhej / V.F. Ushkalov, L.M. Reznikov, S.F. Red'ko – Kiev: Nauk. dumka, 1982. – 360 s.
10. Vagony: Uchebnik dlja vuzov zh.-d. transp. / L.A. Shadur, I.I. Chelnokov i dr. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Transport, 1980. – 439 s.
11. Dizel'nye poezda. Ustrojstvo, jekspluatacija, remont, ustranenie neispravnostej/ A.P. Palkin i dr.// Izd-vo «Transport». – 1970. – S.1-360.
12. SolidWorks 2007/2008. Komp'juternoe modelirovanie v inzhenernoj praktike / A. A. Aljamovskij, A.A. Sobachkin, E.V. Odincov, A.I. Haritonovich, N.B. Ponomarev. – SPb.: BHV-Peterburg, 2008. – 1040s.
13. Chislennye metody. Ucheb.posobie/ N.S. Bahvalov, N.P. Zhidkov, G.M. Kobel'kov /Rezhim dostupa: http://storage.library.opu.ua/online/books/kaf_is/bahvalov_.pdf
14. Spravochnik po jelektropodvizhnomu sostavu, teplovozam i dizel'-poezdam / A.I. Tishhenko – T.I.M., «Transport», 1976. – 432 s.
15. Kurs teorii kolebanij. Ucheb. Posobie dlja studentov vuzov. Izd. 3-e, ispr. I dop. / A.A. Jablonskij, S.S. Norejko / M.: Vysshaja shkola, 1975. – S. 248.
16. Cifrovaja obrabotka signalov v LabVIEW / V.P. Fedorov, A.K. Nesterenko. – M.: DMK Press, 2007. – 427 s.

Гриндей О.О. Модальний аналіз рами ведучого візка моторного вагону дизель поїзду Д1.

У статті розглядається створення розрахункової схеми несучих конструкцій моторного вагону дизель поїзда серії Д1. Представлені особливості побудови уточненої розрахункової схеми для проведення модального аналізу рами ведучого візка. Розроблена розрахункова схема відображає конструктивні особливості всього вагона, включаючи маси кузова, гідропередачі та дизеля, як віддалені маси, а також, характеристики ресорного підвішування і опорних пристроїв кузова на візки та візків на колісні пари. Для адекватного розподілу інерційних характеристик кузова вагона розрахункова модель доповнена елементом, який імітує підтримуючий візок.

На підставі розробленої моделі згенеровано кінцево-елементна сітка з використанням елемента типу тетраедр. Виконано розрахунок власних частот рами ведучого візка в діапазоні до 100 Гц і відповідних їм форм коливань.

Для верифікації представленої розрахункової схеми в ході ходових динамічних випробувань моторного вагону дизель поїзда вимірювалися деформації елементів рами візка при різних швидкостях руху і типових експлуатаційних режимах. Виконано порівняння результатів модального аналізу та частот, які мають значну інтенсивність отриманих з амплітудних спектрів деформацій, побудованих на підставі результатів випробувань. А також проведено порівняльний аналіз частоти підсакування кузова вагона, обчислених з аналітичною формулою і з використанням МКЕ. Встановлено адекватність отриманих власних частот рами візка моторного вагону дизель поїзда Д1.

Ключові слова: моторний вагон, дизель поїзд Д1, ведучий візок, розрахункова схема, модальний аналіз, власна частота, верифікація.

Gryndei E. Modal analysis of the leading bogie frame of the diesel-multiple unit train of d1 series.

This article describes how to create the supporting structures design model of a motor car of the diesel-multiple

unit train of D1 series. Construction peculiarities of a refined design model for the modal analysis of the leading bogie frame are presented. The developed design model reflects the design features of the whole car, including the weight of the body, hydraulic transmission and diesel, as remote masses, and also characteristics of the spring suspension and body support devices on the bogies and bogies support devices on the wheel sets. The design model is complemented with the element that simulates a supporting bogie for an adequate distribution of inertial characteristics of the car body.

The finite element mesh using the element of tetrahedron has been generated on the basis of the developed model. The calculation of the natural frequencies of the leading bogie frame in the range of up to 100 Hz and the corresponding vibration modes have been performed.

In the course of running dynamic tests the deformation of the bogie frame elements were measured at different speeds of the diesel-multiple unit train and under typical operating conditions in order to verify the presented design model. The comparison of modal analysis results and frequencies, which have a considerable intensity, obtained from the deformation amplitude spectra has been fulfilled. Also there was conducted the comparative analysis of the bouncing rated frequency obtained according to the analytical formula with the frequency when calculating by the FEM. The verification of the adequacy of the obtained results of natural frequencies of the bogie frame in diesel-multiple unit train of D1 series was held.

Keywords: design model, modal analysis, natural frequency, verification, natural frequencies, motor car of the diesel-multiple unit train of D1 series.

Гриндей Олена Олегівна – аспірант, інженер І-категорії науково-дослідного відділу динаміки та міцності, ДНДЦ УЗ, Grindey.E@1520mm.com

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

Стаття подана 27.03.2015

УДК 629.4.018

МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РАМИ МОТОРНОГО ВІЗКА ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ДР1А**Шевчук П.А., Гриндей П.О.****MODAL ANALYSIS OF BOGIE FRAMES OF A DIESEL-MULTIPLE UNIT TRAIN DR1A****Shevchuk P., Grindey P.**

У статті розглядається створення розрахункової моделі несучих конструкцій екіпажної частини моторвагонного рухомого складу. Представлені особливості побудови розрахункової моделі для проведення модального аналізу несучих конструкцій візків моторвагонного рухомого складу на прикладі рами моторного візка дизель-поїзда серії ДР1А. Розроблена розрахункова модель рами візка відображає всі характеристики ресорного підвішування і опорних пристроїв вагона дизель-поїзда. Проведено розрахунок власних частот і форм коливань рами візка. Представлено процес верифікації розрахункової моделі, який містить такі етапи: розробка розрахункової моделі, яка відбиває характеристики реальної конструкції вагона дизель-поїзда; підготовка та проведення ходових випробувань; модальний аналіз рами моторного візка; порівняльний аналіз розрахункової частоти у вертикальному напрямі, обчисленої за аналітичною формулою, з частотами, які отримані при випробуваннях та за допомогою модального аналізу. Проведено порівняння отриманих результатів власних частот рами моторного візка дизель-поїзда серії ДР1А.

Ключові слова: модальний аналіз, верифікація, розрахункова модель, власні форми та частоти, рама моторна візка, дизель-поїзд.

Вступ. В результаті експлуатації в конструкціях рухомого складу залізниць можуть відбуватися втомні деформації, мікротріщини в з'єднувальних швах, які не призводять до змін геометричних розмірів конструкції, але призводять до зміни міцнісних властивостей. Прогнозування локалізації можливих пошкоджень несучих конструкцій рухомого складу дозволяє підвищити безпеку руху за рахунок проведення своєчасного технічного діагностування з метою виявлення втомних тріщин на ранніх стадіях їх розвитку.

Альтернативним підходом до отримання значень власних коливань конструкції є її числовий аналіз в обчислювальних пакетах. Наразі існує ряд програмних пакетів, які дозволяють проводити модальний аналіз: Ansys, FEM (Patran/Nastran), SolidWorks [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Прогнозування довговічності з точки зору втомної міцності дозволяє передбачати ймовірний пробіг моторвагонного рухомого складу (МВРС) без пошкоджень несучих конструкцій, а також виявляти «ослаблені» місця, в яких поява втомних пошкоджень виникне раніше, ніж в інших [2,3]. Крім того, використання інформації щодо розподілу оцінок довговічності по конструкції, забезпечує підвищення ефективності проведення неруйнівного контролю екіпажної частини МВРС, сприяючи тим самим обґрунтованому прийняттю рішень щодо забезпечення експлуатації рейкового рухомого складу поза призначеним терміном служби [4].

Матеріал дослідження. На залізницях України експлуатуються дизель-поїзди з гідравлічною передачею ДР1А, виробництва Ризького вагонобудівного заводу. Дизель-поїзда використовують в приміському сполученні, а також в міському сполученні на неелектрифікованих ділянках колії. Цей поїзд складається з двох моторних та чотирьох причіпних (проміжних) вагонів, з'єднаних автозчепами.

Несуча конструкція екіпажної частини дизель-поїзда є складною системою, а найбільш навантаженими є рами візків, тому доцільно провести дослідження власних частот та форм коливань конструкції візка, який відіграє важливу роль в безпеці руху.

У статті представлені особливості побудови розрахункової моделі для проведення модального аналізу несучих конструкцій моторного вагона дизель-поїзда ДР1А. У якості прикладу було взято раму моторного візка [5], та проведена перевірка адекватності отриманих результатів.

Трьохвимірною та кінцево-елементною моделлю рами візка дизель-поїзда ДР1А. Рама моторного візка зварної конструкції має Н-подібну форму у плані й складається з двох поздовжніх і двох поперечних зварних балок закритого коробчастого перетину. Між поперечними балками вздовж поздовжньої осі візка зварена шворнева балка. Ця балка рами моторного візка має зігнуту форму.

До поперечних балок рами приварені кронштейни для кріплення деталей дискового та ручного гальма, тягових повідків та підвішування осевого редуктору. До повздовжніх балок приварені кронштейни для кріплення буксових повідків, опори для з'єднання букси з рамою та кільцевих гнізд, у яких розміщуються ковзуни.

Повздовжня рама візка з'єднується з колісними парами за допомогою корпусів букс. Середня частина букси через буксовий підшипник спирається на шийку осі колісної пари. Зовнішнє плече корпусу букси виконано у вигляді піддону, на який спирається комплект ресорних пружин. Буксова підвіска, до нижнього конічного краю якої через гумовий амортизатор підвішена консоль рами, верхньою частиною спирається через роз'ємний вкладиш та опо-

рний стакан на двохрядний комплект пружин. Таким чином, вертикальне навантаження від рами візка передається через підвіску ресорному комплекту і далі через корпус букси – на шийку осі колісної пари.

За даними технічної документації за допомогою програми SolidWorks 2012 побудована трьохвимірна геометрична (3-D) модель рами моторного візка ДР1А з урахуванням всіх вище описаних конструкційних особливостей (рис.1).

На основі розробленої 3D моделі згенеровано кінцево-елементну сітку з розміром елемента 6 мм (рис.2). Сітка збудована за допомогою елементів типу тетраедр. Якість побудови сітки перевірена за правилом Рунге [6]. Кінцево-елементна модель рами візка містить 690 491 вузлів і 377 052 елементів.

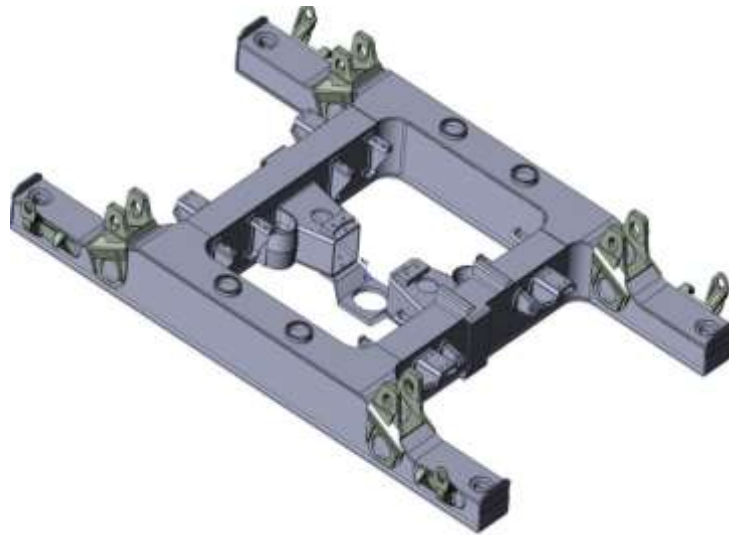


Рис. 1. 3D-модель рами візка

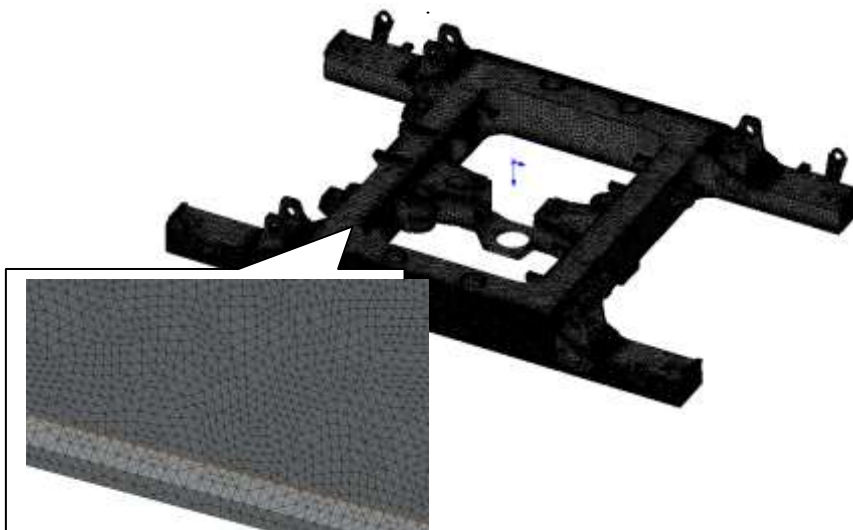


Рис. 2. Кінцево-елементна модель рами візка

Розрахункова модель для модального аналізу. Значний вплив на частоти і форми коливань конструкції мають умови її закріплення і конструктивні особливості, тому розрахункова модель рами візка повинна відображати всі характеристики ресорного підвішування і опорних пристроїв моторного вагона дизель-поїзда.

Для проведення розрахунків дослідження динамічного напружено-деформованого стану рами візка створена розрахункова модель (рис. 3).

Відмінність цієї розрахункової моделі від тої, що застосована для статичних розрахунків, полягає в тому, що вона доповнена додатковими елементами. Кузов представлений у вигляді віддаленої маси, що спирається на ковзуни надресорної балки, які відображені у вигляді абсолютно жорстких елементів.

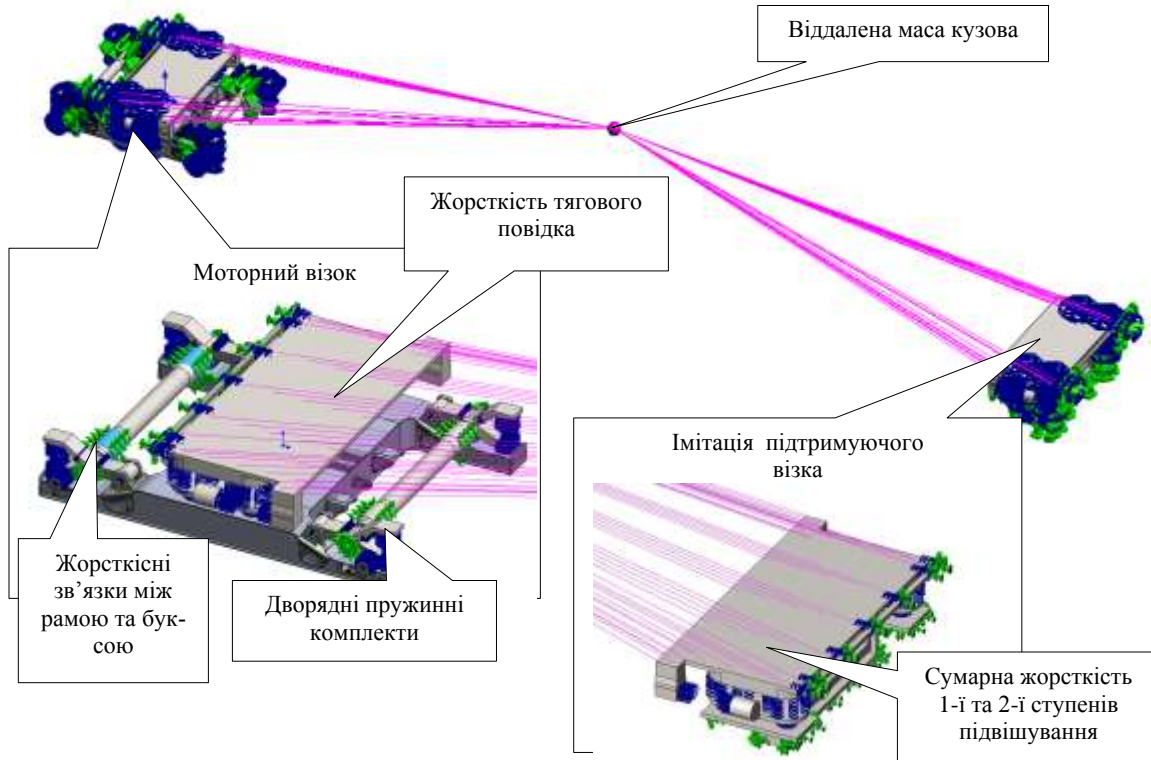


Рис. 3. Розрахункова модель рами моторного візка

Модальний аналіз. Як відомо, реальні конструкції мають нескінченне число власних форм коливань, тоді як в кінцево-елементній моделі кількість власних форм коливань відповідає кількості ступенів вільності. При модальному аналізі конструкції для кожної власної частоти можливо зіставити частки маси, яка коливається за своєю формою коливань.

Динамічний відгук несучої конструкції моторного вагона зумовлений її власними формами коливань. Вихідні дані модального аналізу використані для подальшого обчислення характеристик напружено-деформованого стану конструкції рами моторного візка при динамічному аналізі.

Рама візка через пружні елементи підвішується до буксового важеля з одного кінця та через імітацію сайлент блока з іншого кінця. Буксовий важіль жорстко зв'язаний з колісною парою, яка представлена абсолютно жорстким тілом, що фіксується в місцях розміщення букс. Такі елементи рами, як буксовий поводиток і тяговий поводиток, замінені пружними елементами. Віддалена маса кузова також спирається на елементи, що моделюють підтримуючий візок. Модель підтримуючого візка представлена геометричними примітивами, що відбивають надресорну балку з ковзунами та шворневий вузол.

Для представленої розрахункової моделі застосовано модальне демпфірування, яке встановлює коефіцієнт демпфірування за кожною формою коливань для врахування розсіювання механічної енергії.

З усього масиву власних частот, якими володіє конструкція, коливання відбуваються в основному на певних частотах. Такі частоти називаються головними, а напрямки, за яким вони діють – головними напрямками [7].

Для рами візка розраховані частоти в діапазоні до 100 Гц. Результати модального аналізу представлені в Таблиці 1, де показані значення частот і масові частки по головним напрямкам. Частоти, форми коливань яких, мають значні масові частки підкреслені.

Оскільки в розрахунковій моделі маса кузова спирається пружно через ковзуни на раму візка, то, власні частоти кузова проявляються в спектрі власних частот.

Результати модального розрахунку

Мода	Частота, Гц	Масові частки за напрямком		
		повздовжній	вертикальний	поперечний
<u>1</u>	<u>0,60768</u>	7,356e-009	1,3663e-007	<u>0,39718</u>
2	1,2068	1,7788e-008	4,7029e-010	0,00039213
<u>3</u>	<u>1,2764</u>	0,0061473	<u>0,60178</u>	7,9211e-008
4	<u>1,4335</u>	7,345e-008	1,7586e-006	<u>0,45858</u>
<u>5</u>	<u>1,5465</u>	0,014934	<u>0,25025</u>	3,1203e-006
6	<u>12,421</u>	<u>0,89798</u>	1,3239e-007	6,1415e-006
<u>7</u>	<u>16,715</u>	0,0001138	2,1787e-009	<u>0,053702</u>
8	65,408	2,062e-008	2,127e-007	4,0447e-007
9	71,427	0,008309	4,2769e-006	8,0837e-008
10	92,769	4,6134e-006	0,019603	1,0292e-008

Це дозволяє виконати перевірку розрахункової частоти кузова у вертикальному напрямі, обчисленої за аналітичною формулою, з частотою, отриманою за допомогою модального аналізу. Так, частота кузова у вертикальному напрямі v_a за аналітичним розрахунком є:

$$v_a = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sum \kappa_{\text{віз}}}{m_{\text{куз}}}}$$

де $\sum \kappa_{\text{віз}}$ – сумарна жорсткість моторного і підтримуючого візків; $m_{\text{куз}}$ – маса кузова з пасажирями, отже:

$$v_a = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa_{\text{віз1}} + \kappa_{\text{віз2}}}{m_{\text{куз}}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1714473 + 1599361}{40900}} = 1,43 \text{ Гц.}$$

Обчислена на підставі модального аналізу конструкція рами моторного візка частота коливань у вертикальному напрямі становить: $v_{\text{розр}} = 1,27 \text{ Гц}$.

Для повного порівняльного аналізу визначені частоти коливань кузова й рам візків моторного вагона за результатами ходових динамічних випробу-

вань на підставі вимірних реалізацій прискорень. Під час ходових випробувань також вимірювалися деформації поздовжніх балок рами моторного візка вагона дизель поїзда. Розміщення тензодатчиків показано на рис. 4. Обробка отриманих реалізацій прискорень і деформаційних процесів проведена з використанням програми, розробленої в ПК Labview [8]. При випробуваннях значення власної частоти коливань у вертикальному напрямі кузова становить: $v_{\text{випр}} = 1,44 \text{ Гц}$.

Для верифікації моделі рами моторного візка, розрахункові частоти зіставлені з частотами, що мають значну інтенсивність з амплітудних спектрів деформацій, отриманих з тензодатчиків 1 і 2 при швидкості руху 40-50 км/год, представлені на рис. 5.

При зіставленні представлених значень було визначено, що розрахункові частоти задовільно узгоджуються з результатами випробувань, що в свою чергу підтверджує адекватність побудованої розрахункової моделі.

На рис. 6-8 представлені форми коливань рами візка дизель-поїзда ДР1А, що відповідають частотам: 1,27 Гц; 1,43 Гц; 12,4 Гц.

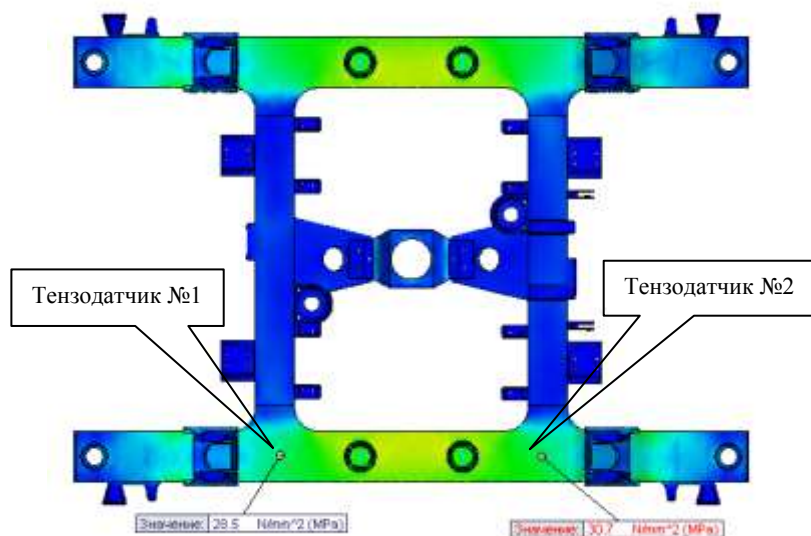


Рис. 4. Розміщення тензодатчиків на рамі візка

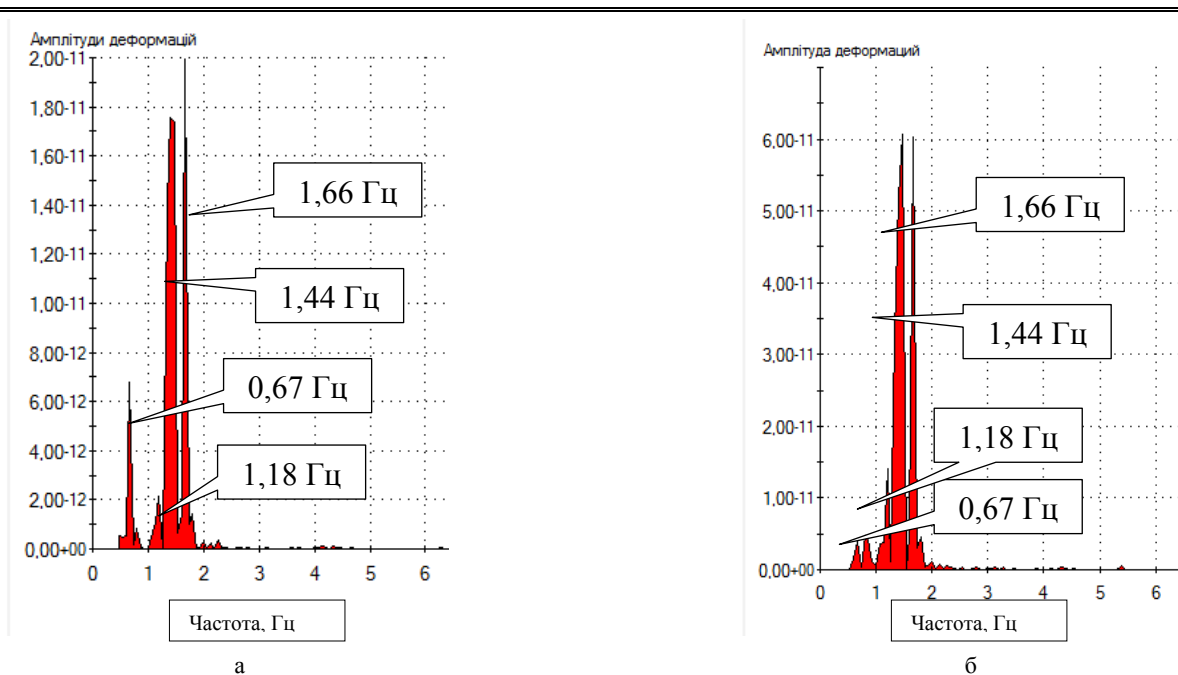


Рис. 5. Амплітудний спектр деформацій в місці розміщення тензодатчиків: а – №1 та б – №2



Рис. 6. Форма коливань, яка відповідає частоті 1,27 Гц



Рис. 7. Форма коливань, яка відповідає частоті 1,43 Гц



Рис. 8. Форма коливань, яка відповідає частоті 12,4 Гц

Висновки. Розроблена розрахункова модель для проведення модального аналізу рами моторного візка вагона дизель-поїзда ДР1А, в якій відображено всі характеристики ресорного підвішування і опорних пристроїв вагона, зокрема, кузов вагона представлений як віддалена маса, що спирається на два візки посередництвом пружних елементів, при цьому в якості підтримуючого візка застосовані геометричні примітиви, колісні пари представлені за допомогою твердих тіл, що не мають переміщень.

Кінцево-елементна модель рами візка містить 690 491 вузлів і 377 052 елементів типу «тетраedr».

На підставі цієї моделі проведено модальний аналіз з визначенням власних частот в діапазоні до 100 Гц. Нижча розрахована власна частота у вертикальному напрямі має значення 1,28 Гц, що корелюється зі значенням частоти підсакакування кузова, рівним 1,43 Гц, яке обчислено за аналітичним виразом.

За результатами ходових випробувань вагона побудовано амплітудні спектри деформацій згину бічної балки рами моторного візка і встановлені частоти, що відповідають найбільшим амплітудам деформацій.

Література

1. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, А. И. Харитонович, Н. Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040с.
2. Оцінка втомної довговічності несучих конструкцій тягового рухомого складу / Г. Ю. Черняк, Р. Ю. Дьомін, П. О. Гриндей, А. В. Мостович // Залізничний трансп. України. – 2008. – №3. – С. 15-17.
3. Техническое регулирование и продление назначенных сроков службы тягового подвижного состава./ В.И. Дворецкий, А.Ю. Черняк, Ю.В. Браславец, П.А. Гриндей // Залізничний трансп. України. – 2008. – № 2/1. – С. 51-53
4. Використання комп'ютерного моделювання для подовження терміну служби тягового рухомого складу / Г. Ю. Черняк, Р. Ю. Дьомін, А. В. Мостович та ін. // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2008. – № 5 (123). Ч. 2. – С. 126-130.
5. Дизельные поезда. Устройство, эксплуатация, ремонт, устранение неисправностей/ А.П. Палкин и др.// Изд-во «Транспорт». – 1970. – С.1-360.
6. Численные методы. Учеб.пособие/ Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков /Режим доступа–http://storage.library.opu.ua/online/books/kaf_is/bahvalov_.pdf
7. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. М.: Наука, 1967. – 444 с.
8. Федоров В.П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В.П. Федосов, А.К. Нестеренко. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 427 с.

References

1. SolidWorks 2007/2008. Computer simulations in engineering practice / A. Alyamovskiy, A. Sobachkin, E. Odintsov, A. Kharitonovich, N. Ponomarev. – SPb.: BHV-Petersburg, 2008 – 1040 p.
2. Fatigue life evaluation of supporting structures of the traction rolling stock / A.Cherniak, R. Demin, P. Hryndey, A. Mostovych // Railway transport of Ukraine. – 2008. – №3. – P. 15-17.
3. Technical regulation and prolongation of specified time in service of the traction rolling stock / V. Dvoretzkiy, A. Chernyak, Y. Braslavets, P. Hryndey // Railway transport of Ukraine. – 2008. – № 2/1. – P. 51-53.
4. Using of computer simulations for extended life of the traction rolling stock / A.Cherniak, R. Demin, A. Mostovych and others // The newsletter of the East Ukrainian Volodymyr Dahl National University. – 2008. – № 5 (123). Part 2. – P. 126-130.
5. Diesel trains. Structure, operation, repair, troubleshooting process / A. Palkin and others // Publishing house "Transport". – 1970. – P.1-360.
6. Numerical methods. Textbook / N. Bakhvalov, N. Zhidkov, G. Kobel'kov / The access mode - http://storage.library.opu.ua/online/books/kaf_is/bah.
7. Oscillation in the Practice of Engineering / S. Timoshenko. – М.: Nauka, 1967 – 444 p.
8. V. Fedorov. Digital Signal Processing in LabVIEW / V. Fedosov, A. Nesterenko. М.:DMK Press, 2007. – 427 p.

Шевчук П.А., Гриндей П.А. Модальный анализ рамы моторной тележки дизель-поезда ДР1А.

В статье рассматривается создание расчетной модели несущих конструкций экипажной части моторвагонного подвижного состава. Представлены особенности построения расчетной модели для проведения модального анализа несущих конструкций тележек моторвагонного подвижного состава на примере рамы моторной тележки дизель-поезда серии ДР1А. Разработанная расчетная модель рамы тележки отражает все характеристики рессорного подвешивания и опорных устройств вагона дизель-поезда. Проведен расчет собственных частот и форм колебаний рамы тележки. Представлено процесс верификации расчетной модели, который содержит следующие этапы: разработка расчетной модели, отражающей характеристики реальной конструкции вагона дизель-поезда; подготовка и проведение ходовых испытаний; модальный анализ рамы моторной тележки; сравнительный анализ расчетной частоты в вертикальном направлении, исчисленной по аналитической формуле, с частотами, полученные при испытаниях и с помощью модального анализа. Проведено сравнение полученных результатов собственных частот рамы моторной тележки дизель-поезда серии ДР1А.

Ключевые слова: модальный анализ, верификация, раз-счетная модель, собственные формы и частоты, рама моторной тележки, дизель-поезд.

Shevchuk P., Grindey P. Modal analysis of bogie frames of a diesel-multiple unit train DR1A.

This article describes how to create the computational models of supporting structures of the multiple unit undercarriage. The construction features of the computational model for modal analysis of supporting structures of the multiple unit cars on the example of the motor bogie frame of the diesel-multiple unit train DR1A were presented. The designed computational model of the bogie frame reflects all the characteristics of spring suspension and supporting devices of the diesel-multiple unit train cars. The calculation of natural frequencies and forms of oscillations of the bogie frame was carried out. There is the verification process of the computational model that includes the following stages: the development of computational model that reflects the characteristics of a real construction of the diesel-multiple unit train car; preparation and conduct of the running tests; modal analysis of the motor bogie frame; comparative analysis of the rated frequency in the vertical direction, calculated by an analytical formula with frequencies obtained during testing and by means of modal analysis. The comparison of the obtained results of natural frequencies of the motor bogie frame in the diesel-multiple unit train DR1A was conducted.

Keywords: modal analysis, verification, computational model, natural mode and frequencies, motor bogie frame, diesel-multiple unit train.

Шевчук П.А. – аспірант кафедри «Залізничного транспорту» СХУ ім. В. Даля,
e-mail: pavel_shevchuk_1990@ukr.net, тел. 0635984225

Гриндей П.О. – начальник науково-дослідного відділу випробувань, ДНДЦ УЗ, grindey@1520mm.com

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

Стаття подана 27.03.2015

УДК 656.223

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ**Чернецька-Білецька Н.Б., Шепітько О.В., Рябчиков А.В.****ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE THE SYSTEM FOR CARRIAGE FLOWS ORGANIZATION****Chernetckaya-Beletskaya N., Shepit'ko O., Ryabchikov A.**

У статті виконано аналіз сучасного стану системи організації вагонопотоків, зауважено актуальність її вдосконалення, як один зі шляхів зниження собівартості перевезень. В процесі вивчення наукової літератури щодо напрямку досліджень виявлено, що одним з елементів вдосконалення системи організації вагонопотоків є автоматизація розрахунку мережного плану формування поїздів, з урахуванням оптимізації алгоритму рішення. Зазначено, що удосконалення системи організації вагонопотоків дозволить не лише зменшити витрати на здійснення перевізного процесу, а й поліпшити фінансовий стан залізниці.

Ключові слова: аналіз, вагонопотік, мережа, показники, система, транспорт.

Постановка проблеми. Відомо, що робота залізничного транспорту тісно взаємопов'язана з економікою нашої країни. Процеси організації, здійснювані на залізничному транспорті, поставили ряд завдань перед галуззю. Однією з найважливіших проблем є зниження собівартості перевезень, в якій займає ключову позицію система раціональної організації мережних вагонопотоків [1]. Завданням системи організації вагонопотоків є раціональне формування одноступінчастих поїздів, відправних та ступінчастих маршрутів. При цьому необхідно оптимально розподілити роботу між сортувальними та дільничними станціями мережі, щоб витрати, пов'язані з використанням технічних засобів, були мінімальні. Організація вагонопотоків включає в себе відправницького маршрутизацію поїздів і план формування з технічних станцій. При цьому необхідно добиватися збільшення дальності проходження потягів без їх переробки. Це призводить до скорочення часу доставки вантажу, зменшенню експлуатаційних витрат в процесі перевезень. Однак для організації таких поїздів необхідне збільшення часу на їх створення на технічних станціях, що призводить до додаткових витрат, пов'язаних із збільшенням простою.

На жаль класичні методи аналітичних розрахунків не є досконалими, оскільки можуть застосовуватися тільки на обмежених полігонах з кількох станцій, з розглядом вагонопотоків тільки одного напрямку руху. Проблема полягає у неможливості повного обліку за-

вантаження станцій вагонопотоками – які переробляються і транзитними без переробки. При цьому, природно, не враховуються жодні обмеження по технічному розвитку станцій – числа сортувальних колій, переробної спроможності гірок і витяжок, пропускної здатності парків прийому, відправлення і транзитних. Тому розраховані варіанти вимагають перевірки з технічного розвитку станцій та їх коригування. Така постановка проблеми вимагає великих досліджень з розвитку методик вирішення задач по всім підсистемам організації вагонопотоків – мережевий та внутрішньодорожній план формування поїздів з навантажених і порожніх вагонів, відправна маршрутизація, місцева робота.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі робіт [1, 2, 4-7] виявлено, що найважливішим питанням розробки плану формування поїздів є порядок отримання мережних вагонопотоків. Оскільки система організації вагонопотоків як на мережевому, так і на дорожньому рівнях належить до числа найважливіших технологічних завдань, від вірного рішення якої залежить не тільки навантаження технічних станцій і ділянок мережі, але і час доставки вантажу, що принципово важливо для роботи мережі залізниць в сучасних ринкових умовах. Раціональна система організації вагонопотоків відноситься до числа проблем, теоретичному дослідженню якої за останні шістьдесят років присвячено значне число робіт. Однак до теперішнього часу відсутня чітка методика та її реалізація на ЕОМ, що дозволяє на мережевому рівні вирішувати цю задачу комплексно, пришвидшуючи просування вагонопотоків і покращуючи показники використання як технічних станцій, так і ділянок у їх взаємодії [8].

Матеріали і результати дослідження. В даний час рівень розвитку обчислювальної техніки дозволяє удосконалювати теорії постановки і рішення задач математичного програмування (включаючи лінійне, нелінійне, ціле, динамічне програмування), сукупність яких приводить до появи групи принципово нових методів розрахунку. У зв'язку зі зміною економічних умов функціонування залізниць особливу увагу приді-

лено вибору критерію оцінки оптимальності плану формування вантажних поїздів. В якості основного критерію у розрахунках за оцінкою оптимальності варіантів плану формування поїздів прийняті витрати, пов'язані з накопиченням складів з призначень та переробкою вагонів на станціях, виражені в приведених вагоно-години [3]. Наприклад, у Європі одним з технічних рішень міждержавної плану формування поїздів, спрямованих на оптимізацію методики розрахунку, є введення в обіг наскрізних поїздів між основними вантажоутворювальними та вантажнопогашаючими центрами [5]. На жаль, результати зарубіжних розробок не можуть бути безпосередньо використані на вітчизняні залізничні мережі, внаслідок специфіки технологій організації перевезень та невідповідності масштабів зарубіжних залізничних мереж з масштабами мережі Укрзалізниці.

В роботі [9] показано, що система організації вагонопотоків в основному визначає продуктивність роботи основних і маневрових локомотивів, інтенсивність використання вагонного парку, сортувальних пристроїв і колійного розвитку станцій та ін.

В роботах [2, 6] зазначено, що одним з елементів вдосконалення системи організації вагонопотоків є автоматизація розрахунку мережного плану формування поїздів, з урахуванням оптимізації алгоритму рішення. Оскільки розрахунок мережних вагонопотоків, вирішується із застосуванням певних алгоритмів, то необхідна постановка серії обчислювальних експериментів, що мають на меті наблизити теоретичну модель до реальних умов організації вагонопотоків на мережі [8].

Для оцінки оптимального варіанту організації вагонопотоків визначаються завантаження всіх елементів мережі для заданої шахматки вагонопотоку і плану формування поїздів. Для обчислених навантажень розраховуються функції питомих витрат по елементах мережі і визначаються вартість вагонопотоків, що пройшли по мережі. Сума цих витрат є оцінкою оптимального варіанту плану формування.

Далі здійснюється перевірка виконання достатньої умови для всіх кризних призначень; що задовольняють достатній умові призначення включаються в план, для відповідних ним потоків визначаються шляхи проходження по ділянках роботи локомотивних бригад і перераховуються величини навантажень і витрат.

Решта вагонопотоків упорядковується і далі. Для кожного вагонопотоку розглядається мережа допустимих призначень. Кожному призначенню, як включеному в план, так і потенційному, відповідає дуга мережі, що має оцінку, рівну вартості одиниці даного вагонопотоку, що пройшов у даному призначенні з урахуванням штрафів за порушення обмежень. На цій мережі визначається оптимальний шлях проходження даного вагонопотоку, як по призначеннях плану формування, так і по мережі ділянки роботи локомотивних бригад. Для цього будується дерево шляхів мінімальної вартості [4, 8].

Всі потенційні призначення, по яких пройшов оптимальний шлях даного вагонопотоку, включаються в

план формування. Потім перераховуються завантаження станцій і ділянок і залежні від них величини питомих витрат на пропуск одиниці потоку по ребрах мережі ділянки роботи локомотивних бригад і мережі призначень.

Результатом прокладки всіх вагонопотоків є безліч вибраних кризних призначень плану формування з прикріпленими до них вагонопотоками і маршрутами проходження як по призначеннях, так і по мережі ділянки роботи локомотивних бригад [10, 11].

Зазначимо, що перед пропуском чергового вагонопотоку необхідно перевіряти виконання обмежень для кожного елемента мережевого графа призначень. Потім проводиться розрахунок витрат, і для тих елементів, у яких обмеження не виконуються, витрати збільшуватимуться відповідно до штрафної функції. Як приклад, на рис. зображено графік зміни функції питомих витрат на ребрі транспортної мережі для вагонопотоку N_1 [8].

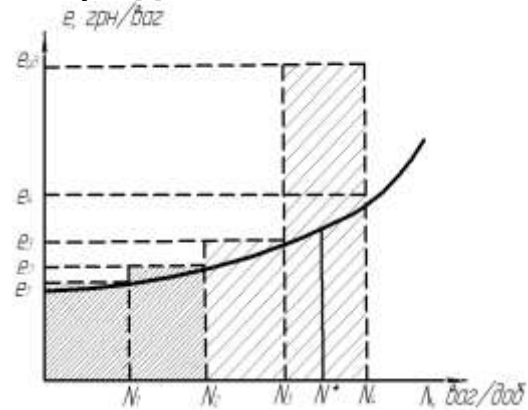


Рис. Графік зміни функції питомих витрат на ребрі транспортної мережі

При прокладці наступного вагонопотоку N_2 питомі витрати на ребрі мережі складають e_2 ; для вагонопотоку N_3 будуть питомі витрати e_3 . При прокладці наступного вагонопотоку N_4 буде порушене обмеження N^* , тобто:

$$N_3 \leq N^* \leq N_4 \quad (1)$$

Тому для вагонопотоку N_4 питомі витрати на ребрі складуть

$$e_{yd} = e_4 + e_{ump} \quad (2)$$

У розрахунках необхідно застосовувати гнучку систему штрафів, тобто допускати можливість порушення деяких з них (наприклад, незначне перевантаження гірки, парку прийому, ділянок) і, навпаки, строге дотримання обмежень (по числу формованих призначень). Після кожного розрахунку доцільно міняти штрафні коефіцієнти і проводити новий розрахунок, вибираючи їх оптимальне співвідношення для досягнення мінімальних витрат у поєднанні з максимальною здійснимістю обмежень.

При аналізі досліджень [8-12] розглядалися обмеження по переробляючій здатності парків прийому, сортувальних гірок, парків відправлення, по числу формованих призначень і по пропускній спроможності ділянок. Так, у роботі [8], де постановка завдання

обумовлювала задавання штрафної функції для кожного елемента графа з урахуванням штрафних коефіцієнтів по кожному виду обмежень, в ході проведення розрахунків автор змінював коефіцієнти, тим самим змінюючи саму штрафну функцію та визначив необхідність розглядання варіантів співвідношень штрафних коефіцієнтів.

Після завершення розрахунку мережевого плану формування поїздів [13] необхідно провести аналіз значень отриманих штрафних функцій і виявити серед них найбільші, які вкажуть на найбільш переобтяжені елементи мережі. Якщо при аналізі виявиться, що, не дивлячись на перевантаження елемента вагонопотік все одно до нього притягується, то це указуватиме на те, що вкладення засобів в розвиток саме даного елемента дасть найбільшу віддачу.

Безумовно, на результати розрахунку впливає спосіб впорядкування вагонопотоків: величина вагонопотоку, вагоно-кілометри пробігу, дальність проходження вагонопотоків. Експериментальні розрахунки показали [8], що якнайкращі результати досягаються при накладенні на мережу призначень вагонопотоків в порядку убавання їх потужності.

Відзначимо велике значення методичного і програмного апарату для рішення задач системи організації вагонопотоками, який повинен налаштовуватися на використання різними класами суб'єктів ринку залізничних перевезень і забезпечувати взаємодію з їх існуючими базами даних та програмними засобами (що не є нерозв'язною проблемою для сучасних відкритих мережних архітектур програмно-технічних комплексів). Принципово ефективність рішень по удосконаленню системи організації вагонопотоків для всіх учасників транспортно-логістичних ланцюгів складається з витратної (економія грошових коштів, пов'язаних з безпосередньою реалізацією процесів організації вагонопотоків у поїзди) та прибуткової (економія коштів у сфері тарифного регулювання та взаєморозрахунків, які забезпечують узгодження економічних інтересів учасників транспортного ринку і залучення додаткових перевезень) частин [14].

У плані організації маршрутів необхідно оптимізувати напрями їх слідування в залежності від умов пропуску поїздів, що задаються інфраструктурою (вагових норм та інших параметрів графіка руху поїздів). Способи та параметри організації вагонопотоків у поїзди слід вибирати на основі компромісного вирішення завдань управління виходячи з критеріїв кожної з підсистем децентралізованого управління вантажо - і вагонопотоками. Для цього необхідно визначити значення керованих змінних, що забезпечують заданий рівень якості роботи підсистем, виходячи з необхідного якості роботи системи в цілому [15].

Пошук технічних рішень, спрямований на вдосконалення технології організації вагонопотоків при цьому слід розглядати як ітераційний процес, в якому чергуються оптимізаційні розрахунки та експертний аналіз. Спочатку генерується група варіантів, з якої відсіваються непридатні за значенням цільової функції і обмежень на параметри рішення. Потім відібрані варі-

анти опрацьовуються з глибиною деталізації наступного етапу, непридатні відсіваються. Причому інтерактивні процедури повинні надавати можливість завдання переваг на множині можливих рішень у вигляді необхідних значень цільових функцій та допустимих меж їх зміни, а також вагових коефіцієнтів, які задають переваги на функціях цілі і в просторі обмежень (останні визначають ступінь жорсткості штрафів за перевищення обмежень).

Визначення компромісного управління виходить з ранжування цільових функцій, після чого призначаються допустимі зміни за їх значеннями. Далі оптимізується значення першої цільової функції, за результатом її оптимізації другий цільової функції та ін.

Зазначимо, що в якості елементів цільових функцій розглядаються тільки такі, які не можна звести до одного критерію (наприклад, шляхом множення значень натуральних показників на вартісні нормативи) в силу їх приналежності до різних суб'єктів транспортного ринку [15].

Висновки. Оптимізація системи організації вагонопотоків дозволить не лише зменшити витрати на здійснення перевізного процесу, що, безумовно, є актуальним в даний час, а й поліпшити фінансовий стан дороги. За останні роки залізницями спільно з науководослідними організаціями була проведена велика робота по вдосконаленню системи організації вагонопотоків. Проте, ряд істотних завдань, на жаль, досі не є вирішеним, тому далі необхідно здійснювати пошук шляхів вирішення проблеми організації вагонопотоків.

Л и т е р а т у р а

1. Акулиничев. В.М. Организация вагонопотоков. - М.: Транспорт, 1979. - 223 с.
2. Внедрение новых технологий организации вагонопотоков - основной рычаг экономии эксплуатационных расходов в освоении объемов перевозок / Гришин С.А., Верховых Г.В., Гришутин И.Н.
3. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах СССР. - М.: Транспорт, 1984. - 256 с.
4. Комплекс задач «Расчет экономически целесообразных направлений вагонопотоков на полигонах сети железных дорог (СЕТЬ-2)» : Техническое задание / ЦД МПС России; утв. 30.09.1999. - 53 с.
5. Плазиль Я. Оптимальный план формирования поездов на железнодорожных сетях с интенсивной нагрузкой: [Европа] // Ж. д. мира. 1990. - № 1.-с. 30-34.
6. Совершенствование методов расчета плана формирования поездов: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.08 / Иванков А.Н. - М.: Б., 2002. -23 с.
7. Сотников И. Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог. М.: Транспорт, 1976.-271 с.
8. Панин В.В. Организация сетевых вагонопотоков в одногруппные поезда в условиях структурной реформы на железнодорожном транспорте.—Москва, 2004,—178 с.
9. Дорошко С.В. Адаптивная система организации вагонопотоков [Текст] / С.В. Дорошко // Вісник ДНУЗТу. – Дніпропетровськ 2010. – Вип. 34. – С. 39-45
10. Штыкова Л.А. Совершенствование методов расчета плановых вагонопотоков в системе технического нормирования эксплуатационной работы.—Москва, 1984,—211 с.
11. Александрова, А. А. Повышение надежности плана формирования грузовых поездов: сборник научных трудов /

- A.A. Александрова, П.Р. Потапов // Совершенствование эксплуатационной работы в условиях реорганизации железнодорожного транспорта: Сб. науч. тр. - Новосибирск, 2004. - С. 91-103. - Библиогр.: с. 103 (7 назв.).
12. Горманков Ф.С. Технология и организация перевозок на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 2001. - 208 с.
 13. Акулиничев В.М. Новый метод расчета плана формирования поездов. - Тр. МИИТ, 1959. - Вып. 113. - С. 76-102.
 14. Бородин А.Ф. Адаптивное управление вагонопотоками. Железнодорожный транспорт, 2002, №11.
 15. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст]: пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковичкий, К. В. Гончаров. - Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. - 207 с.

References

1. Akulinichev. V.M. Organizacija vagonopotokov. - M.: Transport, 1979. - 223 s.
2. Vnedrenie novyh tehnologij organizacii vagonopotokov - osnovnoj rychag jekonomii jekspluatacionnyh rashodov v osvoenii ob' emov perevozk / Grishin S.A., Verhovyh G.V., Grishutin I.N.
3. Instruktivnye ukazaniya po organizacii vagonopotokov na zheleznyh dorogah SSSR. - M.: Transport, 1984. - 256 s.
4. Kompleks zadach «Raschet jekonomicheski celesoobraz-nyh napravlenij vagonopotokov na poligonah seti zhe-leznyh dorog (SET"-2)» : Tehnicheskoe zadanie / CD MPS Rossii; utv. 30.09.1999. - 53 s.
5. Plazil' Ja. Optimal'nyj plan formirovanija poezdov na zheleznodorozhnyh setjah s intensivnoj nagruzkoj: [Evropa] // Zh. d. mira. 1990. - № 1.-e. 30-34.
6. Sovershenstvovanie metodov rascheta plana formirovanija poezdov: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk: 05.22.08 / Ivankov A.N. - M.: B., 2002. -23 s.
7. Sotnikov I. B. Vzaimodejstvie stancij i uchastkov zheleznyh dorog. M.: Transport, 1976.-271 s.
8. Panin V.V. Organizacija setevyh vagonopotokov v odnogruppyne poezda v uslovijah strukturnoj reformy na zheleznodorozhnom transporte.—Moskva, 2004,—178 s.
9. Doroshko S.V. Adaptivnaja sistema organizacii vagonopotokov [Tekst] / S.V. Doroshko // Visnik DNUZTu. - Dnipropetrovs'k 2010. - Vip. 34. - S. 39-45
10. Shtykova L.A. Sovershenstvovanie metodov rascheta planovyh vagonopotokov v sisteme tehniceskogo normirovanija jekspluatacionnoj raboty.—Moskva, 1984,—211 s.
11. Aleksandrova, A. A. Povyshenie nadezhnosti plana formirovanija gruzovyh poezdov: sbornik nauchnyh tru-dov / A.A. Aleksandrova, P.R. Potapov // Sovershenstvovanie jekspluatacionnoj raboty v uslovijah reorganizacii zheleznodorozhnogo transporta: Sb. nauch. tr. - Novosibirsk, 2004. - S. 91-103. - Bibliogr.: s. 103 (7 nazv.).
12. Gormankov F.S. Tehnologija i organizacija perevozk na zheleznodorozhnom transporte. M.: Transport, 2001. - 208 s.
13. Akulinichev V.M. Novyj metod rascheta plana formirovanija poezdov. - Тр. МИИТ, 1959. - Вып. 113. - С. 76-102.
14. Borodin A.F. Adaptivnoe upravlenie vagonopotokami. Zheleznodorozhnyj transport, 2002, №11.
15. Intellektual'nye transportnye sistemy zhelezno-dorozhnogo transporta (osnovy innovacionnyh tehnologij) [Tekst]: posobie / V. V. Skalozub, V. P. Solov'ev, I. V. Zhukovickij, K. V. Goncharov. - D. : Izd-vo Dnepropetr. nac. un-ta zh.-d. transp. im. akad. V. Lazaryana, 2013. - 207 s.

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Шепитько О.В., Рябчиков А.В. Анализ путей совершенствования системы организации вагонопотоков.

В статье выполнен анализ современного состояния системы организации вагонопотоков, отмечена актуальность ее совершенствования, как один из путей снижения себестоимости перевозок. В процессе изучения научной литературы относительно направления исследований выявлено, что одним из элементов совершенствования системы организации вагонопотоков является автоматизация расчета сетевого плана формирования поездов с учетом оптимизации алгоритма решения. При этом для каждого значения выбранного вагонопотока нужно определять затраты при оптимальном режиме переработки составов. Отмечено большое значение методического и программного аппарата для решения задач системы организации вагонопотоками. Поиск технических решений, направленный на совершенствование технологии организации вагонопотоков при этом следует рассматривать как итерационный процесс, в котором чередуются оптимизационные расчеты и экспертный анализ. Отмечено, что совершенствование системы организации вагонопотоков позволит не только уменьшить расходы на осуществление перевозочного процесса, но и улучшить финансовое состояние железной дороги.

Ключевые слова: анализ, вагонопоток, сеть, показатели, система, транспорт.

Chernetckaya-Beletskaya N., Shepit'ko O., Ryabchikov A. Analysis of ways to improve the system for carriage flows organization.

In the paper the analysis of the carriage flow, the system for traffic organization, noted the relevance its perfection, as one of the ways to reduce the costs. In the process of studying the scientific literature relative to direction the research revealed that one the elements of improving the system for carriage flow organization is to automate the calculation a network plan for the formation of trains based optimization algorithm for solving. Thus for each value of the selected carriage flows need to determine costs under the optimal regime of processing compositions. Stressed the importance of the methodological apparatus and software for solving systems of organization the carriage flows volumes. The search for technical solutions aimed at improving the technology of the organization carriage flow volumes should be seen as an iterative process in which alternating optimization calculations and expert analysis. It is noted that the improvement the system of organization carriage flow will not only reduce the implementation costs of the transportation process, but also to improve the financial condition of the railroad.

Keywords: analysis, traffic flow, network, indicators, system, transport.

Чернецка-Білецька Н.Б. – д.т.н., професор, зав. кафедрою «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Шепитько О.В. – інженер кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, pan_kovka@mail.ru

Рябчиков А.В. – студент групи ТЛЗ-241м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 28.03.2015

УДК 616.345.56

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПРОФЕСІЙНОЇ АДАПТАЦІЇ ДО МОНТАЖНИХ РОБІТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ КЛІМАТИЧНОЇ ТЕХНІКИ ЯК ОДНІЄЇ З УМОВ ПІДВИЩЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ БЕЗПЕКИ

Касьянов М.А., Андріанова О.О., Андріанов В.С.

ANALYSIS OF THE PROBLEMS OF PROFESSIONAL ADAPTATION TO INSTALLATION AND OPERATION OF THE CLIMATE TECHNOLOGY AS ONE OF TERMS OF IMPROVING INDUSTRIAL SAFETY

Kasyanov M., Andrianova A., Andrianov V.

У даній статті було розглянуто основні причини виробничого травматизму працівників монтажних служб при монтажі-демонтажі кліматичної техніки і персоналу підприємств при її експлуатації. Також, сформульовано основні вимоги та рекомендації, згідно з нормативною базою, до ведення монтажних робіт кліматичної техніки, зокрема на висоті, з метою запобігання виникнення виробничих нещасних випадків шляхом дотримання вимог та правил охорони праці та техніки безпеки, на які звернено увагу в статті.

Ключові слова: монтажні роботи, техніка безпеки, охорона праці, травматизм, кліматична техніка, підприємство.

Постановка проблеми. Наразі основною метою управління безпекою праці є організація заходів зі зниження рівня небезпеки на підприємстві, боротьбі із травматизмом та ін. Головним завданням системи управління охороною праці (СУОП) є вирішення проблеми професійних захворювань співробітників, а також поліпшення основних умов праці. Тільки в такому випадку, якщо працівники будуть приступати до виконання своїх функціональних обов'язків у комфортних умовах, цілком можна уникнути всіх негативних наслідків на підприємстві. Повністю позбутися травматизму та аварійності практично неможливо. Проте, основним завданням СУОП є зменшення даної небезпеки. Крім того, самі працівники повинні усвідомлювати свої дії в екстрених ситуаціях. Саме умови праці являють собою сукупність чинників спеціального виробничого середовища, що цілком може негативно позначитися на здоров'я працівників. Для зменшення кількості непередбачених аварій на робочих місцях роботодавці повинні створювати оптимальні умови для виконання працівниками функціональних обов'язків. Це

правило повинне поширюватися на представників самих різних професій і спеціальностей [1...3].

Управління безпекою праці не стосується винятково власників підприємств. Держава постійно підготує нові законопроекти та вносить у них наступні зміни. На основі даних кодифікованих правил поведінки роботодавці можуть реорганізувати робочий процес на своєму підприємстві, також уповноважені державні органи можуть робити контроль і нагляд за виконанням своїх приписань. Організуються цілі комісії, які направляються на підприємства для того, щоб проконтролювати дотримання правил охорони та безпеки праці. У випадку виявлення істотних порушень роботодавці цілком можуть підлягати серйозним санкціям.

Безпечне виконання монтажних робіт та експлуатації кліматичної техніки вимагає суворого дотримання працівниками і співробітниками виробничих підприємств правил техніки безпеки. Кожен з них повинен добре знати і виконувати правила монтажу та експлуатації. Тільки за цієї умови можна попередити виникнення нещасних випадків і мінімізувати вплив шкідливих і небезпечних виробничих чинників, пов'язаних із забезпеченням охолоджуючого мікроклімату.

Як правило, причинами виробничого травматизму можуть бути: неправильна організація робочого місця; допущення до роботи осіб, що не пройшли інструктаж з техніки безпеки; відсутність або несправність огорожень і запобіжних пристроїв; несправний стан інструменту та пристосувань; неправильне обслуговування встаткування і механізмів; зневага працівниками мір обережності [4].

Також, особливості монтажних робіт та експлуатації кліматичної техніки на виробництві характеризуються частим проявом нестандартних ситуацій і необхідністю швидкого вирішення проблем

при неповній наявності необхідного встаткування та оснащення. При цьому саме точне дотримання монтажниками та керівниками робіт всіх норм і вимог техніки безпеки гарантує мінімальний ризик виробничого травматизму [5].

Травматизм на виробництві під час проведення монтажних робіт кліматичної техніки має у своїй основі кілька головних причин. Найважливіша з них - неправильна організація виробничого процесу, недостатнє оснащення механізмами, вантажопідійомними та монтажними пристроями при веденні робіт з важкими і нестандартними конструкціями та механізмами в процесі їхнього підйому та опускання. Друга по значимості причина нещасних випадків, у тому числі зі смертельним результатом, - допуск до виконання складних і небезпечних робіт осіб, які не пройшли інструктаж з їхнього виконання. На третю місце стоїть використання несправного або непрацездатного інструмента та пристроїв. На четвертому - неправильна експлуатація механізмів та устаткуванням по виконанню монтажних робіт. На п'ятому - зневага заходів та норм техніки безпеки з боку монтажників та інших працівників.

Мета роботи. Основні завдання дослідження складаються в підвищенні безпеки праці обслуговуючого персоналу й монтажників кліматичної техніки шляхом удосконалення методів оцінки виробничих ризиків і методики професійного відбору.

Матеріали та результати досліджень. Світовий досвід свідчить про те, що забезпечення промислової безпеки треба починати з удосконалення професійного відбору, у ході якого виявляється професійна придатність до конкретного виду складної діяльності. Ефективність проведення такої роботи надзвичайно висока. Наприклад, у результаті відсіювання «непридатних» у промисловості США в процесі проведення психофізіологічної експертизи травматизм зменшується з 30-40% до 5-8%, аварійність із вини персоналу зменшується в 2-8 разів, надійність систем управління підвищується на 30-40%. Наприклад, застосування професійного відбору при прийомі в літні училища дає 6 млн. доларів економії на кожні 100 підготовлених льотчиків, а кожен долар, витрачений на розробку тестів, створює економічний ефект в 1000 доларів.

Вивчення механізмів адаптивних процесів до складних видів діяльності (професійної адаптації) і пошук шляхів їхньої оптимізації є актуальною проблемою, тому що вона прямо пов'язана як з безпекою функціонування виробництва, так і зі збереженням фізичного та психічного здоров'я працівників. При цьому поняття «професійна адаптація» у сучасній проблематиці промислової безпеки розуміється як успішність освоєння та виконання працівником конкретного виду діяльності без шкоди його здоров'ю і життю [6,7].

Актуальність вивчення проблем професійної адаптації в контексті промислової безпеки в нашій країні пов'язана також з тим, що наразі ліквідована існуюча раніше система захисту людини від небез-

печних і шкідливих впливів на виробництві, але усе ще не розроблена нова цілеспрямована державна програма, що враховує нові форми власності.

Основними завданнями подібних досліджень є: вивчення сучасного стану проблеми професійної адаптації обслуговуючого персоналу та монтажників кліматичної техніки; розробка методики оцінки типових помилок, що обумовлюють травматизм у монтажників; визначення професійно важливих якостей обслуговуючого персоналу та монтажників кліматичної техніки; складання рекомендацій з підбору кадрів на основі розроблених професіограм.

При вирішенні поставлених завдань як правило використовуються методи інженерного аналізу та узагальнення результатів досліджень, системного аналізу та теоретичного моделювання. Обробка результатів досліджень проводиться із використанням методів математичної статистики.

Вірогідність отриманих результатів обумовлюється спільним розглядом проблеми організації робіт із забезпечення промислової безпеки, питань адаптації працівників і відповідальності за забезпечення безпечних умов праці, а також комплексністю та багаточинниковістю дослідження умов забезпечення промислової безпеки.

Основним науковим результатом роботи є виявлення механізмів адаптації до складних видів діяльності та оптимізація ефективності виробництва і збереження фізичного та психічного здоров'я обслуговуючого персоналу і монтажників кліматичної техніки.

Традиційні методичні заходи для виявлення промислової безпеки містять оцінки:

1. Рівня виробничої аварійності та травматизму в минулому відповідно до причин визначеними комісіями з розслідування.

2. Рівня промислової безпеки, що характеризується ймовірністю виникнення небезпечного чинника та можливістю його перетинання в часі та просторі із природними процесами, виробничими операціями і працівником.

3. Рівня безпеки в період виконання операцій, а також економічних наслідків аварій (травматизму).

Особливості монтажних робіт та експлуатації кліматичної техніки на виробництві характеризуються частим проявом нестандартних ситуацій і необхідністю швидкого вирішення проблем при неповній наявності необхідного встаткування та оснащення. При цьому, саме точне дотримання монтажниками та керівниками робіт всіх норм і вимог техніки безпеки гарантує мінімальний ризик виробничого травматизму [8].

Основні вимоги до ведення даних робіт, згідно з [9], можна умовно розділити на 4 групи:

- охорона праці при виконанні монтажних робіт на висоті;
- охорона праці при прокладанні електричної проводки;
- безпека праці при участі електроінструмента;

- техніка безпеки для монтажників кліматичної техніки.

Самими відповідальними вважаються перші дві групи. Так, техніка безпеки при виконанні монтажних робіт на висоті поширюється на всі процеси, що відбуваються на висоті більше ніж 1,3 метри над рівнем землі.

В інструкції [10] вказані вимоги до засобів індивідуального захисту та запобіжних пристосувань монтажників, норми з підготовки та тестування робітників, норми із забезпечення засобами реагування в аварійних ситуаціях, вимоги із роботи з інструментами, кріпленням захисних поясів до конструкцій стіни та захисту їх від ушкоджень. Наприклад, не допускається ведення висотних робіт без застосування запобіжного пояса, каски. Для робіт, які виконуються в зимовий час або в період рясних опадів, прописані особливі засоби захисту і обмеження.

Також, згідно [11] монтажно-налагоджувальні роботи в рамках обслуговування систем кондиціонування та вентиляції повітря варто починати тільки після виконання заходів щодо техніки безпеки. При роботі на висоті необхідно використовувати тільки приставні сходи або драбини. Застосування підручних засобів категорично забороняється. При користуванні приставними сходами обов'язкова присутність другої людини. Нижні кінці сходів повинні мати упори у вигляді металевих шипів або гумових наконечників.

При монтажі, налагодженні та технічному обслуговуванні систем кондиціонування та вентиляції необхідно керуватися також розділами по техніці безпеки технічної документації підприємств-виробників, відомчими інструктивними вказівками з техніки безпеки.

Монтаж устаткування систем кондиціонування та вентиляції повітря необхідно робити відповідно до правил пристрою електроустановок (ПУЕ).

Демонтовані установки, агрегати систем кондиціонування та вентиляції, після списання, необхідно утилізувати встановленим образом.

У свою чергу, монтажним систем кондиціонування та вентиляції повітря повинен знати:

- пристрій систем кондиціонування та вентиляції повітря;
- принцип дії та пристрій системи фільтрації;
- варіанти монтажу кліматичного встаткування;
- вимоги до монтажу систем кондиціонування та вентиляції повітря;
- вимоги до технічного обслуговування систем кондиціонування та вентиляції повітря.

Працівники монтажних служб повинні вміти: виконувати пригін простих з'єднань; свердлити або пробивати отвори в конструкціях; робити установку кріплень, закладення кронштейнів; заточувати та направляти застосовані інструменти, користуватися необхідними пристосуваннями, вимірювальними інструментами та приладами; виконувати найпростіші такелажні роботи при монтажі встаткування; складати ескізи та читати креслення на виконання прос-

тих слюсарних робіт при монтажі вентиляційного встаткування; дотримуватися правил безпеки праці, електро- і пожежної безпеки; монтувати системи кондиціонування повітря потужністю до 14 кВт; виконувати найпростіші роботи по технічному обслуговуванню систем вентиляції та кондиціонування повітря; монтувати системи кондиціонування зі змінною витратою холодоагенту; монтувати системи чиллер-фенкойл; монтувати системи центрально-го кондиціонування.

Аналіз матеріалів розслідування аварій і нещасних випадків показав, що вони містять практично неосмислену інформацію, що представляє інтерес, незважаючи навіть на низьку кваліфікацію та схильність до штамів у роботі комісій, що складають акти Н-1. Очевидно, що процес забезпечення промислової безпеки повинен починатися на стадії проектування і йти від робочого місця, як від базису, сходячи потім до управлінських структур. Незалежно від системи управління, робочі місця та вимоги до виконавців не повинні мінятися. Однак цей постулат постійно порушується в сформованій у нашій країні ситуації.

Аналіз чинників, що впливають на швидкість та якість монтажу, обслуговування і експлуатації кліматичної техніки, показав, що вони можуть бути розділені на три категорії: індивідуально-психологічні; технологічні; організаційні.

Перший тип чинників пов'язаний з операційними помилками, які пов'язані з індивідуальними особливостями обслуговуючого персоналу та монтажників кліматичної техніки. Найбільш типовими з них є: невідповідність номіналів на елементах; неправильний монтаж елементів; неякісна пайка виходів мікросхем; замикання припоєм ніжок мікросхем; установка елементів не за ключем; установка бракованих деталей; неправильне маркування проводів; використання кислоти при пайці.

Аналіз причин таких помилок показує, що в їхній основі лежать психологічні особливості властивостей нервової системи, сенсорного сприйняття, уваги, пам'яті, сенсорної координації.

Другий тип чинників часто пов'язаний із третім, що впливає на високий відсоток браку в роботі обслуговуючого персоналу та монтажників кліматичної техніки, обумовлений недосконалістю організації самого технологічного процесу та устаткування, що використовується в ході монтажної діяльності. З огляду на те, що технологічні процеси досить складні їх детальний аналіз вимагає спеціальних інженерних знань.

Найбільш частими технологічними порушеннями є: порушення металізації отворів на платі або їхнє окислювання; помилки друкованого монтажу; неотравленість або перетравленість плати; нечітке маркування проводів; затікання каніфолі та/або лаку в роз'ємах перемикачів.

Зазначені недосконалості технологічних процесів ще більше збільшують індивідуальні розходження в успішності виконання виробничих завдань, то-

му що накладаються на помилки, обумовлені індивідуально-психологічними особливостями. Такі технологічні помилки ведуть до підвищення навантаження на емоційну сферу, пред'являють нові більш жорсткі вимоги до особистісних якостей працівника та до організації його трудового процесу. Кваліфікований і сумлінний працівник змушений витратити певний час на усунення технологічного браку, тобто виконувати непередбачувані його діяльністю функції, що не тільки збиває робочий ритм, але й вносить елементи нервозності та роздратування в його психологічний стан. Все це не може не позначитися негативним образом на продуктивності праці, тому що зазначені помилки зменшують час на виконання власних монтажних операцій [12,13].

Третій тип чинників пов'язаний з недоліками в організації технологічних процесів і контролю за якістю. Всі категорії помилок у монтажній діяльності певним чином взаємозалежні і такий взаємозв'язок збільшує невдачі та виконання виробничих завдань на всіх етапах роботи.

Висновок. У результаті виконаного дослідження виявлені найбільш важливі чинники які забезпечують успішну адаптацію працівників, пов'язаних з виконанням монтажу, обслуговування та експлуатації кліматичної техніки до конкретного виду діяльності, а також стійку в індивідуальному розвитку людини сукупність професійно-важливих якостей для забезпечення промислової безпеки. Також встановлено, що професійно-важливі якості працівників варіюють залежно від етапу роботи і залежать від рівня організації виробничого процесу в монтажному цеху.

Література

1. Крушельницька Я.В. Фізіологія і психологія праці: навч. посібник / Крушельницька Я.В. – К.: КНЕУ, 2000. – 232 с.
2. Климов Е.А. Введение в психологию труда / Климов Е.А. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 180 с.
3. Андрианов В. Дослідження професійної адаптації до монтажних робіт та експлуатації кліматичної техніки як однієї з умов підвищення виробничої безпеки / Андрианов В., Андрианова О. // Мат. XII Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку»: 36. наук. праць. – П.-Хмельницький, 2015. – Вип. 12. – С. 54-58.
4. Типовое положение о порядке проведения обучения и проверки знаний по вопросам охраны труда: НПАОП 0.00-4.36-05. – [Дата ввєдення 2005-02-15] – К.: № 231/10511.
5. Душков Б.А. Основы инженерной психологии: учебник для вузов / Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. – М.: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2002. – 576 с.
6. Андрианова О.О. Дослідження проблеми виникнення профзахворювань працівників у зв'язку з невідповідністю їхньої психофізіологічної підготовки вимогам певної трудової діяльності / Андрианова О.О. // Вісник СХУ ім. В.Даля. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2011. – № 2(156). Ч.2. – С. 122-131.
7. Касьянов М.А. Дослідження впливу монотонності і стресу на психічну втому і небезпеку травматизму / Касьянов М.А., Андрианова О.О., Медяник В.О., Гунченко О.М., Рибальченко О.О. // Вісник НТУ ХП. – Харків: Вид-во НТУ ХП, 2010. – № 17'2010. – С. 24-26.
8. Техника безопасности при выполнении монтажных работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.znakcomplect.ru/poleznosti/example/tehnika-bezopasnosti/tehnika-bezopasnosti-pri-vypolnenii-montazhnyx-rabot.html>
9. Техника безопасности при монтаже электрического оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.znakcomplect.ru/poleznosti/example/tehnika-bezopasnosti/tehnika-bezopasnosti-pri-montazhe-klimaticheskogo-oborudovaniya.html>
10. Инструкция по охране труда при выполнении монтажных работ инструментами и приспособлениями: НПАОП 0.00-5.24-01. – [Дата ввєдення 2001-07-20] – К.: № 616/5807.
11. Правила охраны труда при выполнении работ на высоте: НПАОП 0.00-1.15-07. – [Дата ввєдення 2007-06-04] – К.: № 573/13840.
12. Єфремова О.С. Охорона праці від А до Я / Єфремова О.С. М., 2007. – С. 27-31.
13. Згуровський М.З. Технологическое предвидение / Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. – К.: Політехніка, 2005. – 156 с.

References

1. Krushel'nic'ka Ja.V. Fiziologija i psihologija praci: navch. posibnik / Krushel'nic'ka Ja.V. – K.: KNEU, 2000. – 232 s.
2. Klimov E.A. Vvedenie v psihologiju truda / Klimov E.A. – M.: Izd-vo MGU, 1998. – 180 s.
3. Andrianov V. Doslidzhennja profesijnoi adaptacii do montazhnih robot ta ekspluatacii klimatichnoi tehniky yak odniei z umov pidvishennja virobничої безпеки / Andrianov V., Andrianova O. // Mat. XII Vseukr. nauk.-prakt. internet-konf. «Vitchiznjana nauka na zlami epoch: problemi ta perspektivi rozvitku»: Zb. nauk. prac'. – P.-Hmel'nic'kij, 2015. – Vip. 12. – S. 54-58.
4. Tipovoe polozhenie o porjadke provedenija obuchenija i proverki znanij po voprosam ohrany truda: NPAOP 0.00-4.36-05. – [Data vvedenija 2005-02-15] – K.: № 231/10511.
5. Dushkov B.A. Osnovy inzhenernoj psihologii: uchebnik dlja vuzov / Dushkov B.A., Korolev A.V., Smirnov B.A. – M.: Akademicheskij proekt; Ekaterinburg: Delovaja kniga, 2002. – 576 s.
6. Andrianova O.O. Doslidzhennja problemi viniknennja profzahvorjuvan' pracivnikov u zv'jazku z nevidpovidnistju ihn'oi psihofiziologichnoi pidgotovki vimogam pevnoi trudovoi dijal'nosti / Andrianova O.O. // Visnik SNU im. V.Dalja. – Lugans'k: Vid-vo SNU im. V.Dalja, 2011. – № 2(156). Ch.2. – S. 122-131.
7. Kas'janov M.A. Doslidzhennja vplivu monotonnosti i stresu na psihichnu vtomu i nebezpeku travmatizmu / Kas'janov M.A., Andrianova O.O., Medjanik V.O., Gunchenko O.M., Ribal'chenko O.O. // Visnik NTU HPI. – Harkiv: Vid-vo NTU HPI, 2010. – № 17'2010. – S. 24-26.
8. Tehnika bezopasnosti pri vypolnenii montazhnyh rabot [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.znakcomplect.ru/poleznosti/example/tehnika-bezopasnosti/tehnika-bezopasnosti-pri-vypolnenii-montazhnyx-rabot.html>

9. Tehnika bezopasnosti pri montazhe jelektricheskogo oborudovaniya [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.znakcomplect.ru/poleznosti/example/tehnika-bezopasnosti/tehnika-bezopasnosti-pri-montazhe-klimaticheskogo-oborudovaniya.html>
10. Instrukcija po ohrane truda pri vypolnenii montazhnyh rabot instrumentami i prisposoblennijami: NPAOP 0.00-5.24-01. – [Data vvedeniya 2001-07-20] – K.: № 616/5807.
11. Pravila ohrany truda pri vypolnenii rabot na vysote: NPAOP 0.00-1.15-07. – [Data vvedeniya 2007-06-04] – K.: № 573/13840.
12. Ćfremova O.S. Ohorona praci vid A do Ja / Ćfremova O.S. M., 2007. – S. 27-31.
13. Zgurov'skij M.Z. Tehnologicheskoe predvidenie / Zgurov'skij M.Z., Pankratova N.D. – K.: Politehnika, 2005. – 156 s.

Касьянов Н.А., Андрианова А.А., Андрианов В.С.
Анализ проблем профессиональной адаптации к монтажным работам и эксплуатации климатической техники как одной из условий повышения производственной безопасности.

В данной статье были рассмотрены основные причины производственного травматизма работников монтажных служб при монтаже-демонтаже климатической техники и персонала предприятий при ее эксплуатации. Также, сформулированы основные требования и рекомендации, в соответствии с нормативной базой, ведение монтажных работ климатической техники, в том числе на высоте, с целью предотвращения возникновения производственных несчастных случаев путем соблюдения требований и правил охраны труда и техники безопасности, на которые обращено внимание в статье.

Ключевые слова: Монтажные работы, техника безопасности, охрана труда, травматизм, климатическая техника, предприятие.

Kasyanov M. A., Andrianov A. A., Andrianov V. S.
Analysis of the problems of professional adaptation to installation and operation of the climate technology as one of terms of improving industrial safety.

This article was reviewed and proanalizirovany main causes of occupational injuries workers and installation services during erection and dismantling, maintenance, climate equipment and personnel for its operation. Also, the main requirements and recommendations, according to current legislation, the jurisdiction of the installation work climate technology, in particular, at a height to prevent the occurrence of occupational accidents by adhering to the requirements and regulations of labor protection and safety are brought to the attention in the article. The urgency of further research professional adaptation of workers article services to installation and operation of the climate technology as one of the conditions of improving industrial safety. Also installed, that profesinyo-valiv quality workers varout from a fallow stage of the study I saleget from rvna the organization vyrobnychoho biological processes in the assembly shop.

Keywords: Installation works, equipment safety, occupational safety, injury, air conditioning equipment, the company.

Касьянов М.А. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Охорона праці та БЖД» СХУ ім. В. Даля.

Андрианова О.О. – ст. викладач кафедри «Охорона праці та БЖД» СХУ ім. В. Даля, e-mail: Sashandrianova@mail.ru

Андрианов В.С. – аспірант кафедри «Охорона праці та БЖД» СХУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 28.03.2015

УДК 658.51:622.278

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Рамазанов С.К., Велігура А.В., Івановська М.В.

INFORMATION SUPPORT OF RAILWAY TRANSPORT OBJECTS LIFE CYCLE

Ramazanov S., Veligura A., Ivanovska M.

У статті розглянуто методи та механізми інформаційної підтримки життєвого циклу технічних об'єктів залізничного транспорту. Розглянуто модель процесів життєвого циклу технічних систем, автоматизовані системи управління, що використовуються на кожному етапі життєвого циклу. Відмічена важливість інтеграції інформаційних систем за рахунок сумісних стандартів даних та процедур їх оброблення, що дає можливість підвищити ефективність бізнес-процесів на усіх стадіях життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту. Досліджено взаємозв'язок між міжнародними стандартами та бізнес-процесами на виробництві.

Ключові слова: *вартість життєвого циклу, технічна система, залізничний транспорт, автоматизовані системи управління.*

Постановка проблеми. Сучасне підприємство в процесі аналізу проблем, контролю операцій, та прийняття управлінських рішень має потребу в інформації. Для управління інформацією, яка потрібна для прийняття рішень, зазвичай використовують спеціалізовані інформаційні системи, які дозволяють здійснювати збирання, зберігання, переробку та візуалізацію інформації, а також управляти інформаційними потоками на підприємстві.

На сьогоднішній день операції з обробки та обміну інформацією можуть приносити більше прибутку ніж операції з матеріальними потоками. Вартість компаній все більшою мірою визначається не її матеріальними активами (споруди, обладнання), а такими нематеріальними активами як люди, ідеї, технології, а також стратегією об'єднання та використання головних інформаційних ресурсів компанії. Значна частина цих інформаційних потоків складається з процедур, які досить легко піддаються автоматизації, що відкриває широке коло можливостей для використання сучасних технологій передачі та обробки інформації.

В нинішній час розвиток існуючих інформаційних систем та створення нових нерозривно пов'язані із поняттям CALS-технологій. Крім того, в деяких випадках, терміни «CALS-технології» та «інформаційні технології» використовуються як синоніми. Спрощено можна сказати, що CALS-технології – це інформаційні технології, побудовані на певних стандартах. В нашій країні аналогом поняття CALS іноді служить термін ІПВ (інформаційна підтримка життєвого циклу виробів) [1-8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У світовій практиці залізничного транспорту аналіз вартості життєвого циклу (ВЖЦ) промислових виробів став застосовуватися в 90-і роки минулого століття [1,2].

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.

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 класифікація стандартів та інформаційних технологій у відповідності до стадій життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту.

Результати дослідження. Сучасне трактування CALS-Continuous Acquisition and Life CycleSupport – безперервна підтримка ЖЦ продукту (виробу). CALS швидко перетворилася на глобальну бізнес-стратегію підвищення ефективності бізнес-процесів, які відбуваються протягом ЖЦ продукту, за рахунок інформаційної інтеграції і сумісного використання інформації на усіх його етапах. Засобами реалізації даної стратегії є CALS-технології, в основі яких по-

кладено набір інтегрованих інформаційних моделей: самого життєвого циклу і бізнес-процесів, які відбуваються в цей період, продукту, виробничого та експлуатаційного середовища. Можливість сумісного використання інформації забезпечується використанням комп'ютерних мереж та стандартизацією форматів даних, що забезпечує коректну інтерпретацію інформації.

Аналіз застосування ІТ у виробничих процесах демонструє, що одним з напрямів їх розвитку є усе більш повне охоплення стадій життєвого циклу продукції. До середини 90-х років була усвідомлена необхідність системного підходу до підтримки усього життєвого циклу виробу [2]. За визначенням, приведеним в стандарті ISO 9000:2000 [3], ЖЦ продукції це «... сукупність процесів, що виконуються від моменту виявлення потреб суспільства в певній продукції, до моменту задоволення цих потреб і утилізації продукції».

Для оцінювання ефективності інноваційних заходів, в тому числі на залізничному транспорті, використовується показник – витрати життєвого циклу (Life Cycle Cost - LCC). Вартість життєвого циклу рухомого складу та складних систем залізничного транспорту, яка включає усі витрати споживача при їх використанні, характеризує з економічної точки зору їх конкурентоздатність і визначає вибір споживача. Зазвичай, зростання рівня якості виробу супроводжується зниженням експлуатаційних витрат і зростанням витрат на його виготовлення. Тому новий рухомий склад і складні системи залізничного транспорту, хоча й можуть протягом строку служби мати більшу первинну вартість, повинні забезпечувати значно нижчі у порівнянні з існуючою технікою експлуатаційні витрати [4, 5].

Витрати життєвого циклу включають усі витрати споживача, пов'язані з його придбанням і володінням, тобто вартість придбання, а також експлуатаційні витрати протягом усього строку служби і витрати на утилізацію. При цьому, в разі, якщо при впровадженні нового технічного засобу необхідно здійснювати додаткові вкладання коштів у суміжні галузі, вони також повинні бути враховані у складі витрат життєвого циклу. Крім того, аналогічно розрахунок ефективності нової техніки повинен бути врахований принцип спів ставності і за такими параметрами розрахунку, як надійність виробів, їх продуктивність, експлуатаційні умови та інше. При визначенні вартості життєвого циклу нової техніки необхідно також враховувати екологічні, соціальні і якісні зміни, що супроводжуватимуть його впровадження.

До основних стадій ЖЦ відносяться: маркетинг; проектування і розробка продукції; планування і розробка процесів; закупівлі матеріалів і комплектуючих; виробництво або надання послуг; упаковка і зберігання; реалізація; монтаж і введення в експлуатацію; технічна допомога і сервісне обслуговування; діяльність після продажу або експлуата-

ція; утилізація і переробка у кінці корисного терміну служби.

Продукція є результатом деякої діяльності або виконаних процесів. Прийнято виділяти чотири загальні категорії продукції :

- технічні засоби - окремі вироби певної форми;
- оброблені матеріали - вироби, що є результатом перетворення сировини у бажаний стан;
- послуги - підсумки безпосередньої взаємодії постачальника і споживача і внутрішньої діяльності постачальника по задоволенню потреб споживача;
- програмне забезпечення.

Різноманіття процесів ЖЦ і необхідність їх інтенсифікації вимагають активної інформаційної взаємодії суб'єктів (організацій), що беруть участь в їх здійсненні і підтримці. Із зростанням числа учасників росте об'єм використовуваної і передаваної інформації.

Потребу в створенні інтегрованої системи підтримки ЖЦ виробу і систематизації інформаційної взаємодії компонентів такої системи приводять до необхідності створення інтегрованого інформаційного середовища (ІС). У основі ІС лежить використання відкритої архітектури, міжнародних стандартів, спільне використання цих і апробованих програмно-технічних засобів.

У табл. в дещо спрощеному виді показано, як дані про виріб, виконувані процеси і використовувані ресурси спільно використовуються на різних стадіях ЖЦ.

Таблиця

Спільне використання даних про виріб, процеси і ресурси

Суб'єкти життєвого циклу виробу	Стадії ЖЦ виробу					
	Маркетинг	Проектування і розробка продукції; планування і розробка виробничих	Закупівлі, виробництво, контроль і проведення випробування	Упаковка і зберігання	Реалізація продукції	Експлуатація і технічне обслуговування
Замовник	ВП					
Розробник	ВП	ВПР	ВП	ВП	ВП	ВПР
Виробник		ВПР	ВПР	ВПР		
Дистриб'ютор					ВПР	
Споживач						ВПР
Постачальник		ВПР	ВПР	ВПР	ВПР	
Сервісні організації						ВПР

В - дані про виріб; П - дані про процеси; Р - дані про використовувані ресурси

У складних довготривалих проектах ІС забезпечує взаємодію проектних організацій і виробничих підприємств, постачальників, організацій сервісу і кінцевого споживача на всіх стадіях ЖЦ. У проектах, що фінансуються або контрольованих держа-

вою, до необхідної інформації можуть мати доступ уповноважені державні структури.

Описуваний підхід характеризується наступними принциповими особливостями:

- на відміну від комп'ютерної автоматизації і інтеграції окремих процесів, наприклад, у виробництві, вирішуються завдання інформаційної інтеграції усіх процесів ЖЦ;
- вирішувани завдання виходять за межі окремого підприємства, учасники інформаційної взаємодії можуть бути територіально віддалені один від одного, розташовуватися різних містах і навіть країнах;
- спільно використовувана інформація дуже різно-рідна: це маркетингові, конструкторсько-технологічні, виробничі дані, комерційна і юридична інформація і так далі. Для її спільного використання способи, технології представлення і коректної інтерпретації даних мають бути стандартизовані;
- основним середовищем передачі даних є глобальна мережа Інтернет.

На рис. 1 в нотатції IDEF0 зображена укрупнена функціональна модель ЖЦ виробу як послідовності процесів розробки, виробництва, експлуатації, технічного обслуговування і утилізації виробу.

Відносно цієї моделі можна сформулювати ряд важливих положень.

Для процесу розробки інформацією, що управляє, є вимоги до виробу, тобто опис виробу у формі документу, що містить властивості, значення яких відносяться до типу «потрібні».

Результатом процесу розробки є виріб у формі проекту, що містить дані про структуру виробу, його властивості і їх значення, що відносяться до типу «проектні». Ці дані можуть розглядатися і використовуватися з різних точок зору і в різних контекстах;

Процес виробництва має на вході матеріал (сировина, комплектуючі вироби і так далі), а на виході - екземпляр виробу в стані «вироблений».

Процеси експлуатації, технічного обслуговування і утилізації на вході і виході оперують з екземплярами виробу в станах «експлуатований», «обслуговуваний», «утилізований».

Для усіх подальших процесів ЖЦ і для процесів, що забезпечують, дані проекту є інформацією, що управляє.

В ході виконання процесів ЖЦ використовуються різні ресурси. Окремим випадком матеріальних ресурсів є устаткування.

В ході розробки береться до уваги досвід, накопичений в процесах проектування, виробництва, експлуатації, технічного обслуговування і утилізації аналогічних виробів.

Досвід, накопичений в процесах експлуатації, технічного обслуговування і утилізації, використовується також в процесах розробки устаткування (ресурсів).

В процесі проектування виробу враховуються можливості наявних ресурсів (устаткування), а при проектуванні ресурсів - специфічні особливості (властивості) виробу; таким чином, виникає своєрідний «замкнутий контур», що зв'язує процеси проектування виробу і ресурсів.

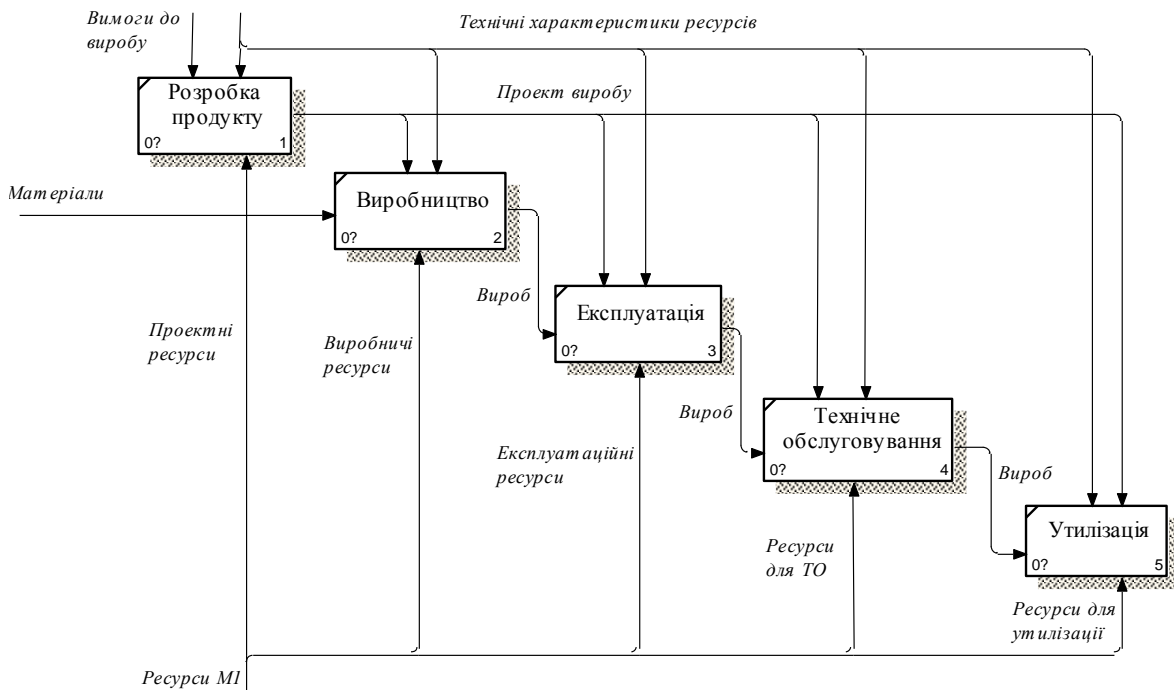


Рис. 1. Модель процесів ЖЦ технічних систем залізничного транспорту

За аналогією із системами автоматизованого проектування в складі CALS визначають лінгвістичне, інформаційне, математичне, програмне, методичне і технічне забезпечення системи [6,7].

До лінгвістичного забезпечення CALS відносять мови та формати даних про промислові вироби та процеси, які використовуються для представлення і обміну інформацією на усіх етапах життєвого циклу виробів.

Інформаційне забезпечення складають бази даних, які містять відомості про промислові вироби. Ці дані використовуються різними системами у процесі проектування, виробництва, експлуатації та утилізації виробів. До складу інформаційного забезпечення входять також серії міжнародних та національних CALS-стандартів і специфікацій.

Математичне забезпечення CALS включає моделі та алгоритми взаємодії різних систем та їх компонентів у CALS-технологіях. До цих моделей відносять методи структурного та імітаційного моделювання, методи планування та управління процесами розподілу ресурсів і т. ін.

Програмне забезпечення CALS представлено програмними комплексами, призначеними для підтримки єдиного інформаційного простору на усіх етапах життєвого циклу виробів. Це системи управління документами і документообігом, управління проектними даними, забезпечення взаємодії підприємства в електронному бізнесі, підготовки електронних технічних керівництв та інші.

Методичне забезпечення CALS представлено методиками здійснення таких процесів, як структурування складних об'єктів, їх функціональне і інформаційне моделювання, паралельне (сумісне) проектування і виробництво.

До технічного забезпечення CALS відносять апаратні засоби отримання, зберігання, обробки і візуалізації даних при інформаційному супроводі виробів. Також до складу технічного забезпечення відносять лінії передавання даних та мережеве комунікаційне обладнання.

Кожну стадію життєвого циклу виробу супроводжує відповідна інформаційна система (рис. 2).

Нижче наведено розшифрування назв інформаційних систем підтримки життєвого циклу виробу [8].

CAE - Computer Aided Engineering (автоматизовані розрахунки та аналіз);

CAD - Computer Aided Design (автоматизоване проектування);

CAM - Computer Aided Manufacturing (автоматизована технологічна підготовка виробництва);

CAPP — система проектування технологічних процесів (ТП), яка дозволяє з різним ступенем автоматизації проектувати одиничні, групові та типові технологічні процеси за багатьма напрямками: механічна обробка, гальваніка, зварювання, збирання, термообробка і т.ін.;

PDM - Product Data Management (управління проектними даними);

ERP - Enterprise Resource Planning (планування і управління підприємством);

MRP-2 - Manufacturing (Material) Requirement Planning (планування виробництва);

MES - Manufacturing Execution System (виробнича виконавча система);

SCM - Supply Chain Management (управління ланцюгами постачань);

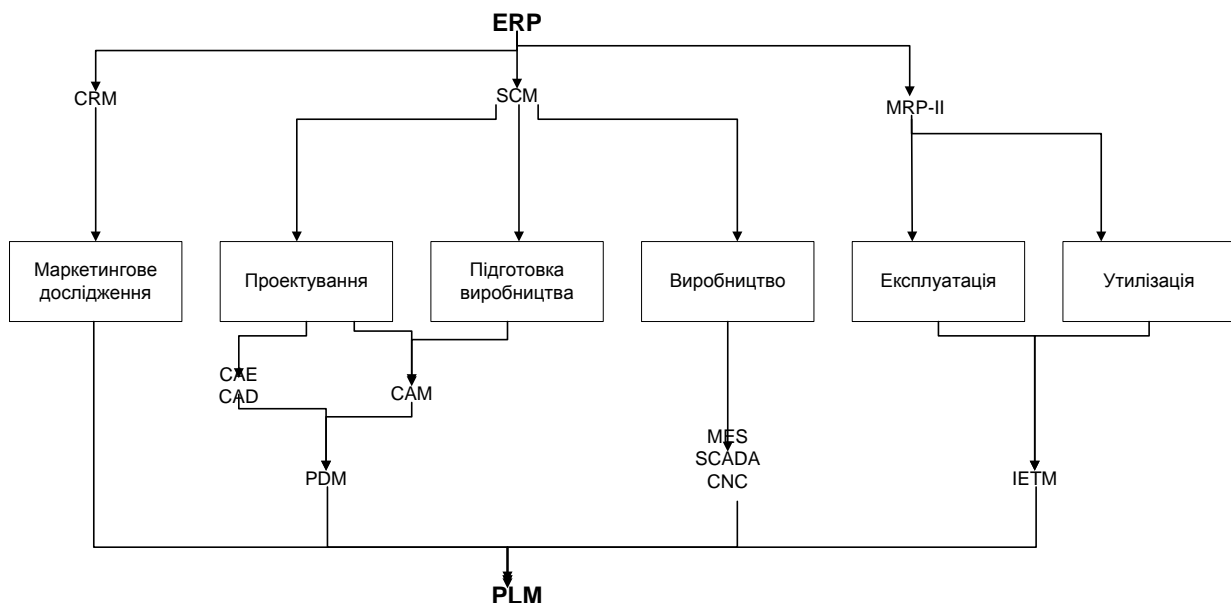


Рис. 2. Етапи життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту та автоматизовані системи управління

CRM - Customer Relationship Management (управління взаємовідносинами із замовниками);

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерське управління виробничими процесами);

CNC - Computer Numerical Control (комп'ютерне числове управління);

SFA — Sales Force Automation (автоматизація діяльності із продажів);

IETM - Interactive Electronic Technical Manuals (інтерактивні електронні технічні керівництва)

CPC - Collaborative Product Commerce (спільний електронний бізнес).

PLM - Product Lifecycle Management (управління даними життєвого циклу виробів).

Фундаментом CALS-технології є система єдиних міжнародних стандартів.

CALS-стандарти можна поділити на три групи:

- функціональні стандарти, які визначають процеси і методи формалізації;

- інформаційні стандарти з опису даних про продукти, процеси та середовища;

- стандарти технічного обміну, які контролюють носії інформації і процеси обміну даними.

Місце та роль інформаційних технологій і міжнародних стандартів, а також взаємозв'язок між ними наведено на рис. 3 [2].

Виходи, які пов'язані з виробництвом продукції як у постачальника, так і у виробника, можна представити при використанні стандартів MRP, MRP II, ERP, ISO 15531 ManDate.

Характеристики продукції і її стану як у постачальника, так і виробника можна представити при використанні стандартів ISO 10303 STEP, ISO 15531 ManDate.

Вимоги споживача і виробника враховується при використанні ФВА, ФФА, FMEA, QFD.

Зворотній зв'язок між споживачем та виробником, а також між виробником та субпостачальником може бути організована на базі стандартів ISO 9000, MRP, MRP II, ERP, ISO 15531 ManDate, ISO 10303 STEP.

ISO 15531 ManDate – стандарти з системи стандартів CALS -технологій. Призначений для забезпечення колективного доступу постачальника і споживача до інформації про виробничий процес постачальника. Використовує узгоджені із стандартом ISO 10303 STEP формати даних.

ISO 10303 STEP – головна група стандартів з системи стандартів CALS-технологій. Призначений для забезпечення колективного доступу постачальника і споживача до інформації про:

- конструкції виробу;
- процедурам випробувань виробу;
- експлуатаційної документації на вироб;
- іншої інформації за усіма стадіями життєвого циклу виробу.

Крім стандартів, які відносяться до CALS, існують інші, які часто використовують у бізнес-процесах.

ISO 9000 – група стандартів системи якості підприємства. Система якості – частина системи управління підприємством, яка охоплює головні бізнес-процеси. Призначена для вирішення наступних головних завдань:

- забезпечення клімату довіри в економіці;
- надання споживачу об'єктивних доказів спроможності постачальника до виробництва товарів і послуг певної якості;
- підвищення конкурентоздатності підприємств.

Висновки. Таким чином, можна зробити висновок, що кожна стадія життєвого циклу виробу потребує підтримки згідно із набором стандартів, притаманних цієї стадії. Дуже важливою є інтеграція інформаційних систем за рахунок сумісних стандартів даних та процедур їх оброблення, що дає можливість підвищити ефективність бізнес-процесів на усіх стадіях життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту.

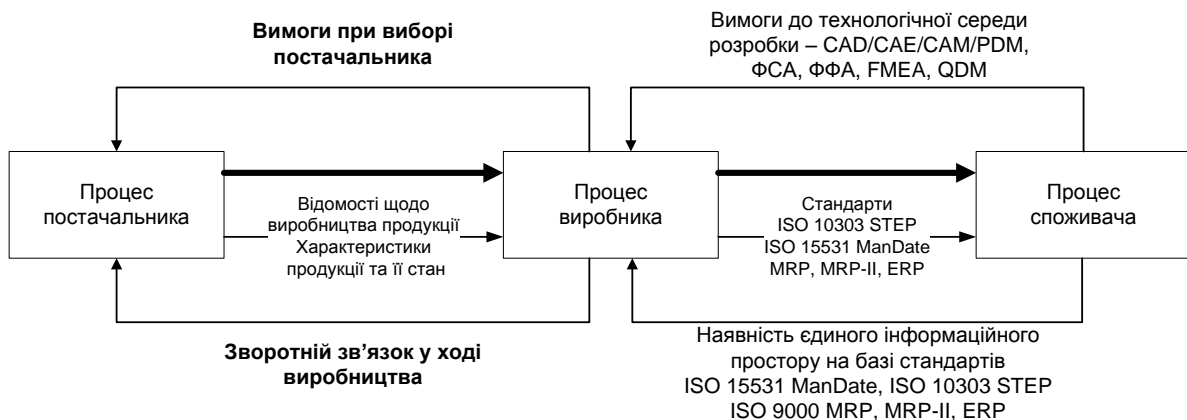


Рис. 3. Взаємозв'язок між стандартами та бізнес-процесами на підприємстві

Л и т е р а т у р а

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. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов и др. - М.: Наука, 2003. - 292 с.
3. ИСО 9000:2000. Системы менеджмента качества - основы и словарь.
4. International Railway Industry Standard IRIS - International Railway Industry Standard.
5. Стандарты CENELEC, EN 50126. Railway applications.
6. ГОСТР 52944-2008, 2008: Жизненный цикл железнодорожного подвижного состава. Термины и определения. - М.: Издательство стандартов, 2008. - 12 с.
7. Шалумов А.С., Никишкин С.И., Носков В.Н. Введение в CALS-технологии: Учебное пособие. Киров: КГТА, 2002. - 137 с.
8. Е.В. Смоленцев, А.В. Бондарь, В.Ю. Склокин Технологии машиностроения. САПР в машиностроении: Учеб. пособие. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет, 2008. - 172 с.

R e f e r e n c e s

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. Informacionno-vychislitel'nye sistemy v mashinostroenii CALS-tehnologii / Ju.M. Solomencev, V.G. Mitrofanov, V.V. Pavlov i dr. - M.: Nauka, 2003. - 292 s.
3. ISO 9000:2000. Sistemy menedzhmenta kachestva - osnovy i slovar.
4. International Railway Industry Standard IRIS - International Railway Industry Standard
5. Standards of CENELEC, EN 50126. Railway of applications.
6. ГОСТР 52944-2008, 2008: Zhiznennyj cikl zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava. Terminy i opredelenija. - Moskva: Publishing house of standards, 2008. - 12p.
7. Shalumov A.S., Nikishkin S.I., Noskov V.N. Vvedenie v CALS-tehnologii: Uchebnoe posobie. Kovrov: KGTA, 2002. - 137 s.
8. E.V. Smolencev, A.V. Bondar', V. Ju Sklokin Tehnologija mashinostroenija. SAPR v mashinostroenii: Ucheb. posobie. Voronezh: GOUVPO «Voronezhskij gosudarstvennyj tehniceskij universitet, 2008. - 172 s.

Рамазанов С.К., Велигура А.В., Ивановская М.В. Информационная поддержка жизненного цикла технических объектов железнодорожного транспорта.

В статье рассмотрены методы и механизмы информационной поддержки жизненного цикла технических объектов железнодорожного транспорта. Рассмотрена модель процессов жизненного цикла технических систем, автоматизированные системы управления, которые используются на каждом этапе жизненного цикла. Отмечена важность интеграции информационных систем за счет совместимых стандартов данных и процедур их обработки, которая дает возможность повысить эффективность бизнес-процессов на всех стадиях жизненного цикла технических систем железнодорожного транспорта. Исследована взаимосвязь между международными стандартами и бизнес-процессами на производстве.

Ключевые слова: стоимость жизненного цикла, техническая система, железнодорожный транспорт, автоматизированные системы управления.

Ramazanov S.K, Veligura A.V, Ivanovo M.V. Informative support of life cycle of technical objects of railway transport.

The article describes the methods and mechanisms of the information life cycle support of technical railway facilities. A model of the life cycle processes of technical systems, automated control systems used at each stage of the life cycle. Importance of integration of the informative systems is marked due to the compatible standards of data and procedures of their treatment that gives an opportunity to promote efficiency of business processes at all stages of life cycle of the technical systems of railway transport. Possibility of the compatible use of information is provided by the use of computer networks and standardization of formats given, that provides correct interpretation of information. Investigated the relationship between international standards and business processes in manufacturing.

Keywords: life cycle cost, technical system, rail, automated control systems.

Рамазанов С.К. – д.т.н., д.е.н., проф., зав. кафедрой «Економічна кібернетика» СЧУ ім. В. Даля,

e-mail: SRamazanov@i.ua

Велігура А.В. – к.т.н. доц. кафедри «Економічна кібернетика» СЧУ ім. В. Даля, e-mail: aveligura@mail.ru

Івановська М.В. – магістр, асистент кафедри «Економічна кібернетика» СЧУ ім. В. Даля, e-mail: marina-gv@mail.ru

Рецензент: д.т.н., проф. Рач В.А.

Стаття подана 28.04.2015

УДК 629.4.027.2

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ВІЗКА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

Горбунов М.І., Ноженко О.С., Кара С.В., Кравченко К.О.,
Кравченко К. О., Макарова В.Д.

JUSTIFICATION OF TECHNICAL SOLUTIONS TO IMPROVE STRENGTH OF THE WAGON BOGIE

Gorbunov M., Nozhenko O., Kara S., Kravchenko Kateryna,
Kravchenko Kostyantyn, Makarova V.

У статті розглянуто проблему надійності візків вантажних вагонів типу 18-100 та аналогів та запропоновано і обгрунтовано технічні рішення, які дозволять знизити рівень механічних напруг у найбільш небезпечних зонах, в яких спостерігається висока вірогідність руйнувань бічних рам візків в умовах сучасної експлуатації. За результатами попередніх міцнісних розрахунків при використанні запропонованих технічних рішень спостерігається зниження напруг до 50% в зоні радіусних переходів R55, що особливо актуально для перевезення особливо небезпечних вантажів.

Ключеві слова: вантажний вагон, візок, рама, буксова струнка, попереднє напруження, міцність, довговічність.

Вступ. Залізничний транспорт України має високу вантажонапруженість та забезпечує більше половини вантажообігу країни, при цьому у останній час відмічається поява значної кількості дефектів бічних рам візків типу 18-100, що збільшує вірогідність відказів [1]. Тому важливою задачею на сьогодні є розробка візка вантажного вагону з поліпшеними показниками міцності для підвищення безпеки вантажоперевезень на залізниці.

Постановка проблеми. Питанню збільшення міжремонтних пробігів вантажних вагонів для підвищення безпеки та ефективності залізничних перевезень приділяється багато уваги. При цьому за останні 5 років (2010-2014 рр.) зафіксовано більше 20 випадків на рік катастрофічних зламів бічних рам візків типу 18-100 [1].

За останній час проблема надійності, довговічності та втомної міцності візків вантажних вагонів набула актуальності. Слід відмітити, що немає єдиної думки про головну причину руйнувань бічних рам візків типу 18-100. Серед основних причин, виділяють: ливарні дефекти, недосконалість конструкції бічної рами в зоні буксового прорізу, що має ко-

робчастий перетин, незадовільний стан колійного господарства взагалі та на сортувальних гірках зокрема тощо [2, 3].

Тому надзвичайно актуальним питанням є розробка технічних пропозицій з запобігання вищезгаданих відказів та забезпечення безпечної експлуатації.

Мета статті. Метою статті є розробка технічних рішень та попередні міцнісні розрахунки візків вантажних вагонів з метою створення візка вантажного вагону з підвищеними показниками надійності, довговічності та, як наслідок, безпеки руху.

Результати досліджень. Аналіз зламів боковин візків типу 18-100 показав, що найбільш небезпечною в ній є зона радіусного переходу R55. При цьому слід відзначити, що за статистикою в 60% випадків зламів мали місце ливарні дефекти в металі, тому можна зробити висновок, що підвищення вимог до контролю якості виробництва візків може тільки частково вирішити проблему, при чому діагностика на достатньому рівні візків, що експлуатуються, для виявлення небезпечних внутрішніх ливарних дефектів є надзвичайно складним та дорогим процесом. Слід відзначити, що проблема зламів боковин при наявності ливарних дефектів стала більш розповсюдженою в умовах зниження якості колійного господарства, особливо актуально це для сортувальних гірок [1, 2, 3] (як відомо, візок типу 18-100 був розроблений для радянської залізниці на базі американського аналога Varber, але у США використовується горизонтальне формування рухомого складу, при якому не застосовується скочування вагонів з сортувальних гірок та подальші їх удари з іншими вагонами).

Типове руйнування бічної рами візка типу 18-100 у зоні радіусного переходу R55 показано на рис. 1.



Рис. 1. Типове руйнування бічної рами візка типу 18-100

На думку авторів, причиною прискороженого руйнування бічних рам візків є ливарні дефекти в поєднанні з високими напруженнями, що виникають при формуванні складу, а саме при з'єднання вагонів на сортувальних гірках та при поздовжніх зусиллях, що виникають у складі в режимах тяги та гальмування. При цьому максимальна поздовжня сила T , що діє на зовнішню щелепу бічної рами візка, може бути оцінена за формулою:

$$T = 0.25 \cdot m \cdot a - F_{\text{ТР}}$$

де m – необресорена маса візка (3,9 т), a – прискорення необресорених мас візка (досягає $122,7 \text{ м/с}^2$), $F_{\text{ТР}}$ – сила тертя між буксою та надпорним поясом бічної рами візка [2].

Наступною силою тертя $F_{\text{ТР}}$ з метою оцінки максимально можливого значення сили T маємо:

$$T_{\text{max}} = 0.25 \cdot m \cdot a = 0.25 \cdot 3.9 \cdot 122.7 = 119.6 \text{ кН}$$

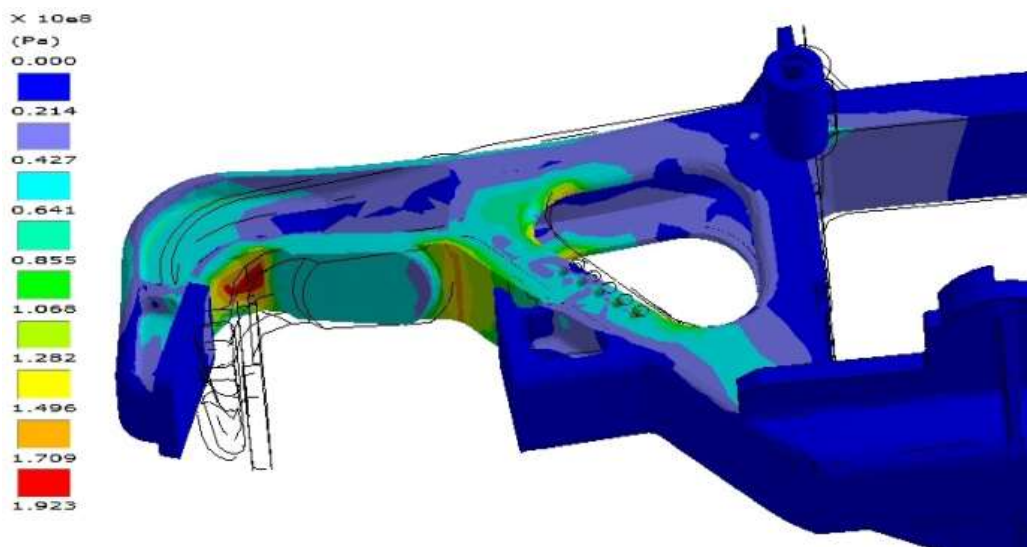


Рис. 2. Епюра максимальних еквівалентних напруг бічної рами візка при ударах на сортувальних гірках

Попередні міцнісні розрахунки бічної рами візка типу 18-100 при вертикальному навантаженні та при діючій силі T_{max} були розроблені в програмному комплексі DesignSpace V5.0 з використанням методу кінцевих елементів (рис. 2). При цьому в зонах радіусних переходів R55 надпорного пояса в зовнішню щелепу і нахилений пояс спостерігаються концентратори напруг.

Відомо застосування на тепловозах з візками щелепного типу елементів для замкнення щелеп.

Застосування подібного елемента в конструкції бічної рами візка типу 18-100 і аналогів, які так само мають не замкнуті щелепи, у вигляді буксової струнки, яка їх з'єднує і, як наслідок, перерозподіляє навантаження, за результатами попередніх розрахунків дозволяє зменшити значення напруг при поздовжніх силах T . Результати попередніх розрахунків зазначеної конструкції бічної рами з буксовою стрункою площею перетину 20 см^2 представлено на рис. 3.

Як видно з рис. 3, конструкція з використанням буксової струнки сприяє зниженню напруги в зонах радіусних переходів на 35%, крім того, епюра напружень такої конструкції більш рівномірна з менш явно вираженими концентраторами напруг.

Авторами розроблено технічне рішення бічної рами візка з попередньо напруженим станом. При стягуванні стрункою щелеп створюється сила F , спрямована у напрямку протилежному, дії поздовжніх сил T , що виникають при динамічних навантаженнях. При цьому в небезпечній зоні R55 напруга, що виникає, має величину меншу за значенням у порівнянні із напругами, що спостерігаються у існуючих конструкціях.

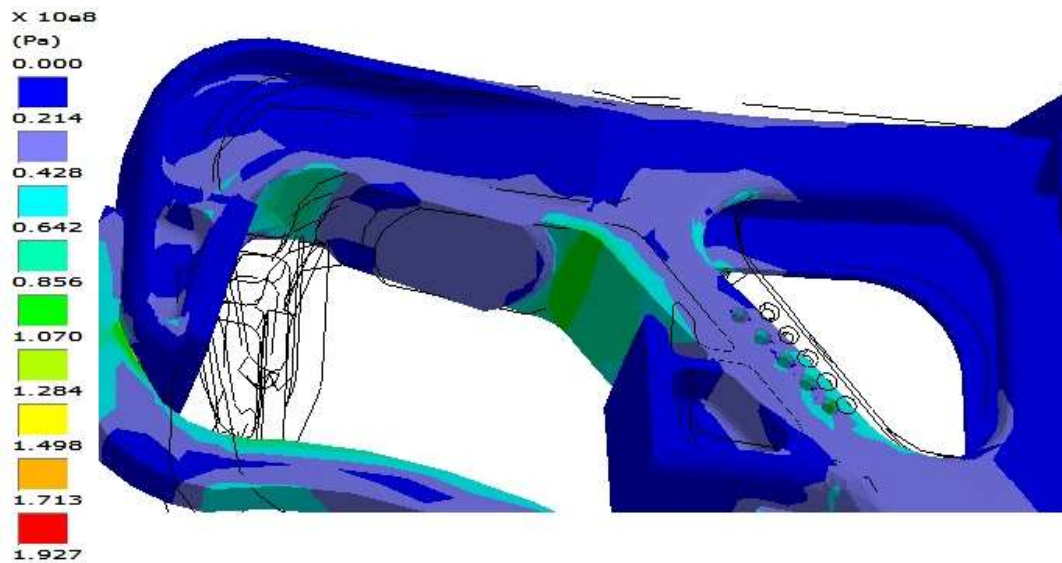


Рис. 3. Епюра максимальних еквівалентних напруг бічної рами візка при ударах на сортувальних гірках з використанням буксової струнки

Дослідження показують доцільність використання буксової струнки для створення попереднього напруженого стану у небезпечних зонах та перерозподілу екстремальних навантажень, що виникають, головним чином, при зіткненнях вагонів при формуванні складів. Розрахунки описаної вище конструкції свідчать про зниження напруг при використанні буксової струнки площею перетину 20 cm^2 та силою попереднього стягування $F = 30 \text{ kN}$ в зоні R55 на 50% у порівнянні з боковиною візка типу 18-100 без використання в конструкції буксової струнки.

Зменшення напруг, що виникають в бічній рамі в зоні відомих руйнувань, на думку авторів, призведе

до мінімізації вірогідності зламу, що забезпечить максимально безпечний рівень експлуатації візка. Крім того, значне зниження напруг в зазначеній зоні забезпечить мінімальне накопичення втомних пошкоджень, що в перспективі приведе до збільшення експлуатаційного ресурсу.

Розроблено альтернативний варіант конструкції бічної рами візка, в якому застосовано пружний гнучкий елемент (пояс) для збереження цілості бічної рами візка у випадку її зламу при русі у складі потяга (рис. 4).

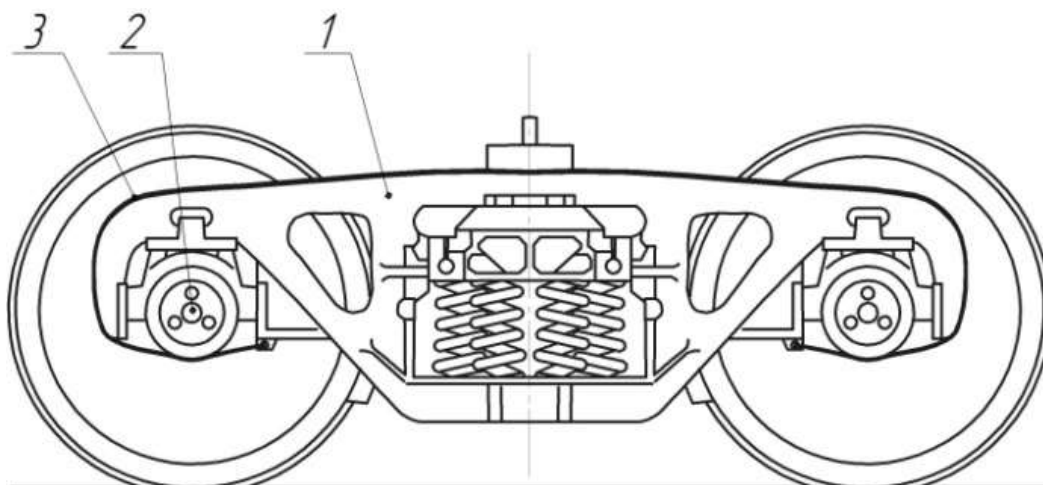


Рис. 4. Візок вантажного вагону:
1 – бічна рама, 2 - буксовий вузол, 3 – пояс

Висновок. Розроблені технічні рішення дозволять зменшити напруги, що діють в бічній рамі візка типу 18-100 та аналогів з метою підвищення міцності, довговічності та подовження строку служби в сучасних умовах експлуатації. Попередні міцнісні розрахунки показують зниження напруг в зоні радіусних переходів R55 на 35% при використанні запропонованої буксової струнки та на 50% при використанні буксової струнки, яка забезпечує попередньо напружений стан елементів конструкції візка, що актуально для перевезення небезпечних вантажів.

Л і т е р а т у р а

1. Горбунов Н.И. К вопросу создания тележки грузового вагона / Н.И. Горбунов, С.Д. Мокроусов, Е.С. Ноженко, Е.А. Кравченко, С.В. Кара // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля 2013, №18 (207) – С. 91-97.
2. Сенько В.И. Анализ причин повреждения и возможности продления срока службы боковых рам тележек грузовых вагонов / В.И. Сенько, М.И. Пастухов, С.В. Макеев, И.Ф. Пастухов //Вестник ГГТУ им. П.П.Сухого. - №4, 2010. – С. 13-18.
3. Огневой. В.Я. Фрактографические особенности разрушения литых боковых рам тележек грузовых вагонов / В.Я. Огневой // Ползуновский альманах. – 2011. - №4. – С. 36-41.

R e f e r e n c e s

1. Gorbunov N.I. K voprosu sozdaniya telezhki gruzovogo vagona / N.I. Gorbunov, S.D. Mokrousov, E.S. Nozhenko, E.A. Kravchenko, S.V. Kara // VIsnik ShIdnoukraYinskogo natsIonalnogo unIversitetu Imeni Volodimira Dalya 2013, №18 (207) – S. 91-97.
2. Senko V.I. Analiz prichin povrezhdeniya i vozmozhnosti prodleniya sroka sluzhbyi bokovyih ram telezhok gruzovyih vagonov / V.I. Senko, M.I. Pastuhov, S.V. Makeev, I.F. Pastuhov //Vestnik GGTU im. P.P.Suhogo. - №4, 2010. – S. 13-18.
3. Ognevoy. V.Ya. Fraktograficheskie osobennosti razrusheniya lityih bokovyih ram telezhok gruzovyih vagonov / V.Ya. Ognevoy // Polzunovskiy almanah. – 2011. - №4. – S. 36-41.

Горбунов Н.И., Ноженко Е.С., Кара С.В., Кравченко Е.А., Кравченко К.А., Макарова В.Д. Обоснование технических решений по повышению прочности тележки грузового вагона.

В статье рассмотрена проблема надежности тележек грузовых вагонов типа 18-100 и аналогов, предло-

жены и обоснованы технические решения, которые позволят снизить уровень механических напряжений в наиболее опасных зонах, в которых наблюдается высокая вероятность разрушений боковых рам тележек в условиях современной эксплуатации. По результатам предварительных прочностных расчетов при использовании предложенных технических решений наблюдается снижение напряжений до 50% в зоне радиусных переходов R55, что особенно актуально для перевозки особо опасных грузов.

Ключевые слова: *грузовой вагон, тележка, рама, буксовая струнка, предварительное напряжение, прочность, долговечность.*

Gorbunov M., Nozhenko O., Kara S., Kravchenko Kateryna, Kravchenko Kostyantyn, Makarova V. Justification of technical solutions to improve strength of the wagon bogie

The article considers the problem of the safe operation of freight wagon bogies, that is more than 20 breaks bogie frame in a year at the area of transition radius R 55; developed and justified technical solutions, that are boxen string, metal belt and prestressing, for the purpose of reduce the mechanical stress in the side frame of the bogie 18-100 and analogues. Evaluated maximum possible longitudinal force that occurs due to impact wagons during the formation of rolling stock and creates stress concentrators, which is equal to 120 MN. Preliminary calculations showed a decrease in stress in hazardous areas R55 up to 50%. This provides the safe operation of the structure taking into account the poor state of track facilities and casting defects with increased service life. Strength calculation was performed by modern software complexes and with using the finite element method.

Keywords: *freight wagon, bogie, frame, boxen string, pre-tension strength, durability.*

Горбунов М.І. – д.т.н., проф. кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В. Даля.

Ноженко О.С. – к.т.н., доц. кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В. Даля.

Кара С.В. – аспірант кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В. Даля, e-mail: Kara_SV@i.ua, т. 0664455778

Кравченко Катерина Олександрівна – к.т.н., доц. кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті СХУ ім. В. Даля.

Кравченко Костянтин Олександрович – аспірант кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В. Даля

Макарова В.Д. – студентка НМУ ім. О.О. Богомольця.

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д. М.

Стаття подана 31.03.2015

УДК 629.4

АНАЛІЗ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ТА ШЛЯХИ ОЦІНКИ ЇХ ПЕРСПЕКТИВНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Ямшинський М.М., Назаренко В.С., Кравченко К.О.

ANALYSIS OF THE BRAKE PADS AND THE WAYS OF ASSESSING THEIR PERSPECTIVE DESIGNS

Yamshinsky M., Nazarenko V., Kravchenko K.

У даній статті представлено результати аналізу фрикційних елементів гальмівної системи. Встановлено, що гальмівні колодки поділяють на категорії за типом матеріалу, з якого вони зроблені, і формою виконання. Відповідно до першої випускаються три види колодок: чавунні стандартні, композиційні та чавунні з підвищеним вмістом фосфору (фосфористий). По результатам аналізу оцінено існуючі та перспективні фрикційні матеріали для виготовлення гальмівних колодок. До перспективних матеріалів слід віднести: титанові сплави, Fe-Cu-Cr-графітові спечені матеріали, SiC фільтри, чавунні колодки, що містять пінокераміку. На основі проведеного аналізу матеріалів і характеристик фрикційних елементів гальмівних систем, розроблено цільову функцію, яка дозволяє підбирати найбільш вигідний варіант конструктивного виконання гальмівної колодки для конкретного рухомого складу. Фізичне значення цільової функції полягає в наступному: відведення тепла під час гальмування і оптимізація коефіцієнту тертя повинні наближатися до максимуму, в той час як знос пари «колесо-колодка», екологічна безпека, собівартість повинні наближатися до мінімуму.

Ключові слова: гальмівні чавунні колодки, гальмівні композиційні колодки, пінокераміка, карбід-кремнієві фільтри, теплопровідність, зносостійкість.

Постановка проблеми. Надійна робота гальмівного обладнання дозволяє підвищити швидкість та безпеку руху транспортного засобу. Використання передових технологій, особливо в гальмівній системі, сприяє ресурсозбереженню при експлуатації рухомого складу. Від матеріалу і конструкційних особливостей гальмівних колодок в значній мірі залежить ефективність роботи всієї гальмівної системи. Проблема досягнення максимального ефекту полягає в суперечливості вимог, яким повинні відповідати конструктивні елементи гальм. Наприклад, одним з основних параметрів фрикційних елементів гальмівної системи є коефіцієнт тертя - використання фрикційних матеріалів з високим коефіцієнтом

тертя може приводити до підвищеного зносу трибоконтакту елементів взаємодії, а з низьким – до зниження ефективності гальмування, збільшення величини гальмівного шляху. Відповідно при проектуванні, виготовленні та експлуатації необхідно проводити оцінку найвигіднішого матеріалу й конструкції з урахуванням економічної ефективності та зменшення ризику виникнення аварійної ситуації від ненадійної роботи гальм.

Мета. Для якісної оцінки перспективних конструкцій фрикційних елементів гальмівної системи та прогнозування найвигіднішої з них необхідна цільова функція по отриманню оптимального варіанту для конкретного рухомого складу, розробка якої повинна бути отримана на основі аналізу матеріалів та характеристик фрикційних елементів гальмівних систем.

Аналіз досліджень. Гальмівні колодки поділяють на категорії за типом матеріалу, з якого вони зроблені, і формою виконання. Відповідно до першої випускаються три види колодок: чавунні стандартні, композиційні та чавунні з підвищеним вмістом фосфору (фосфористий), а відповідно до другої: безгребневі, гребневі та секційні. Крім того, в дискових гальмах використовуються спеціальні накладки з чавуну [1].

Чавунні стандартні колодки застосовують на пасажирських вагонах, які обертаються зі швидкостями до 120 км/год, і локомотивах. Такі колодки мають суттєво нестабільний, коефіцієнт тертя, що знижується зі зростанням швидкості. Це, зокрема, призводить до необхідності застосування на швидкісному рухомому складі регуляторів сил натиснення колодок залежно від швидкості руху. Крім того, чавунні колодки швидко зношуються, що вимагає великого обсягу робіт по заміні і регулюванню важільних передач. До переваг цих фрикційних елементів відносяться гарне відведення тепла, що виді-

ляється при гальмуванні і відсутність впливу вологи на коефіцієнт тертя.

Основною причиною, що ускладнює дослідження теплопровідності чавуна полягає в наявності в чавуні графітових включень. Але в той самий час саме дослідження графітної фази є дуже важливим моментом для того щоб зрозуміти таке явище як перенос тепла в чавуні. Навіть при однаковому хімічному складі теплопровідність сірого чавуна може бути в 2 рази вище ніж теплопровідність чавуну з кулястим графітом. Вміст домішок (Si, Mn, S, P і т.д.) в залежності від форми графітних включень на теплопровідність впливають в незначній мірі. В чавуні з кулястим графітом основним теплопровідним компонентом є металева основа, а в чавуні з пластинчатим графітом провідником тепла є графіт, що міститься у включеннях. Тому, можна стверджувати, що в чавуні з кулястим графітом при однаковій формі графітових включень і однаковому типі металічної основи, домішки знижують теплопровідність. У відношенні інших типів чавуну, особливо з пластинчатим графітом ця закономірність не працює [2].

В роботі [2] вважається, що вплив елементів на теплопровідність чавуну слід оцінювати з позиції їх впливу на ступінь графітизації сплаву, структуру і дисперсність графітної фази. Наприклад, елементи що підвищують ступінь графітизації сприяли підвищенню теплопровідності чавуну і навпаки. Тому, з підвищенням вмісту кремнію теплопровідність чавуну суттєво знижується якщо ступінь графітизації залишається без змін.

Марганець, а особливо фосфор і нікель знижують характеристики теплопровідності внаслідок утворення твердих розчинів і виділення фосфатів.

Алюміній також знижує теплопровідність. Але в залежності від зміни кількості графіту алюміній може по різному впливати на теплопровідність.

Мідь в межах до 1% зменшує провідність чавуну з інтенсивністю приблизно в 2 рази менше, ніж кремній.

Хром, молібден, вольфрам і кобальт трохи підвищують теплопровідність чавуну.

Ванадій при вмісті до 0,12% не впливає на провідність чавуну.

Утворення в металічній основі чавуну твердих розчинів знижує теплопровідність. Також не викликає сумніву і той факт, що перлітизація металічної основи знижує теплопровідність чавуну.

Властивості будь-якого металу визначаються його мікроструктурою, яка при одному й тому ж хімічному складі може бути різною в залежності від характеру кристалізації і наступній перекристалізації при охолодженні чи проведенні термічної обробки. Чавуни відносяться до тих сплавів, які дуже чутливі до умов кристалізації, тверднення виливків (гальмівних колодок). В технічних умовах на гальмівні колодки хімічний склад чавуну визначається як один з основних і найважливіших показників, згідно з яким визначається відповідність якості колодок прийнятих технічними умовами.

Другим показником цього ж значення є твердість чавуну колодок, яка залежить від мікроструктури чавуну. Така послідовність цих критеріїв визначається тим, що вилівки гальмівних колодок заданими всіх нормативних актів не підлягають термообробці, а використовуються в литому стані.

Використання чавуну в якості фрикційного матеріалу для гальмівних колодок стало можливим завдяки його антифрикційним характеристикам, наявність графіту в структурі чавуну відіграє роль змазки.

Кремній впливає на кристалізацію сірого чавуну як графітизатор при твердненні вилівки без вільного і евтектичного цементиту, без відбілення чавуну. В цьому і є його позитивний вплив. Але при охолодженні вилівка в районі температур 750 – 600 °C відбувається евтектоїдне перетворення аустеніту і друга стадія графітизації, під час якої в структурі чавуну збільшується кількість небажаної феритної складової, що як наслідок знижує твердість чавуну і його зносостійкість. Тому вміст кремнію має бути обмежений верхньою і нижньою границями [2].

З метою зменшення феритної складової в структурі чавуну та підвищення його твердості і зносостійкості чавун можуть легувати елементами, які сприяють перлітизації структури або проводити прискорене охолодження колодок після вибивки їх із форм при температурі нижче 750 - 800°C. Легування сірого графітизованого чавуну такими елементами як хром, марганець і молібден також сприяють перлітизації так само, як і зниження в ньому кремнію. Але виготовлення гальмівних колодок з таких чавунів ускладнюється можливістю отримання відбілу чавуну колодок при незначній зміні в технології або хімічному складі.

Найбільше застосування при виробництві гальмівних колодок отримав фосфористий чавун. Особливістю фосфору як легувального елемента є можливість регулювання кількості в чавуні фосфідів заліза (Fe₃P) пропорційно кількості в чавуні фосфору. Чим вищий в чавуні вміст фосфору, тим вище зносостійкість чавуну і його коефіцієнт тертя.

Композиційні гальмівні колодки застосовують на всіх вантажних, а також на пасажирських вагонах, які експлуатуються при швидкостях понад 120 км/год. Їх виготовляють за певною технологією з асбокаучукових матеріалів з додаванням бариту, сажі та вулканізуючого складу методом напресовки на металевий каркас. Вони в 3-5 разів більше зносостійкі, ніж чавунні, що відповідно знижує обсяг робіт по заміні і регулюванню важільних передач, і володіють підвищеними стабільністю і величиною коефіцієнта тертя щодо швидкості руху. Це збільшує гальмівну ефективність поїздів, полегшує гальмівну важільну передачу і зменшує витрату стисненого повітря, витраченого на гальмування завдяки зниженим зусиллям, що розвиваються в ній, поліпшує керованість поїздів і невичерпність їх гальмівних систем.

Також композиційні колодки легше чавунних і їх вартість також нижче. Завдяки меншій масі (приблизно в 3 рази) і меншій частоті зміни колодок (в 3 – 5 раз) полегшує трудоемність обслуговування тормозної системи вагона. Також слід відмітити, що композиційні колодки характеризуються більш високим коефіцієнтом тертя і менше залежать від швидкості гальмування. Композиційні гальмівні колодки забезпечують більш плавне й тихе гальмування. Такими є основні переваги композиційних гальмівних колодок.

До недоліків цих колодок відносяться поганий відвід тепла і, як наслідок, несприятливі температурні режими на поверхні кочення коліс, що викликають їх ушкодження у вигляді наварів, зрушень металу, мікротріщин і т.д. (рис. 1). Їх не застосовують на бандажних (локомотивних) колесах через перегрів, ослаблення і можливого сповзання бандажа. Крім цього, при зволоженні, особливо в зимовий період через заметілі і снігопади, композиційні колодки звожуються і замерзають, що сприяє виникненню дефектів на поверхні кочення коліс. Таким чином композиційні колодки не являються універсальним заміником чавунних гальмівних колодок [3].



Рис. 1. Дефекти на поверхні катання коліс

Чавунні колодки з підвищеним вмістом фосфору (до 1,5%) на 25-30% більше зносостійкі, ніж стандартні, мають більш високий і стабільний коефіцієнт тертя, але іскрять при гальмуванні. Їх використовують в основному на електропоїздах.

Позитивний вплив на зносостійкість вмісту фосфору в чавуні колодок спостерігається при Р до 1,7%. При подальшому збільшенні вмісту Р підвищується його хрупкість та іскроутворення.

Додатковий вміст легувальних елементів в колодках виготовлених з цих чавунів може позитивно вплинути на фрикційні характеристики колодок, але

дуже суттєвим є розроблення чавуну з зазначенням вузького діапазону вмісту легувальних елементів [3]. Тому що при широкому діапазоні вмісту легувальних елементів можна кожен раз отримувати різну структуру, а значить і різні властивості чавуну, що в свою чергу означатиме не стабільність технологічного процесу і, як наслідок, не матиме перспективи. За допомогою легуючих елементів можна підвищити експлуатаційні характеристики чавунної гальмівної колодки.

Титан та ванадій утворюють в структурі дрібнодисперсні карбіди і нітриди і сприяють підвищенню твердості та зносостійкості чавуну.

Марганець, хром та молібден сприяють перлітизації структури чавуну і підвищують його твердість та зносостійкість, а також можуть впливати на утворення легованого евтектичного цементиту під час кристалізації.

Нікель та мідь сприяють перлітизації і не впливають на утворення цементиту. Перлітизації також сприяють миш'як та олово.

Виходячи з аналізу вище зазначеного легуючі елементи, які погано впливають на теплопровідність чавуну мають позитивний вплив на його зносостійкість, тому потрібно або оптимізувати вміст легуючих елементів з отриманням максимально можливих теплопровідності і зносостійкості, або розробити біметалеву основу з поєднанням двох різних чавунів.

Перспективні гальмівні колодки. Одним з нових і досить перспективним матеріалом є *титанові сплави та композити*. Гальмівні елементи на їх основі мають значний потенціал щодо зменшення ваги і підвищення їх корозійної стійкості до впливу мокрого бруду в зимовий період. При тих самих розмірах колодка з титану має меншу вагу порівняно з чавунною на 37%, а також дана колодка має вищу міцність при підвищених температурах [4]. При дослідженні гальмівних колодок з цих сплавів отримано коефіцієнт тертя в межах (0,35...0,55), що є звичайним показником для гальмування. Але деякі титанові сплави показали більш високий коефіцієнт тертя та окрім цього ефективність їх гальмування не знижувалась з підвищенням температури.

Fe-Cu-Cr-графітові спечені матеріали, це новий клас матеріалів з якого сьогодні виготовляють колодки залізничному рухомого складу для заміни звичайних чавунних колодок, з метою зменшення шуму при гальмуванні [5]. Випробування цих сплавів показують, що шорсткість зменшується більш ніж в 10 раз. Але даний спечений сплав має меншу зносостійкість із-за меншої міцності на зсув, до якої призводить низька теплопровідність даного сплаву.

Карбід-кремнієвих фільтри в чавунних композиційних гальмівних колодках. Чавунні композиційні гальмівні колодки, що містять в собі карбід-кремнієві (SiC) керамічні фільтри (рис. 2) були розроблені для підвищених швидкостей в звичайних поїздах. Тим не менш є припущення, що вони сприятимуть термічним навантаженням оскільки ці фільтри набагато твердіші ніж чавун. Потрібно зменши-

ти їх вплив на поверхню кочення при цьому залишивши високі характеристики тертя при високих швидкостях руху.

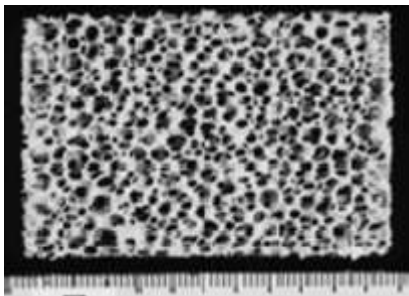


Рис. 2. Фотографія фільтру [6]

В роботі [6] було проведено перевірку на повномасштабному стенді чавунних композиційних гальмівних колодок в яких кількість фільтрів і частка SiC в фільтрі були різними (рис. 3). Такі колодки були розроблені так щоб забезпечити високу ефективність гальмування на підвищених швидкостях руху навіть за умови зменшення площі SiC на поверхні тертя.

Дуже значним є виявлення того факту, що температура гальмівної колодки зв'язана з коефіцієнтом тертя і включення SiC фільтрів в гальмівну колодку запобігає підвищенню температури і збільшує коефіцієнт тертя.

Чавунні литі гальмівні колодки зі зменшеним вмістом нікелю та молібдену, що містять пінокераміку. Для високошвидкісних поїздів північної частини Японії розроблені литі чавунні колодки які мають зменшений вміст нікелю (Ni) та молібдену (Mo). Зменшення вмісту Ni та Mo є дуже важливим питанням, оскільки ці два метали є рідкісними і як наслідок мають високу вартість. Але слід відзначити, що Ni та Mo відіграють важливу роль в підвищенні коефіцієнту тертя та зменшенні зносу гальмівних колодок при високих швидкостях. Відомі чавуни з піно-керамічними вставками (рис. 4) зі зменшеним вмістом Ni та Mo. Тестування цих гальмівних колодок в реальних умовах показали гарні результати [7]. Тому, запозичення досвіду введення в литі чавунні гальмівні колодки порошоків може суттєво допомогти в розробленні універсальної гальмівної колодки.

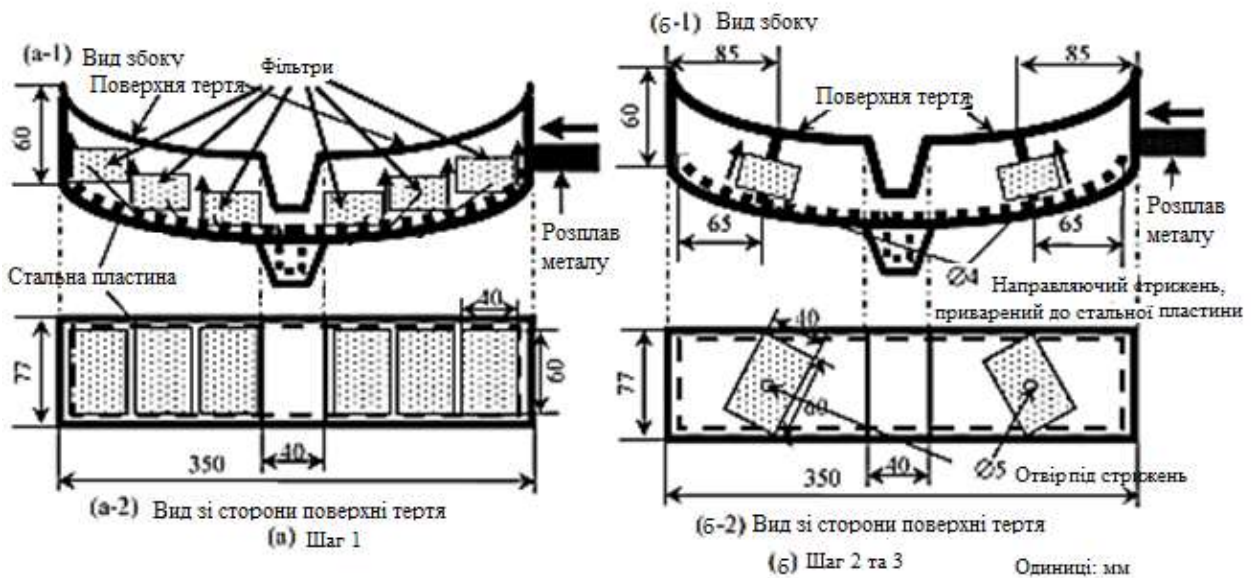
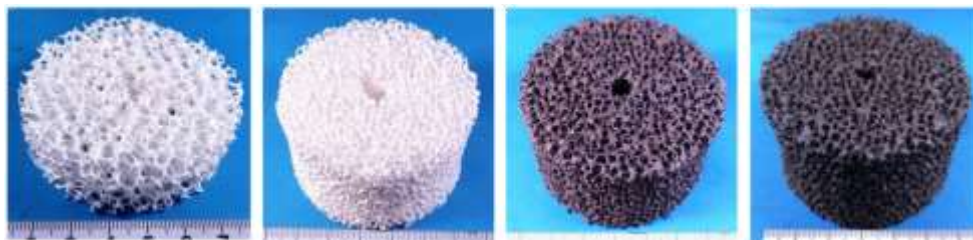


Рис. 3. Структура гальмівної колодки з фільтрами [6]



а

б

в

г

Рис. 4. Піно-керамічні вставки в матеріал чавуну:

а – алюміній + AlPO₄; б – алюміній; в – титанат алюмінію; г – карбід кремнію [7]



Рис. 5. Схема по отриманню оптимального варіанту конструкції гальмівної колодки для конкретного рухомого складу

Результати. Для оцінки сукупності всіх факторів, що впливають на розробку універсальної гальмівної колодки авторами була розроблена цільова функція. Фізичне значення якої полягає в наступному: відведення тепла під час гальмування і оптимізація коефіцієнту тертя повинні наближатися до максимуму ($f_1(Q, f_{\text{тр}}) \rightarrow \max$), в той час як знос пари «колесо-колодка», екологічна безпека, собівартість повинні наближатися до мінімуму ($f_2(U, E, C) \rightarrow \min$) (рис. 5):

$$\Psi(f_1, f_2) = \frac{f_1(Q, f_{\text{тр}}) \rightarrow \max}{f_2(U, E, C) \rightarrow \min} \rightarrow \max,$$

де Q – обсяг відведеного тепла; $f_{\text{тр}}$ – коефіцієнт тертя; – величина зносу робочих поверхонь трибо-системи; E – рівень екологічної безпеки; C – собівартість виготовлення та експлуатації гальмівної колодок.

Висновки. На сьогодні відомо значна кількість науково-технічних робіт по розробленню нових матеріалів і вдосконаленню вже існуючих гальмівних колодок для залізничного рухомого складу. Для якісної оцінки перспективних конструкцій фрикційних елементів гальмівної системи та прогнозування найвигіднішої запропонована цільова функція по отриманню оптимального варіанту конструкції та матеріалу гальмівної колодки для конкретного рухомого складу, розробка якої отримана на основі аналізу матеріалів та характеристик фрикційних елементів гальмівних систем.

Література

1. Асадченко В.Р. Автоматические тормоза подвижного состава / В.Р. Асадченко // Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. М.: Маршрут, 2006. - 392 с.

2. Худокормов Д. А. Повышение прочности и теплопроводности чугуна путём управления процессами формирования его структуры : дис. канд. техн. наук : 05.16.04 / Худокормов Дмитрий Андреевич – Минск, 2000. – 144 с.
3. Неижко И. Г. Тормозные колодки железнодорожного транспорта / И. Г. Неижко, В. Л. Найдек, В. П. Гаврилюк. – Киев, 2009. – 121 с. – (ГП "Редакция журнала "Охрана труда").
4. Tribological investigation of titanium-based materials for brakes / Peter J. Blau, Brian C. Jolly, Jun Qu та ін.] // Wear. – 2007. – №263. – С. 1202–1211.
5. Tribological study of Fe–Cu–Cr–graphite alloy and cast iron railway brake shoes by pin-on-disc technique / C. Ferrer, M. Pascual, D. Busquets, E. Rayón. // Wear. – 2010. – №268. – С. 784–789.
6. Influence of silicon carbide filters in cast iron composite brake blocks on brake performance and development of a production process / T. Miyachi, T. Tsujimura, K. Handa та ін.] // Wear. – 2009. – №267. – С. 833–838.
7. Friction and wear performance of nickel and molybdenum-reduction cast iron composite brake blocks including ceramic foams / T. Miyachi, J. Nakayama, N. Fujiwara та ін.] // Wear. – 2012. – №302. – С. 1436–1443.

References

1. Asadchenko V.R. Avtomaticheskie tormoza podvizhnogo sostava / V.R. Asadchenko // Uchebnoe posobie dlja vuzov zh.-d. transporta. M.: Marshrut, 2006. - 392 s.
2. Hudokormov D. A. Povyshenie prochnosti i teploprovodnosti chuguna putjom upravlenija processami formirovanija ego struktury : dis. kand. tehn. nauk : 05.16.04 / Hudokormov Dmitrij Andreevich – Minsk, 2000. – 144 s.
3. Neizhko I. G. Tormoznye kolodki zheleznodorozh-nogo transporta / I. G. Neizhko, V. L. Najdek, V. P. Gavriljuk. – Kiev, 2009. – 121 s. – (GP "Redakcija zhurnala "Ohrana truda").

4. Tribological investigation of titanium-based materials for brakes / Peter J. Blau, Brian C. Jolly, Jun Qu та ін.] // Wear. – 2007. – №263. – С. 1202–1211.
5. Tribological study of Fe–Cu–Cr–graphite alloy and cast iron railway brake shoes by pin-on-disc technique / C. Ferrer, M. Pascual, D. Busquets, E. Rayón. // Wear. – 2010. – №268. – С. 784–789.
6. Influence of silicon carbide filters in cast iron composite brake blocks on brake performance and development of a production process / T. Miyauchi, T. Tsujimura, K. Handa та ін.] // Wear. – 2009. – №267. – С. 833–838.
7. Friction and wear performance of nickel and molybdenum-reduction cast iron composite brake blocks including ceramic foams / T. Miyauchi, J. Nakayama, N. Fujiwara та ін.] // Wear. – 2012. – №302. – С. 1436–1443.

Ямшинский М.М., Назаренко В.С., Кравченко Е.А.
Анализ тормозных колодок и пути оценки их перспективных конструкций.

В данной статье представлены результаты анализа фрикционных элементов тормозной системы. Установлено, что тормозные колодки разделяют на категории по типу материала, из которого они сделаны и формой исполнения. Согласно первой выпускаются три вида колодок: чугунные стандартные, композиционные и чугунные с повышенным содержанием фосфора (фосфористые). По результатам анализа оценены существующие и перспективные фрикционные материалы для изготовления тормозных колодок. К перспективным материалам следует отнести: титановые сплавы, Fe-Cu-Cr-графитовые спеченные материалы, SiC фильтры, чугунные колодки содержащие пенокерамику. На основе проведенного анализа материалов и характеристик фрикционных элементов тормозных систем разработана целевая функция, которая позволяет подбирать наиболее выгодный вариант конструктивного исполнения тормозной колодки для конкретного подвижного состава. Физическое значение целевой функции заключается в следующем: отвод тепла при торможении и оптимизация коэффициента трения должны приближаться к максимуму, в то время как износ пары «колесо-колодка», экологическая безопасность, себестоимость должны приближаться к минимуму.

Ключевые слова: тормозные чугунные колодки, тормозные композиционные колодки, пенокерамика, карбид-кремниевые фильтры, теплопроводность, износостойкость.

Yamshinsky M., Nazarenko V., Kravchenko K.
Analysis of the brake pads and the ways of assessing their perspective designs.

This article presents the results of the analysis of the friction brake system. It has been established that the brake pads are separated into categories based on the type of material from which they are made and the shape of performance. According to the first available three types of pads: gray cast iron composite and cast iron with a high content of phosphorus (phosphorous). According to the analysis evaluated estimate existing and perspective friction materials for the manufacture of brake pads. Promising materials include: titanium alloys, Fe-Cu-Cr-graphite sintered materials, SiC filters, iron pads which containing ceramic foam. Based on the analysis of materials and characteristics of friction elements of brake systems, developed the objective function, which allows to choose the most profitable option of embodiment of brake pads for specific vehicles. The physical significance of which in the following: heat dissipation during braking and optimization of the coefficient of friction should approach to the maximum, while wear a pair of "wheel-block", environmental safety, the cost should approach to the minimum.

Keywords: iron brake pads, composite brake pads, ceramic foams, SiC filters, heat conduction, wear resistance.

Ямшинський М.М. – к.т.н., доцент кафедри «Ливарного виробництва чорних та кольорових металів та сплавів» НТУУ «КПІ».

Назаренко В.С. – аспірант кафедри «Ливарного виробництва чорних та кольорових металів та сплавів» НТУУ «КПІ», начальник НДВ матеріалознавства ДП «ДНДЦ УЗ».

Кравченко К.О. – к.т.н., доцент кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

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

Стаття подана 01.04.2015

УДК 629.4.05

АНАЛИЗ СИСТЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

Белецкий Ю.В., Мирошникова М.В., Сергиенко А.В.

ANALYSIS INTERACTION BETWEEN DIFFERENT SYSTEMS OF TRANSPORT THROUGH THE DEVELOPMENT TRANSPORT AND LOGISTICS CHAINS IN MULTIMODAL TRANSPORT

Beletsky Y., Miroshnykova M., Sergienko A.

В статье приведен анализ систем взаимодействия различных видов транспорта на основе формирования транспортно-логистических цепей при мультимодальных перевозках. Освещены проблемы взаимодействия транспортных организаций с хозяйственными субъектами рынка. В работе были поставлены основные задачи исследований и приведены факторы взаимоотношений между хозяйствующими субъектами рынка (грузовладельцами) и перевозчиками. Определены основные задачи совершенствования транспортного комплекса страны. Выполнен анализ и дана классификация основных задач, которые решает современная транспортная логистика.

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, взаимодействие видов транспорта, логистика, задачи исследований.

Введение. Современная транспортная система переживает в настоящее время второй этап реформирования. Если в начале 90-х годов прошлого века этот процесс связан с разгосударствлением автомобильного, воздушного и водного транспорта, то с 2010 года, это коснулось и железнодорожного транспорта. Необходимо отметить, что в 90-е годы была создана рыночная среда в сфере транспортных услуг, но полноценного транспортного рынка создано не было.

Связано это с тем, что железнодорожный транспорт, как основной участник движения товаров в Украину был государственным. До этого с началом реформирования железнодорожного транспорта начался следующий этап реформирования всей транспортной системы страны. Однако формы взаимодействия транспортных организаций с хозяйственными субъектами рынка (грузовладельцами) в тот период принципиально отличались от современных требований рынка.

Постановка проблемы. В настоящее время основным потребителем транспортных услуг является не государство, а грузовладелец, который ориентирован на выбор вида транспорта и условий перевозки соответствующих его критериям преимущества. В условиях конкуренции в сфере транспортных услуг наиболее востребованным является тот вид транспорта и тот перевозчик, который в наибольшей степени предлагает комплекс услуг, основанных на принципах доставки груза «от двери до двери» и «точно в срок». Кроме того, реформирование железнодорожного транспорта выявило много вопросов, связанных с его дальнейшим функционированием, как в области внутриотраслевой конкуренции, так и взаимоотношений с другими видами транспорта.

Еще одна актуальная проблема заключается в том, что железнодорожный транспорт, являясь основой украинских участков международных транспортных коридоров, испытывает значительное конкурентное давление со стороны железнодорожного транспорта зарубежных стран, предлагающих альтернативные маршруты перевозок.

Анализ последних исследований и публикаций. Актуальная проблема заключается в том, что железнодорожный транспорт, являясь основой украинских участков международных транспортных коридоров, испытывает значительное конкурентное давление со стороны железнодорожного транспорта зарубежных стран, которые предлагают альтернативные маршруты перевозок. Разработка методологических подходов, теоретических положений и методических рекомендаций, направленных на решение данных проблем, и составляет содержание данного исследования.

Исследованиям проблем управления процессами перевозок с участием различных видов транспорта посвящены труды проф. Акулиничева В.М., Ан-

ненкова А.В., Апатцева В.И., Винокурова В.Г., Гагарского Э.А., Галахова В.И., Горбатого М.М. и других ученых.

Цель. Целью исследования является разработка методологических подходов, теоретических положений и методических рекомендаций по проектированию систем взаимодействия различных видов транспорта на основе формирования транспортных логистических цепей при мультимодальных перевозках [1].

Результаты исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач исследования:

- Определить содержание транспортной логистики как функциональной области;

- Выполнить систематизацию функций перевозчиков в рамках логистики;

- Исследовать роль и место грузового и транспортного потоков с целью максимальной адаптации перевозчиков к транспортно-логистической деятельности в рамках управления материальным потоком;

- Провести анализ современных подходов к организации товародвижения, выполнить классификацию транспортно-логистических участников рынка товародвижения;

- Исследовать алгоритм формирования логистических цепей хозяйственных субъектов рынка с целью выявления места транспортной логистики в процессе доведения товаропотока от производителя к потребителю;

- Разработать и описать математическую модель формирования транспортного логистической цепи в прямом железнодорожном сообщении.

- Разработать принципы формирования, структуру и технологию функционирования региональных транспортно-логистических центров как координаторов мультимодальных перевозок в рамках систем взаимодействия различных видов транспорта.

В условиях рыночной экономики взаимоотношения между хозяйствующими субъектами рынка (грузовладельцами) и перевозчиками принципиально изменились, основанные на таких факторах [2]:

- Создан потребительский рынок транспортных и других логистических услуг, в которых приоритет выбора вида транспорта и транспортной схемы принадлежит покупателю его услуг, а не планирующим органам, которые централизованно прикрепляли производителей к различным перевозчикам;

- Возникла необходимость изучения спроса на транспортные и другие логистические услуги, которые должны действовать не для грузоотправителей вообще, а с учетом их сегментации: по роду груза, дальности перевозки, количества перевозимого груза и др.;

- Разработка мероприятий по повышению конкурентоспособности транспортной организации должна строиться именно с учетом сегментации рынка, а не для среднестатистического грузоотправителя, так как требования клиентов, их критерии пред-

почтения к качеству перевозок в различных сегментах отличаются. Привлекательность любого вида транспорта должна обеспечиваться за счет удовлетворения потребностей покупателей транспортных услуг и создания таких условий, при которых материальный поток доводится до обычного потребителя с минимальным участием грузовладельца.

Основной задачей совершенствования транспортного комплекса страны с целью обеспечения его адекватности современным условиям являются следующие [3]: первая - техническая: необходимость соответствия развития народного хозяйства и объема транзитных товаропотоков с целью обеспечения наличных и перспективных потребностей в перевозках, вторая - конкурентная: направленность на удовлетворение потребностей пользователей транспортных услуг не только в перевозках, но и в качестве исполнения, третья - глобально-логистическая: Развитие инновационных технологий взаимодействия различных видов транспорта, как условия интеграции транспортного комплекса Украины в международную транспортно-логистическую систему товародвижения.

Основные задачи стоящие перед транспортными организациями, предусматривают снижение стоимости перевозок, улучшение их качества, сокращение сроков доставки, сочетание на рынке транспортных услуг всех видов современного транспорта на основе нормальной межвидовой и внутривидовой конкуренции, их координации при смешанных перевозках, создание в транспортной отрасли общего информационного пространства.

Транспортная логистика решает большой круг задач, среди которых в качестве основных можно выделить:

- выбор способа транспортировки и транспортного средства;

- определение рациональных маршрутов доставки;

- совместное планирование транспортных процессов на различных видах транспорта (в случае смешанных перевозок).

Выводы. Все вышесказанное позволяет сделать следующие выводы:

С точки зрения грузовладельца (менеджера-логиста предприятия) транспортная логистика, это в первую очередь, возможность выбора способа транспортировки и транспортного средства, а также определение маршрутов доставки, обеспечивающих удовлетворение его критериев. С точки зрения перевозчика это наличие технологий перевозочного процесса, а также соответствующих технических и транспортных средств, обеспечивающих его необходимость при формировании конкретной транспортно-логистической цепи. В работе были поставлены основные задачи исследований и приведены факторы взаимоотношений между хозяйствующими субъектами рынка (грузовладельцами) и перевозчиками. Выполнен анализ и дана классификация основных

задач, которые решает современная транспортная логистика.

Л и т е р а т у р а

1. Апатцев В.И., Левин С.Б., Николашин В.М и др. Логистические транспортно-распределительные системы: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. В.М. Николашина. - М.: Издательский центр «Академия», 2003.-304 с.
2. Михайлов Е. Рынок перевозок: целевая модель. / Е. Михайлов // РЖД-Партнер. - 2006. - №7. - С.6.
3. Миروتина Л.Б. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов / М.: Издательство «Экзамен», 2003. - 512 с.

R e f e r e n c e s

1. Apattsev V., Levin C., Nikolashin V. et al. Transportation freight distribution systems: Textbook for students. Executive. Proc. institutions / Ed. V. Nikolashina. - M.: Publishing Center "Academy", 2003.-304 with.
2. E. Mikhailov transportation market: the target model. / E. Mikhailov // RZD-Partner. - 2006. - №7. - С.6.
3. Mirotina L. Transport Logistics: Textbook for transport universities / M.: Publisher "Exam", 2003. - 512 p.

Білецький Ю.В., Мірошникова М.В., Сергієнко А.В. Аналіз систем взаємодії різних видів транспорту на основі формування транспортно-логістичних ланцюгів при мультимодальних перевезеннях.

У статті наведено аналіз систем взаємодії різних видів транспорту на основі формування транспортно-логістичних ланцюгів при мультимодальних перевезеннях. Висвітлено проблеми взаємодії транспортних організацій з господарськими суб'єктами ринку. У роботі були поставлені основні завдання досліджень і наведені фактори взаємовідносин між господарюючими суб'єктами ринку (вантажовласниками) і перевізниками. Визначено основні завдання вдосконалення транспортного комплексу країни.

Виконано аналіз і дана класифікація основних завдань які вирішує сучасна транспортна логістика.

Ключові слова: мультимодальні перевезення, взаємодія видів транспорту, логістика, завдання досліджень.

Beletsky Y., Miroshnykova M., Sergienko A. Analysis interaction between different systems of transport through the development transport and logistics chains in multimodal transport.

The article provides an analysis systems interaction of different transport modes on the basis formation transport and logistics chains in multimodal transport. The problems interaction between transport organizations with shopping in the market place. In this work have been put basic research tasks and shows the factors of the relationship between economic entities the market (shippers) and carriers. The main task improving the transport sector country. The analysis and a classification of the main tasks that solves modern transport logistics. The main problem facing the transport organizations, aimed to reduce transportation costs, improve quality, reduce delivery times, the combination transport market all kinds modern transport on the basis of normal interspecies and intraspecies competition, their coordination in multimodal transport, the creation transport industry a common information space.

Keywords: multimodal interaction, modes of transport, logistics, research problems.

Білецький Ю.В. – ст. викл. кафедри “Логістичне управління та безпека руху на транспорті”, СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Мірошникова М.В. – аспірант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Сергієнко А.В. – магістрант кафедри “Логістичне управління та безпека руху на транспорті”, СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 629.4-592

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВЕНТИЛЬОВАНОМУ ГАЛЬМОВОМУ ДИСКУ З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Горбунов М.І., Просвірова О.В., Ноженко В.С., Ковтанець М.В., Кравченко К.О.

THE STUDY OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN RAILWAY VENTILATED BRAKE DISK CONSIDERING THE PARAMETERS OF AIRFLOW

Gorbunov N., Prosvirova O., Nozhenko V., Kovtanec M. Kravchenko K.

В статті наводиться аналіз факторів конвективного теплообміну у гальмовому диску під час гальмування. Розглядається методика розрахунку швидкості руху повітря на поверхні гальмового диска з урахуванням параметрів руху повітряного потоку. Досліджується залежність відносної швидкості руху повітря на поверхні гальмового диска від швидкості руху залізничного транспортного засобу. Визначається коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, який залежить від стану потоку газу, його фізичних властивостей, температури та геометрії обмежуючих поверхонь.

Ключові слова: гальмовий диск, конвекція, швидкість повітряного потоку.

Вступ. Циркуляційна система гальмового диска призначена для поліпшення охолодження гальмового диска завдяки руху повітря через вентиляційні канали диска і забезпечує великі можливості для конвективного відводу тепла.

Повітря, нагріте поверхнею гальмового диску транспортується від нього за допомогою повітряного потоку в цій області і замінюється більш холодним повітрям. Тепловідведення підвищується зі збільшенням різниці температур між гальмовою поверхнею і навколишнім повітрям.

Потік повітря має безпосередній вплив на коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, зі збільшенням швидкості повітря, коефіцієнт збільшується. Залізничні вентиляційні дискові гальма обертаються з високою швидкістю, що характеризується високою потужністю подачі повітря. Ці явища є дуже впливовими; один вентиляційний диск з радіальними лопатками вимагає значну додаткову потужність тільки для обертання. Аналіз потоку повітря у гальмовому диску необхідний для того, щоб краще зрозуміти та удосконалити цей процес, який має ключове значення для охолодження гальмових фрикційних поверхонь.

Постановка проблеми. Охолоджуваність гальмового диска визначається його матеріалом, формою та іншими чинниками. У вентиляційному апараті гальмового диска під час гальмування відбувається значне підвищення температури повітря, і, таким чином, на внутрішніх елементах диска виникає термічний стрес [1, 2]. Найвищу температуру під час гальмування має фрикційна поверхня диска [3].

Під час гальмування швидкість повітряного потоку висока, і конвективний теплообмін впливає на температуру гальмового диска. Таким чином, коефіцієнт тепловіддачі конвекцією гальмового диска стає одним з ключових параметрів моделювання теплової потужності залізничного гальмового диска. Швидкість повітря в одній точці на поверхні гальмового диска залежить від швидкості поїзда і лінійної швидкості обертання диска [4, 5]. У реальному процесі гальмування при високій швидкості поїзда кути між швидкістю поїзда і лінійною швидкістю обертання кожної точки змінюються. Отже, виникає необхідність у еквівалентному коефіцієнті швидкості руху повітря.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В дослідженнях останніх років широко розкривається питання термічних стресів та газодинаміки вентиляційних дискових гальм. В роботах [6 - 8] наводяться результати комп'ютерного моделювання термодинамічних процесів, які відбуваються у дискових гальмах під час руху та гальмування. Але наявні в сучасних дослідженнях аналітичні залежності потребують аналізу та удосконалення з метою отримання можливості визначати та враховувати вплив параметрів руху повітряного потоку.

Ціль статті. Аналіз факторів конвективного теплообміну у гальмовому диску під час гальмування. Визначення коефіцієнту тепловіддачі конвекцією, що враховує швидкість руху повітря на поверхні диска.

Результати досліджень. Опишемо рівняння теплопровідності з граничними умов для розрахунку коефіцієнту тепловіддачі конвекцією, що враховує відносну швидкість повітря у гальмовому диску.

Коефіцієнт конвекції не залежить від матеріалу, але залежить від стану потоку рідини або газу, його фізичних властивості, температури та геометрії обмежуючих поверхонь. Поверхня гальмового диска у розрахунках теплопереносу приймається еквівалентною площині [6]:

$$\alpha = 0.664 \left(\frac{v_{\infty} L}{\gamma} \right)^{\frac{1}{2}} \text{Pr}^{\frac{1}{3}} \frac{\lambda_{\alpha}}{L},$$

де Pr - константа Прандтля;

λ_{α} - теплопровідність повітря, Вт/(м•К);

L - це довжина обмежуючої поверхні, м;

v_{∞} - швидкість повітря відносно гальмового диска, м/с;

γ - кінематична в'язкість повітря, м²/с.

Згідно моделі круглих труб зі схрещенням повітряного потоку, коефіцієнт конвекції до радіальних ребер обчислюється за наступною формулою:

$$\alpha = 0.248 \left(\frac{v_{\infty} d}{\gamma} \right)^{0.606} \text{Pr}^{0.38} \frac{\lambda_{\alpha}}{d},$$

де d - діаметр охолоджуваного циліндра, м.

Ігноруючи температуру гальмового диска, приймаючи її за температуру навколишнього середовища, вважаємо параметри γ , Pr , λ_{α} константами, тоді α залежить тільки від L та v_{∞} . Оскільки поле течії навколо обертового гальмового диска складне, швидкість руху повітря слід визначати окремо на зовнішній та внутрішній поверхнях фрикційного диска.

Швидкість руху повітря на зовнішній поверхні гальмового диска.

Рух гальмового диска - це синтез руху колеса з плоскою динамікою поїзда і його власного обертання, тому швидкість повітря в точці на поверхні гальмового диска розраховується як синтез швидкості руху залізничного транспортного засобу і лінійної швидкості обертання, ω - це кутова швидкість гальмового диску, як показано на рисунку 1.

У окремий момент часу швидкості руху повітря в різних точках диску відрізняються одна від одної, але вони є симетричними відносно вертикальної площини, радіус диска є незмінним. При циклічній зміні швидкості руху повітря в будь-якій точці, швидкість повітря у будь-якій точці на однаковому радіусі розглядається як змінна тільки по швидкості.

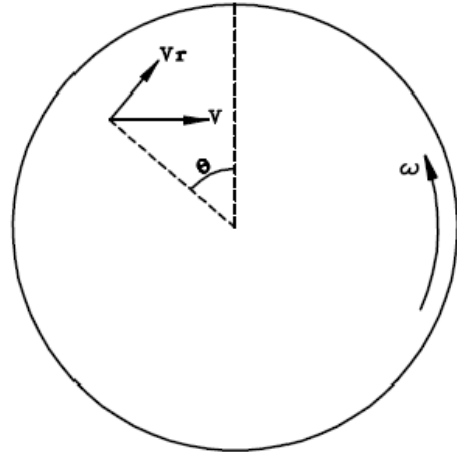


Рис. 1. Розрахункова схема відносної швидкості повітря

Еквівалентна швидкість руху повітря на одному радіусі може бути розрахована за формулою:

$$v_{\infty} = \int_0^{\pi} \sqrt{(v + \omega r \cos \theta)^2 + (\omega r \sin \theta)^2} d\theta / \pi,$$

де v - швидкість руху поїзда, м/с;

ω - кутова швидкість колеса, рад/с;

r - радіус точки на гальмовому диску, м;

θ - кут, як показано на рис. 1.

Так як швидкість руху повітря навколо всього диска симетрична відносно вертикальної площини, необхідно проводити розрахунки для одного з фрикційних дисків.

Наприклад, для $v = 350$ км/год, $r = 0.32$ м, θ змінюється від 0 до 2π [7], графік швидкості руху повітря показано на рис. 2; для $r = 0.175$ м - на рис. 3.

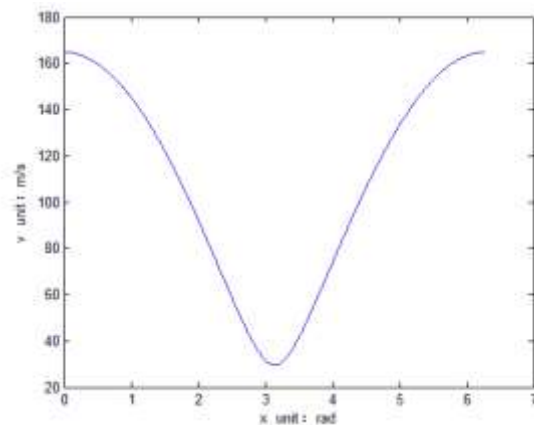


Рис. 2. Графік швидкості руху повітря навколо зовнішньої поверхні гальмового диска при $r = 0.32$ м

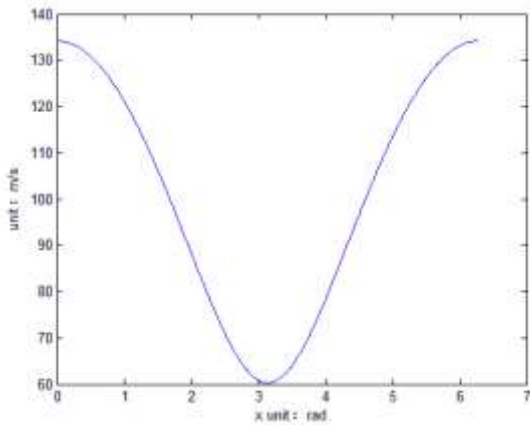


Рис. 3. Графік швидкості руху повітря навколо зовнішньої поверхні гальмового диска при $r=0.175$ м

Враховуючи, що

$$\omega = \frac{v}{R},$$

де R - радіус колеса, підставимо ω в формулу для v_∞ :

$$v_\infty = v \int_0^\pi \sqrt{1 = 2 \frac{r}{R} \cos \theta + \left(\frac{r}{R}\right)^2} d\theta / \pi.$$

Згідно до одержаної формули, еквівалентна швидкість руху повітря для заданого радіуса залежить тільки від швидкості руху транспортного засобу.

Позначимо коефіцієнтом еквівалентної швидкості руху повітря наступний вираз:

$$k = \int_0^\pi \sqrt{1 = 2 \frac{r}{R} \cos \theta + \left(\frac{r}{R}\right)^2} d\theta / \pi,$$

$$v_\infty = vk.$$

Числове значення та графік коефіцієнта еквівалентної швидкості руху повітря отримується чисельним інтегруванням.

На рис. 4 наведено графік залежності коефіцієнту k від радіуса r .

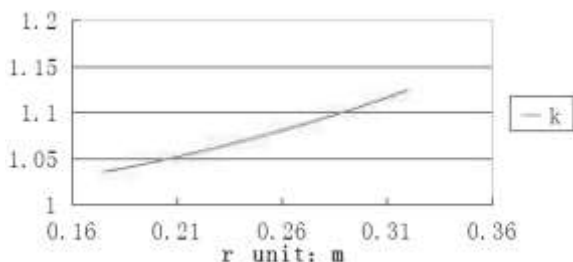


Рис. 4. Коефіцієнт еквівалентної швидкості руху повітря

Швидкість руху повітря на внутрішній поверхні гальмового диска.

Геометрична структура внутрішньої поверхні гальмового диска значно складніша за зовнішню через наявність вентиляційного апарату, тому опис повітряного потоку відрізняється. У розрахунках руху повітря у вентиляційному апараті відносна швидкість руху повітря v_∞ замінюється швидкістю руху поїзда v .

Висновки. Таким чином, запропоновано методику розрахунку швидкості руху повітря на поверхні гальмового диска з урахуванням параметрів руху повітряного потоку. Одержаний коефіцієнтом еквівалентної швидкості руху повітря виражає залежність відносної швидкості руху повітря на поверхні гальмового диска від швидкості руху залізничного транспортного засобу. Одержані результати дозволяють враховувати параметри руху повітряного потоку при обчисленні коефіцієнта тепловіддачі конвекцією.

Література

1. Ву Менлін. Обчислення та аналіз температурних полів та полів напружень гальмівного диска на квазі-високошвидкісного потягу (1). Рухомий Склад, 1995, 9, Т. 33, С. 6-8.
2. Ву Менлін. Обчислення та аналіз температурних полів та полів напружень гальмівного диска на квазі-високошвидкісного потягу (2). Рухомий Склад, 1995, 10, Т. 33, С. 35-38.
3. Дінг Цюнь, Се Цзілун. Температурні поля та поля напружень гальмівного диска на основі 3-вимірної моделі. Журнал китайського залізничного Товариства, 2002, 12, том 24, випуск № 6, С. 35-38.
4. Делін Чень, Чжан Чіанву, Чжоу Пінг. МСЕ Аналіз термічних напруг гальмівних дисків високошвидкісних локомотивів. Журнал китайського залізничного Товариства. 2002, 4, Том 28, № 2, Стор. 39-43.
5. Янь Ін, Ван Ган. У перехідних температурних полів Моделювання гальмівного диска на основі 3-вимірної моделі. Комп'ютерне Моделювання, 2005, 10, Т. 22, № 10, С. 225-227.
6. Су Яхін. Передача тепла. Вид-во: університет науки і технологій Ухань:Хуажонге, 2009.
7. Сибьяо Ву. Теплове моделювання гальмівного диска високошвидкісного поїзда. 2-я Міжнародна конференція електронних і механічних інженерних та інформаційних технологій (ЕМЕІТ-2012), 145-149.
8. Мона, А. Г. Тепловий режим дискового гальма шахтного локомотива, Металургійна і горнорудна промисловість, №.4, с. 99-102.

References

1. Wu Mengling. The temperature field and stress field computation and analysis of brake disc based on quasi-high-speed train(1). Rolling Stock, 1995, 9, Vol 33, 6-8.
2. Wu Mengling. The temperature field and stress field computation and analysis of brake disc based on quasi-high-speed train(2). Rolling Stock, 1995, 10, Vol 33, 35-38.
3. Ding Qun, Xie Jilong. The temperature field and stress field computation of brake disc based on 3-dimension model. Journal of The China Railway Society, 2002, 12, Vol 24, No. 6, 35-38.

4. Chen Deling, Zhang Jianwu, Zhou Ping. FEM Thermal Stress Analysis of High-speed Locomotive Braking Discs. Journal of The China Railway Society. 2002, 4, Vol 28, No. 2, 39-43.
5. Yang Ying, Wang Gang. The Transient Temperature Field Simulation of Brake Disc Based on 3-Dimensional Model. Computer Simulation, 2005, 10, Vol 22, No. 10, 225-227.
6. Su Yaxin. Heat Transfer. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology Press, 2009.
7. Xiaobiao Wu. Heat Simulation of High-speed Train's Brake Disc Considering the Wind Speed of Disc Surface Influence on Convection Coefficient. 2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT-2012), 145-149.
8. Monia, A.G. (2003), "Thermal mode of a disk brake of the mine locomotive", Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost, no. 4, pp. 99-102.

Горбунов М.І., Просвірова О.В., Ноженко В.С., Ковтанець М.В., Кравченко К.А. Исследование конвективного теплообмена в железнодорожном вентилируемом тормозном диске с учетом параметров движения воздушного потока.

В статье приводится анализ факторов конвективного теплообмена в тормозном диске во время торможения. Рассматривается методика расчета скорости движения воздуха на поверхности тормозного диска с учетом параметров движения воздушного потока. Исследуется зависимость относительной скорости движения воздуха на поверхности тормозного диска от скорости движения железнодорожного транспортного средства. Определяется коэффициент теплоотдачи конвекцией, зависит от состояния потока газа, его физических свойств, температуры и геометрии ограничивающих поверхностей.

Ключевые слова: тормозной диск, конвекция, скорость воздушного потока.

Gorbunov N., Prosvirova O., Nozhenko V., Kovtanec M., Kravchenko K. The study of convective heat transfer in railway ventilated brake disk considering the parameters of airflow

The cooling capacity of brake disc is restricted by material, structure and other factors, so in the interior of brake disc there will be accumulation of heat during the braking process. The heat of accumulation increases the temperature, and therefore thermal stress is generated in the interior of disc. The highest temperature of the brake disc always appears in the friction surface during the braking process. On the other hand, when the high-speed train is braking, air velocity is large and convective heat has great impact on the temperature of brake disc, so transient convection coefficient of brake disk becomes one of the key parameters of high-speed train brake disk heat capacity simulation. The air velocity of one point at the surface of the brake disc is synthesis of train speed and rotation linear velocity, and by vertical angle in the previous computational result. In the real braking process of the high-speed train, the angles between the train speed and the rotation linear velocity of every point vary. In this paper, fitting and optimizing are based on the real situation, and the equivalent wind speed coefficient is given.

Keywords: brake disc, convection, air flow rate.

Горбунов М.І. – д.т.н., проф. кафедри залізничного транспорту СНУ ім. В. Даля.

Просвірова О.В. – асп. кафедри залізничного транспорту СНУ ім. В. Даля.

Ноженко В.С. – м.н.с. кафедри залізничного транспорту СНУ ім. В. Даля.

Ковтанець М.В. – с.н.с. кафедри залізничного транспорту СНУ ім. В. Даля.

Кравченко К.О. – асп. кафедри залізничного транспорту СНУ ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 626.223

МІНІМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ЗА РАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВАГОННОГО ПАРКУ

Черніков В.Д., Джуган А.М., Брагін М.І.

MINIMIZE OPERATING COSTS THROUGH OPTIMAL USE OF ROLLING STOCK

Chernikov V., Dzhuhan A., Bragin M.

У статті виконано аналіз процесів експлуатації вагонів на полігоні залізниць України, зокрема вагонів інвентарного парку УЗ і іновагонів, а також обґрунтовано актуальність проблеми підвищення їх ефективності, сформувано цілі і задачі дослідження. Для оптимального планування перевезення вантажів інвентарним вагонним парком і іновагонами розроблена модель, яка враховує і дозволяє вирішувати задачу ефективної експлуатації вагонних парків: різну ефективність перевезення вагонами інвентарного парку і іновагонами; витрати, пов'язані із задачею звільненого іновагону на міждержавний стик; різний як нормативний, так і розрахунковий час операцій з вагонами різного роду; обмеження на пропускну спроможність станцій; істотне підвищення платні за використання іновагону при введенні режиму термінового повернення; різницю в часі між моментом планування і моментом вантаження при введенні і знятті заборони на використання деяких категорій іновагонів.

Ключові слова: вагонопотік, вагонний парк, транспорт, експлуатаційні витрати.

Постановка проблеми. Найважливішим завданням управління експлуатаційною роботою залізничного транспорту є підвищення ефективності використання вагонного парку. Удосконалення управління експлуатаційною роботою, зменшення вартості транспортної складової в ціні продукції передбачено концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту. У зв'язку з тим, що експлуатація різних категорій вантажного вагонного парку регулюється окремими правилами і тарифами, резервом підвищення ефективності є урахування особливостей обліку і використання рухомого складу.

В теперішній час ефективне управління і експлуатація вагонних парків не можливі без застосування автоматизованих систем, зокрема системи керування вантажними перевезеннями АСК ВП УЗ.

Одним з ключових завдань оперативного управління вагонопотоками є планування розподілу порожніх вагонів по станціях навантаження. Для

вирішення завдання оптимального планування необхідно оцінити часові параметри руху вагонів через транспортну мережу. У задачі можуть бути використані як нормативні значення таких параметрів, так і значення, що враховують специфіку конкретного маршруту руху вагона. При вирішенні задачі прогнозування часу перебування деякого вагона на УЗ можливі різні постановки задач, обумовлені доступною інформацією і моделями процесів переробки вагонопотоків в транспортних вузлах залізниць. В якості інформаційної бази прогнозування можуть виступати:

- 1) повагонних моделювання (інформація ВМД)
- 2) узагальнені статистичні показники (добові звіти). Використання інформації різного об'єму і ступеня деталізації вимагає побудови різних моделей. [1, 2]

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В розробку задачі управління вагонопотоками значний вклад внесли вчені: Акулінічев В.М., Балч В.І., Бутько Т.В., Диканюк М.М., Д'яков Ю.В., Кудрявцев В.О., Негрей В.Я., Ратін Г.С., Угрюмов А.К., Тулупов Л.П., Шаров В.А. Для розв'язання задач щодо удосконалення систем оперативного управління вагонопотоками важливими є роботи Гусятинера О.М., Жуковського Є.М., Петрова О.П., Попсуєва А.В., Сміхова О.А., Тулупова Л.П., Харлановича І.В. Відмінна від вагонів інвентарного парку структура витрат на експлуатацію такої категорії вагонного парку, як іновагони, вимагає використання окремих методів і моделей. Рішенням задач ефективного управління вагонопотоками іноземних власників присвячені роботи Ковальова В.І., Осьмінна О.Т., Скалозуба В.В., Тишкіна Є.М., Феофілова А.Н. та ін.

Ефективна експлуатація вагонних парків, які мають особливості обліку і використання, зокрема іновагонів, представляє самостійну задачу, рішення якої приведе до істотного збільшення надходжень додаткових коштів при раціонально організованих

перевезеннях. Актуальною є проблема оптимальної за технологічними і економічними показниками сумісної експлуатації вантажних вагонів інвентарного парку і іновагонів на полігоні залізниць України.

Матеріали і результати дослідження. Кожен вагон має унікальні властивості, значення яких впливають на загальну ефективність використання вагонного парку. На кожній станції дислокації для зниження розмірності задачі вагони з «близькими властивостями» будемо об'єднувати в групи. Умови « близькості » властивостей розглянуті нижче. До властивостей необхідно віднести ті, які впливають на ефективність використання вагону: станція дислокації; рід рухомого складу (оскільки час обробки на станціях для вагонів різного роду відрізняється, а значить, відрізняється тривалість проходження маршруту і плата власнику іновагонах; рід впливає також і на часи навантаження і вивантаження); стан готовності вагона.

У моделі під перевезенням будемо розуміти рух вагона від станції навантаження до станції вивантаження, а для іновагонах і подальший рух в порожньому стані до міждержавного стику. На ефективність маршруту перевезення впливають такі характеристики: станція навантаження; станція вивантаження; рід вантажу, що визначає часи навантаження і вивантаження; рід вагона; для іновагонах додатковими характеристиками є адміністрація - власник іновагонах, з якою може бути пов'язаний режим термінового повернення, а також міждержавний стик здачі з полігону УЗ, що залежить від адміністрації - власника і станції вивантаження.

На ефективність рішення задачі впливають також такі характеристики, як:

- Час руху від станції дислокації порожнього вагона до станції вивантаження, включаючи для іновагонах також рух до міждержавного стику;
- Фактичний час перебування на УЗ для іновагонах на момент планування;
- Час виконання митних операцій;
- Стан заборони на рід вагонів у момент навантаження, яке визначає величину плати власнику за використання іновагонах.

Постановка задачі оптимального планування перевезення вантажів інвентарним парком і іновагонах і метод вирішення наведено в роботі [3]. При цьому в постановці завдання є ряд істотних обмежень.

1) Виділення кожного іновагонах як окремої станції істотно підвищує розмірність задачі;

2) Чи не розглядається період введення заборони на використання іновагонах відповідно до [4] і відповідні йому перехідні періоди. У перехідному періоді момент рішення оптимізаційної задачі та прийняття рішення про призначення порожніх вагонів не збігається з моментом навантаження. Режим термінового повернення призводить до того, що не всі станції відправлення однакові для всіх іновагонах;

3) Не враховується, що перевезення вантажів іновагонах виконується замість руху вагона порожняком;

4) Чи не розглядається варіант перевезення вантажу з вивантаженням за межами.

5) Розглядаються вагони одного роду, хоча іновагонах різного роду мають різну плату за використання і різний час обробки на станціях;

6) Не враховується поділ вагонного парку на порожні місцеві та транзитні вагони, а також на навантажені з місцевою вивантаженням.

Постановка завдання планування перевезень з підсилкою порожніх вагонів передбачає, що всі вагони мають одне і те ж стан готовності, що не може бути точно встановлено при реальному включенні вагона в план. Більш обґрунтована модель задачі має враховувати можливість різних станів вагонів. Облік цих характеристик вагонів відібується на матриці «відстаней», або на системі обмежень математичної моделі.

Також важливою особливістю методу рішення є циклічний характер вирішення задачі: результат вирішення транспортної задачі перевіряється на ефективність для кожного іновагонах з можливим винятком неефективних іновагонах і повторним рішенням транспортної задачі.

Перетворимо формулювання задачі для того, щоб усунути зазначені обмеження. Для цього згрупуємо вагони з однаковими характеристиками ефективності й однаковим маршрутом перевезення в навантаженому стані, тобто об'єднаємо станцію навантаження й станцію вивантаження в один маршрут. Позначимо групи порожніх вагонів з однаковими властивостями через A_i , перевезення з однаковими властивостями через B_j , сумарні витрати на використання вагона із властивостями A_i для перевезення B_j за один вагон роду r становлять c_{ijr} для вагонів ІнП і \bar{c}_{ijr} для іновагонів. Позначимо через

$S = \{S_k\}$ множини станцій полігона. Матриця $M = \{m_{kj}\}$ задає відношення між перевезеннями B_j й станціями маршруту: $m_{kj} = 1$, якщо S_k належить маршруту B_j , $m_{kj} = 0$, якщо S_k не належить маршруту B_j .

Матриця $G = \{g_{kj}\}$ задає відношення між перевезеннями B_j й станціями з вантажними операціями: $g_{kj} = 1$, якщо S_k належить маршруту B_j , $g_{kj} = 0$, якщо S_k не належить маршруту B_j .

Вагони, які входять в одну групу, мають того самого власника:

$$S(v_l^i) = S_i \quad l = 1, \dots, a_i \quad i = 1, \dots, m. \quad (3.1)$$

Вагони, що входять в одну групу, мають однаковий рід:

$$R(v_i^i) = r_i \quad i = 1, \dots, m. \quad (3.2)$$

Вагони, що входять в одну групу, мають загальну станцію дислокації:

$$A(v_i^i) = A_i \quad l = 1, \dots, a_i \quad i = 1, \dots, m \quad (3.3)$$

Вагони, що входять в одну групу, мають однаковий стан готовності:

$$P(v_i^i) = p_i \quad l = 1, \dots, a_i \quad i = 1, \dots, m \quad (3.4)$$

Вагони, що входять в одну групу, мають однаковий з точністю до доби час знаходження на УЗ (для іновагонів):

$$Round(T^{fact}(v_i^i)) = T_i^{fact} \quad l = 1, \dots, a_i \quad i = 1, \dots, m \quad (3.5)$$

Позначимо через

- x_{ijr} - кількість вагонів власності УЗ роду r для (A_i, B_j) ;
- a_{ir} - кількість вагонів роду r у групі A_i ;
- b_{jr} - потреба у вагонах роду r для перевезення B_j ;
- c_{ijr} - сумарні експлуатаційні витрати на один вагон власності УЗ роду r для (A_i, B_j) ;
- \bar{x}_{ijr} - кількість іновагонів роду r для (A_i, B_j) з урахуванням часу дислокації на УЗ;
- \bar{c}_{ijr} - сумарні експлуатаційні витрати на один іновагон роду r для (A_i, B_j) з урахуванням часу дислокації на УЗ;
- t_{ijr}^* - кількість груп іновагонів з однаковим тарифом адміністрації-власників для (A_i, B_j) .

Задача оптимального планування формулюється в такий спосіб: знайти такий розподіл порожніх вагонів ІнП $\{x_{ijr}\}$ і іновагонів $\{\bar{x}_{ijr}\}$ по маршрутах перевезення, при якому досягається:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R \left(c_{ijr} x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \bar{c}_{ijr} \bar{x}_{ijr} \right) \quad (3.8)$$

за умов

$$\sum_{j=1}^n \left(x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \bar{x}_{ijr} \right) = a_{ir} \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, R;$$

$$\sum_{i=1}^m \left(x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \bar{x}_{ijr} \right) = b_{jr} \quad j = 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, R;$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R a_{ir} = \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R b_{jr}.$$

Розрахунки експлуатаційних витрат виконується по формулі

$$C_{ij} = e_{ij1} + e_{j2} + e_{j3} + e_{j4} + q_{ij} + h_{ij}$$

де e_{ij1} - експлуатаційні витрати по пересуванню порожнього вагона з пункту A_i до станції навантаження для перевезення B_j ; e_{ij2} - експлуатаційні витрати по навантаженню вантажу для перевезення B_j ;

e_{ij3} - експлуатаційні витрати по пересуванню навантаженого вагона від станції навантаження до станції вивантаження перевезення B_j ;

e_{ij4} - експлуатаційні витрати по вивантаженню вантажу;

q_{ij} - додаткові експлуатаційні витрати для іновагонів;

h_{ij} - штрафні санкції за використання іновагона забороненого роду не в попутному напрямку.

Розрахунки додаткових експлуатаційних витрат для іновагонів виконується по формулі

$$q_{ij} = \begin{cases} \left(\Gamma(B_j) - \Gamma(A_i) + K(T_i^{fact} + t_{ij}) \cdot e_{ac}^{un} \cdot (T_i^{fact} + t_{ij}) - \right. \\ \left. - K(T_i^{fact} + \tau_i) \cdot e_{ad}^{un} \cdot (T_i^{fact} + \tau_i) \right) & S_i \neq 22 \\ 0, & S_i = 22(\text{інвентарний парк УЗ}) \end{cases}$$

де $\Gamma(B_j)$ - експлуатаційні витрати по пересуванню порожнього вагона зі станції вивантаження до відповідного до міждержавного стику;

$\Gamma(A_i)$ - експлуатаційні витрати по пересуванню порожнього вагона з початкової станції дислокації до відповідного міждержавного стику у випадку, коли вагон не використовується для перевезення вантажу, а вертається порожнім;

$K(T_i^{fact} + t_{ij})$ - коефіцієнт збільшення плати за іновагон, залежно від часу знаходження на УЗ у випадку його використання під перевезення;

$K(T_i^{fact} + \tau_{ij})$ - коефіцієнт збільшення плати за іновагон, залежно від часу знаходження на УЗ у випадку здачі іновагона на відповідний міждержавний стик порожняком;

t_{ij} - час руху іновагона по маршруту (станція дислокації) -(станція навантаження) -(станція вивантаження) -(міждержавний стик);

τ_i - час руху іновагона по маршруту (станція дислокації) -(міждержавний стик);

$e_{\hat{a}\hat{b}}^{\hat{c}}$ - плата адміністрації-власникові за одні вагони-доба перебування іновагона на УЗ.

Розрахунки штрафу за використання іновагона в режимі термінового повернення виконується по формулі

$$h_{ij} = \begin{cases} (1 - \eta_{ij}) \cdot Z, & T_1^z(r_i) < T^* + t'_{ij} < T_2^z(r_i) \\ 0, & T^* + t'_{ij} < T_1^z(r_i) \\ 0, & T^* + t'_{ij} > T_2^z(r_i) \end{cases} \quad (3.12)$$

Де T^* - час планування;

t_{ij} - час руху вагона від станції дислокації до станції навантаження, включаючи час навантаження;

$T_1^z(r_i)$ - час початку заборони;

$T_2^z(r_i)$ - час закінчення заборони;

η_{ij} - ознака напрямку вантажу в країну-власницю вагона. $\eta_{ij} = 1$, якщо напрямок перевезення припустимий, $\eta_{ij} = 0$, якщо напрямок перевезення не припустимий;

Z - величина штрафу за навантаження при терміновому поверненні.

Можливість розв'язку задачі планування з урахуванням пропускної здатності станцій визначається умовами

$$\sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^n b_{jr} m_{kj} \leq d_k, \quad (3.13)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^n b_{jr} g_{kj} \leq p_k, \quad (3.14)$$

де d_k - пропускна здатність станції S_k ; p_k - обмеження станцій по можливостях виконання вантажних операцій.

Таким чином, з урахуванням уведених позначень і додаткових характеристик задачі, одержуємо модель оптимального планування перевезення вантажів вагонами Іпн і у вигляді, яка враховує

- різну ефективність перевезення вагонами Іпн і іновагонами;

- економію експлуатаційних витрат під час перевезення іновагонами в попутному напрямку (комбінація експлуатаційних витрат на просування іновагона до міждержавного стику з експлуатаційними витратами на перевезення вантажів);

- різний як нормативний, так і розрахунковий час операцій з вагонами різного роду;

- прогресивну шкалу плати адміністрації-власникові іновагона за наднормативне його використання;

- істотне підвищення плати за використання іновагона при введенні режиму термінового повернення;

- різницю в часі між моментом планування й моментом навантаження при введенні й знятті заборони на використання деяких категорій іновагонов.

Алгоритм розв'язку задачі оптимального планування перевезення вантажів вагонами інвентарного парку й іновагонами включає наступні основні етапи:

Етап 1. Завдання тимчасових інтервалів заборони на використання під навантаження іновагонов по родах і власникам.

Етап 2. Завдання станцій дислокації порожніх вагонів з виділенням груп вагонів A_i з однаковими властивостями в окремі станції.

Етап 3. Завдання маршрутів перевезення вантажів з виділенням використання груп вагонів з однаковими властивостями в окремі маршрути B_j .

Етап 4. Прогнозування тимчасових характеристик руху іновагонов (t_{ij} , t'_{ij} , τ_i).

Етап 5. Розрахунки коефіцієнтів c_{ijr} і \bar{c}_{ijr} для кожного з можливих маршрутів руху.

Етап 6. Розв'язок транспортної задачі.

Висновки. В результаті розв'язання транспортної задачі визначаються способи оптимального використання кожного з вагонів, як інвентарного парку, так і іновагонів, які забезпечують мінімум експлуатаційних витрат на реалізацію задачі по перевезенню вантажів. Ті іновагоони, які не увійшли до оптимального плану навантаження, необхідно терміново повернути адміністрації-власнику в порожньому стані. Послідовність формування і рішення задачі дозволяє одержати оптимальне управління спільно інвентарним парком і іновагонами в цілому на полігоні залізниць.

Л и т е р а т у р а

1. Ковалев В. И., Дегтярев В. Г., Елисеев С. Ю., Осьминин А. Т. Оптимальное по стоимости управление вагонопотоками с учетом наличия в рабочем парке вагонов, принадлежащих России, странам СНГ и Балтии / Вестник ВНИИЖТ, 2002, № 3
2. Ковалев В. И. Организация вагонопотоков на сети железных дорог России в условиях реформирования отрасли (Развитие теории расчета плана формирования поездов, экономико-математические модели): монография / В. И. Ковалев; РФ МПС, Академия путей сообщения, ПГУПС. - СПб.: Информационный центр "Выбор", 2002. - 143 с.
3. Тишкин Е.М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка. Труды ВНИИАС, вып. 4. - Москва: 2004. - 184 с.

4. Правила эксплуатации, пономерного учета и расчетов за использование грузовых вагонов собственности других государств. – Киев. 1996. 82 с.

References

1. Kovalev V. I., Degtyarev V. G., Eliseev S. Yu., Osminin A. T. Optimalnoe po stoimosti upravlenie vagonopotokami s uchetom nalichiya v rabochem parke vagonov, prinadlezhaschih Rossii, stranam SNG i Baltii / Vestnik VNIIZhT, 2002, # 3
2. Kovalev V. I. Organizatsiya vagonopotokov na seti zheleznyih dorog Rossii v usloviyah reformirovaniya otrasli (Razvitie teorii rascheta plana formirovaniya poezdov, ekonomiko-matematicheskie modeli): monografiya / V. I. Kovalev ; RF MPS, Akademiya putey soobscheniya, PGUPS. - SPb. : Informatsionnyy tsentr "Vybor", 2002. - 143 s.
3. Tishkin E.M. Informatsionno-upravlyayuschie tehnologii ekspluatatsii vagonnogo parka. Trudy VNIIS, vyip. 4. – Moskva: 2004. – 184 s.
4. Pravila ekspluatatsii, ponomernogo ucheta i raschetov za ispolzovanie gruzovyih vagonov sobstvennosti drugih gosudarstv. – Kiev. 1996. 82 s.

Черников В.Д., Джуган А.М., Брагин Н.И. Минимизация эксплуатационных расходов за счет оптимального использования вагонного парка.

В статье выполнен анализ процессов эксплуатации вагонов на полигоне железных дорог Украины, в частности вагонов инвентарного парка УЗ и иновогонов, а также обоснована актуальность проблемы повышения их эффективности, сформулированы цели и задачи исследования. Для оптимального планирования перевозки грузов инвентарным вагонным парком и иновогонах разработана модель, которая учитывает и позволяет решать задачу эффективной эксплуатации вагонных парков: различную эффективность перевозки вагонами инвентарного парка и иновогонов; расходы, связанные со сдачей освобожденного иновогона на межгосударственный стык; разное как нормативное, так и расчетное время операций с вагонами различного рода, ограничения на пропускную способность станций; существенное повышение платы за использование иновогона при введении режима срочного

возврата; разницу во времени между моментом планирования и моментом погрузки при введении и снятии запрета на использование некоторых категорий иновогонов.

Ключевые слова: вагоноток, вагонный парк, транспорт, эксплуатационные расходы, пропускная способность.

Chernikov V., Dzhuhan A., Bragin M. Minimize operating costs through optimal use of rolling stock.

In this paper the analysis of the processes of maintenance of wagons on the railway system of Ukraine, in particular the inventory railcars of UZ and enoughnow, as well as the urgency of problems of increase of their efficiency, formed goals and objectives of the study. For optimal planning of freight inventory car fleet and innovagon developed a model that takes into account and addresses the need for efficient operation of car parks: the different efficiency of the transportation inventory railcars and innovagon; costs associated with the delivery of vacant innovagon on interstate junction; different both regulatory and estimated time operations with wagons of various kinds, restrictions on the carrying capacity of stations; a significant increase in fees for the use of innovagon with the introduction of urgent return; the time difference between the time of planning and the time of loading in the imposition and lifting of the ban on the use of certain categories of innovagonal.

Keywords: transport problem, car Park, transportation, operating costs, bandwidth.

Черніков В.Д. – старший викладач, кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк.

Джуган А.М. – студент групи ЛІЗ-241м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк.
e-mail: translogstud@yandex.ru.

Брагин Н.И. – асистент, кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 656

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОГО КОМПЛЕКСУ В СКЛАДІ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Кічкіна О.І.

SYSTEM ANALYSIS TRANSPORT - WAREHOUSE COMPLEX IN STRUCTURES LOGISTICS SYSTEM

Kichkina O.I.

В статті на підставі системного аналізу визначені властивості транспортно-складського комплексу, фактори, що впливають на його діяльність, на рівні функціонального опису систем формалізовані вхідні та вихідні функції, оператори стану системи, технологічного та інформаційного перетворення, а також функція ефективності транспортно-складської системи. Визначені відмінності регіональних транспортно-складських комплексів від виробничих. Обґрунтовано необхідність використання апарату нечіткого моделювання для відображення процесів в регіональних транспортно-складських комплексах.

Ключові слова: Логістична система, системний аналіз, транспортно-складська система, функціональний рівень формалізації процесів, вхідна функція, вихідна функція, оператори технологічного та інформаційного перетворення.

Постановка проблеми. Основною ланкою, що забезпечує ритмічний і своєчасний рух матеріального потоку в логістичній системі, є транспортно-складський комплекс. Розвиток та удосконалення транспортно-складських комплексів, створення нових обумовлено і гарантується «Концепцією створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні» [1]. Згідно цієї концепції одним з пріоритетних напрямів розвитку транспортної мережі в Україні і інтеграції її в міжнародні транспортні коридори є удосконалення і розвиток інфраструктури і зокрема транспортно-складських комплексів.

Проведений аналіз сучасних тенденцій розвитку логістичних кластерів дає підстави для пошуку нових форм організації та управління транспортно-логістичними системами у складі регіональних логістичних систем. Недостатня ефективність формування і реалізації логістичних процесів в забезпеченні вантажоруху обумовлюється відсутністю комплексного підходу і системного взаємозв'язку між

окремими ланками технологічних і управлінських підсистем транспортно-складського комплексу. Тому актуальною задачею і базою для поглибленого дослідження процесів у транспортно-складському комплексі є системний аналіз технологічних та управлінських операцій в ньому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальні проблеми формування транспортно-логістичних систем глибоко проаналізовані багатьма зарубіжними вченими, серед яких Д. Бауерсокс, Д. Клосс, Д. Ламберт, С. Ленглі, К. Мельцер, І. Шнайдер та ін. Проблеми транспортно-складського комплексу в різний час вирішували учені України та країн СНД, серед яких А.М. Гаджинський, В.І. Бережний, Є.В. Бережна, О.О. Смахов, Ю.М. Неруш, І.В. Ніколаєнко та ін.

Аналіз публікацій показав, що більшість публікацій стосуються взаємодії транспорту і складу у певних галузях та підприємствах окремих виробництв. Організація функціонування і управління регіональним транспортно-складським комплексом із різноманітними групами вантажу має свої особливості і потребує системного аналізу зовнішніх та внутрішніх факторів, що впливають на його діяльність.

Мета дослідження. Метою дослідження є системний аналіз зовнішніх та внутрішніх факторів, що впливають на діяльність регіонального транспортно-складського комплексу, його властивостей, вхідних та вихідних потоків та формалізація процесів у транспортно-складських комплексах. Вибір апарату моделювання процесів у регіональних транспортно-складських комплексах.

Результати досліджень. З позицій системного аналізу транспортно-складську систему можна представити двома підсистемами: технологічна та підсистема управління. Кожна з цих підсистем в свою чергу складається з системи рухомих динамічних елементів-транзактів, і системи елементів, що

здійснює функціональні операції з транзактами.[2] Так транзактами в технологічній підсистемі є вантажна одиниця, а функціональними елементами - обладнання та обслуговуючі робітники. У підсистемі управління транзактами виступають незмінні в процесі передачі сигнали і повідомлення, функціональними елементами - існуючі засоби управління.

Для аналізу, дослідження та управління будь-якою системою необхідно знати не тільки склад і структуру системи, але і досить реально визначити властивості, функції системи та цілі функціонування. [3] Макровластивості транспортно-складської системи визначають ряд її особливостей, які необхідно враховувати в управлінні та організації логістичних систем:

- В транспортно-складському процесі споживча вартість предметів праці не змінюється, але вартість предметів праці збільшується на величину транспортно-складських витрат. Дана властивість дозволяє приймати транспортно-складську систему як один з найважливіших джерел підвищення економічності та ефективності логістичної системи.

- У русі матеріально-речового потоку транспортно-складський процес є допоміжним, в той же час транспортно-складський процес є основним джерелом інформації про стан і динаміку виробничого процесу, попиту в сфері споживання. Ця властивість дозволяє судити про техніко-економічні і функціонально-надійні характеристики логістичної системи, а також служить основою для прогнозування та управління.

- Усі ланки логістичного ланцюга зв'язуються в єдину систему через транспортно-складський процес, за допомогою якого відбувається організація матеріально-речових та інформаційних зв'язків, а також перетворення впливу зовнішніх збурень, що стабілізує систему. Дана властивість становить основу економічної ефективності логістичної системи.

- Транспортно-складська система являє собою систему з досить складною структурою, складність якої обумовлена множиною транзактів і функціональних елементів, а також значною розгалуженістю структури. Ця множина являє собою єдине ціле і виходячи з принципів системного аналізу зумовлює неминучість емерджентності властивостей системи, специфічних системних закономірностей, основою з яких є надійність системи.

- Транспортно-складський процес має просторово-часову спрямованість. Рух транзактів в системі проходить від вхідних полюсів до вихідних, які, в свою чергу, є вихідними і вхідними відповідно інших підсистем логістичної системи. Дана властивість дозволяє характеризувати транспортно-складську систему як основну сполучну ланку між підсистемами логістичної системи і зовнішнім середовищем, яка визначає інтенсивність матеріальних та інформаційних потоків.

- Транспортно-складський процес має низку загальних закономірностей, незалежно від характеру матеріально-речового потоку, що дозволяє розроби-

ти єдину методику управління з точки зору системного підходу.

Перераховані властивості дозволяють зробити твердження, що транспортно-складська система є підсистемою логістичної системи і розгляд її поза логістичної системи без урахування принципів і методів системного аналізу неможливий і може призвести до невірних технологічних рішень.

Розгляд, дослідження будь-якої системи (і логістичної у тому числі) з метою ефективного управління нею може бути здійснено на різних рівнях: абстрактному, функціональному, теоретико-множинному, динамічному, евристичному і т. д. [4]. З точки зору функціонального рівня опису систем досить мати уявлення про вид функцій, що описують вхідні потоки, вихідні потоки і оператор перетворення вхідних потоків у вихідні.

Беручи до уваги все вище сказане, можемо стверджувати, що зовнішня функція транспортно-складської підсистеми являє собою взаємні впливи логістичної системи на неї і навпаки. Відповідно до цього можна класифікувати зовнішню функцію як вхідну ($F_{вх}$) і вихідну ($F_{вих}$), кожна з яких виражається сукупністю впливів. Так вхідна функція ($F_{вх}$) може бути представлена сукупністю наступних впливів: вимоги на прийом, відвантаження, перевезення вантажних одиниць (транзактів); інформація про характеристику вантажу, про джерела отримання, про інтервали надходження, про обмеження, терміни поставки, попит на певний тип транзакту і т. ін.

Вихідна функція ($F_{вих}$) являє собою поточні та прогнозні реакції транспортно-складської системи, і може бути виражена у вигляді інформації про готовність прийняти вантажну одиницю (транзакт); вимоги на транзакт; інформацію про готовність прийняти новий транзакт; інформацію про час руху транзакту і про ступінь його збереження і т. д.

Вихідна функція транспортно-складської системи визначається оператором

$$F(t) = H\{t, q(t), f(t)\},$$

де $t \in T$ – множина моментів часу;
 $q(t)$ – стан системи в момент часу t ;
 $f(t)$ – вхідна функція в момент часу t ;
 H – оператор виходів системи.

В свою чергу стан системи визначається оператором стану (Q), який залежить від моменту часу t , вхідного сигналу $x(t)$ і початкового стану $q(t_0)$:

$$q(t) = Q\{t, q(t_0), x(t)\}.$$

Функціонування транспортно-складської системи в найбільш узагальненій формі можна представити оператором функціонування, який представляє собою добуток

$$G = Q \times H.$$

Важливе значення має оператор, що визначає вихідну реакцію транспортно-складської підсистеми в залежності від її стану і вхідного впливу мегасистеми (логістичної системи) або середовища - оператор технологічного перетворення

$$P_T \{t, q(t), f(t)\}.$$

Цей оператор визначає технологічний процес транспортно-складської систем, тобто. перетворення вхідного потоку у вихідний, під впливом зовнішніх збуджувань. Природно припустити, що чим менше вплив зовнішніх збуджень на вихідний потік, тим більш сталий технологічний процес і вище його якість.

Вплив на якість технологічного процесу можна також визначити оператором інформаційного перетворення

$$I\{t, q(t), f(t)\}.$$

Отже, чим різноманітніший діапазон транзактів, що обслуговуються і менша кількість вимог, що пред'являють до інших підсистем логістичної системи, тим вище якість організації і управління транспортно-складською підсистемою.

Ефективність транспортно-складської підсистеми можна кількісно вимірювати ступенем пристосування її до виконання комплексу задач, що стоять перед нею для досягнення кінцевої цілі логістичної системи. Ефективність транспортно-складської системи впливає на ефективність всіх підсистем логістичної системи через інформаційну складову і регулювання матеріально-речового потоку.

Таким чином, ефективність транспортно-складської системи залежить від зовнішніх впливів мегасистеми, вхідного потоку вимог, якості технологічних перетворень, інформаційного забезпечення, і, в свою чергу, впливає на ефективність всієї логістичної системи.

У загальному випадку показник ефективності транспортно-складської системи залежить від втрат в самій транспортно-складській системі; організаційних витрат в ній; втрат в логістичній системі через збоїв транспортно-складської системи; організаційних витрат в логістичній системі на запобігання наслідків збоїв транспортно-складської системи.

Однак для дослідження різних варіантів транспортно-складських систем при здійсненні вибору та прийняття рішення в логістичній системі доцільно використовувати градієнт ефективності, що виражає відносне збільшення ефективності до витрат на вдосконалення системи в напрямку оптимального досягнення мети.

Можна визначити функцію ефективності транспортно-складської системи

$$\Phi(t): X(t) \times Y(t) \rightarrow C(t),$$

де $X(t)$ – потік вхідних транзактів в момент часу t ;

$Y(t)$ – потік вимог, що був обслужений;

$C(t)$ – оціночна функція.

Тоді виходячи з положення, що функціонально-динамічний опис моделі являє собою перетворення вхідних потоків транзактів в вихідний потік обслужених вимог, макрофункцію системи можна представити як взаємопов'язану пару множини оціночних функцій в момент часу і множини станів транспортно-складської системи, що визначаються описаними вище операторами.

Все вище сказане стосується транспортно-складської системи в межах обробки, зберігання та переміщення вантажів у складських комплексах здебільше виробничих систем, в яких більш менш визначені параметри вхідних потоків, час технологічних та інформаційних перетворень. Якщо розглянути транспортно-складську систему у більш широкому розумінні, а саме як взаємодію транспортної системи доставки вантажів от виробника до споживача і складської системи (як то термінали регіональних логістичних систем), то визначені функції і оператори потребують розширення, уточнення і врахування більшого спектру властивостей і факторів впливу.

Враховуючи специфіку такого роду транспортно-складських комплексів і аналізуючи статистику руху вантажів, номенклатури вантажів і часу переробки вантажів в регіональних складських розподільчих терміналах можна відзначити, що найчастіше характер параметрів процесів і потоків в такій системі носить невизначений характер. В цьому випадку застосування розмитих множин, нечітких та лінгвістичних змінних для моделювання процесів обробки вантажів у регіональних транспортно-складських комплексах є найбільш адекватним апаратом формалізації.

Отже наступним завданням є визначення лінгвістичних (терм-множин, синтаксичних та семантичних процедур) та нечітких змінних (області їх визначення, функцій приналежності) в нечіткій системі, що відображає регіональний транспортно-складський комплекс.

Такі нечіткі системи мають декілька переваг відносно чітко визначених. А саме:

можливість оперувати даними, що безперервно змінюються у часі, або які неможливо визначити однозначно;

можливість формалізувати нечітко критерії порівняння або оцінювання (наприклад «краще», «прийнятний» і т. ін.);

можливість оцінити якість вхідних і вихідних даних та ступеню їх достовірності;

можливість швидкого реагування на ситуацію в моделях складних динамічних систем, відсутність необхідності точних даних та визначення чіткого функціональних залежностей, використання порівняльного аналізу вихідних значень.

Висновки. Особливістю транспортно-складських комплексів в регіональних логістичних системах є не просто тимчасове накопичення вантажів, а виконання певних технологічних операцій, логістичних послуг, інформаційного супроводження, при цьому необхідність в транспортно-складських комплексах може виникати на початку, в середині та наприкінці руху вантажних потоків. Системний аналіз транспортно складських комплексів дав можливість визначити на функціональному рівні вхідні та вихідні функції, оператори стану системи, технологічного та інформаційного перетворення, а також функцію ефективності транспортно-складської системи. На підставі аналізу визначені відмінності транспортно-складських комплексів виробничих логістичних систем від регіональних. Обґрунтовано вибір апарату нечіткого моделювання для відображення процесів в регіональних транспортно-логістичних комплексах.

Л і т е р а т у р а

1. Постанова кабінету міністрів від 4 серпня 1997 р. N 821 Про затвердження Концепції створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні, Інд.34
2. Директор С. Рорер Р. Введение в теорию систем. М., Мир, 1974
3. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем (Математические основы). М. Мир, 1976
4. Экономическая кибернетика: Учебное пособие; ДонГУ.-Донецк: ДонГУ, 1999. – 397 с

R e f e r e n c e s

1. Postanova kabinetu ministriv vid 4 serpnja 1997 r. N 821 Pro zatverdzhennja Konceptii stvorennja ta funkcionuvannja nacional'noï mrezi mizhnarodnih transportnih koridoriv v Ukraïni, Ind.34
2. Direktor S. Rorer R. Vvedenie v teoriju sistem. M., Mir, 1974
3. Mesarovich M., Takahara Ja. Obshhaja teorija sistem (Matematicheskie osnovy). M. Mir, 1976
4. Jekonomicheskaja kibernetika: Uchebnoe posobie; DonGU.-Doneck: DonGU, 1999. – 397 s

Кичкина Е.И. Системный анализ транспортно-складского комплекса в составе логистической системы.

В статье на основе системного анализа определены макросвойства транспортно-складского комплекса, факторы, влияющие на его деятельность, на уровне функционального описания систем формализованы входные и выходные функции, операторы состояния системы, технологического и информационного преобразования, а также функция эффективности транспортно-складской системы. Определены различия региональных транспортно-складских комплексов от производственных. Приведены основные преимущества нечетких систем по сравнению с четко определенными. Обоснована необходимость использования аппарата нечеткого моделирования для отображения процессов в региональных транспортно-складских комплексах.

Ключевые слова: Логистическая система, системный анализ, транспортно-складская система, функциональный уровень формализации процессов, входная функция, выходная функция, операторы технологического и информационного преобразования.

Kichkina E.I. System analysis of transport and storage complex in logistic system.

In this article have been determined the properties of transport and storage complex, the factors involved in its operating on the level of functional description of the system, have been formalized income and outcome functions, system status operators, technical and informational transformations and also the functions of transport and storage complex effectiveness. Here have been determined differences between regional and manufacturing transport and storage complexes. The main advantages of illegible systems compare to definite systems have been adduced. In this article also have been justified the necessity of illegible modeling apparatus applying for processes reflection in regional transport and storage complexes.

Keywords: Logistics system, system analysis, transport and storage systems, the functional level of formalization processes, input function, the output function, operators of technological and information transformation.

Кічкіна О.І. – к.т.н., доцент, в.о. зав. кафедрою транспортних систем ЧНУ ім. В.Далія, e-mail: ki4kinaoi@ukr.net

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

Стаття надана 01.04.2015

УДК 656.029.4

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОСТАЧАННЯ ЗА УМОВ ПРОГНОЗОВАНОЇ ЗМІНИ ПОПИТУ НА ПРОДУКЦІЮ

Оліскевич М. С.

THE RESEARCH OF THE STRUCTURE AND PARAMETERS OF TRANSPORTATION TECHNOLOGY SYSTEM OF MATERIAL SUPPLY UNDER PROJECTED CHANGES OF PRODUCTS DEMAND

Oliskevych M.

В статті розглядається залежність структури транспортної системи постачання продукції виробника від сукупного матеріального потоку, а також від його змін внаслідок коливання попиту. Показано, що необхідний період прогнозування потоків залежить від довжини логістичного ланцюга та його структури. Досліджено вплив операцій складування і транспортування продукції на час випередження надходження інформації. З'ясовано, що при наявному прогнозі зміни попиту на продукцію адаптація транспортно-технологічної системи відбувається з додатковими затримками часу, які потрібні для складування виробів, або з прискоренням потоків, що пов'язані із залученням додаткових транспортних засобів. Окреслено основні структурні ознаки, що мають місце в транспортній системі при зростанні її при спаданні інтенсивності дискретного матеріалопотоку.

Ключові слова: транспортно-технологічна система, матеріалопотік, затримки постачання.

Вступ. Сучасні логістичні ланцюги збуту продукції є складними, зазнають значного впливу випадкових збурень зовнішнього середовища, тому потребують додаткової уваги до системи їх керування. У зв'язку з невідповідністю інформаційних потоків матеріальним виникають необґрунтовані затримки товарів на складах, розподільчих центрах, транспортуванні. Серед вагомих причин цього: недостатність інформації, випадковий характер процесів виникнення і обслуговування вантажопотоків; часова і просторова непогодженість виконання транспортних операцій, що призводить до непродуктивних простояв рухомого складу в очікуванні вантажних робіт, або вантажно-розвантажувальних засобів в очікуванні автомобілів, до несвоєчасної доставки товарів одержувачам і, як наслідок, – зниженню ефективності всього транспортного комплексу в цілому. До цього часу вважається, що вантажопотоки,

і автомобільні потоки, змінюючись якісно і кількісно, залишаються випадковим чинником, що робить ще більш неупорядкованими транспортно-технологічні системи (ТТС) [1].

Постановка проблеми. Циклічну транспортну систему виробництва і постачання продукції роздрібним споживачам можна розглядати як послідовно-паралельний ланцюг елементарних логістичних операцій (ЕЛО), які пов'язані організаційними параметрами: тактом τ , фронтом f , розміром гурту матеріальних елементів k , з якими здійснюють операцію. Ці параметри утворюють детерміновані залежності показників ефективності ТТС від властивостей вхідних матеріальних потоків. Так можна побудувати функцію тривалості доставки вантажів, затримок виконання операцій в транспортній схемі, необхідної кількості ресурсів для її реалізації, та інших показників від сумарної інтенсивності матеріальних потоків навіть з врахуванням випадкового характеру тривалості логістичних операцій. Однак, такі відображення є адекватними, якщо матеріальні потоки в ТТС – стаціонарні. В умовах змінного попиту на продукцію, що доставляється, відбуваються чималі коливання їх інтенсивності. У зв'язку з цим виникають одночасно дві проблеми керування логістичним ланцюгом: визначення необхідної тривалості прогнозованого щодо коливань періоду її оцінювання можливих наслідків зміни структури ТТС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вплив змінного попиту на ефективність автомобільних перевезень було досліджено в як у більш ранніх роботах Воркута А. І., а також в сучасних роботах Нефьодова В. М., Шептури О. М., Дуднікова О.М., Шраменка Н. Ю. та інших вчених. Усі дослідники намагались врахувати випадковий характер перебігу транспортного процесу через змінний вантажопотік.

Однак, ними не було враховано, що певні збурення транспортної системи приводять до її якісних змін, при яких вона вже не здатна ефективно забезпечувати доставку вантажів з меншими/більшими потоками. Не було приділено достатньо уваги на взаємодію матеріальних та інформаційних потоків у ТТС. В недавніх роботах Шраменка Н. Ю. побудовано моделі формування стратегій поведінки суб'єктів термінальної системи доставки вантажів, що дають змогу оцінювати оптимальну кількість різних ресурсів з урахуванням випадкових характеристик попиту на транспортне обслуговування [2]. Автор також вперше розвинув теорію формування інтегрованої інформаційної системи прийняття рішень стосовно формування транспортних технологій, які дають змогу враховувати інтереси всіх учасників процесу доставки та забезпечують максимізацію бажаного ефекту. Однак, в його працях не враховано, що функціонування ТТС, особливо тих де використовується автомобільний, залізничний транспорт, – це їх циклічне пристосування до умов матеріального виробництва і споживання, які утворюють дискретні матеріальні потоки. Відбувається вона на основі змін в структурі ТТС. Отже, перебіг логістичних операцій є джерелом інформаційних потоків в ТТС. Зі збільшенням інтенсивності їх структура стає складнішою. Логістичні ланцюги таких операцій є, тепер переважно, взаємопов'язаними. Різна за величиною тривалість операцій та їх випадковий характер зумовлюють наявність непродуктивних станів елементів ТТС – затримок. Отже, існують такі послідовності операцій, при яких сумарна кількість таких небажаних станів буде мінімальною.

Мета статті. Ставилась мета визначити пристосованість ТТС постачання продукції до зміни параметрів матеріального потоку, пов'язаної із коливаннями попиту на продукцію, що доставляється із врахуванням відомого прогнозу.

Результати досліджень. Процес доставки вантажів потрібно розглядати у зв'язку з їх джерелами і стоками. Якщо він є серійним, тобто циклічно повторюється, то таку ТТС можна подати у вигляді послідовності чотирьох елементарних логістичних операцій (ЕЛО): прискорення, сповільнення, розгальнення та сполучення. Ці операції відображають, практично, будь-які логістичні процеси: від виготовлення продукції, пакування, транспортування, складування – аж до споживання їх кінцевими споживачами. Їх можна змодельовати як потоки дискретних матеріальних елементів [3]. На рис.1 показано модель типової ТТС доставки вантажів від виробника В, магістральним перевезенням, до розподільчого пункту Рп і до споживачів С.

Кожна ЕЛО оцінюється трьома параметрами: тактом τ_i , розміром гурту k_i , фронтом f_i . Інтенсивність матеріального потоку на кожній i -й послідовній ЕЛО, у зв'язку з прийнятим принципом його нерозривності, є сталою і визначається за виразом:

$$\mu_i = \frac{k_i}{\tau_i} \tag{1}$$

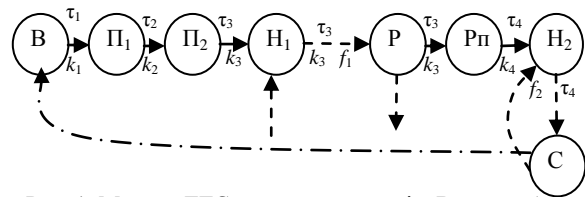


Рис. 1. Модель ТТС доставки вантажів: В – виробництво, П₁ – пакування продукції в споживчий пакет; П₂ – пакування продукції в транспортний пакет, Н₁ – навантаження на магістральний автопоїзд, Р – розвантаження, Рп – розподіл пакетів за напрямками, Н₂ – навантаження на маловантажний автомобіль, С – споживач; $\tau_1 \dots \tau_4$ – такт ЕЛО, $k_1 \dots k_4$ – розмір гурту вантажів, f_1, f_2 – фронти автотранспортних засобів на маршрутах

Якщо попит на продукцію у споживача збільшується, то інтенсивність матеріальних потоків повинна зрости. Однак, це може успішно відбутися за двох умов. Перша: до виробника В потрібно вчасно подати інформацію (на рис. 1 інформаційний потік показано штрих-пунктирною лінією). Час випередження подачі інформації – співставний з тривалістю логістичного ланцюга:

$$t_e = \tau_4 \cdot f_2 + \tau_4 + \tau_3 + \tau_3 \cdot f_1 + \tau_3 + \tau_2, \tag{2}$$

де такт кожної $i+1$ -ї ЕЛО прискорення/сповільнення визначають за виразом:

$$\tau_{i+1} = \frac{k_{i+1}}{k_i} \tau_i, \tag{3}$$

а фронт автомобілів на маршрутах – за виразом:

$$f_i = \left\lceil \frac{t_{m,i}}{\tau_i} \right\rceil, \tag{4}$$

де $t_{m,i}$ – математичне сподівання тривалості руху на i -у маршруті; вираз, взятий в квадратні дужки, округлюють до більшого цілого.

З врахуванням виразів (3) і (4), при сталих значеннях розмірів транспортних і споживчих пакетів, обсягу завантаження автотранспортного засобу, вираз (2) перепишемо у вигляді:

$$t_e = \frac{1}{\mu} \left((f_1 + 1)k_4 + (f_2 + 1)k_3 + k_2 \right). \tag{5}$$

Залежність необхідного часу для виконання прогнозу попиту (часу випередження) від інтенсивності матеріального потоку заданої ТТС подано на рис. 2.

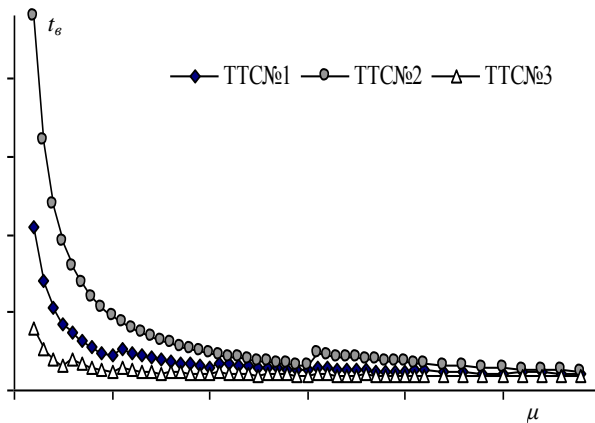


Рис. 2. Залежність необхідного випередження часу для прогнозування попиту на продукцію від інтенсивності матеріального потоку і структури ТТС, що його забезпечує

На рис. 2 подано три залежності для трьох систем: ТТС №1, модель якої подана на рис. 1; ТТС №2, яка за своїми функціями відповідає ТТС №1, але має вкорочену структуру: у неї відсутній розподільчий центр, а перевезення споживачам виконуються великовантажним магістральним автопотягом; ТТС №3 – аналогічна ТТС №2, але перевезення виконуються маловантажним АТЗ. Як видно з рис. 2, отримані залежності є кусково-неперервними. Час прогнозування – досить дорога величина. Вона опосередковано впливає на обсяг необхідної інформації для керування транспортною системою. Цей час є надто важливим для тих відмін ТТС, які характеризуються великою інтенсивністю матеріального потоку (малий такт потоку). Однак ця важливість послаблюється, якщо ТТС отримує меншу залежність від складування продукції та вантажів і більшу, – якщо логістичний ланцюг вкорочується.

Друга умова збільшення інтенсивності матеріальних потоків при зростанні попиту – це успішна адаптація ТТС до нових вимог – здатність її оперативної перебудови. Цю здатність було досліджено на такому прикладі. Допустимо, що в i -й момент часу виробником В (див. рис. 1) було прийнята інформація про необхідність збільшити матеріальний потік μ на величину $\Delta\mu$. Без порушення технології він може це зробити на чинних виробничих потужностях зменшенням такту τ_1 . Однак наступна фаза ТТС – ЕЛО пакування Π_1 , яку позначимо $i+1$, до такого імпульсу потоку не готова, тому частина продукції залишається на складах виробника незапакованою. Це показано на рис. 3 введенням додаткової ЕЛО СК₁ – складування. Як бачимо, таке введення супроводжується додатковими затримками частини матеріального потоку на один такт τ_2 . Наступна $i+2$ фаза характеризується таким ж імпульсом і, відповідно, необхідністю нового складування та новою затримкою τ_3 . Під час операції транспортування резервування вантажів є неможливим, тому має відбуватися прискорення потоку на величину $\tau_3 - \Delta\tau_3$ вико-

ристанням додаткових АТЗ. Фронт їх збільшиться на Δf_1 .

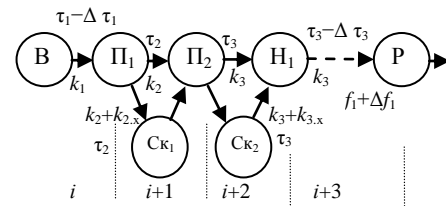


Рис. 3. Фрагмент моделі ТТС при збільшенні матеріалопотоку на $\Delta\mu$

Отже, в такій ТТС пульсація матеріалопотоку витримується шляхом: а) складування продукції/вантажів; б) залучення додаткових засобів. Випадок (а) характеризується затримками потоку, (б) – прискореннями. Сумарні затримки при додатному $\Delta\mu$ припадають тільки на частину матеріалопотоку. Тому для оцінювання ступеню адаптації ТТС до нових умов доцільно використовувати питомі затримки у переміщенні продукції на їх фізичну одиницю:

$$\Delta_k = \frac{\tau_2}{k_{2,x}} + \frac{\tau_3}{k_{3,x}} - \frac{\Delta\tau_3}{k_3} + \frac{\tau_3}{k_{3,x}} + \frac{\tau_4}{k_{4,x}}. \quad (6)$$

Якщо $\Delta\mu$ є від'ємним, тобто матеріальний потік зменшується, то така "хвиля" вздовж логістичного ланцюга вирівнюється тимчасовим зменшенням гурту матеріальних елементів: розмірів транспортних і споживчих пакетів, ступенем завантаження АТЗ. Це приводить до таких наслідків. З одного боку, прискорюється матеріальний потік за рахунок зменшення його обсягу на складах. З іншого – сповільнюється, за рахунок зменшення фронту АТЗ на транспортуванні. Зменшення розмірів пакетів також приводить до порушення технології транспортних операцій, як наслідок – здорожчання доставки. З використанням виразів (2), (3), (4) можна показати, що співвідношення такту виробництва до і після зниження матеріального потоку в ТТС є пов'язаним зі співвідношенням розмірів пакетів:

$$\frac{\tau_1}{\tau_{1,1}} = 1 - \frac{\Delta k}{k_2}. \quad (7)$$

У скільки разів збільшується вхідний такт, у стільки ж зменшується розмір гурту продукції в споживчому/транспортному пакеті.

Висновки. Адаптація ТТС до нових збільшених/ зменшених значень матеріалопотоків приводить до затримок у ланцюзі постачання. Для тих систем, де операції транспортування є вагомими за тривалістю, збільшення матеріального потоку приводить до зменшення додаткових витрат часу. ТТС, які містять багато складів пристосовуються до зростання інтенсивності постачання зростанням затримок. В обох випадках мова йде про тимчасові затримки процесів, тобто здатність перебудовуватись.

Література

1. Кутах О. П. Моделирование транспортных систем / О. П. Кутах. – К.: Київ. ун-т економіки і технологій транспорту, 2004. – 196 с.
2. Шраменко Н. Ю. Розвиток теоретико-технологічних основ ефективного функціонування термінальних систем при доставці дрібнопартійних вантажів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.01 / Н. Ю. Шраменко; Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Харків, 2014. – 39 с.
3. Вільковський Є.К. Методика визначення необхідної кількості автотransпортних засобів на маятникових маршрутах / Є. К. Вільковський, М. С. Олісевич, В. М. Дорош // Вісник НТУ. – 2006. – №13, Ч.2. – С.68-72.

References

1. Kutah O. P. Modeljvannja transportnih sistem / O. P. Kutah. – K.: Kiiv. un-t ekonomiki i tehnologij transportu, 2004. – 196 s.
2. Shramenko N. J. Rozvitok teoretiko-tehnologichnih osnov efekтивного funkcionuvannja terminal'nih sis-tem pri dostavci dribnopartionnih vantazhiv : avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk : 05.22.01 / N. Ju. Shramenko; Harkiv. nac. avtomob.-dorozh. un-t. – Harkiv, 2014. – 39 s.
3. Vil'kovs'kij E.K. Metodika viznachennja neobhidnoї kil'kosti avtotransportnih zasobiv na majatnikovih marshrutah / E. K. Vil'kovs'kij, M. S. Oliskevich, V. M. Dorosh // Visnik NTU. – 2006. – №13, Ch.2. – S.68-72.

Олісевич М.С. Исследование структуры и параметров транспортно-технологической системы материального снабжения в условиях прогнозируемого изменения спроса на продукцию.

В статье рассматривается зависимость структуры транспортной системы поставок продукции производителя от совокупного материального потока, а также от его изменения в результате колебания спроса. Показано, что необходимый период прогнозирования потоков зависит от длины логистической цепи и её структуры. Исследовано влияние операций складирования и транспортировки продукции на время опережения поступления информации. Выяснено, что при имеющемся прогнозе изменения спроса на продукцию адаптация транспортно-технологической системы происходит с дополнительными задержками времени, необходимыми для складирова-

ния изделий, или с ускорением потоков, связанными с привлечением дополнительных транспортных средств. Определены основные структурные признаки, которые имеют место в транспортной системе при росте и при падении интенсивности дискретного материального потока.

Ключевые слова: транспортно-технологическая система, материальный поток, задержки поставки.

Oliskevych M. S. The research of the structure and parameters of transportation technology system of material supply under projected changes of products demand

In the paper the dependence structure of the transport system supplies products manufacturer of the total material flow was considered, as well as its changes due to fluctuations in demand. Transport-technological system is modeled as a sequence of elementary operations dependent. These parameters depend on the intensity of the input flow. It is shown that the required flow forecasting period depends on the length of the logistics chain and its structure. The effect of operations storage and transportation of products at the time of receipt of advance information was evaluated. Forecasting periods of transport systems with high flows and a large number of storehouse are longer of all. It was found that changes and technology adaptation of transport system need additional time delays and required for storing goods or acceleration of flows associated with the involvement of additional vehicles under existing forecast products demand. If the transport system contains many storehouses the material flow grows with accompanied of time delays which are necessary for storing surplus products. If transport operations are prevailing the increase of demand leads to faster cargo flows but that needs to immediate raise additional vehicles units. The basic structural features that occur in the transport system with increasing intensity and descending at discrete material flows were designed.

Keywords: transport-technological system, material flow, delays of supplying.

Олісевич М.С. – к.т.н., доцент кафедри «Експлуатація і ремонт автомобільної техніки» НУ "Львівська політехніка", e-mail: myroslav@3G.ua.

Рецензент: д. т. н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 629.4.063.8: 629.4.067.4

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДАЧИ АБРАЗИВНОГО МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО ПНЕВМОДОЗИРОВАНИЯ

Горбунов Н.И., Ковтанец М.В., Ноженко Е.С., Ноженко В.С., Просвинова О.В., Черников В.Д.

AUTOMATED SYSTEM FOR SUPPLYING ABRASIVE MATERIAL USING CONTROLLED PNEUMATIC DOSING

Gorbunov N., Kovtanets M., Nozhenko O., Nozhenko V., Prosvirova O., Chernikov V.

В статье рассмотрена работа и элементы автоматизированной системы подачи абразивного материала с использованием управляемого пневмодозирования. Используя импульсную форму можно выполнять дозирование абразивного материала в широком диапазоне, обеспечив ряд дополнительных возможностей для управления песочной системой. Предложена функциональная схема автоматического расхода абразивного материала системы подачи, в которой предусмотрен контроль за расходом абразивного материала и его сопоставление с эталонным случаем согласно градициям производительности (алгоритму дозирования).

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, колесо-рельс, коэффициент сцепления, абразивная частица, импульсная подача, расход, скорость потока.

Постановка проблемы. Качество услуг на рынке железнодорожных грузопассажирских перевозок определяется такими показателями, как скорость и срок доставки, безопасность и сохранность перевозимых пассажиров и грузов, подача поездов точно по графику, технико-экономические показатели работы железных дорог и т.д.

Сочетание этих факторов имеет ключевое значение для формирования объемных, стоимостных и качественных параметров пассажирских и грузовых перевозок железнодорожным транспортом.

На уровень этих показателей существенное значение оказывают вес, скорость, безопасность движения, которые во многом определяются взаимодействием в системе «колесо-рельс», являющееся основой движения поездов.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время разрабатываются способы управления взаимодействием (сцеплением) в системе «колесо-рельс» для существующих и перспективных условий эксплуатации. Управление сцеплением основано на концепции воздействия на контактирующие поверхности, где происходит контакт колес с рельсами, создавая поверхности, обладающие за-

данными характеристиками трения. Наиболее популярным из существующих способов является подача на эти поверхности трения различных абразивных материалов, которые вместе с «третьим телом» создают поверхностные слои, обладающие требуемыми фрикционными свойствами.

Абразивный материал (песок), подаваемый для улучшения сцепления, оказывает не только положительное влияние, но и при чрезмерной его подаче загрязняет верхнее строение пути, повышает износ бандажей колесных пар, увеличивает сопротивление движению состава и всего поезда [1, 2]. Чтобы этого не происходило количество песка в контакте должно быть строго регламентировано. С точки зрения тяги, наилучший результат достигается при подаче песка в один слой с расстоянием между песчинками равным трем радиусам песчинок (насыщенность заполнения контакта составляет $0,06 \text{ кг/м}^2$ [3, 4, 5]). Таким образом, количество песка n , подаваемого на погонный метр рельса на дорожке качения шириной 10 мм должно быть равно $0,6 \text{ г/м}$.

Как известно применение песка для увеличения сил сцепления требует огромных расходов. Это миллионы тонн песка, которые необходимо добыть, перевезти и по специальной технологии обработать до того как он попадет в бункер песочной системы локомотива. Ежегодно для улучшения взаимодействия колес с рельсами на сети железных дорог расходуется более трех миллионов кубических метров песка. В среднем на один километр рельсового полотна приходится более 20 тонн отработанного песка [3, 4, 5].

Проведенный анализ экспериментальных исследований и результаты расчета показывают (рис. 1), что в эксплуатации при скорости до 40 км/ч даже при производительности песочниц в реальных условиях эксплуатации до 1 кг/мин наблюдается значительный перерасход песка. Это приводит к за-

грязнению рельсошпальной решетки и перерасходу песка.

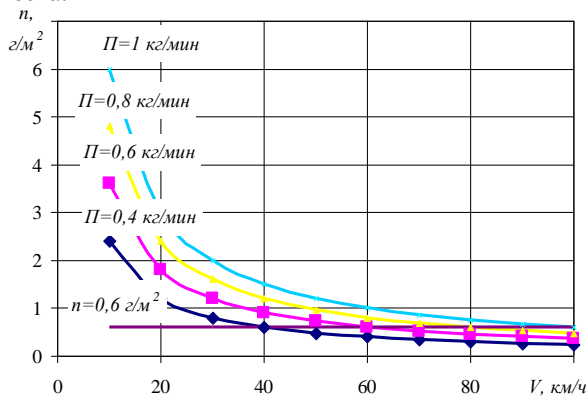


Рис. 1. Зависимость количества песка n , подаваемого на один метр рельса, от скорости $V = 10 \div 100$ км/ч ($P = 0,4 \div 1$ кг/мин) [4, 5]

Анализ методов подачи различных сыпучих материалов в зону контакта колеса с рельсом свидетельствует о том, что прослеживается общая тенденция – с помощью различных дополнительных устройств регулирования их производительности достичь более равномерной подачи материала или определенного его количества, чтобы реализовать максимальные возможности контакта «колесо-рельс» [6, 7].

Цель. В настоящее время отсутствуют системы автоматического управления и оптимизации параметров пневмодозирующих устройств, которые могли бы обеспечить не только режим устойчивой подачи, но и дозирования абразивного сыпучего материала. Именно поэтому необходимо, разработать метод автоматического управления процессом наиболее эффективного и экономически выгодного дозирования абразивного материала, адаптируемого к различным погодным условиям и режимам движения локомотива.

Результаты исследований. Управление расходом абразивного материала может быть реализовано как в непрерывной, так и в импульсной форме. Используя импульсную форму можно выполнять дозирование абразивного материала в широком диапазоне, обеспечив ряд дополнительных возможностей для управления системой подачи:

- управление в виде строго регламентированных весовых или объемных доз абразивного материала повышает точность среднего расхода;
- наличие в управляющем воздействии сигналов с различной амплитудой, длительностью и скважностью, что позволяет повысить качество управления дозированием;
- постоянная величина мгновенного расхода в пределах единичного импульса может быть стабилизирована на том значении, которое в наибольшей степени соответствует требованиям конкретных условий эксплуатации;
- параметры двухфазного потока при постоянной величине расхода могут быть определены рас-

четным путем, что позволяет легко корректировать и настраивать систему.

При подаче материала в виде импульсной последовательности с постоянными параметрами импульсов и переменной частотой их подачи, средний во времени объемный расход материала определяется:

$$Q_{cp} = V_0 \cdot f, \tag{1}$$

где, V_0 – объем единичной дозы; $f = T^{-1}$ – частота выдачи доз, T – период выдачи.

При импульсной подаче параметры последовательности импульсов должны быть выбраны таким образом, чтобы промежуток времени Δt между импульсами при максимальной частоте подачи позволял с некоторым запасом по времени заполнить поверхность пористой пластины дозатора. При проектировании системы необходимо решить две главных задачи – определить параметры импульса расхода (амплитуду, длительность и скважность) и рассчитать основные конструктивные параметры исполняющего устройства.

Система подачи абразивного материала работает в двух режимах подачи – непрерывной (для случая экстренного торможения) и импульсной. Такая система должна обеспечивать достаточное быстродействие и точность регулирования расхода материала.

Функциональная схема системы автоматического регулирования расхода абразивного материала представлена на рис. 2. В схеме предусмотрен контроль за расходом абразивного материала и его сопоставление с эталонным случаем (согласно градации производительности системы).

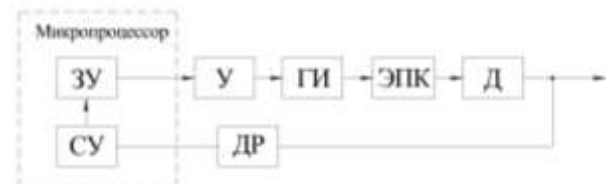


Рис. 2. Функциональная схема системы автоматического регулирования расхода абразивного материала

Основными элементами системы является микропроцессор, который включает задающее устройство (ЗУ) и сравнительное устройство (СУ), а так же усилитель (У), генератор импульсов (ГИ), электропневматический клапан (ЭПК), дозатор (Д) и датчик расхода абразивного материала (ДР).

Программное обеспечение задающего устройства, обрабатываемое микропроцессором, получает задающие сигналы от машиниста с пульта управления и передает их усилитель. При этом микропроцессор является одним из важнейших элементов системы подачи абразивного материала. Для корректной работы системы не требуется высокопроизводительного микропроцессора, главное чтобы его ресурсов хватило для запуска программного обеспече-

ния и обработки полученной информации с датчика расхода.

Усилитель выбирается на основе согласования (усиления) входного сигнала (напряжения) поступающего с микропроцессора до уровня, достаточного для срабатывания генератора импульсов и электропневматического клапана. Генератор импульсов обеспечивает возможность регулировки частоты, длительности и скважности импульсов, а так же импульсов различной формы.

Электропневматические вентили используются для управления пневматической системой в режиме непрерывной или импульсной подачи сжатого воздуха в дозатор, осуществляя ускорение подачи абразивного материала.

Включение системы подачи абразивного материала осуществляется по выбранной машинистом одной из градаций производительности песочной системы (в пульте управления (в зависимости от погодных условий и режима движения поезда)). При этом задающий сигнал для регулирования расхода поступает с микропроцессора на усилитель. Далее усиленный сигнал поступает на генератор импульсов, который вырабатывает импульсы определенной формы, длительности и скважности, воздействующее на работу быстродействующего электропневматического клапана, подключенного к источнику сжатого воздуха. Источником сжатого воздуха служит пневматическая система локомотива или специально установленный компрессор с давлением сжатого воздуха от 0,4 МПа до 1,0 МПа.

В качестве дозатора используется импульсный (дискретный) дозатор (рис. 3), имеющий не сложную конструкцию, простой в обслуживании, позволяет подавать дозируемый материал как непрерывно, так и импульсно через определенные промежутки времени.

Скорость подачи материала определяется конструктивными характеристиками дозатора и может регулироваться в выбранных пределах согласно градаций производительности системы.

Принцип действия дозатора основан на свойстве сыпучих материалов приобретать свойства жидкости при подаче воздуха для аэрации. В исходном состоянии подаваемый абразивный материал находится в бункере. Абразивный материал из бункера вытекает на пористую пластину, однако далее не перемещается, так как сила трения абразивных частиц друг о друга и о пористую пластину препятствует силе тяжести продвинуть частицы и вытолкнуть их через выходной патрубок дозатора. Таким образом, без подачи сжатого воздуха происходит самозапирание материала.

При подаче сжатого воздуха во входной патрубок, воздух проходит через пористую пластину и аэрирует слой материала, прилегающий к пластине. В этом случае слой материала исполняет роль своеобразной смазки, при этом сила трения частиц уменьшается и становится меньше силы тяжести, которая выталкивает материал через выходной патрубок.

Воздух на аэрацию подается через электропневматический клапан. Величина импульса воздуха на аэрацию определяется устройством управления согласно градации системы (алгоритму дозирования). Скорость истечения абразивного материала зависит от свойств материала (размера фракции, формы частиц, их влажности), конструкции дозатора и интенсивности воздушного потока направленного на аэрацию.

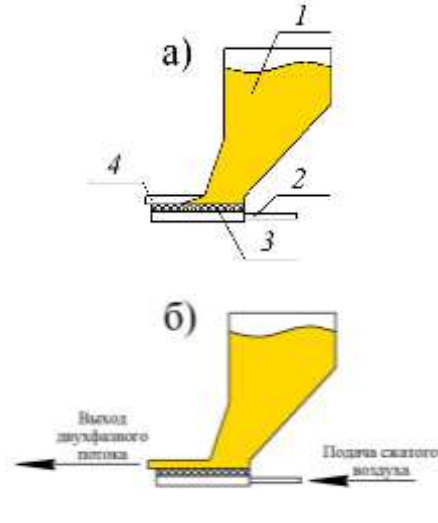


Рис. 3. Дозатор с бункером для абразивного материала а – без подачи сжатого воздуха; б – при подаче сжатого воздуха, 1 – бункер с абразивным материалом, 2 – патрубок подачи сжатого воздуха, 3 – пористая пластина, 4 – патрубок выхода двухфазного потока

Преимуществами такого дозатора являются:

- импульсный и непрерывный способ подачи, что очень важно при экстренном торможении, когда необходимо подавать равномерный поток;
- большой диапазон изменения величины дозы подающего материала;
- простота конструкции: дозатор не имеет движущихся частей, не требует смазки, не изнашивается, является компактным и недорогим в изготовлении и обслуживании;
- малое давление воздуха, необходимого для аэрации;
- малый расход сжатого воздуха, необходимого для работы дозатора.

На работоспособность песочной системы влияют такие факторы как влажность абразивного материала, закупорка песочных трубопроводов, нарушение герметичности пневматической системы и соединительных трубопроводов. Так же движение двухфазного потока имеет свои особенности связанные с различной дисперсностью абразивного состава, различием скоростей отдельных фаз, а как же их концентрацией. Учитывая данные факторы и особенности, при подаче абразивного материала необходимо иметь точное представление о величине его расхода, что позволит оперативно контролировать и корректировать производительность системы в процессе эксплуатации.

На основании анализа датчиков расхода сыпучих материалов и опыта ученых, проводивших исследования в данной области [8, 9, 10], при разработке датчика расхода абразивного материала выбран емкостный преобразователь, который реагирует на измерения его коэффициента заполнения абразивным материалом с диэлектрической проницаемостью. Такой датчик может быть использован как индикатор концентрации абразивного материала в рабочей области измерительного конденсатора. Датчик расхода состоит из резинового сопла, в котором коаксиально установлены две металлические втулки с внутренним диаметром равным диаметру сопла (рис 4). Втулки являются электродами конденсатора, соединенные с источником питания.

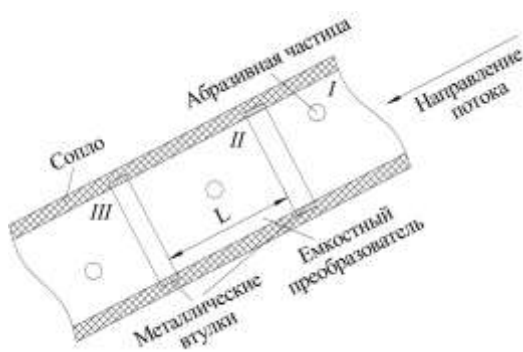


Рис. 4. Схема движения абразивной частицы в сопле через емкостный преобразователь

В процессе движения через конденсатор двухфазного абразивного потока рассматриваем его как конденсатор с двухслойным диэлектриком. Емкость такого конденсатора определяем по формуле [8, 9]:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d_0 + \frac{d_1}{\epsilon_1}}, \quad (2)$$

где ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, S – площадь электрода конденсатора, d_1 – расстояние между электродами конденсатора, занимаемое абразивным материалом с диэлектрической проницаемостью ϵ_1 , d_0 – расстояние между электродами конденсатора, занимаемое воздушным зазором.

Так как абразивные частицы имеют форму близкую к шару с радиусом R и движутся хаотично по всему объёму измерительного конденсатора, представим двухфазный абразивный поток в виде двухслойного диэлектрика с объемами $V_{\text{в}}$ (объем рабочей области конденсатора, занимаемый воздухом) и $V_{\text{ам}}$ (объем рабочей области конденсатора, занимаемый абразивным материалом). При условии, что в емкостном преобразователе находятся N количество частиц абразивного материала можно вычислить $V_{\text{ам}}$ по формуле:

$$V_{\text{ам}} = V_{\text{ш}} \cdot N = \frac{4 \cdot \pi \cdot R^3}{3} \cdot N, \quad (3)$$

Если известен объем твердого вещества, то при заданной площади электродов емкостного преобразователя можно определить величину слоя диэлектрика:

$$d_1 = N \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot R^3}{3 \cdot S}, \quad (4)$$

Подставив выражение (4) в (2) получим зависимость, связывающую емкость емкостного преобразователя с концентрацией абразивного материала в датчике. Для определения расхода абразивного материала необходимо найти скорость движения частиц в потоке путем установления скорости изменения емкости измерительного конденсатора.

При прохождении двухфазного потока через электрическое поле происходит явление поляризации, способствующее изменению емкости конденсатора ΔC .

Движение абразивного материала в сопле со встроенным емкостным преобразователем можно рассмотреть в три этапа (рис. 4):

I этап – до появления абразивной частицы в электрическом поле емкостного преобразователя, при этом её емкость равна C_0 ;

II этап – абразивная частица находится между электродами преобразователя, электрическая емкость емкостного преобразователя равна $C_{\text{еп}} = C_0 + \Delta C$;

III этап – абразивная частица находится за пределами электрического поля емкостного преобразователя, электрическая емкость емкостного преобразователя равна $C_{\text{еп}} = C_0$.

Для измерения скорости движения твердого вещества требуется зафиксировать промежуток времени, при котором емкость преобразователя будет отличной от емкости C_0 . Измерение времени движения абразивного материала в емкостном преобразователе позволяет определить скорость его движения $V_{\text{дв}}$:

$$V_{\text{дв}} = \frac{L}{t}, \quad (5)$$

где L – длина электродов емкостного преобразователя, t – время движения абразивной частицы в емкостном преобразователе.

Движение абразивного материала через сопло влияет на емкость конденсатора, которая изменится пропорционально диэлектрической проницаемости материала и его объема. Изменение электрической емкости конденсатора будет проявляться на его заряде, удерживаемом на электродах, так как он подключен к источнику постоянного напряжения

$$\Delta C = \frac{\Delta q}{U}, \quad (6)$$

Величина изменения заряда прямо пропорциональна изменению электрической емкости конденсатора и поданного на его электроды напряжения. Изменение емкости напрямую связано с диэлектри-

ческой проницаемостью абразивного материала, его объемом и геометрическим расположением внутри электрического поля конденсатора. Изменение заряда конденсатора образует ток поляризации:

$$I = \frac{dq}{dt}, \quad (7)$$

Перемещение каждой абразивной частицы через электрическое поле конденсатора частица будет создавать всплеск электрического тока (рис. 5), максимальное значение которого определяется не только геометрическими и электрическими характеристиками вещества, но и скоростью его движения. Чем быстрее движется частица, тем больше будет импульс тока.

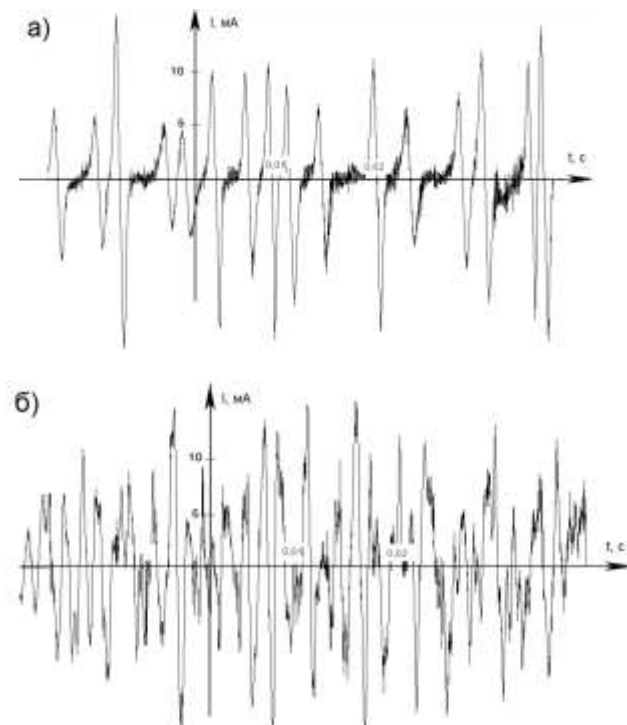


Рис. 5. Величина электрического тока измерительного конденсатора при движении через него абразивного материала разной концентрации а – невысокая концентрация; б – средняя концентрация

Полученный сигнал через усилитель подается на компараторы аналоговых сигналов для фиксации токов поляризации, вызванных движением абразивного материала. Выходы компараторов подключаются к микроконтроллеру для определения временного интервала между сигналами с компараторов. Микроконтроллер по заданной программе вычисляет скорость движения каждой частицы и выдает среднюю скорость потока частиц за определенный промежуток времени. Измеренная скорость движения абразивного материала и его концентрация в емкостном преобразователе служат исходными данными для расчета массового и объемного расхода. Величина расхода передается в сравнительное устройство микропроцессора, что позволяет сравнить расход

в процессе эксплуатации с тарировочной зависимостью, соответствующей градации производительности системы подачи абразивного материала. По результатам сравнения можно определить неисправности – закупорка трубопроводов, нарушение герметичности, отсутствие абразивного материала в бункере, неисправность элементов пневматической системы и т.д.

В случае закупорки сопла, его диэлектрическая проницаемость будет значительно выше, чем при прохождении через него потока абразивного материала и сигнал, поступающий на микроконтроллер, будет иметь максимальное значение, что сигнализирует о образовании «пробки» в сопле. Таким образом, применение предлагаемого устройства с датчиком расхода абразивного материала позволяет управлять производительностью и осуществлять контроль за подачей материала в процессе движения локомотива и определять производительность системы в различных условиях эксплуатации.

Вывод. Разработанная система подачи абразивного материала соответствует существующим в мире аналогам по основным показателями. Ее автоматизация и использование управляемого пневмодозирования абразивного материала позволяет управлять регулировать производительность абразивного материала в заданном диапазоне, получить линейность зависимости «управляющий сигнал – выходной расход материала», рассчитать, корректировать и контролировать расходную характеристику в процессе эксплуатации.

Л и т е р а т у р а

1. Maksim Kovtanets, Nicholas Gorbunov, Olga Prosvirova, Sergei Sosnovenko, Vitali Astakhov: Increase of coupling characteristics and profitability of the locomotive modernization of system of supply of sand // AN INTERNATIONAL JOURNAL ON MOTORIZATION, VEHICLE OPERATION, ENERGY EFFICIENCY AND MECHANICAL ENGINEERING. Vol. 12. № 4 LUBLIN – LUGANSK 2012. Тека Р. – 90-96.
2. Горбунов Н.И., Ковтанец М.В., Слащев В.А., Кравченко Е.А., Просвирина О.В. Адаптивная система подачи песка // Вісник СХУ ім. В. Даля, № 5(176), Ч.1. Вид-во СХУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2012. – С. 108-112.
3. Осенін Ю.І. Фрикційна взаємодія колеса з рейкою / Ю.І. Осенін, Д.М. Марченко, І.О. Шведчікова. – Луганськ: Вид-во СУДУ, 1997. – 227 с.
4. Кравченко Е.А. Обоснование резервов повышения тяговых качеств локомотива и их реализация управлением скольжения в системе колеса с рельсом: дис. к.т.н.: 05.22.07 / Е.А. Кравченко. – Восточноукраинский государственный университет. – Луганск: – 2010. – 215 с.
5. Ковтанец М.В., Найш Н.М., Кравченко Е.А., Кара С.В. Усовершенствование способа работы песочной системы локомотива в стрелочных переводах / Вісник СХУ ім. В. Даля. [Наук. журнал]. - №4 (158). Ч.1, Вид-во СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, 2011. – С. 74-78.
6. Костюкевич А.И. Экспериментальная проверка эффективности струйно-абразивного воздействия на рельсы для улучшения фрикционных свойств контакта «колесо-рельс» / А.И. Костюкевич, Н.И. Горбунов, М.В. Ко-

- втанец // Вісник СХУ ім. В. Даля № 18 (207) Ч. 1. Вид-во СХУ ім. В. Даля м. Луганськ, 2013 – С. 33-37.
7. Gorbunov N. Adhesion control in the system of "wheel-rail" / N. Gorbunov, M. Kovtanets, O. Prosvirova, E. Garkushin // Transport Problems. International scientific journal. 2012, volume 7, Issue 3. – P. 15–24.
 8. Афонин В.С. Измерение расхода сыпучего материала на основе емкостного преобразователя / В.С. Афонин // Ползуновский Вестник №2/2, 2011. – С. 43-48.
 9. Афонин В.С. Метод измерения расхода сыпучего материала и его экспериментальная проверка / В.С. Афонин, О.И. Хомутов // Ползуновский Вестник № 3/1, 2011. – С. 94-97.
 10. Авторское свидетельство СССР №1781112А1 кл. В61 С15/10 Песочница локомотива / Н.И. Горбунов, Е.В. Михайлов, А.Л. Кашура, А.Л. Голубенко, П.И. Кудла, В.И. Могила, Ю.И. Осенин, опубли. 15.12.92, бюл. №46, – 6 с.

References

1. Maksim Kovtanets, Nicholas Gorbunov, Olga Prosvirova, Sergei Sosnoenko, Vitali Astakhov: Increase of coupling characteristics and profitability of the locomotive modernization of system of supply of sand // AN INTERNATIONAL JOURNAL ON MOTORIZATION, VEHICLE OPERATION, ENERGY EFFICIENCY AND MECHANICAL ENGINEERING. Vol. 12. № 4 LUBLIN – LUGANSK 2012. Teka P. – 90-96.
2. Gorbunov N.I., Kovtanec M.V., Slashhiov V.A., Kravchenko E.A., Prosvirova O.V. Adaptivnaja sistema podachi peska // Visnik SNU im. V. Dalja, № 5(176), Ch.1. Vid-vo SNU im. V. Dalja. – Lugans'k, 2012. – S. 108-112.
3. Osenin Ju.I. Frikcijna vzaemodija kola z rejkoju / Ju.I. Osenin, D.M. Marchenko, I.O. Shvedchikova. – Lugans'k: Vid-vo SUDU, 1997. – 227 s.
4. Kravchenko E.A. Obosnovanie rezervov povshenija tjavovyh kachestv lokomotiva i ih realizacija upravleniem skol'zhenija v sisteme kola s rel'som: dis. k.t.n.: 05.22.07 / E.A. Kravchenko. – Vostochnoukrainskij gosudarstvennyj universitet. – Lugansk: – 2010. – 215 s.
5. Kovtanec M.V., Najsh N.M., Kravchenko E.A., Kara S.V. Uovershenstvovanie sposoba raboty pesochnoj sistemy lokomotiva v strelochnyh perevodah / Visnik SNU im. V. Dalja. [Nauk. zhurnal]. №4 (158). Ch.1, Vid-vo SNU im. V. Dalja, m. Lugans'k, 2011. – S. 74-78.
6. Kostjuevich A.I. Jeksperimental'naja proverka jeffektivnosti strujno-abrazivnogo vozdejstvija na rel'sy dlja uluchshenija frikcionnyh svojstv kontakta «koleso-rel's» / A.I. Kostjuevich, N.I. Gorbunov, M.V. Kovtanec // Visnik SNU im. V. Dalja № 18 (207) Ch. 1. Vid-vo SNU im. V. Dalja m. Lugans'k, 2013 – S. 33-37.
7. Gorbunov N. Adhesion control in the system of "wheel-rail" / N. Gorbunov, M. Kovtanets, O. Prosvirova, E. Garkushin // Transport Problems. International scientific journal. 2012, volume 7, Issue 3. – P. 15–24.
8. Afonin V.S. Izmerenie rashoda sypuchego materiala na osnove emkostnogo preobrazovatelja / V.S. Afonin // Polzunovskij Vestnik №2/2, 2011. – S. 43-48.
9. Afonin V.S. Metod izmerenija rashoda sypuchego materiala i ego jeksperimental'naja proverka / V.S. Afonin, O.I. Homutov // Polzunovskij Vestnik № 3/1, 2011. – S. 94-97.
10. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR №1781112А1 кл. V61 S15/10 Pesochnica lokomotiva / N.I. Gorbunov, E.V. Mihajlov, A.L. Kashura, A.L. Golubenko, P.I. Kudla, V.I. Mogila, Ju.I. Osenin, opubl. 15.12.92, bjul. №46, – 6 s.

Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Ноженко О.С., Ноженко В.С., Просвірова О.В., Черніков В.Д. Автоматизована система подачі абразивного матеріалу з використанням керованого пневмодозування.

У статті розглянута робота і елементи автоматизованої системи подачі абразивного матеріалу з використанням керованого пневмодозування. Використовуючи імпульсну форму можна виконувати дозування абразивного матеріалу у широкому діапазоні, забезпечивши ряд додаткових можливостей для управління пісочною системою. Запропоновано функціональну схему автоматичної витрати абразивного матеріалу системи подачі, у якій передбачено контроль за витратою абразивного матеріалу і його зіставлення з еталонним випадком згідно градації продуктивності (алгоритму дозування).

Ключові слова: залізничний транспорт, колесо-рейка, коефіцієнт зчеплення, абразивна частинка, імпульсна подача, витрата, швидкість потоку.

Gorbunov N., Kovtanets M., Nozhenko O., Nozhenko V., Prosvirova O., Chernikov V. Automated system for supplying abrasive material using controlled pneumatic dosing.

The article describes the work and elements of the automated system for supplying abrasive material using controlled pneumatic dosing. Using pulse type gives the possibility of dosing of abrasive material in a wide range, providing a number of additional options to control the sand system. Proposed functional diagram of the automatic flow of abrasive material supplying system, which provides control over the flow of abrasive material and its comparison with the reference case according to the performance grades (dosing algorithm). Developed design of flow of abrasive material sensor, which calculates the speed of each particle and gives the average flow rate of particles over a certain period of time. This serves as the initial data for calculation of mass and volume flow of abrasive material.

Keywords: railway transport, the wheel-rail system, cohesion coefficient, abrasive particle, pulsed flow, consumption, flow velocity.

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

Ковтанець М.В. – молодший науковий співробітник, старший викладач кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна, e-mail: maks_sv9@mail.ru

Ноженко О.С. – к.т.н., доцент кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Ноженко В.С. – молодший науковий співробітник, старший викладач кафедри автоніки та управління на транспорті СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Просвірова О.В. – аспірант кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Черніков В.Д. – старший викладач кафедри логістичне управління та безпека руху на транспорті СХУ ім. В.Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 656.223

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Білецький Ю.В., Сергієнко А.А., Найш Н.М.

THE IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY MANAGEMENT TRAFFIC WITH THE USE OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Beletsky Yu., Sergienko A., Naish N.

У статті описана автоматизована система для ефективного за економічними критеріями використання вагонів власників країн СНД і Балтії. При цьому визначено і автоматизовано рішення ключової технологічної задачі: оцінки економічної доцільності використання іновагонів у попутному напрямку з урахуванням індивідуальних властивостей вагонів. Основними функціями системи є: прогнозування терміну виходу іновагону з території України у випадках використання вагону під навантаження або здачі порожнім; розрахунок економічної ефективності від використання іновагону по даному маршруту; оптимальне планування під навантаження вагонів інвентарного парку і іновагонів, що знаходяться на полігоні залізниці

Ключові слова: автоматизована система, полігон дороги, дирекція, станція, дислокація, лінійне програмування, моніторинг.

Вступ. Важливим завданням експлуатації вагонів є виконання планів перевезень та забезпечення вантажовідправників вагонним парком. Раціональна організація вагонопотоків забезпечує прискорення обороту вагонів, скорочення обсягу маневрової роботи і зниження експлуатаційних витрат.

Витрати на перевезення іновагонах залежать від ряду таких найбільш істотних факторів, як термін перебування вагона на полігоні УЗ, станція дислокації, станції навантаження і вивантаження, стан вагона. Саме ці фактори визначають, чи можуть бути ефективно суміщені рішення завдання просування вагона в напрямку адміністрації власника і завдання перевезення вантажу.

Постановка проблеми. Існуючі математичні моделі аналізу та прогнозування параметрів вагонопотоків використані при розробці автоматизованого робочого місця працівника служби стеження за іновагодонами. Розробка призначена:

- для підвищення економічної ефективності використання вагонів власності країн СНД і країн Балтії на залізницях України;

- для забезпечення автоматизованого контролю за термінами перебування і своєчасним поверненням цих вагонів з території України державам власникам.

АРМ дозволить зменшити плату за використання іновагонах на полігоні УЗ за рахунок обґрунтованого визначення очікуваних термінів перебування вагонів з урахуванням таких індивідуальних властивостей вагона, як рід рухомого складу, місце дислокації, країна - власниця, термін перебування в Україні; використання АРМ дозволить збільшити надходження коштів за рахунок отримання додаткового тарифу у разі визначення економічно доцільного попутної вантаження іновагонах в напрямку руху до країни-власниці.

Об'єктом автоматизації програмної системи АРМ іновагони-Д є процеси використання вагонів власності країн СНД і країн Балтії, що знаходяться на залізницях України. В АРМ вирішується завдання визначення економічно вигідною попутно завантаження іновагонів в напрямку руху до країни-власниці.

Відповідно до технології використання іновагонів для їхнього навантаження в попутному напрямку необхідно отримати дозвіл Укрзалізниці, представлене у формі наказу. Накази погоджують співробітники сектору стеження за використанням іновагонів Укрзалізниці. Для вирішення цих завдань в оперативному режимі необхідно враховувати значне безліч складних умов, які в сукупності встановлюють можливість економічно вигідною попутної завантаження вагонів з урахуванням вище перерахованих факторів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У розробку завдання управління вагонопотоками значний внесок внесли вчені: Акулінічев В.М., Балч В.І., Бутко Т.В., Діканюк М.Н., Дьяков Ю.В., Кудрявцев В.А., Негрей В.Я., Ратин Г.С., Угрюмов А.К., Тулупов Л.П., Шаров В.А. Для вирішення завдань з удосконалення систем оперативного управління вагонопотоками важливими є роботи Гусятінера А.М., Жуковського Є.М., Петрова О.П., Попсуєва А.В., Сміхова О.А., Тулупова Л.П., Харлановіча І.В. Вирішенню завдань ефективно-

го управління вагонопотоками іноземних власників присвячені роботи Ковальова В.І., Осьмініна А.Т., Скалозуба В.В., Тишкіна С.М., Феофілова А.Н. та ін.

Слід відзначити особливу актуальність проблеми оптимальної за технологічними і економічними показниками спільної експлуатації вантажних вагонів інвентарного парку і іновагонах на полігоні залізниць України.

Мета статті. Метою є підвищення ефективності використання вантажного вагонного парку з урахуванням особливостей обліку й використання вагонів.

Результати досліджень. Основними функціями системи є:

- розрахунки часу руху від станції дислокації до станції навантаження;
- прогнозування строку виходу іновагона з території України у випадках використання вагона під навантаження або здачі порожняком;
- розрахунки економічної ефективності від використання іновагона по даному маршруту;
- оптимальне планування вагонів, що перебувають на полігоні дороги, інвентарного парку й іновагонів під навантаження.

Автоматизована система має можливості моніторингу дислокації іновагонів на полігоні дороги, а також відстеження положення відправлених вантажів у межах Укрзалізниці. Важливою характеристикою інтерфейсу програми є можливість побудови користувачем ієрархії необхідних для моніторингу показників.

Автоматизована система використовується для забезпечення автоматизованого контролю над строками перебування й дислокацією іновагонів на полігоні залізної дороги й своєчасним поверненням цих вагонів з території України державам-власникам.[2,3]

Структура програм АРМ забезпечує можливість виконання працівниками служби залізниць оперативного керування й контролю використання іновагонів на полігоні Укрзалізниці. Для цього виконана автоматизація процесів розв'язку комплексу інформаційних, розрахунково-облікових задач, задач прогнозування строку перебування іновагонів на полігоні УЗ, задач розрахунків оцінок відповідних показників економічної ефективності, задач узгодження баз даних усіх підсистем АРМ Іновагони-Д.

Програмна система має дворівневу структуру, яка забезпечує наступне:

- використання єдиних довідково-нормативних даних, процедур керування;
- облік на одних залізницях характеристик строків перебування іновагонів на полігоні інших залізниць;
- облік необхідності спостереження за зміною показників, за допомогою яких визначається економічна ефективність використання вагонів;
- ефективну реалізацію контролюючих функцій ЦД по керування іновагонами на рівні залізниць і дирекцій перевезень.

Зазначені функції реалізуються програмними компонентами АРМ рівня ЦД у взаємодії з інформаційними системами Укрзалізниці, які дозволяють на

рівні залізниць використовувати однакову інформацію й вирішувати лише специфічні задачі.

Загальна структура програмної системи АРМ зображена на рис.1, де представлений:

- програмний комплекс АРМ Іновагони-ЦД;
- програмні комплекси АРМ Іновагони-Д рівнів залізниць (дирекцій перевезень);
- інформаційні системи УЗ по керуванню процесами перевезень.

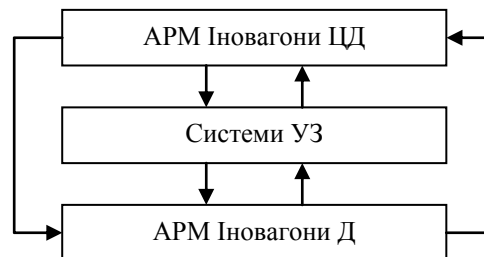


Рис. 1. Дворівнева структура АРМ Іновагони-Д

Для розв'язку завдань, виконуваних АРМом, використовуються, як нормативні значення параметрів, так і значення, які визначаються з урахуванням ситуації, що склалася на відповідному полігоні.

База даних АРМ містить наступну інформацію:

- нормативно-довідкову інформацію, зв'язану зі структурою залізниць і можливими шляхами руху іновагонів;
- поточну нормативно-довідкову інформацію ДИСКОР для розрахунків економічних показників вантажних перевезень (ціноутворюючі показники, нормативні дані для розрахунків плати за використання вантажних вагонів іноземних власників);
- дані для оцінки ефективності функціонування АРМ, результати розрахунків по доцільності використання запитаних іновагонів для перевезень у попутних напрямках;
- дані, необхідні для розрахунків оцінки строку здійснення перевезень залізницями України (для різних видів вагонів).

Розглянемо кроки розв'язку завдання ідентифікації параметрів системи по даним моніторингу процесу вантажних перевезень.

Крок 1. Формування переліку станцій і визначення відстаней між станціями УЗ. Вихідними даними є:

- станції навантаження й вивантаження із заявок на перевезення, уведених у систему, а також відповідні міждержавні стикові станції;
- станції дислокації порожніх вагонів на поточної й сусідні з нею дорогах.

Ця інформація використовується для розрахунків витрат на пробіг вагонів у порожньому стані й навантаженому стані окремо. Відповідно до заявок на перевезення й даними по дислокації вагонного парку на полігоні визначаються необхідні станції й відстані для:

- переміщення порожніх вагонів під навантаження;
- переміщення навантажених вагонів від станції навантаження до станції призначення;

- переміщення іновагона від станції призначення до міждержавної стикової станції;
- переміщення іновагона від станції дислокації до міждержавної стикової станції для випадку, коли вагон під навантаження не використовується.

Усі зазначені відстані між станціями є нормативними параметрами й відповідають тарифному керівництву.

Крок 2. Визначення часу руху для іновагонів і часу для вантажних операцій. Для оцінки тимчасових параметрів можна використовувати два підходи. Перший заснований на використанні нормативних величин, наприклад середньодобовий пробіг порожнього або навантаженого вагона, єдиний для дороги або УЗ у цілому, середній час простою (доба) під вантажною операцією. Другий підхід дозволяє врахувати особливості конкретного фрагмента залізничної мережі, а також урахувати ситуацію, що склалась на теперішній момент, і заснований на навчанні моделі й прогнозуванні тимчасових параметрів.

У розробленій системі використовуємо прогнозовані значення тимчасових параметрів, отримані з використанням моделі нечітких потокових графів.

Процедура обробки нечітких правил висновку складається з наступних етапів:

1) обчислення ступеня істинності частин «якщо» усіх правил - визначення ступенів приналежності «поточних» вхідних значень нечітким підмножинам \tilde{A} правил висновку, що становлять БП;

2) обчислення нечітких підмножин \tilde{B}_A , зазначених у частинах «то» правил висновку з урахуванням значень істинності, отриманих на першому етапі;

3) суперпозиція отриманих підмножин \tilde{B}_A .

Відповідно до цієї моделі, виконується оцінка поточної ситуації на полігоні. При цьому використовуються фактичні оперативні дані про рух вагонів на попередніх ділянках. Висновок обраного правила і є шуканим прогнозованим значенням.

Крок 3. Визначення витрат на пробіг одного вагона від станції дислокації порожнього вагона до станції вивантаження.

Ураховується відстань і видаткові ставки на 1000 вагону-кілометрів порожнього й навантаженого пробігу при електровозній або локомотивній тязі.

Крок 4. Визначення витрат на використання одного іновагона. Включає витрати на пробіг, плату за користування адміністрації-власникові з урахуванням коефіцієнтів прогресивного збільшення плати. Ураховується також, що для іновагона, запланованого під навантаження, віднімаються витрати на здачу порожняком зі станції дислокації.

Крок 5. Розв'язок оптимізаційного завдання розподілу вагонів під навантаження методом лінійного програмування.

Основна технологічна функція АРМА - розподіл іновагонів під навантаження. Вихідними даними є:

- дані по вагонному парку вагонів іноземних власників, дислокованих на залізниці;
- заявки на навантаження.

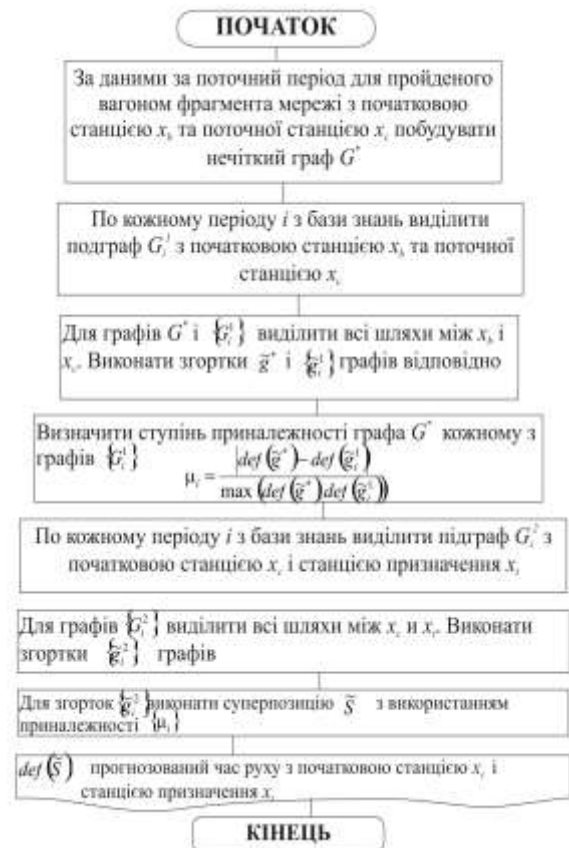


Рис. 2. Алгоритм висновку з використанням бази правил, представлених нечіткими потоковими графами

Дані по вагонному парку оновлюються два рази 3 на добу. Якщо дата актуальності цих даних не відповідає поточній даті, необхідно виконати приймання даних.

Система має розвинені функції сортування й фільтрації даних про вагони (функції "Полігон", "ВЕРБ на контролі", "Статистика ВЕРБ"). Інтерфейс містить таблицю з даними й пов'язане з таблицею дерево. Дані в таблиці сортуються відповідно до порядку стовпців ліворуч праворуч (по першому полю, якщо значення в цій полі однакові, по другому полю і т.д.). Переміщення стовпців змінює порядок сортування. Дерево використовується для фільтрації даних. Кожний рівень дерева відповідає черговому стовпцю таблиці. Вибір ланцюжка елементів дерева залишає в таблиці відповідні до цих елементів дані.

Висновок. Метою створення системи було підвищення ефективності використання залізницями України іновагонів, забезпечення контролю строків перебування й своєчасного повернення іновагонів з території України державам власникам. Функціонування АРМ "Іновагони" відбувається в режимі відповідей на запити про можливість використання вагонів іноземних власників (розрахунки оцінок строку виходу вагона за межі УЗ, визначення резерву часу - строку знаходження іновагонів на УЗ, протягом якого їх використання є прибутковим). При цьому виконуються наступні функції:

- приймання з певною періодичністю поточних даних із щодобовою інформацією про використання вагонного парку залізницями України, контроль і аналіз даних, перетворення в структури власної бази даних АРМ "Іновагони";

- загальні функції для ведення власної бази даних, а також відображення вмісту бази даних у вигляді звітів;

- формування в діалоговому режимі запитів і розрахунки оцінок резерву часу ефективного (прибуткового) використання різних пологів іновагонів на полігоні УЗ;

- формування в діалоговому режимі запитів і розрахунки оцінок очікуваного строку повернення іновагонів із заданої дирекції по певному стику виходу з УЗ;

- формування на підставі звітів про результати роботи окремих залізниць узагальнених аналітичних звітів, пов'язаних з використанням вагонного парку, у тому числі й іновагонів;

- перегляд баз нормативно-довідкової інформації програмної системи;

- ведення статистичних функцій по виконаних запитах і вироблених системою рекомендаціям, нагромадження даних з метою аналізу ефективності функціонування АРМ, формування статистичних звітів про роботу системи.

Використання АРМ дозволяє автоматизувати одержання близьких до оптимальних розв'язків по розподілі іновагонів під навантаження для заданого безлічі станцій дислокації.

Л і т е р а т у р а

1. Андрущенко В.А. Автоматизированное управление эксплуатацией вагонов собственников стран СНГ и Балтии на полигоне дороги // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. – Вип. 17, Дніпропетровськ, 2007, с. 7-9.
2. Скалозуб В.В., Андрущенко В.А., Великодний В.В., Чердніченко М.С. Метод регулювання вагонопотоков при заданих умовий паритета для міжгосударствених грузових перевозок // Міждержавна науково-методична конференція „Проблеми математичного моделювання”, Дніпродзержинськ, 2004, с. 129
3. Скалозуб В.В., Цейтлін С.Ю., Великодний В.В., Андрущенко В.А., Доманская Г.А., Зеленский Ю.В. Объектно-ориентированные модели стохастических нестационарных потоков в транспортных сетях // Системні технології, №3 – Дніпропетровськ, 2001, с.141-150.

R e f e r e n c e s

1. Andryuschenko V.A. Avtomatizirovannoe upravlenie ekspluatatsiyey vagonov sobstvennikov stran SNG i Baltii na poligone dorogi // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. – Вип. 17, Дніпропетровськ, 2007, с. 7-9.
2. Skalozub V.V., Andryuschenko V.A., Velikodnyiy V.V., Cherednichenko M.S. Metod regulirovaniya vagonopotokov pri zadaniy usloviy pariteta dlya mezhgosudarstvennyih gruzovyih perevozk // Міждержавна науково-

metodichna konferentsiya „Problemi matematichnogo modelyuvannya”, DnIprodzerzhinsk, 2004, s. 129

3. kalozub V.V., Tseytlin S.Yu., Velikodnyiy V.V., Andryuschenko V.A., Domanskaya G.A., Zelenskiy Yu.V. Ob'ektno-orientirovannyye modeli stohasticheskikh nestatsionarnykh potokov v transportnykh setyah // Sistemni tehnologii, #3 – DnIpropetrovsk, 2001, s.141-150.

Белецкий Ю.В., Сергиенко А.А., Найш Н.М. Усовершенствование технологии управления вагонопотоками с использованием автоматизированных систем управления.

В статье описана автоматизированная система для эффективного по экономическим критериям использования вагонов собственников стран СНГ и Балтии. При этом определены и автоматизировано решение ключевой технологической задачи: оценки экономической целесообразности использования иновагонов в попутном направлении с учетом индивидуальных свойств вагонов. Основными функциями системы являются: прогнозирование срока выхода иновагону с территории Украины в случаях использования вагона под погрузку или сдачи пустым; расчет экономической эффективности от использования иновагону по данному маршруту; оптимальное планирование под погрузку вагонов инвентарного парка и иновагонов, находящихся на полигоне железной дороги.

Ключевые слова: автоматизированная система, полигон дороги, дирекция, станция, дислокация, линейное программирование, мониторинг.

Beletsky, Y., Sergienko A., Naish N. The improvement of technology management traffic with the use of automated control systems.

The article describes an automated system for effective economic criteria for the use of wagons owners of CIS and Baltic countries. Thus defined and automated decision key technology objectives: assess the feasibility of using novagen in the same direction with regard to individual properties cars.

The main functions of the system are: forecasting time navagon from the territory of Ukraine in cases of use of the car for loading or delivery of the blank; the calculation of economic efficiency of use novason on this route; optimal planning for loading of inventory stock cars and Novakov who is on the ground Railways. An automated system is used to provide automated control of length of stay and disposition novagen at the site of the railroad and the timely return of these cars from the territory of Ukraine States owners.

Keywords: automated syste, landfill road Directorate, station, location, linear programming, monitoring.

Білецький Ю.В. – старший викладач, кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Сергієнко А.А. – студент групи ТЛЗ-241м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.
e-mail: translogstud@yandex.ru.

Найш Н.М. – старший викладач, кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 01.04.2013

УДК 656.13

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Загорій К.Е., Шворнікова Г.М.

MODERN METHODS OF IMPROVING THE QUALITY OF SERVICE IN RAIL TRANSPORT

Zagoriy K., Shvornikova A.

У статті розглянуто та запропоновано до впровадження методи підвищення рівня сервісного обслуговування на об'єктах інфраструктури залізничного транспорту, що дозволять довести сервіс до відповідності європейським стандартам. Виконано аналіз зміни якості обслуговування клієнтів на вокзалах при впровадженні програми «Тамничий покупець», що свідчить про позитивну динаміку зміни рівня сервісного обслуговування. Запропоновано доповнити систему оцінки сукупного рівня сервісного обслуговування на залізничних вокзалах оціночним показником «персонал». Розглянуто методику розрахунку показника «персонал» і сформована оцінка сукупного рівня сервісного обслуговування на залізничних вокзалах.

Ключові слова: сервіс, залізничний вокзал, якість, пасажир, перевезення, транспортні послуги, сервісне обслуговування.

Вступ. В умовах збитковості пасажирських перевезень основною проблемою є пошук резервів мінімізації експлуатаційних витрат пасажирських перевезень та підвищення їх ефективності. У зв'язку з цим важливим завданням стає розвиток сервісних послуг, що надаються пасажиром як під час поїздки, так і на вокзалах.

Пасажирський вокзал генерує значні потоки потенційних покупців, а необхідність тривалого очікування підштовхує пасажирів на спонтанні покупки та збільшує долю витрачених коштів на території вокзального комплексу. Крім того, у межах пішохідної доступності знаходяться офіси, чи значні житлові комплекси, що також можуть збільшувати обсяги потенційних покупців. У цих умовах функціональні служби вокзалів займаються масовим обслуговуванням пасажирів та не завжди можуть задовольнити нагальні проблеми населення у додаткових послугах, що не входять до процесу перевезення. Сюди можна віднести послуги щодо розміщення у готелях, бронювання, продаж та доставка квитків на різні види транспорту, послуги таксі та оренда автомобілів та ін. Значення сервісу для комерційного успіху всього пасажирського комплексу останнім часом все більше зростає та є доцільним запитом не лише для залізничного транспорту.

Сервіс на транспорті – це високоякісне обслуговування пасажирів, вантажовідправників та вантажоодержувачів, включаючи забезпечення перевезень, надання комплексних послуг та виконання додаткових робіт [5]. Перевезення здійснюються різними видами транспорту - повітряним, наземним, водним. Рівень і тип транспортного засобу, протяжність переміщення зумовлюють специфіку транспортного сервісу. Проте популярність або затребуваність різних видів транспорту для туристських перевезень залежить від географічних і кліматичних умов країни, національних традицій, соціального стану та життєвого рівня людей і від інших факторів. У кожного виду транспорту є свої переваги і недоліки, але всі види, транспортних систем переслідують одну головну мету - найбільш повне задоволення потреб, через надання відповідного сервісу, при реалізації послуг з перевезення [1].

До транспортних послуг в самому загальному вигляді можна віднести: перевезення пасажирів і вантажів; вантажно-розвантажувальні роботи (навантаження, вивантаження, перевантаження, пересадка пасажирів, внутрішньоскладські операції); зберігання вантажів на складах станцій; підготовку рухомого складу до перевезення; надання рухомого складу на умовах оренди (лізингу); інші послуги.

Постановка проблеми. Українська практика організації залізничних перевезень вказує на те, що сервісне обслуговування вантажопотоків в повній мірі не відповідають міжнародним стандартам ведення транспортного бізнесу, які передбачають, в першу чергу, високу якість та сервіс транспортних послуг, ефективну організацію транспортного обслуговування на основі логістичного підходу. В зв'язку з цим виникає гостра необхідність пошуку резервів підвищення рівня транспортного обслуговування на основі впровадження прийомів та методів сервісної логістики в діяльність залізничного транспорту України [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість наукових праць, технічних розробок та впроваджень присвячені забезпеченню безпеки основної послуги, а саме перевезенню. Багато сказано про необхід-

ність вдосконалення рухомого складу, інфраструктури та різноманітних технічних засобів, але до теперішнього часу не вирішене питання щодо сертифікації додаткових та супутніх послуг та ліцензування підприємств, що їх надають. У роботах Апатцева в. І., Бичкової А. А. були розглянуті класифікації видів сервісного обслуговування пасажирів на залізничних вокзалах і структура оціночних показників [3], Болдирев А. В. вивчав удосконалення та розвиток системи менеджменту якості послуг транспортної організації, в роботах Пастухова С. С. йшлося про розробку методів дослідження якості транспортного обслуговування населення в сфері залізничних пасажирських перевезень далекого прямування [4], Рамазанов С.К. займався вивченням міжнародної некомерційної програми «Іріс», яка створена з метою забезпечення високої якості в залізничній галузі, і посилення наднаціональної конкуренції за рахунок надання можливості будь-якої компанії залізничної галузі отримати загальне визнання рівня якості його продукції та діяльності.

Мета статті. В роботі зроблено спробу сформулювати оцінку сукупного рівня сервісного обслуговування на залізничних вокзалах, а також доповнити цю систему оціночним показником «персонал» з допомогою застосування методики його розрахунку.

Основний зміст. Щоб підтримати незмінно високий рівень сервісу, який утримує існуючих і притягає нових клієнтів, потрібні інструменти для його контролю і вимірювання. Для формування оптимальної моделі сервісного обслуговування на вокзалі необхідно сформулювати оцінку якості послуг, що надаються.

З метою впорядкування процесу управління сервісним обслуговуванням послуги вокзалу пропонується розглядати в розрізі наступних груп показників: номенклатура і кількість; якість; час; ціна; надійність надання сервісу (за показниками якості, часу і кількості) [6].

В якості базових показників запропоновано виділити:

- динаміку обсягів $V_i(t)$ послуг, що надаються вокзалом, впродовж періоду ΔT ;
- динаміку обсягів заявок, що поступили, від пасажирів по кожному i -у виду послуг в даний період ΔT ;
- динаміку ринкової ціни послуг вокзалів $\ddot{O}_{ij}^*(t)$ в кожен момент часу періоду ΔT ;
- динаміку ціни послуг даного вокзалу $\ddot{O}_{ij}(t)$ в кожен момент часу періоду ΔT ;
- оцінку вокзалом якості \hat{E}_i послуг, що ним надаються;
- оцінку пасажирами якості K_i^* послуг, що надаються вокзалом.

На підставі виділених показників формується оцінка сервісного обслуговування по кожному з на-

прямів (номенклатура, кількість, якість, час, ціна і надійність).

Окрім цього пропонується використання ще одного досить ефективного методу підвищення якості сервісного обслуговування.

Стосовно вокзального комплексу розглянутий один з ефективних інструментів поліпшення якості обслуговування клієнтів, прийнятою сьогодні більшістю компаній сфери послуг в країнах Заходу, - програма «Mystery Shopping» (Таємничий покупець).

Цілями застосування цієї програми є:

- мотивація співробітників вокзалу;
- оцінка ефективності тренінгів персоналу;
- виявлення недоліків в роботі вокзалу, що вимагають усунення;
- аналіз конкурентної ситуації в даній сфері бізнесу.

Метод підвищення рівня сервісного обслуговування «Таємничий покупець» був апробований на вокзалах регіональної дирекції залізничних вокзалів відносно наступних послуг: довідково-інформаційні послуги; послуги санітарно-гігієнічних кімнат; послуги камери схову; послуги носильників; послуги сервісних центрів; послуги залу підвищеної комфортності; послуги кімнат тривалого відпочинку (рис.).



Рис. Діаграма зміни рівня сервісного обслуговування на вокзалах при виконанні програми «Таємничий покупець»

У системі сервісного обслуговування важливу роль грає рівень кваліфікації обслуговуючого персоналу, адже саме працівник залізничного транспорту, будучи елементом системи сервісного обслуговування забезпечує взаємозв'язок пасажирів і послуги залізничного транспорту. Аналіз статистичних даних показує, що проведення заходів по підвищенню кваліфікації співробітників вокзалів у 2013 році дозволило поліпшити показники роботи вокзалів у 2014 році, а саме скоротити кількість скарг пасажирів на 40% і збільшити кількість вдячностей на 36% [3].

Таким чином, якість роботи персоналу, його кваліфікація, стиль обслуговування може впливати на загальний рівень сервісного обслуговування у вокзальному комплексі.

У систему оцінки рівня сервісного обслуговування пропонується ввести оцінний показник «персонал», який розглядає:

ΔK - відхилення в якості роботи персоналу (K), що надають послуги пасажирам вокзалу і клієнтам, і якості роботи висококваліфікованих співробітників (K*).

$$\Delta K = \frac{K - K^*}{K^*}.$$

Рівень якості роботи персоналу розраховується за певним співвідношенням окремих коефіцієнтів якості:

$$K^* = K_0 \cdot K_1 \dots K_n.$$

Склад, зміст і спосіб розрахунку коефіцієнтів якості роботи відображає особливості конкретного виробництва, характер трудових процесів, структуру підрозділів, їх місце на підприємстві. Оцінка персоналу, як правило, включає три головні складові [1]:

1) оцінку професійної кваліфікації працівника, його особистих і ділових якостей як чинників, що зумовлюють сам результат праці, і тому включаються в оцінку персоналу на етапі його відбору та прийому на вакантне робоче місце (включаючи випробувальний термін);

2) оцінку трудової діяльності працівника (складність, швидкість, раціональність і творчий підхід у процесі впливу працівника за допомогою знарядь праці на предмет праці з метою одержання заданого результату);

3) оцінку кінцевих результатів праці, тобто продукту трудового процесу (товарів, послуг тощо).

Для вокзальних комплексів пропонується розглядати такі коефіцієнти:

K_0 - рівень професійної підготовки і кваліфікації працівників;

K_2 - рівень позитивної оцінки пасажирями роботи персоналу;

K_3 - рівень виконання виробничого завдання.

Рівень професійної підготовки і кваліфікації визначається за формулою:

$$K_1 = \frac{N_{\text{проф}}}{N},$$

де $N_{\text{проф}}$ - число працівників вокзалу, які здійснюють обслуговування пасажирів і мають профільну освіту;

N - загальна кількість працівників вокзалу, задіяних для обслуговування пасажирів.

Рівень оцінки пасажирями якості роботи вокзалу визначається за формулою:

$$K_2 = \frac{N_{\text{близ}} - N_{\text{ж}}}{N_{\text{близ}}},$$

де $N_{\text{близ}}$ - кількість подяк пасажирів з питань організації сервісного обслуговування на транспортному підприємстві;

$N_{\text{ж}}$ - кількість скарг на незадовільне обслуговування пасажирів.

Рівень виконання виробничого завдання пропонується визначати за формулою:

$$K_3 = \frac{1}{x} \sum_{e=1}^E (\Phi_e - \mathcal{Z}_e),$$

де x - загальна кількість завдань, виданих працівникам на певний строк;

E - кількість невиконаних завдань у строк;

\mathcal{Z}_e - встановлений термін виконання завдань;

Φ_e - фактичний термін виконання завдань.

При оптимальному значенні якості роботи персоналу $\Delta K \rightarrow 1$.

Тоді сукупний рівень сервісного обслуговування на залізничних вокзалах буде визначатися з виразу [3]:

$$U = (\Delta n)^{a1} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{\Delta N_i}{n} \right)^{a2} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{\Delta N_i}{n} \right)^{a3} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{\Delta N_i}{n} \right)^{a4} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{\Delta k^{ij}}{n \cdot m} \right)^{a5} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \frac{\Delta t_{it}}{nT} \right)^{a6} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_i}{n} \right)^{a7} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{k=k_{\min}}^{k_{\max}} \frac{P(A_{ik})}{nk_0} \right)^{a8} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^{q_0} \frac{P(B_{iq})}{nq_0} \right)^{a9} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{t=\tau_1}^{\tau_k} \frac{P(T_{it})}{n\tau_k} \right)^{a10} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{y=y_1}^{y_0} \frac{P(H_{iy})}{ny_0} \right)^{a11} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{\Delta K_i}{n} \right)^{a12}$$

де $a1 \dots a11$ - коефіцієнти, що визначають значимість оцінчого показника для рівня сервісу послуг вокзалу, які можуть приймати значення від 0,1 до 1, у розрахунках приймаємо $a1 \dots a11 = 1$, бо розподіл значень вимагає окремого дослідження;

k_0 - кількість обсягів виконання послуг, що зустрічаються в заявках пасажирів;

q_0 - кількість видів оцінок за якістю;

y_0 - кількість значень ціни, розглянутих в аналізі;

m - кількість характеристичних параметрів для розглянутого виду послуг;

T - загальна кількість умовних періодів в розглянутому періоді часу;

τ_k - кількість розглянутих періодів часу.

Таким чином, на підставі виразу , для визначення сукупного рівня сервісного обслуговування на залізничних вокзалах можна розрахувати фактичні значення цього рівня у визначений момент часу t .

Розрахунок показника «персонал» для окремої дирекції залізничних вокзалів виконаний при наступних вихідних даних за окремо взятий рік:

- загальна кількість працівників вокзалу, задіяних для обслуговування пасажирів, $N=187$ співробітників (чергові помічники за начальника вокзалу, чергові по залу вокзалу, чергові по видачі довідок, носильники, комірники камери зберігання, чергові кімнат тривалого відпочинку, контролери-касири санітарно-гігієнічних послуг);
- число працівників вокзалу, які здійснюють обслуговування пасажирів і мають профільну освіту $N_{\text{проф}}=123$ співробітників;
- кількість подяк пасажирів з питань організації сервісного обслуговування на транспортному підприємстві $N_{\text{близ}}=179$;
- кількість скарг на незадовільне обслуговування пасажирів $N_{\text{ж}}=5$;
- загальна кількість завдань, виданих працівникам на певний термін $X=2$ (зниження скарг на 25% на рік, виконання планового завдання по виручці від підсобно-допоміжної діяльності на 100%);
- кількість невиконаних завдань у строк $E=0$;
- встановлений строк виконання завдань $\mathcal{Z}_e=12$ місяців;
- фактичний термін виконання завдань планового завдання по виручці від підсобно-допоміжної діяльності $\Phi_e=11$ місяців, зниження скарг на 25% $\Phi_e=10$ місяців.

В результаті виконаних розрахунків отримуємо:

$$K_1 = \frac{123}{187} = 0,66$$

$$K_2 = \frac{179 - 5}{179} = 0,9$$

$$K_3 = \frac{1}{2} \cdot (11 - 12) \cdot (10 - 12) = 1$$

$$K^* = 0,66 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,6$$

$$\Delta K = \frac{1 - 0,6}{0,6} = 0,67$$

Значення показника свідчить про резерви в роботі з персоналом вокзалу. Збільшення кількості показників у пропонованій системі оцінки рівня сервісного обслуговування на залізничних вокзалах дозволить отримати найбільш об'єктивну оцінку, що призведе до позитивної зміни спочатку розрахованого значення рівня сервісу.

Висновок. Таким чином, в сучасних умовах роботи залізничних вокзалів ефективність послуг, що надаються, і вдосконалення технологічного процесу виходить із забезпечення вимог пасажирів до якості обслуговування, що визначає завдання формування системи оцінки рівня сервісного обслуговування на залізничних вокзалах, а також його підвищення.

Література

1. Сервіс на транспорті : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / [В.М.Николашин, Н.А.Зудилин, А.С.Синицы на и др.] ; под ред. В.М. Николашина. – 4-е изд., перераб. – М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 304 с.
2. Размещение железнодорожного транспорта Украины: [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://allrefs.net/c5/2fet2/>
3. Бычкова А. А.. Методы повышения уровня сервисного обслуживания на железнодорожных вокзалах: дис. канд. техн. наук: спец. 05.22.08 - Управление процессами перевозок / Бычкова Анна Алексеевна; Моск. гос. ун-в. путей. сообщ. – М., 2013 - 172 с.
4. Пастухов С.С. Разработка методов исследования качества транспортного обслуживания населения в сфере железнодорожных пассажирских перевозок дальнего следования: дис. канд. экон. наук: спец. 08.00.05 - Экономика и управление народным хозяйством / Пастухов Сергей Сергеевич; ОАО «ВНИИЖТ». – М., 2011 – 204 с.
5. Копылова Е.В., Куликова Е.Б. Сервис на транспорте (железнодорожном): Учебное пособие. – М.: МИИТ, 2009 – 216 с.
6. Практикум по логистике: уч. пос. / Под ред. Б.А. Аникина. – М.: Инфра-М, 2001. – 280 с.

References

1. Servis na transporte: ucheb. posobie dlja stud. uchrezhdenij vyssh. prof. obrazovanija / [V.M.Nikolashin, N.A.Zudilin, A.S.Sinicy na i dr.] ; pod red. V.M. Nikolashina. — 4-e izd., pererab. — М. : Izdatel'skij centr «Akademija», 2011. — 304 s.
2. Razmeshhenie zheleznodorozhnogo transporta Ukrainy: [Elektronnyj resurs]. – rezhim dostupa: <http://allrefs.net/c5/2fet2/>
3. Bychkova A. A.. Metody povyshenija urovnja servisnogo obsluzhivanija na zheleznodorozhnyh vokzalah: dis. kand. tehn. nauk: spec. 05.22.08 - Upravlenie processami

perevozok / Bychkova Anna Alekseevna; Mosk. gos. univ. putej. soobshh. – М., 2013 - 172 с.

4. Pastuhov S.S. Razrabotka metodov issledovanija kachestva transportnogo obsluzhivanija naselenija v sfere zheleznodorozhnyh passazhirskih perevozok dal'nego sledovanija: dis. kand. jekon. nauk: spec. 08.00.05 - Jekonomika i upravlenie narodnym hozjajstvom / Pastuhov Sergej Sergeevich; ОАО «VNIIZhT». – М., 2011 – 204 s.
5. Kopylova E.V., Kulikova E.B. Servis na transporte (zheleznodorozhnom): Uchebnoe posobie. – М.: МИИТ, 2009 – 216 с.
6. Praktikum po logistike: uch. pos. / Pod red. B.A. Anikina. — М.: Infra-M, 2001. — 280 s.

Загорій К.Э., Шворникова А.М. Современные методы повышения качества сервисного обслуживания на железнодорожном транспорте.

В статье рассмотрены и предложены к внедрению методы повышения уровня сервисного обслуживания на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта, которые позволят довести сервис до соответствия европейским стандартам. Выполнен анализ изменения качества обслуживания клиентов на вокзалах при внедрении программы «Таинственный покупатель», что свидетельствует о положительной динамике изменения уровня сервисного обслуживания. Предложено дополнить систему оценки совокупного уровня сервисного обслуживания на железнодорожных вокзалах оценочным показателем «персонал». Рассмотрена методика расчета показателя «персонал» и сформирована оценка совокупного уровня сервисного обслуживания на железнодорожных вокзалах.

Ключевые слова: сервис, железнодорожный вокзал, качество, пассажир, перевозки, транспортные услуги, сервисное обслуживание.

Zagoriy K., Shvornikova A. Modern methods of improving the quality of service in rail transport.

The article discusses and proposes to introduce methods to improve the level of service at the facilities of the railway infrastructure, which will bring the service to meet European standards. Just present a proposal for the improvement of the navigation system in the building of the railway station, providing search for the shortest path movement of passengers on the basis of a ternary operation.

The analysis of changes in the quality of customer service at stations in the implementation of the "mystery shopper", indicating that the positive dynamics of changes in the level of service. Invited to complete evaluation system combined level of service at railway stations Performance Indicators "staff". The method of calculating the index "staff" and form an estimate of the aggregate level of service at railway stations.

Keywords: service, railway station, quality, passenger transport, transport services, service.

Загорій К.Е. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, e-mail: zagoriye@mail.ru

Шворнікова Г.М. – к.т.н., доц. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Рецензент: д.т.н., проф. Рамазанов С.К.

УДК 629.4.014

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНТРОЛЮ МАЛОЇ КІЛЬКОСТІ ПАРАМЕТРІВ МОДЕРНІЗОВАНОГО ТЕПЛОВОЗУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА НАДІЙНІСТЬ

Міхєєв С.О.

SUBSTANTIATION OF CONTROL SMALL SCALE QUANTITY OF PARAMETERS IN UPGRADED LOCOMOTIVES START-RELIABILITY TESTING

Mikheev S.

Автор статті на основі аналізу технічного стану парку тягового рухомого складу дає рекомендації по оновленню парку тепловозів. Наголошено на необхідності проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів з метою визначення їх робочих параметрів. Встановлена необхідність оптимізації вибору контрольних параметрів для зручності проведення експлуатаційних випробувань рухомого складу та зниження їх вартості. Складена та запропонована удосконалена модель проведення експлуатаційних випробувань із використанням малої кількості контрольних параметрів для визначення надійності. Вказано на взаємозв'язок між кількістю контрольних параметрів при випробуваннях, тривалістю їх проведення та вартістю, а також точністю результатів випробувань для задоволення вимог замовника випробувань.

Ключові слова: випробування локомотивів, модернізація, модель експлуатаційних випробувань, оновлення парку тягового рухомого складу, контрольні параметри.

Вступ. В умовах нагальної потреби оновлення парку тягового рухомого складу (ТРС) для залізниць України, та обмеженості фінансування закупівель нових локомотивів постало питання у методах виходу із ситуації що склалася [1, 2]. Після прийняття «Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 - 2020 роки», в якій було проведено загальний аналіз технічного стану рухомого складу, та огляд ситуації по кожній серії ТРС компромісним рішенням було прийнято виконання модернізації тих серій локомотивів, яким це дозволяє технічний стан основних несучих конструкцій з огляду на необхідність подовження терміну їх служби, в середньому, ще на 15 років [3].

Постановка проблеми. Технічною комісією було встановлено, що в більшості локомотивів технічний стан головної рами та рам візків задовольняє вимогам для подовження терміну служби. З урахуванням потреби у локомотивів та відсутності закупі-

вель нових було прийнято рішення у проведенні модернізації тепловозів із заміною обладнання та вузлів розміщених вище головної рами. Після проведення модернізації тепловоза, відповідно до вимог на виготовлення продукції транспортного призначення [5, 6], локомотив підлягає випробуванням. Проведення експлуатаційних випробувань на надійність передбачає контроль досить широкого спектру параметрів роботи одиниці тягового рухомого складу та розрахунок великої кількості показників, за якими визначається зміна стану локомотива. Дана процедура представляє собою великий об'єм робіт та вимагає великої кількості задіяних спеціалістів, що в свою чергу вимагає досить суттєвого фінансування.

Мета статті. Обґрунтувати можливість контролю мінімального числа робочих параметрів при експлуатаційних випробуваннях модернізованого тепловозу без зниження рівня достовірності результатів при їх проведенні.

Основний матеріал статті. При оновленні парку ТРС постала проблема скорочення витрат на випробування. Як варіант виходу із ситуації було обрано виконання модернізації локомотивів, що дасть можливість зменшити витрати у порівнянні із придбанням нового ТРС. Однак, ще одним з етапів зниження вартості модернізації локомотива є скорочення витрат на проведення його випробувань, і, як наслідок, експлуатаційних в тому числі.

Після виконаної модернізації тепловозів із заміною силової установки постало питання визначення його надійності в умовах експлуатації. Відповідно до розробленої класифікації експлуатаційних випробувань ТРС [7 – 9], а також з урахуванням вимог замовника виконується вибір типу експлуатаційних випробувань – «експлуатаційні випробування на надійність». Даний тип випробувань передбачає контроль робочих характеристик і показників, за

якими і буде визначатись надійність роботи модернізованого тепловозу. Для можливості скорочення витрат на випробування виконано перебір всіх показників з метою його обмеження.

Дану проблему можна вирішити при використанні додаткової інформації, яка при застосуванні класичної моделі випробувань не використовується. При використанні класичного методу вихідними даними для розрахунку є необхідний показник надійності S_{TP} та прийнятий ризик замовника продукції $\beta = 1 - \gamma$ (γ – довірча імовірність). При цьому максимальну кількість контрольних параметрів при експлуатаційних випробуваннях на надійність, що проводяться без відмов визначають за формулою:

$$F_{rel}^{work} = F_{rel}^{work}(S_{OD}, \beta) = \frac{\ln \beta}{\ln S_{TP}} \quad (1)$$

де S_{TP} – показник надійності, який встановлено замовником випробувань;
 β – прийнятий ризик замовника експлуатаційних випробувань на надійність.

Основний недолік класичної схеми експлуатаційних випробувань ТРС полягає в тому, що в цьому випадку не враховуються усі його фактичні можливості. Ці можливості можна врахувати, якщо додатково відомо гарантоване значення ресурсної збитковості η і коефіцієнта варіації ν [10, 11].

Для одержання такої інформації експлуатаційні випробування проводяться за планом [NUN] (до відмови всіх N виділених локомотивів), що дасть можливість по отриманому ряду відмов визначити необхідну для зменшення кількості випробувань інформації.

Проведені дослідження показали, що облік характеристик ресурсної збитковості дозволяє суттєво зменшити тривалість експлуатаційних випробувань на надійність. На зменшення тривалості експлуатаційних випробувань також впливає використання інформації про інших видах збитковості (включаючи структурну m), а також про коефіцієнт форсування k^{ϕ} , що враховує більш тяжкі умови випробувань. При розробці такої методики важливо мати уяву про індивідуальний вплив кожного з перерахованих вихідних даних: S_{TP} , β , η , ν на тривалість експлуатаційних випробувань на надійність для різних видів законів розподілу й випадкових процесів.

З аналізу результатів проведених досліджень [12] випливає, що в загальному випадку формула для визначення мінімальної кількості контрольних параметрів при проведенні експлуатаційних випробувань при обліку закону розподілу й характеристик η , ν розподілу ресурсу має вигляд

$$F = F(S_{TP}, \beta, \eta, \nu) = \frac{\ln \beta}{W(\Omega) \ln S_{TP}} = \frac{n_0(S_{TP}, \beta)}{W(S_{TP}, \eta, \nu)}, \quad (2)$$

де $W(\Omega)$ – коефіцієнт зменшення кількості контрольних параметрів для заданого показника надійності S_{TP} у порівнянні з біноміальною схемою при обліку конкретного закону розподілу ресурсу й фактичних дослідних характеристик ресурсу (коефіцієнта варіації ν) і гарантованого значення ресурсної надмірності η).

Для оцінки впливу кількості контрольних параметрів можна використовувати формулу (1), з якої слідує, що зміна кількості контрольних параметрів для випробувань при зміні параметрів РТР та β необхідно визначати за формулами:

$$\frac{\partial f}{\partial S_{TP}} = \frac{S_{TP} \cdot \ln \beta}{(\ln S_{TP})^2} = -\frac{f_0(S_{TP}, \beta)}{S_{TP} \cdot \ln S_{TP}}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial \beta} = \frac{\beta^{-1}}{\ln S_{TP}} = \frac{n_0(S_{TP}, \beta)}{\beta \cdot \ln \beta}. \quad (4)$$

При значеннях $S_{TP} = 0,95$ та $\beta = 0,15$, які прийняті для ТРС встановлено, що вплив ризиків замовника на зміну кількості контрольних параметрів при випробуваннях майже на порядок нижче ніж вплив показника надійності.

При виборі оптимальних показників РТР та β оцінку впливу показників на зміну необхідної кількості контрольних параметрів можна визначити за формулою:

$$\Delta n_0 = \frac{\partial f}{\partial S_{TP}} \cdot \Delta S_{TP} + \frac{\partial f}{\partial \beta} \Delta \tilde{\beta}, \quad (5)$$

де ΔS_{TP} , $\Delta \tilde{\beta} = -\Delta \tilde{\gamma}$ – відповідно зміна показників надійності та ризику замовника (або довірчої межі), %.

Таким чином, після встановлення рівня необхідної надійності та рівня ризику замовника випробувань виконується вибір кількості контрольних показників для експлуатаційних випробувань модернізованого тепловоза на надійність, які утворюють масив показників випробувань:

$$Q_{rel} = \{C_{mal}(\nu), \nu, Z_{rep}^j, K_{rep}^j\} \quad (6)$$

де $C_{mal}(\nu)$ – кількість відмов, які сталися під час експлуатаційних випробувань;

ν – пробіг за час експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів на надійність;

Z_{rep}^j – пробіг між відповідними технічними обслуговуваннями (ТО) та поточними ремонтами (ПР), які проведені за час експлуатаційних випробувань;

K_{rep}^j – тривалість відповідних технічних обслуговувань (ТО) та поточних ремонтів (ПР), які проведені за час експлуатаційних випробувань.

Як вже було відмічено для випробувань встановлено план спостережень [NUN], який дає змогу проконтролювати всі локомотиви, які приймають участь у випробуваннях та встановити величину безвідмовного пробігу локомотива. Головним обмеженням при проведенні випробувань є відсутність відмов чи несправностей у локомотивів за час відведення на експлуатаційні випробування на надійність ($C_{mal}(v) = 0$).

Висновки. Оновлення парку ТРС вимагає значних капіталовкладень, однак їх можна скоротити за рахунок модернізації існуючих тепловозів. Модернізація локомотивів вимагає проведення випробувань, вартість яких також можна скоротити за рахунок обмеження переліку контрольних параметрів тільки необхідним мінімумом. Для проведення експлуатаційних випробувань на надійність було встановлено масив контрольних показників та умови їх проведення, які забезпечують визначення надійності роботи модернізованого маневрового локомотиву з необхідною для замовника точністю та достовірністю.

Відповідно до вибраного об'єму контрольних показників, було проведено експлуатаційні випробування модернізованого тепловоза ЧМЕЗ, в результаті яких визначено його основні робочі показники та відповідність заданому рівню надійності.

Література

1. «Укрзалізниця» починає оновлення локомотивного парку [Електронний ресурс] / Режим доступу: vchasnik.ua/ukraina/237473ukrzaliznycya-nachinaet-obnovlenie-lokomotivnogo-parka – Назва з екрану.
2. «Укрзалізниця» до 2015 г. модернізує 1,5 тис. тепловозів [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.rzd-partner.ru/news/lokomotivy/ukrzaliznytsia-do-2015-g--moderniziruet-1-5-tys-teplovovozov/ – Назва з екрану.
3. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 - 2020 роки [Текст] -К.: ТОВ«НВП Поліграфсервіс», 2009.- 301 с.
4. ОСТ 32.181-2001. Порядок заказа, разработки, постановки на производство, проведения испытаний и утилизации железнодорожной техники [Текст]. – Введ. 2001-10-05. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. IV, 63 с. – (Система разработки и постановки продукции на производство).
5. 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.
6. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Текст]. – Взамен ГОСТ 16504-74. введ. 1982-01-01. – М.: Госстандарт: Изд-во стандартов, 1981. – IV, 24 с. (Система государственных испытаний продукции).
7. Зінківський, А. М. Модель вибору техніко-економічних показників при проведенні експлуатаційних випробувань модернізованих локомотивів [Текст] / А. М. Зінківський, Ю. В. Білецький // Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов: научн. – техн. конф.: 24 – 26 апреля 2012 г.: программа и тезисы. – Харьков, 2012. С. 29-30.
8. Кучеренко, А. М. Модель проведення експлуатаційних випробувань [Текст] / А. М. Кучеренко // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: наук. – практ. конф.: матер. конф., – Київ, 2011. – С. 89.
9. Переверзев, Е.С., Фалько, Л.В. Некоторые вопросы обоснования объемов испытаний на надежность при наличии априорной информации о законе распределения наработки до отказа // Надежность и контроль качества. – 1984. № 6. – С. 24 – 29.
10. Переверзев, Е.С., Шапошников, В.А., Митрошин, П.П., Рыбась, В.С. Подтверждение заданного уровня надежности минимальным числом испытаний // Все-союз. Науч.-техн. Симп. «Надежность и качество в приборостроении и радиоэлектронике: Тез. Докл. – М.: Радио и связь, - 1986. – Ч. 2. – С. 33 – 34.
11. Рыбась, В.С. Исследование влияния различных видов избыточности и закона распределения ресурса на объем испытаний технических систем [Текст] / В.С. Рыбась, В.Г. Курасов // Надежность технических систем: Сб. научн. трудов / АН Украины. Ин-т техн. механики. Редкол.: Переверзев Е.С. (отв. Ред.) и др. – Киев: наук. думка. – 1991. – С. 102 – 107.

References

1. «Ukrzaliznycja» nachinaet obnovenie lo-komotivnogo parka [Jelektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: vchasnik.ua/ukraina/237473ukrzaliznycya-nachinaet-obnovlenie-lokomotivnogo-parka – Nazva z ekranu.
2. «Ukrzaliznycja» do 2015 g. moderniziruet 1,5 tys. teplovovozov [Jelektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: www.rzd-partner.ru/news/lokomotivy/ukrzaliznytsia-do-2015-g--moderniziruet-1-5-tys-teplovovozov/ – Nazva z ekranu.
3. Kompleksna programa onovlennja zaliznich-nogo ruhomogo skladu Ukraїni na 2008 - 2020 roki [Tekst] -K.: TOV«NVP Poligrafservis», 2009.- 301 s.
4. OST 32.181-2001. Porjadok zakaza, razrobot-ki, postanovki na proizvodstvo, provedeniya ispy-tanij i utilizacii zheleznodorozhnoj tehniky [Tekst]. – Vved. 2001-10-05. – Minsk: Mezghos. sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii; M.: Gosstandart Rossii: Izd-vo standartov, 2001. IV, 63 s. – (Sistema razrobotki i postanovki produkcii na proizvodstvo).
5. GSTU 32.0.08.001-97. Porjadok rozroblennja ta postavlennja produkcii na virobnicтво dlja pot-reb zaliznichnogo transportu v sistemi Ministerstva transportu Ukraїni [Tekst]. - Vved. 1999-05-10 - Kiїv: Galuzevij standart Ukraїni: Ministerstvo transportu Ukraїni, 2000. I, 96 s.
6. GOST 16504-81. Ispytanija i kontrol' ka- chestva produkcii. Osnovnye terminy i opredele-nija [Tekst]. – Vzaмен GOST 16504-74. vved. 1982-01-01. – M.: Gosstandart: Izd-vo standartov, 1981. – IV, 24 s. (Sistema gosudarstvennyh ispytanij pro- dukcii).
7. Zin'kiv'skij, A. M. Model' vioru tehniko-ekonomichnih pokaznikov pri provedenni ekspluata-cijnih viprobuvan' modernizovanih lokomotiviv [Tekst] / A. M. Zin'kiv'skij, Ju. V. Bilec'kij // Go-rodskoj jelektrotransport, jelektrosnabzhenie i osveshhenie gorodov: nauchn. – tehn. konf.: 24 – 26 ap-relja 2012 g.: programma i tezisy. – Har'kov, 2012. S. 29-30.
8. Kucherenko, A. M. Model' provedennja eks-pluatacijnih viprobuvan' [Tekst] / A. M. Kucheren-ko // Problemi ta

- perspektivi rozvitku transport-nih sistem v umovah reformuvannya zaliznchnogo transportu: upravlinnja, ekonomika i tehnologii: na-uk. – prakt. konf.: mater. konf., – Kiiiv, 2011. – S. 89.
9. Pereverzev, E.S., Fal'ko, L.V. Nekotorye voprosy obosnovaniya ob#emov ispytaniy na nadezhnost' pri nalichii apriornoj informacii o zakone raspredeleniya narabotki do otkaza // Na-dezhnost' i kontrol' kachestva. – 1984. № 6. – S. 24 – 29.
 10. Pereverzev, E.S., Shaposhnikov, V.A., Mit-roshin, P.P., Rybas', V.S. Podtverzhdenie zadannogo urovnja nadezhnosti minimal'nym chislom ispy-taniy // Vsesojuzn. Nauch.-tehn. Simp. «Nadezhnost' i kachestvo v priborostroenii i radioelektronike: Tez. Dokl. – M.:Radio i svjaz', - 1986. – Ch. 2. – S. 33 – 34.
 11. Rybas', V.S. Issledovanie vlijaniya razlich-nyh vidov izbytochnosti i zakona raspredeleniya resursa na ob#em ispytaniy tehniceskikh sistem [Tekst] / V.S. Rybas', V.G. Kurasov // Nadezhnost' tehniceskikh sistem: Sb. nauchn. trudov / AN Ukrai-ny. In-t tehn. mehaniki. Redkol.: Pereverzev E.S. (otv. Red.) i dr. – Kiev: nauk. dumka. – 1991. – S. 102 – 107.

Михеев С.А. Обоснование контроля малого количества параметров модернизированного тепловоза при проведении эксплуатационных испытаний на надежность.

Автор статьи на основе анализа технического состояния парка тягового подвижного состава дает рекомендации по обновлению парка тепловозов. Отмечена необходимость проведения эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов с целью определения их рабочих параметров. Установлена необходимость оптимизации выбора контрольных параметров для удобства проведения эксплуатационных испытаний подвижного состава и снижения их стоимости. Составлена и предложена усовершенствованная модель проведения эксплу-

атационных испытаний с использованием малого количества контрольных параметров для определения надежности. Указана взаимосвязь между количеством контрольных параметров при испытаниях, продолжительностью их проведения и стоимостью, а также точностью результатов испытаний для удовлетворения требований заказчика испытаний.

Ключевые слова: испытание локомотивов, модернизация, модель эксплуатационных испытаний, обновление парка тягового подвижного состава, контрольные параметры.

Mikheev C. Rationale control to small-amount parameters modernized locomotive during the operational reliability tests.

The author based on the analysis of the condition of the park traction rolling stock makes recommendations to update the fleet of locomotives. The necessity of conducting performance tests of modernized locomotives to determine their operating parameters. The necessity of optimizing the choice of control parameters for the convenience of operational testing of rolling stock and reducing their cost. Drafted and proposed an improved model performance test using a small number of control parameters to determine reliability. Contains the relationship between the number of control parameters during the test, the duration of their conduct and value, and accuracy of the test results to meet customer requirements testing.

Keywords: test locomotives, modernization, model performance tests renewal of traction rolling stock, control parameters.

Міхеев С.О. – аспірант УкрДАЗТ.

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

Стаття подана 01.04.2015

УДК 629.4.01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ И СЕРИЙНЫХ ТЕПЛОВЗОВ ЧМЭЗ НА БЕЗОТКАЗНОСТЬ

Зиньковский А.Н., Брагин Н.И., Трубихин О.В.

USING UPGRADED MODEL FOR THE COMPARATIVE PERFORMANCE TESTING OF THE MODERNIZED AND SERIAL DIESEL LOCOMOTIVES ON FAILURE-FREE OPERATION

Zinkivskyi A., Bragin N., Trubikhin O.

В статье рассмотрена проблема старения парка локомотивов, для устранения которой предложена модернизация эксплуатируемых тепловозов. Для скорейшего допуска в эксплуатацию локомотивов после их модернизации предложена модель проведения сравнительных эксплуатационных испытаний модернизированных и серийных тепловозов на безотказность. Целью данного вида испытаний является определение преимуществ модернизированного тепловоза над его серийным аналогом с точки зрения безотказности во время эксплуатации. Установлен порядок выбора контрольных параметров для вышеупомянутого типа испытаний. Изложена необходимость и преимущества использования усовершенствованной модели испытаний для модернизированных тепловозов.

Ключевые слова: модернизация тепловозов, усовершенствованные модели испытаний, эксплуатационные испытания, допуск к эксплуатации, безотказность.

Введение. Обеспечением тяговым подвижным составом перевозок пассажиров и грузов, а так же маневровой работой на железнодорожном транспорте занимается Укрзалізниця. Для этой цели в ее парке имеется большое количество магистральных тепловозов и электровозов разных серий, большинство из которых уже дорабатывает свой срок службы и требует срочной замены. Парк электровозом планируется обновлять путем закупки новых, а парк тепловозов, с учетом расширения электрификации сети железных дорог планируется модернизировать для экономии средств на приобретение новых локомотивов, а так же постепенно сокращать их количество. Необходимым условием для допуска в эксплуатацию модернизированных тепловозов является их испытания, которые определяют все рабочие характеристики обновленных локомотивов. Одним из основных свойств, локомотива является безотказность, которая определяет свойство объекта непрерывно

сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки (ГОСТ 27.002-89).

Постановка проблемы. Вопрос проведения испытаний является обязательным в процессе допуска к эксплуатации нового и модернизированного подвижного состава. Установлено, что для допуска в эксплуатацию модернизированного подвижного состава необходимым не является проверка всего перечня рабочих параметров, что в свою очередь дает возможность скорректировать стоимость самих испытаний и, как следствие, модернизированного локомотива.

Анализ последних исследований и публикаций. Старение парка подвижного Укрзалізниця вызывает необходимость его скорейшей замены, но в условиях сокращения финансирования приобретение новых локомотивов становится невозможным. Выходом из сложившейся ситуации была принята модернизация существующих маневровых локомотивов, чему способствует наличие в стране необходимого научно-производственного потенциала, позволяющего организовать, с учетом мирового опыта, как производство новых локомотивов, так и модернизацию уже существующих. Благодаря имеющейся мировой практике по модернизации подвижного состава главным вопросом становится испытания локомотивов перед допуском их к эксплуатации.

Цель статьи. Установить перечень контрольных параметров для сравнительных эксплуатационных испытаний модернизированных и серийных тепловозов серии ЧМЭЗ.

Результаты исследований. Внедрение компьютеризированных систем управления на тепловозах, что дает возможность плавно перейти к использованию новейших систем на тяговом подвижном составе.

Проведение эксплуатационных испытаний новых и модернизированных тепловозов является нео-

бходимостью для определения возможностей функционирования нововведенных типов узлов в составе модернизированных локомотивов, систем управления и диагностики, а также их поведения в условиях эксплуатации, надежности, ремонтпригодности, и экономичности в сравнении с существующими моделями тепловозов. Определяются все возможные ситуации, в которых должен работать данный элемент, его ресурс и неисправности, периодичность проведения технических обслуживаний, текущих ремонтов и финансовых и трудовых затрат. Испытания также проводят для сравнения с тем типом подвижного состава, модернизация которого была выполнена.

С целью снижения затрат на испытания принято решение конкретизировать цель их проведения и перечень определяемых параметров за счет уточненной классификации эксплуатационных испытаний модернизированного подвижного состава.

Согласно требованиям нормативной документации (ГСТУ 32.0.08.001-97, ГОСТ 15.309-98, ОСТ 32.181-2001, ГОСТ 15.005-86, ГОСТ 3.1507-84, ГОСТ 16504-81, ГОСТ 34.603-92, ОСТ 32.53-96, ОСТ 32.55-96) к тяговому подвижному составу, которые описывают этапы от создания и до утилизации, одним их этапов является эксплуатационные испытания.

Вопросами проведения эксплуатационных испытаний модернизированного тягового подвижного состава ранее отводилось мало внимания по причине отсутствия необходимости, а в текущее время отведено недостаточно внимания, что связано с низким уровнем их финансирования.

В Украине оценкой технического уровня нового и модернизированного подвижного состава, организацией и проведением испытаний подвижного состава занимаются испытательные организации, заводы-производители и научно-исследовательские институты. Процедура допуска в эксплуатацию испытанного локомотива возложена на Межведомственную испытательную комиссию, которая выполняет оценку результатов проведенных испытаний, и дает свое заключение об эффективности использования нового или модернизированного тягового подвижного состава.

По уточненной классификации эксплуатационных испытаний, и с использованием аналитических методов определены номенклатура показателей, которая характеризует сравнительные эксплуатационные испытания и испытания на безотказность.

Определение параметров работы серийного и модернизированного тепловозов выполняется по выбранному из (1) перечню показателей:

$$\ddot{I}_{\dot{e}\dot{e}} = \left\{ \begin{array}{l} P(t), \dot{O}_{\dot{n}\dot{o}}, \dot{O}_i, \dot{O}_\delta, \lambda(t), f(t), \\ \ddot{I}^{\dot{A}}, \ddot{I}^{\dot{D}}, \ddot{I}^{\dot{C}\dot{a}}, \ddot{I}^{\dot{E}\dot{I}\dot{I}}, \\ g_{\dot{a}}, S, \dot{D}_{\dot{e}\dot{e}(\max)}, V_{(\max, \delta, \dot{a}, \dot{e}\dot{e}\dot{n}, \dot{o})}, \\ F(v)_{(\delta, \max)}, W_{\dot{o}\dot{i}\dot{a}}, G_{\dot{I}\dot{A}\dot{D}}, \\ J_{PROD}, Q_{(\max, \dot{i}\dot{i}\dot{o})}, \\ (t, n, l)_{(\dot{a}\dot{I}^{-2}, \dot{a}\dot{I}^{-3}, \dot{I}\dot{D}-1, \dot{I}\dot{D}-2, \dot{I}\dot{D}-3)} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы;

$\dot{O}_{\dot{n}\dot{o}}$ – средняя наработка до отказа;

\dot{O}_i – средняя наработка на отказ;

\dot{O}_δ – гамма-процентная наработка до отказа;

$\lambda(t)$ – интенсивность отказов;

$f(t)$ – плотность распределения времени безотказной работы.

$\ddot{I}^{\dot{A}}$ – показатели долговечности, которыми являются: средний ресурс, назначенный ресурс, средний срок службы, назначенный срок службы, гамма-процентный ресурс, гамма процентный срок службы;

$\ddot{I}^{\dot{D}}$ – показатели ремонтпригодности (вероятность восстановления работоспособного состояния, среднее время восстановления работоспособного состояния, интенсивность восстановления);

$\ddot{I}^{\dot{C}\dot{a}}$ – показатели сохраняемости (средний срок сохраняемости, гамма-процентный срок сохраняемости);

$\ddot{I}^{\dot{E}\dot{I}\dot{I}}$ – комплексные показатели надежности (коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования);

$g_{\dot{a}}$ – удельный расход топлива на единицу выполненной работы, кг/ткм брутто;

S – пробег локомотива, км;

$\dot{D}_{\dot{e}\dot{e}(\max)}$ – мощность локомотива (максимальная), кВт;

$V_{(\max, \delta, \dot{a}, \dot{e}\dot{e}\dot{n}, \dot{o})}$ – скорость локомотива (максимальная, продолжительного режима, эксплуатационная, техническая), км/ч;

$F(v)_{(\delta, \max)}$ – сила тяги локомотива (продолжительная, максимальная), кН;

$W_{\dot{o}\dot{i}\dot{a}}$ – вид работ, который выполняется локомотивом;

$G_{\dot{I}\dot{A}\dot{D}}$ – расход топливо-энергетических ресурсов (ТЭР) на тягу поездов, кг/кВт×год;

J_{PROD} – среднесуточная производительность локомотива, ткм брутто;

$Q_{(\max, \dot{i}\dot{i}\dot{o})}$ – вес поезда (максимальный, нормированный), т;

$(t, n, l)_{(\dot{a}\dot{I}^{-2}, \dot{a}\dot{I}^{-3}, \dot{I}\dot{D}-1, \dot{I}\dot{D}-2, \dot{I}\dot{D}-3)}$ – соответственно время, количество и пробег для проведения цикла

необходимых циклов технического обслуживания и текущих ремонтов.

Сравнение, согласно определенной для эксплуатационных испытаний на безотказность цели будет проводиться только по отдельным из вышеперечисленного списка параметрам. Это даст возможность сократить объемы проведения испытаний, количество задействованного персонала и, как следствие, стоимость испытаний.

При принятии решения о необходимости проведения сравнительных эксплуатационных испытаний, проводится составление плана и математической модели их проведения с обязательным определением целевой функции, которая определяет эффект от проведения испытаний. В данном случае, целевая функция описывает сокращение расходов на проведение испытаний. При проведении сравнительных эксплуатационных испытаний целесообразно учитывать необходимость минимизации затрат, которые используются на определение и сравнение технико-экономических показателей работы тепловозов при их испытаниях, которые и описывает целевая функция в конкретном случае:

$$\hat{A}_s^{\hat{\alpha} \hat{\nu} \hat{\delta}} = f(X_i, P_i, \hat{I}_s^{\hat{\alpha} \hat{\nu} \hat{\delta}}) \Rightarrow \min ,$$

где X_i – показатели, которые выбраны для проверки и контроля во время испытаний;

P_i – массив показателей, которыми описывается технический стан локомотива,

$$X_i \in P_i ,$$

К показателям, которые выбраны для проведения проверки и сравнения безотказности работы тепловозов относится отсутствие неисправностей и отказов за весь срок испытаний.

Для конкретизации определения показателей, и обеспечения приведения расчетов к общим рамкам, приведению показателей использования тепловозов через сутки, накладывается ряд ограничений на порядок проведения испытаний:

$$\begin{cases} T_j - \text{і дї аї є æ è à è ü í î ñ ò ù ò à í è é ;} \\ N_{i \hat{\delta} \hat{e}} - \text{ê î è è - à ñ ò à í í à è ñ ð à á í ñ ò à é è î ò è à ç à ì ;} \\ S_{i \hat{a}} - \text{ä è è í à ó - à ñ ò è à í à ð à ù á í è ÿ è í è î í ò è à î à ;} \end{cases}$$

В качестве ограничений устанавливаются:

- продолжительность испытаний для определения показателей работы тепловозов на определенный срок наработки;

- вероятность безотказной работы – для определения вероятности работы тепловозов без проведения неплановых ремонтов за время эксплуатации по причине возникновения отказов и неисправностей;

- коэффициент готовности – способность локомотивом выполнять работу в любой произвольный момент времени кроме запланированных периодов проведения обслуживания и ремонта;

- ограничение скоростей движения – для обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте и исправности оборудования тепловозов. Ограничение скорости разделяется на два типа: конструкционная, участковая (выдается с письмом предупреждения об ограничении скорости);

- участок оборота локомотивов – для возможности выполнения сравнения выполненной работы локомотивов, как за один период работы, так и на одном участке оборота локомотивов;

- ограничение веса поезда – ограничения накладывается техническими параметрами локомотива, возможностью проведения локомотивом поезда по участку с запланированными остановками, возможностью сдвига поезда из места;

- количество обслуживающего персонала – количество рабочих, которые занимаются эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом тепловозов;

- время работы локомотива через сутки – время за какой локомотив выполняет работу и находится с включенным дизелем;

- количество элементов выборки сравнения – количество тепловозов, которые принимают участие в сравнительных эксплуатационных испытаниях;

- количество исследовательских поездок – определено минимальное число перемещений грузовых поездов на определенном участке оборота за время испытаний;

- мощность на ободах колесных пар – определяет эффективную мощность тепловоза при всех исправных и включенных в силовую электрическую схему тяговых электродвигателей.

Выводы. Полученные результаты позволяют сделать приведенные ниже выводы:

- проведенный анализ технического состояния ТПС парка железных дорог Украины, определены пути обновления парка ТПС, одним из которых есть модернизация существующих типов тепловозов, срок эксплуатации которых заканчивается;

- проанализирован существующий стан проведения эксплуатационных испытаний ТПС на Украине. Разработаны меры по их усовершенствованию с определением оптимальных подконтрольных параметров;

- разработанные структурные формулы для построения математической модели расчетов параметров модернизированного ТПС по результатам сравнительных испытаний, по которым проводится оценка технического стана и определения основных показателей работы локомотива.

Л и т е р а т у р а

1. Состояние парка локомотивов «Пространства-1520» дошло до критической черты [Электронный ресурс]: / Режим доступа: www.tdrzd.ru/

- [press_centre/branch_news?rid=750&oo=2&fnid=68&newWin=0&apage=1&nm=90300](http://www.uz.gov.ua/press_centre/branch_news?rid=750&oo=2&fnid=68&newWin=0&apage=1&nm=90300) – Назва з екрану.
2. Укрзалізниця: концентрація ресурсів на оновленні парку локомотивів залишається пріоритетним завданням на 2013 рік [Електронний ресурс]: / Режим доступу: www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/326193/
 3. "Укрзалізниця" займеться оновленням локомотивного парка [Електронний ресурс]: – Режим доступу: society.lb.ua/life/2012/11/16/179218_ukrzaliznitsya_sledu_yushchem_godu.html. – Назва з екрану.
 4. Басов, Г. Г. Разработка типажа современного моторвагонного подвижного состава для украинских железных дорог [Текст] / Г. Г. Басов, К. П. Мищенко // Вісник СЧУ ім. В. Даля. – Луганськ. 2003. – №9 (67). – Ч. 1. – с.90–95.
 5. Калабухін Ю. Є. Аналіз сучасного стану тягового рухомого складу залізниць України // Локомотив-інформ. – 2008. - №11. – с. 4-5.
 6. Басов, Г. Г. Удосконалення моделювання організації обслуговування мотор-вагонного рухомого складу [Текст] / Г. Г. Басов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ – Харків. 2007. – Вип.81. – с.26-31.
 7. Трихунков, М. Ф. Комплексная оценка эффективности транспортного производства [Текст] / М. Ф. Трихунков // Железнодорожный транспорт. – 1994. – № 3. – С. 56–61.
 8. Блохин, Е. П. Методичні та теоретичні аспекти поетапного подовження строку служби тягового рухомого складу [Текст] / Е.П. Блохин, В. Л. Горобец, Н. И. Сергиенко // Сб. науч. тр. НГУ. – № 15. – Д.: РИК НГУ, 2002. – С. 105-112.
 9. Горобец, В. Л. Методы оценки и продления срока службы тягового подвижного состава Украины [Текст] / В. Л. Горобец, В. А. Зайцев // Внедрение наукоемких технологий на магистральном и промышленном транспорте: II Научно-практич. междунар. конф. Алушта, 5-9 июня 2006 г. – Алушта: ДИИТ–Днепропетространс, 2005. – С. 7.
 10. Обновление парка тепловозов [Текст] // Железные дороги мира – 2003. - №7. – С. 34-39.
 11. Результаты эксплуатационных испытаний электронных регуляторов на маневровых тепловозах [Текст] / Тартаковский Э. Д., Агулов А. Ф., Фалендыш А. П., Устенко А. В., Иванченко Д. А., Басов А. В. / Тезисы докладов IV научно-практической международной конференции «Внедрение наукоемких технологий на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте». – Днепропетровск: ДНУЗТ, 2008. – С.5.
 12. Коссов, Е. Е., Нестрахов, А. С., Аникиев, И. П., Бычков, Д. А. "Микропроцессорная система регулирования дизель-генератора" [Текст] / М.: Локомотив, 2002 г., №12, 48 с.
 13. Методичні вказівки з підготовки і проведення приймальних випробувань тягового рухомого складу та його складових [Текст] – Київ.: «Швидкий рух». – 2005, – 80 с.
 14. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации [Текст] – М.: Факториал Пресс, 2002. – 824 с.
 15. Фалендиш, А. П. Модель порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів на економічну ефективність [Текст] (науковий журнал) / А. П. Фалендиш, А. М. Зінківський, О. В. Камчатний // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ. 2012. – № 3 (174). – С. 224 – 230.
 16. Зінківський, А. М. Математична модель експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів [Текст] (матер. наук.–практ. конф.) / А. М. Зінківський // Збірник наукових праць III науково-практичної конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті». III міжнародна науково-практична конференція 26 лютого – 4 березня 2012 року, м. Тель-Авів (Ізраїль) - Луганськ: СЧУ ім. В. Даля, 2012. – С. 17-18.
 17. Амбарцумян, К. А. Методы оптимизации качества, надежности и эффективности процессов создания и освоения новой продукции [Текст]. – М.: Знание, 1986. - 108 с.
 18. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации [Текст] / Сергиенко И. В. // – 2-е изд. Доп. И перераб. – Киев: Наук. Думка, 1988. – 472 с.
 19. Zbigniew Burski, Joanna Tarasińska, Romuald Sadkewicz (2003) The methodological aspects of using multifactorial analysis of variance in the examination of exploitation of engine sets / TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa III. 45 – 54.
 20. Mieczysław Dziubiński (2003) Model testing of the diagnostic process / TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa III. 91 – 98.
 21. Valeriy Starchenko, Vitaliy Pogidaev, Anastasiya Kolyakina, Nataliya Ishchenko (2011) Mathematical model to minimize operating costs / TEKA Kom. Mot. i Energ. Roln. – OL PAN, 2011, 11B, 177-184
 22. Aleksandr Golubenko, Yelena Nozhenko, Valentin Mohyla (2010) The simulation of the operation of diesel locomotive d49 when using the ozonized fuel / TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XC. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture.

References

1. Sostojanie parka lokomotivov «Prostranstva-1520» doshlo do kriticheskoj cherty [Elektron-nij resurs]: / Rezhim dostupu: www.tdrzd.ru/press_centre/branch_news?rid=750&oo=2&fnid=68&newWin=0&apage=1&nm=90300 – Nazva z ekranu.
2. Ukrzaliznitsja: koncentracija resursiv na onovlenni parku lokomotiviv zalishaet'sja priori-tetnim zavdannjam na 2013 rik [Elektronnij resurs]: / Rezhim dostupu: www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/326193/
3. "Ukrzaliznitsja" zajmetsja obnovlennim lo-komotivnogo parka [Elektronnij resurs]: – Rezhim dostupu: society.lb.ua/life/2012/11/16/179218_ukrzaliznitsya_sledu_yu-shchem_godu.html. – Nazva z ekranu.
4. Basov, G. G. Razrabotka tipazha sovremenno-go motorvagonnogo podvizhnogo sostava dlja ukrain-skih zheleznyh dorog [Tekst] / G. G. Basov, K. P. Mishhenko // Visnik SNU im. V. Dalja. – Lugans'k. 2003. – №9 (67). – Ch. 1. – s.90–95.
5. Kalabuhin Ju. Є. Analiz suchasnogo stanu tja-govogo ruhomogo skladu zaliznic' Ukraini // Loko-motiv-inform. – 2008. - №11. – s. 4-5.
6. Basov, G. G. Udoskonalennja modeljuvannja organizacii obslugovuvannja motor-vagonnogo ruho-mogo skladu [Tekst] / G. G. Basov // Zb. nauk. prac' UkrDAZT – Harkiv. 2007. – Vip.81. – s.26-31.
7. Trihunkov, M. F. Kompleksnaja ocenka jef-fektivnosti transportnogo proizvodstva [Tekst] / M. F. Trihunkov // Zheleznodorozhnyj transport. – 1994. – № 3. – S. 56–61.
8. Blohin, E. P. Metodichni ta teoretichni as-pekti poetapnogo podovzhennja stroku sluzhbi tja-govogo ruhomogo skladu [Tekst] / E.P. Blohin, V. L. Gorobec, N. I. Sergienko // Sb. nauch. tr. NGU. – № 15. – D.: RIK NGU, 2002. – S. 105-112.
9. Gorobec, V. L. Metody ocenki i prodlenija sroka sluzhby tja-govogo podvizhnogo sostava Ukrai-ny [Tekst] / V. L.

- Gorobec, V. A. Zajcev // Vnedrenie naukoemkih tehnologij na magistral'nom i promyshlennom transporte: II Nauchno-praktich. mezhdunar. konf. Alushta, 5-9 ijunja 2006 g. – Alu-shta: DIIT–Dneprotehtrans, 2005. – S. 7.
10. Obnovlenie parka teplovozov [Tekst] // Zhe-leznye dorogi mira – 2003. - №7. – S. 34-39.
 11. Rezul'taty jekspluatacionnyh ispytanj jelektronnyh reguljatorov na manevrovyyh teplovozah [Tekst] / Tartakovskij Je. D., Agulov A. F., Falendysh A. P., Ustenko A. V., Ivanchenko D. A., Basov A. V. / Tezisy dokladov IV nauchno-prakticheskoy mezhdunarodnoj konferencii «Vnedrenie naukoemkih tehnologij na magistral'nom i promyshlennom zheleznodorozhnom transporte». – Dnepropetrovsk: DNUZT, 2008. – S.5.
 12. Kossov, E. E., Nestrachov, A. S., Anikiev, I. P., Bychkov, D. A. "Mikroprocessornaja sistema regu-lirovanija dizel'-generators" [Tekst] / M.: Lokomo-tiv, 2002 g., №12, 48 s.
 13. Metodichni vказivki z pidgotovki i proveden-nja priymal'nih viprobuvan' tjavovogo ruhomogo skladu ta jogo skladovih [Tekst] – Kіiv.: «Shvidkij ruh». – 2005, – 80 s.
 14. Vasil'ev, F. P. Metody optimizacii [Tekst] – M.: Faktorial Press, 2002. – 824 s.
 15. Falendish, A. P. Model' porivnjal'nih eks-pluatacijnih viprobuvan' modernizovanih teplovoziv na ekonomichnu efekтивnist' [Tekst] (naukovij zhurnal) / A. P. Falendish, A. M. Zin'kivs'kij, O. V. Kamchatnij // Visnik Shidnoukrains'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja. – Lugans'k. 2012. – № 3 (174). – S. 224 – 230.
 16. Zin'kivs'kij, A. M. Matematichna model' ekspluatacijnih viprobuvan' modernizovanih teplovoziv [Tekst] (mater. nauk.–prakt. konf.) / A. M. Zin'kivs'kij // Zbirnik naukovih prac' III naukovo-praktichnoї konferencii «Innovacijni tehnologii na zalizničnomu transporti». III mizhnarodna naukovo-praktichna konferencija 26 ljutogo – 4 bereznja 2012 roku, m. Tel'-Aviv (Izraїl') - Lugans'k: SNU im. V. Dalja, 2012. – S. 17-18.
 17. Ambarcumjan, K. A. Metody optimizacii ka-chestva, nadezhnosti i jefektivnosti processov soz-danija i osvoenija novoj produkcii [Tekst]. – M.: Znanie, 1986. – 108 s.
 18. Matematicheskie modeli i metody reshenija zadach diskretnoj optimizacii [Tekst] / Sergienko I. V. // – 2-e izd. Dop. I pererab. – Kiev: Nauk. Dum-ka, 1988. – 472 s.
 19. Zbigniew Burski, Joanna Tarasińska, Romuald Sadkevič (2003) The methodological aspects of using multifactorial analysis of variance in the examination of exploitation of engine sets / TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa III. 45 – 54.
 20. Mieczysław Dziubiński (2003) Model testing of the diagnostic process / TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa III. 91 – 98.
 21. Valeriy Starchenko, Vitaliy Pogidaev, Anastasiya Kolyakina, Nataliya Ishchenko (2011) Mathematical model to minimize operating costs / TEKA Kom. Mot. i Energ. Roln. – OL PAN, 2011, 11B, 177-184
 22. Aleksandr Golubenko, Yelena Nozhenko, Val-entin Mohyla (2010) The simulation of the operation of diesel locomotive d49 when using the ozonized fuel / TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XC.

Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture.

Зінківський А.М., Брагін М.І., Трубіхін О.В. Використання удосконалених моделей для проведення порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованих та серійних тепловозів ЧМЕЗ на безвідмовність.

У статті розглянута проблема старіння парку локомотивів, для усунення якої запропонована модернізація експлуатованих тепловозів. Для якнайшвидшого допуску в експлуатацію локомотивів після їх модернізації запропонована модель проведення порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованих і серійних тепловозів на безвідмовність. Метою даного виду випробувань є визначення переваги модернізованого тепловоза над його серійним аналогом з погляду безвідмовності під час експлуатації. Встановлено порядок вибору контрольних параметрів для вищезгаданого типу випробувань. Викладена необхідність і переваги використання вдосконаленої моделі випробувань для модернізованих тепловозів.

Ключові слова: модернізація тепловозів, вдосконалені моделі випробувань, експлуатаційні випробування, допуск до експлуатації, безвідмовність.

Zinkivskiy A., Bragin M., Trubihin O. The use of advanced models for comparative performance tests and modernized series locomotives ChME3 on reliability.

The authors of the article deals with the problem of aging park trunk traction rolling stock on the railways of Ukraine. To eliminate the problem Dana offered a deep modernization of operating locomotives. Before the start of normal operation all engines must pass the test cycle. For the earliest possible admission to the operation of locomotives after their modernization, a model of comparative performance tests and modernized production of diesel locomotives for functionality. The purpose of this type of testing is to determine and compare the benefits of a modernized locomotive and its seriyynomogo analogue in terms of reliability during operation. The procedure for selecting the control parameters for the above types of tests. Outlined the need for and benefits of an improved model for testing the upgraded locomotives. A mathematical model based on the amount of the cost of the test control parameters of the locomotive.

Keywords: modernization of locomotives, improved model tests, performance tests, admission to operation, reliability.

Зінківський А.М. – к.т.н., доцент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ, e-mail: kumasiktem@ukr.net.

Брагін М.І. – аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ.

Трубіхін О.В. – аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ.

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 629.4

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІБРИДНОГО МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА НА БАЗІ ЧМЕЗ**Фалендиш А.П., Володарець М.В., Артеменко О.В.****DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF HYBRID SHUNTING LOCOMOTIVE BASED CHMEZ****Falendish A., Volodarets M., Artemenko A.**

Переважаюча кількість тепловозів із загального парку локомотивів Укрзалізниці знаходиться на фінальній стадії життєвого циклу. Виникає необхідність у його оновленні. Створення гібридного маневрового тепловоза є ефективним рішенням в умовах дефіциту фінансів та високій вартості нового локомотивного парку. Розглянуто режими роботи маневрового тепловоза. Проаналізовано методи і моделі визначення техніко-економічних параметрів гібридного рухомого складу, які було розроблено вченими різних країн світу. Розроблено модель визначення техніко-економічних параметрів гібридного локомотиву, на основі якої створено програму і розраховано раціональні параметри гібридного маневрового тепловоза на базі ЧМЕЗ, з урахуванням технічних параметри локомотиву, показників експлуатації і вартісних показників.

Ключові слова: *гібридний маневровий тепловоз, раціональні параметри, модель, енергетична установка, накопичувач.*

Вступ. Технічний стан рухомого складу Укрзалізниці знаходиться у край важкому стані. Так на сьогодні знос парку маневрових тепловозів складає більше 90%, при цьому їх середній вік складає близько 30 років [1,2]. В умовах фінансової кризи, яка спостерігається в Україні, оновлення парку локомотивів шляхом закупки нових є практично неможливим.

Постановка проблеми. Виходом зі створеної ситуації є модернізація існуючого парку локомотивів, яка є особливо ефективною в умовах дефіциту фінансів та високій вартості нового локомотивного парку.

Аналізуючи роботу маневрових тепловозів (більше 40% палива витрачається саме на виконання маневрової роботи [3]) можна дійти висновку, що більшу частину часу вони працюють в режимі холостого ходу або низьких навантажень і лише 2 – 5 % часу на номінальних.

Тому заміна існуючої дизель-генераторної установки на дизель-генераторну установку малої потужності з накопичувачем енергії, тобто створен-

ня, так званого, гібридного локомотива є доволі ефективним способом оновлення парку маневрових тепловозів

Виникає необхідність у визначенні параметрів гібридного маневрового тепловозу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду методів та моделей визначення техніко-економічних параметрів гібридного рухомого складу виходить, що різні вчені із різних країн протягом багатьох років проводили дослідження у цьому напрямку [4-13].

Але для вирішення задачі визначення техніко-економічних показників гібридних локомотивів є необхідним комплексний підхід, який має пов'язувати між собою технічні параметри локомотиву, показники експлуатації і вартісні показники.

Мета. Мета статті полягає у визначенні раціональних параметрів гібридного маневрового тепловоза, сконструйованого на базі ЧМЕЗ.

Результати досліджень. Для визначення техніко-економічних параметрів гібридного локомотиву було складено модель, яка включає наступні етапи розрахунку:

- 1) вибір та формування вихідних даних для визначення техніко-економічних показників гібридного локомотиву;
- 2) вибір та визначення параметрів накопичувача електроенергії та силового агрегату;
- 3) визначення основних параметрів електричної передачі тепловоза;
- 4) побудова зовнішньої характеристики тягового генератора;
- 5) побудова регулювальної характеристики електропередачі;
- 6) побудова тягової характеристики тепловоза;
- 7) вивід кінцевих результатів розрахунків.

На основі моделі було розроблено програму визначення техніко-економічних показників гібридного локомотива.

За даними БІС-Р для тепловоза ЧМЕЗ №2191 було побудовано залежність експлуатаційної потужності локомотиву N_f від часу його роботи t_i . Цю залежність зображено на рис. 1.

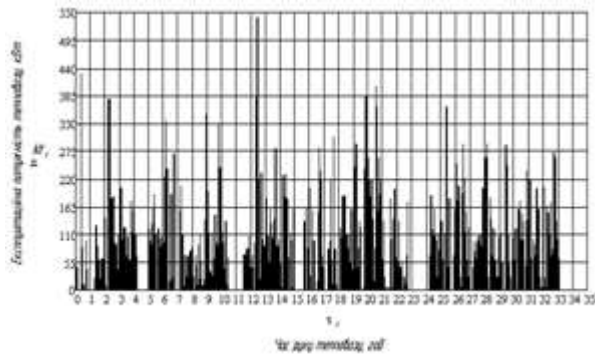


Рис. 1. Залежність експлуатаційної потужності тепловозу ЧМЕЗ від часу його роботи за даними БІС-Р

Далі обираємо потужність силової установки локомотиву і в залежності від цього розраховуємо енергоємність накопичувача енергії для кожного і-того шагу зміни експлуатаційної потужності локомотиву. Графічно це зображується у вигляді залежності енергоємності E_i накопичувача енергії від часу роботи локомотиву t_i .

На рис. 2. для розглянутого вище режиму роботи тепловозу ЧМЕЗ наведено залежність E_i (t_i) при обраній потужності N_{eng} установки 360 кВт.

З наведеного рисунку виходить, що для силової установки потужністю 360 кВт необхідно обрати накопичувач енергії із мінімальною енергоємністю 50 МДж.

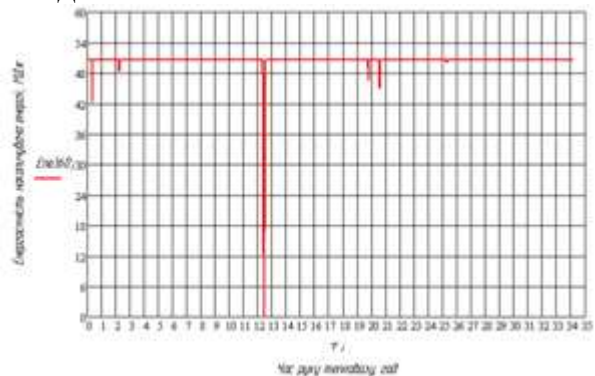


Рис. 2. Залежність енергоємності накопичувача енергії від часу роботи локомотиву t_i для потужності силової установки 360 кВт

Далі для проектуемого тепловозу з урахуванням зміни його експлуатаційної потужності будуватиметься залежність енергоємності накопичувача енергії E_{ne} від потужності обраної силової установки N_{eng} . Залежність $E_{ne}(N_{eng})$ для розглянутого режиму роботи тепловозу ЧМЕЗ зображено на рис. 3.

Обираючи тип накопичувача, потрібно також враховувати його масо-габаритні показники.

Тому виникає необхідність у розрахунку граничної енергоємності накопичувачів енергії, яка об-

межується вільним простором тепловозу. Для цього необхідно знати їх питомі вагу і ємність.

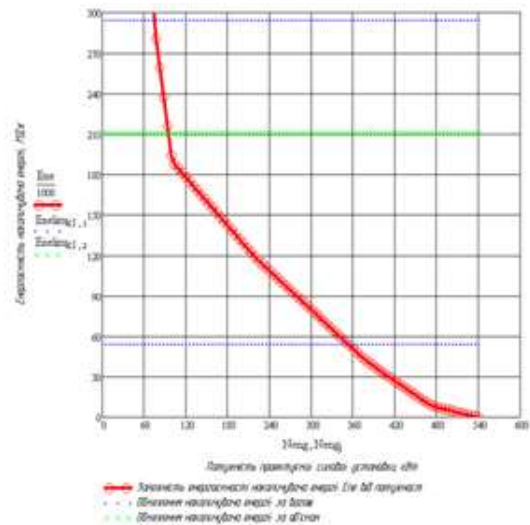


Рис. 3. Залежність енергоємності накопичувача енергії E_{ne} від потужності обраної силової установки N_{eng} для заданого режиму роботи

На основі цих показників, а також за умови обмеження вільного простору тепловозу ЧМЕЗ, було розраховано граничну енергоємність різноманітних накопичувачів енергії.

Параметри накопичувачів енергії було сформовано у вигляді матриці k_{ne} , яка має вигляд:

$$k_{ne} = \begin{pmatrix} 0.37 & 0.19 & 160 & 0.875 \\ 0.068 & 0.0465 & 130 & 0.78 \\ 0.0042 & 0.0009 & 7.50 & 0.82 \\ 0.021 & 0.012 & 7.62 & 0.7 \\ 0.0003 & 0.001 & 48.61 & 0.74 \end{pmatrix}$$

За результатами розрахунків виходить, що для локомотиву ЧМЕЗ можна обрати будь-який із висщенаведених накопичувачів за умови їх масо-габаритних параметрів.

На наступному етапі визначаємо витрати палива за зміну і визначаємо економію палива після модернізації U3, грн. Потім визначаємо загальні витрати, пов'язані із модернізацією Uzag, грн, з певним рівнем окупності. Відповідні графіки наведено на рис. 4.

Отже, з графіків видно, що, враховуючи обмеження, що накладаються на накопичувач енергії видно, що мінімальні витрати на модернізацію спостерігаються для потужності дизель-генератора 360 кВт і енергоємності накопичувача енергії близько 50 МДж.

Застосування розробленої програми при проектуванні маневрового тепловозу із гібридною передачею потужності дозволить визначити раціональні співвідношення його силової установки і накопичувача енергії.

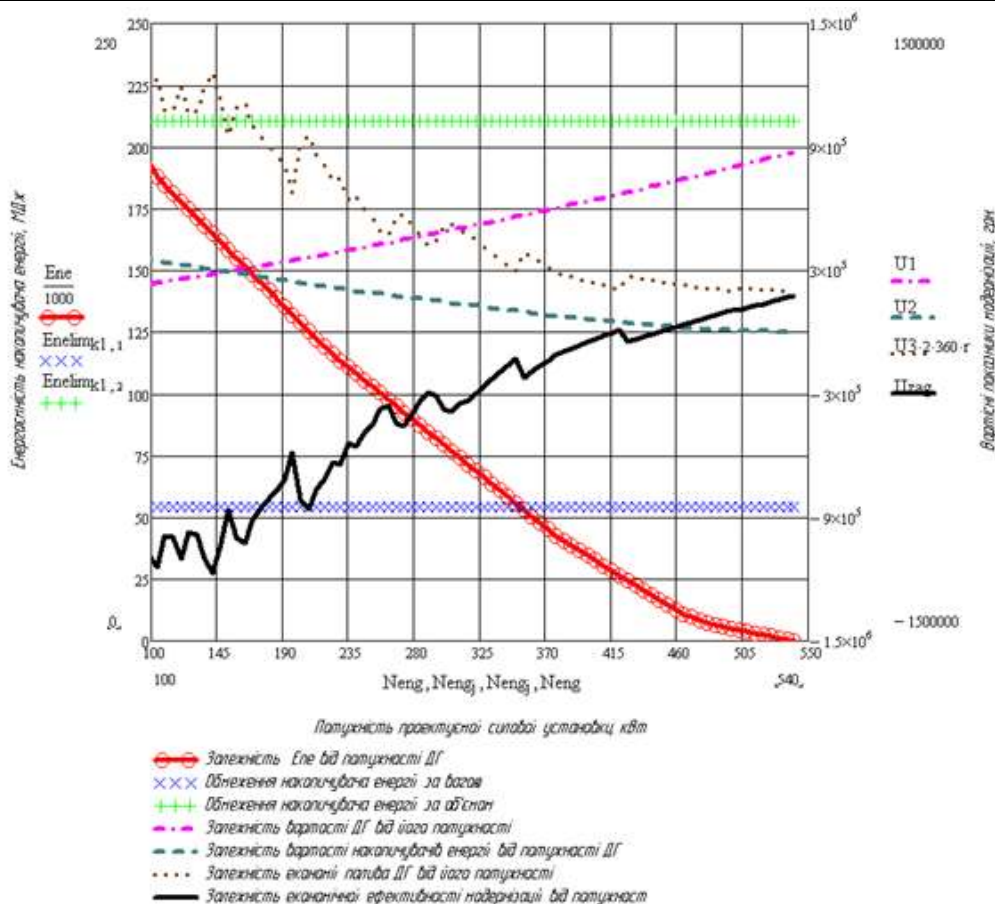


Рис. 4. Залежність енергоємності накопичувача з відповідними обмеженнями і вартісних показників модернізації від потужності дизель-генератора

Висновки. 1. Розроблена модель для визначення техніко-економічних характеристик гібридного маневрового тепловозу.

2. Визначено параметри гібридного маневрового тепловозу за допомогою розробленої програми.

3. Побудовано залежність енергоємності накопичувача від обраної потужності дизель-генератора.

4. Обґрунтовано доцільність використання різноманітних накопичувачів енергії за умови їх масогабаритних параметрів.

Література

1. Лашко А.Д., Самсонкин В.Н., Гончаров А.М., Коновалов А.В. Основные направления обновления тягового подвижного состава Украины в 2006-2010 гг. // Локомотив-информ. - 2006. -№6. -С.8-12.
2. Сергиенко Н.И. Решение проблем подвижного состава железных дорог Украины через взаимодействие государственного и частного секторов экономики // Локомотив-информ. - 2010. - №6. - С.40-46.
3. Черняк, Ю. В. Резерви економії дизельного палива поїздними і маневровими тепловозами не вичерпані [Текст] / Ю. В. Черняк, В. О. Сазонов, А. М. Гушнін, В. І. Дорошко, В. О. Гатченко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. - 2006. - № 72. - С. 17-21.
4. Коссов, Е.Е. Выбор характеристик магистральных и маневровых тепловозов [Текст] / Е.Е. Коссов, В.А. Старовойт // Повышение топливной экономичности тепловозов, Труды ВНИИЖТ. - М.: Транспорт, 1991.- 238 с.

5. Неревяткин К.А. Совершенствование методики определения технических характеристик проектируемых локомотивов на основе математического моделирования [Текст]: автореф. дисс. на соиск учен. степ. канд. тех. наук / К.А. Неревяткин. - М.: МГУПС, 1998г. - 23с.
6. Воронько, В. А. Обоснование выбора параметров маневровых и промышленных тепловозов с учетом условий эксплуатации [Текст]: дисс. канд. техн. наук / В.А. Воронько.-М., 2005г. 148 с.
7. 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>.
8. 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.
9. 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.
10. Сергиенко, М.І. Оцінка ефективності можливих варіантів модернізації енергетичної установки маневрового тепловоза ЧМЭЗ [Текст] / М. І. Сергиенко, В.І. Пелелейченко, О.І. Гончарів, Д.О. Гордієнко // Залізничний транспорт України. - 2011. - № 6. - С. 35-38.

11. 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.
12. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep 2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
13. 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.

References

1. Lashko A.D., Samsonkin V.N., Goncharov A.M., Konovlov A.V. Osnovnye napravlenija obnovlenija tjavogogo podvizhnogo sostava Ukrainy v 2006-2010 gg. // Lokomotiv-inform. - 2006. - №6. - S.8-12.
2. Sergienko N.I. Reshenie problem podvizhnogo sostava zheleznyh dorog Ukrainy cherez vzaimodejstvie gosudarstvennogo i chastnogo sektorov jekonomiki // Lokomotiv-inform. - 2010. - №6. - S.40-46.
3. Chernjak, Ju. V. Rezervi ekonomii dizel'nogo paliva poizdnimi i manevrovimi teplovozami ne vicherpani [Tekst] / Ju. V. Chernjak, V. O. Sazonov, A. M. Gushhin, V. I. Doroshko, V. O. Gatchenko // Zbirnik naukovih prac' UkrDAZT. - 2006. - № 72. - S. 17-21.
4. Kossov, E.E. Vybhor karakteristik magistral'nyh i manevrovnyh teplovozov [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Starovojt // Povyshenie toplivnoj jekonomichnosti teplovozov, Trudy VNIIZhT. - M.: Transport, 1991.- 238 s.
5. Nerevjatkin K.A. Sovershenstvovanie metodiki opredelenija tehniceskikh karakteristik proektiruemyh lokomotivov na osnove matematicheskogo modelirovanija [Tekst]: avtoref. diss. na soisk uchen. step. kand. teh. nauk / K.A. Nerevjatkin. - M.: MGUPS, 1998g. - 23s.
6. Voron'ko, V. A. Obosnovanie vybora parametrov manevrovnyh i promyshlennyh teplovozov s uchedom uslovij jekspluatatsii [Tekst]: diss. kand. tehn. nauk / V.A. Voron'ko.-M., 2005g. 148 s.
7. Varakin, A.I. Manevrovyj i universal'nyj lokomotiv s gibridnoj silovoj ustanovkoj i nakopitelem jenergii na baze jelektrohimijskikh 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>.
8. Kossov, E.E. K voprosu vybora moshhnostnyh karakteristik perspektivnogo avtonomnogo tjavogogo podvizhnogo sostava [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Azarenko, M.M. Komarickij // Nauka i transport. -2007.-S. 20-21.
9. Nikipelyj, S. O. Povyshenie jeffektivnosti raboty teplovozov pri primenenii nakopitelja jenergii v si-lovoj cepi [Tekst]: dis... kand. tehn. nauk / S. O. Ni-kipelyj. - M., 2011. - 167 s.
10. Sergienko, M.I. Ocinka jeffektivnosti mozhlivih varian-tiv modernizatsii energetichnoji ustanovki manevrovogo teplovoza ChMJe3 [Tekst] / M. I. Sergienko, V.I. Pelepejchenko, O.I. Gonchariv, D.O. Gordienko // Zaliznichnij transport Ukraini. - 2011. - № 6. - S. 35-38.
11. Sergienko, M.I. Ocinka jeffektivnosti zastosuвання 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.

12. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep 2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
13. 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.

Фалендыш А.П., Володарец Н.В., Артеменко А.В. Определение рациональных параметров гибридного маневрового тепловоза на базе ЧМЭЗ.

Преобладающее количество тепловозов из общего парка локомотивов Укрзалізничці находится на финальной стадии жизненного цикла. Возникает необходимость в его обновлении. Создание гибридного маневрового тепловоза является эффективным решением в условиях дефицита финансов и высокой стоимости нового локомотивного парка. Рассмотрены режимы работы маневрового тепловоза. Проанализированы методы и модели определения технико-экономических параметров гибридного подвижного состава, которые были разработаны учеными разных стран мира. Разработана модель определения технико-экономических параметров гибридного локомотива, на основе которой роздана программа и рассчитаны рациональные параметры гибридного маневрового тепловоза на базе ЧМЭЗ, с учетом технических параметров локомотива, показателей эксплуатации и стоимостных показателей.

Ключевые слова: гибридный маневровый тепловоз, рациональные параметры, модель, энергетическая установка, накопитель.

Falendysh A., Volodarets M., Artemenko A. Determination of rational parameters of hybrid shunting locomotive based CHME3.

The overwhelming number of locomotives in the total fleet of locomotives Ukrzaliznytsi is in the final stages of the life cycle. There is a need to update it. Creating a hybrid shunting locomotive is an effective solution to the shortage of finance and the high cost of a new locomotive fleet. Considered modes shunting locomotive. The methods and models determine the technical and economic parameters of hybrid vehicles, which have been developed by scientists from different countries of the world. A model determine the technical and economic parameters of the hybrid locomotive, which is distributed on the basis of the program and are designed rational parameters of hybrid shunting locomotive based CHME3, taking into account the technical parameters of the locomotive operating performance and cost parameters.

Keywords: hybrid shunting locomotive, rational parameters, 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.

Артеменко О.В. – аспірант кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна.

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

УДК 629.4.018; 629.018

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ВЫБОРА ОБЪЕМА ИСПЫТАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Іванченко Д.А.

METHODS AND MODELS FOR DETERMINING THE EXTENT OF TEST OF THE MODERNIZED TRACTION ROLLING STOCK

Ivanchenko D.

В статье рассмотрено задание определения объемов испытаний модернизированного тягового подвижного состава. Выполнен анализ методов и подходов по повышению эффективности проведения приемочных испытаний. Разработана модель выбора объема приемочных испытаний, которая базируется на использовании опыта эксплуатации, результатов испытаний принятого аналога. Дано описание оптимизационной модели, целевой функции и функций ограничения, определяющие модель. По результатам моделирования построены зависимости достоверности определения основных показателей ТПС в зависимости от стоимости испытаний.

Ключевые слова: тяговый подвижной состав, приемочные испытания, выбор объема.

Введение. Анализ существующего парка тягового подвижного состава железных дорог Украины показал значительную изношенность, моральное и физическое старение большинства эксплуатируемых

серий. Так, среди наиболее многочисленных тепловозов серии ЧМЭЗ уже в 2015 году почти 80 % (без учета списания) будут иметь срок эксплуатации свыше 30 лет (рис. 1).

Постановка проблемы. В рамках проблемы обновления тягового подвижного состава (ТПС) существуют задачи выбора типов и характеристик локомотивов, а также допуска их в эксплуатацию. Первая задача решается исходя из условий эксплуатации на железной дороге, финансовых возможностей заказчика и на основе расчетов стоимости жизненного цикла соответствующей серии ТПС. Согласно Правилам технической эксплуатации (ПТЭ) железных дорог Украины вновь построенный или модернизированный железнодорожный подвижной состав должен быть испытан и принят в эксплуатацию в установленном порядке.

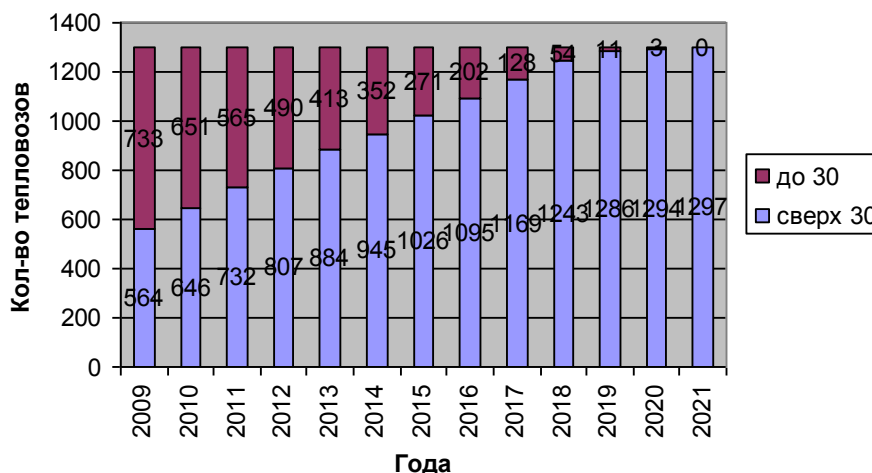


Рис.1. Динамика старения тепловозов серии ЧМЭЗ

При этом обязательно должны быть проведены испытания на соответствие всем обязательным требованиям. А объем и содержание испытаний, необходимых для недопущения постановки на производство неотработанной, несоответствующей техническому заданию (ТЗ), продукции, определяет разработчик с учетом новизны, сложности, особенностей производства и применения продукции, требований заказчика [1]. Речь идет о приемочных испытаниях локомотива в целом, в отличие от заводских испытаний отдельных узлов и устройств.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросами испытания ТПС занимаются ряд специализированных научно-технических и испытательных центров (ВНИИЖТ), транспортных вузов (ДНУЖТ, УкрГАЖТ) и другие организации. В их работах представлены результаты разных видов испытаний, характеризующие показатели тягового подвижного состава в разных аспектах. [7]

Испытания объединяют в группы по параметрам надежности, эргономичности, безопасности, экономичности и др. Основные группы приведены в таблице 1.

Учитывая тот факт, что в новых технических разработках применяется до 80% известных технических решений, что особенно характерно для локомотивов и другого железнодорожного подвижного состава в рамках унификации и стандартизации, в большинстве случаев нецелесообразно проведение всех известных видов испытаний. При оптимальной программе испытаний возможно сокращение материальных и временных затрат на их производство, что дает дополнительный эффект от сокращения сроков постановки новой техники на производство и ввод в эксплуатацию. [8]

Целью работы является разработка методов и моделей выбора объема приемочных испытаний ТПС.

Результаты исследования. Для выполнения поставленной задачи разработана модель выбора объемов приемочных испытаний ТПС (рис. 2). Ос-

новным принципом данной модели является широкое использование опыта эксплуатации, результатов испытаний, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, относящихся к существующему ТПС, принятому за аналог. В основу модели положено взаимное использование результатов аналитических расчетов, моделирования, прогнозирования показателей ТПС и результатов испытаний. Причем последние используются в качестве обратной связи для уточнения параметров моделирования.

В разработке модели широко используются известные методы и теории. Теория планирования экспериментов дает ряд положений по оптимизации программы и объемов испытаний [4]. Теория информации рассматривает инструменты оценки полноты, релевантности, эргономичности информации, полученной во время испытаний [2,3]. Теория моделирования дает основу для развития и применения методов получения информации без затратных натурных испытаний [5]. Расчетно-экспериментальные методы позволяют оптимизировать объем испытаний, используя результаты моделирования [6].

Для выбора объема испытаний ТПС в качестве критериев оптимизации выступают стоимость и время проведения испытаний. Далее рассмотрена математическая модель выбора объема испытаний.

Задача состоит в определении вектора $u \in U$, который входит в массив возможных испытаний U ТПС, доставляющий экстремум целевой функции $F(u)$ и удовлетворяющий системе ограничений:

$$OK_{i1}u_1 + OK_{i2}u_2 + \dots + OK_{in}u_n \geq O_i, \quad (i = 1, 2, \dots, m); \quad (2)$$

$$DK_{i1}u_1 + DK_{i2}u_2 + \dots + DK_{in}u_n \leq D_i, \quad (i = m+1, m+2, \dots, m+n); \quad (3)$$

$$u_{j1} \geq 0, u_{j2} \geq 0, \dots, u_{jk} \geq 0 \quad k \leq n. \quad (4)$$

Таблица 1

Классификация основных видов испытаний и проверяемых показателей

№	Группы испытаний	Основные проверяемые показатели
1	КОМПЛЕКСНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ И ПО ВОЗДЕЙСТВИЮ НА ПУТЬ И СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ	Безопасность
2	СООТВЕТСТВИЕ ПРОЕКТНОМУ ОЧЕРТАНИЮ ГАБАРИТА	Безопасность
3	ДИНАМИКО-ПРОЧНОСТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЭКИПАЖА	Безопасность, долговечность
4	ТОРМОЗНЫЕ ИСПЫТАНИЯ	Безопасность
5	ТЯГОВО-ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТПС	Работоспособность, экономичность
6	ИСПЫТАНИЯ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА И ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА	Безопасность, эргономичность
7	САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ	Эргономичность, влияние на окружающую среду



Рис. 2. Модель выбора объема приемочных испытаний ТПС

Для каждого вида испытаний u_i экспертным методом определяется вектор OK_i оценочных коэффициентов влияния проведения испытаний на обеспечение основных показателей качества ТПС. Вектор DK_i включает данные по стоимости и времени проведения отдельных видов испытаний. В качестве целевой функции выбирается либо общая стоимость проведения приемочных испытаний, либо общее время на их проведение. В таком случае требования по основным показателям качества ТПС будут включены в функции ограничения. С другой стороны, имея оценочные показатели по основным параметрам и конкретные данные по стоимости и времени, целесообразно в качестве целевой функции выбирать основной показатель. В качестве такого показателя рекомендуется выбирать безопасность, так как это уменьшает вероятность введения в эксплуатацию ТПС, не отвечающую основным требованиям – в первую очередь безопасности.

В таком случае целевая функция имеет такой вид:

$$\sum_{i=1}^N OK_i^S \cdot u_i \rightarrow \max, \quad (5)$$

а функции ограничения:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N OK_i^R \cdot u_i \geq R_0 \\ \sum_{i=1}^N OK_i^E \cdot u_i \geq E_0 \\ \sum_{i=1}^N DK_i^C \cdot u_i \leq C_0 \\ \sum_{i=1}^N DK_i^T \cdot u_i \leq T_0 \\ u_i \in U \\ u_i \geq 0 \end{cases}, \quad (6)$$

где R_0, E_0 - минимальная оценка надежности и экономичности по требованиям для новой или модернизированной единицы ТПС;

C_0, T_0 - ограничение финансирования испытаний и ограничение времени на проведение приемочных испытаний.

Для определения вектора коэффициентов OK_i^S , учитывающих влияние проведения соответствующих испытаний на показатели безопасности, были исследованы причины транспортных происшествий, вызванных отказами оборудования и систем локомотива. Структурная схема результатов исследования показана на рис. 3.

Реализация данной модели представляет собой вектор u весовых коэффициентов испытаний, который дает возможность сформировать выбранный объем испытаний исходя из заявленных требований по проверке надежности, экономичности, безопасности в условиях ограниченных средств и времени на проведение испытаний.

Зависимость достоверности определения показателей безопасности, надежности и экономичности от затрат на испытания приведены на рис. 4, 5. По результатам моделирования также получены кривые затрат и времени на приемочные испытания, в зависимости от их количества, рис. 6.

Так, при заданном финансировании в 1,15 млн. грн. и сроке 875 ч на проведение испытаний, было выбрано 38 видов приемочных испытаний тепловоза. При этом достоверность показателей безопасности составила 0,96.

Вывод. Таким образом, разработана информационная модель систематизации наработок в области испытаний ТПС и оптимизации их объема, что позволит сократить расходы и повысить эффективность приемочных и исследовательских испытаний с использованием современных достижений теорий информации, подобия, моделирования и планирования эксперимента.



Рис. 3. Анализ влияния неисправностей оборудования ТПС на безопасность движения

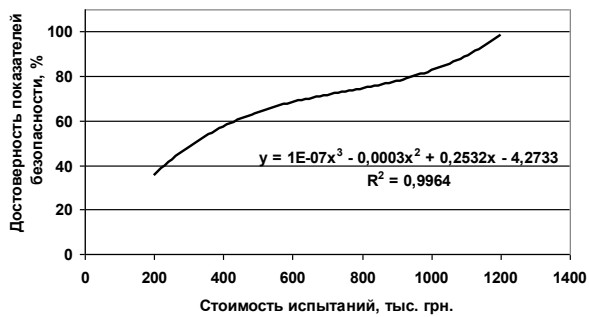


Рис. 4. Зависимость достоверности показателей безопасности от затрат на испытания

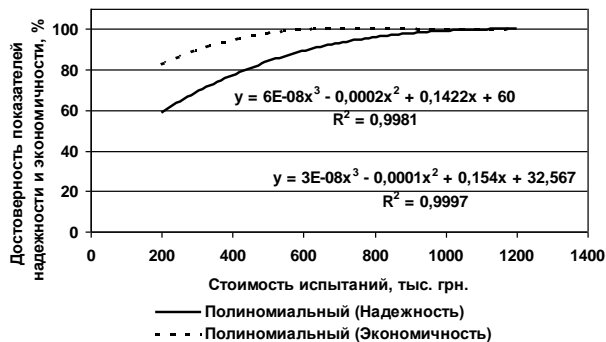


Рис. 5. Зависимость достоверности показателей надежности и экономичности от затрат на испытания

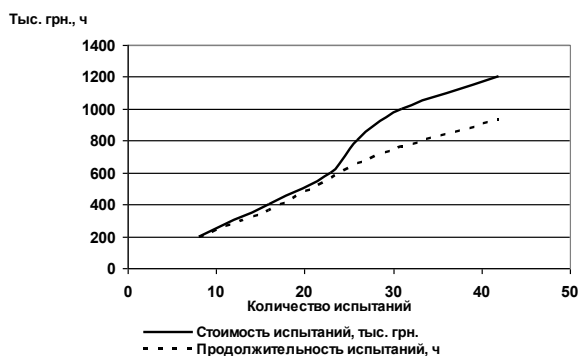


Рис. 6. Зависимости стоимости и времени от количества испытаний

Литература

- ГОСТ 15.309-98. Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения [Текст]. - К.: Госстандарт Украины, 2000. - 13 с.
- Бриллюэн, Л. Наука и теория информации [Текст]: пер. с англ. / Л. Бриллюэн. - М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. - 391 с.
- Мазур, М. Качественная теория информации [Текст]: пер. с польского / М. Мазур. - М.: Мир, 1974. - 240 с.
- Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст]: пер. с нем. / К. Хартман. - М.: Мир, 1977. - 552 с.
- Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем [Текст] / В.П. Тарасик. - Мн.: Дизайн-ПРО, 2004. - 640 с.
- Дьомін, Ю.В. Удосконалення системи допуску рухомого складу до експлуатації / Ю.В. Дьомін // Залізничний транспорт України. - 2013. - №2. - С. 5 - 8.
- Іванченко Д. А. Випробування тягового рухомого складу залізниць / Д. А. Іванченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля - Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2010. - № 1 (143). Ч. 2. - С. 72-75.
- Іванченко, Д.А. Оптимизация объема приемочных испытаний тягового подвижного состава железных дорог [Текст] / Д.А. Иванченко, А.В. Камчатный // Локомотивы. XXI век: сборник материалов Международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения д.т.н., профессора Е.Я. Гаккель, 2013 г., Санкт-Петербург (Россия). - СПб: ПГУПС, 2013.

References

- GOST 15.309-98. Sistema razrabotki i postanovki produkcii na proizvodstvo. Ispytaniya i priemka vypuskaemoj produkcii. Osnovnye polozhenija [Tekst]. - K.: Gosstandart Ukrainy, 2000. - 13 s.
- Brilljujen, L. Nauka i teorija informacii [Tekst]: per. s angl. / L. Brilljujen. - M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury, 1960. - 391 s.
- Mazur, M. Kachestvennaja teorija informacii [Tekst]: per. s pol'skogo / M. Mazur. - M.: Mir, 1974. - 240 s.
- Hartman, K. Planirovanie jeksperimenta v issledovanii tehnologicheskikh processov [Tekst]: per. s nem. / K. Hartman. - M.: Mir, 1977. - 552 s.

5. Tarasik, V.P. Matematicheskoe modelirovanie tehniceskikh sistem [Tekst] / V.P. Tarasik. – Mn.: DizajnPRO, 2004. – 640 s.
6. D'omin, Ju.V. Udoskonalennja sistemi dopusku ruhomogo skladu do ekspluatacii / Ju.V. D'omin // Zaliznichnij transport Ukraini. – 2013. – №2. – S. 5 – 8.
7. Ivanchenko D. A. Viprobuvannja tјagovogo ruhomogo skladu zaliznic' / D. A. Ivanchenko // Visnik Shidnoukrains'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja – Lugans'k: SNU im. V. Dalja, 2010. – № 1 (143). Ch. 2. – S. 72-75.
8. Ivanchenko, D.A. Optimizacija ob#ema priemochnyh ispytanj tјagovogo podvizhnoho sostava zheleznyh dorog [Tekst] / D.A. Ivanchenko, A.V. Kamchatnyj // Lokomotivy. NHI vek: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii, posvjashhennoj 110-letiju so dnja rozhdenija d.t.n., professora E.Ja. Gakkel', 2013 g., Sankt-Peterburg (Rossija). – SPb: PGUPS, 2013.

Іванченко Д.А. Методи і моделі вибору обсягу випробувань модернізованого тягового рухомого складу.

У статті розглянуто завдання визначення обсягів випробувань модернізованого тягового рухомого складу. Виконано аналіз методів і підходів щодо підвищення ефективності проведення приймальних випробувань. Розроблено модель вибору обсягу приймальних випробувань, яка базується на використанні досвіду експлуатації, результатів випробувань прийнятого аналога. Дано опис оптимізаційної моделі, цільової функції і функцій обмеження,

що визначають модель. За результатами моделювання побудовані залежності достовірності визначення основних показників ТПС залежно від вартості випробувань.

Ключові слова: тяговий рухомий склад, приймальні випробування, вибір обсягу.

Ivanchenko D. Methods and models for determining the extent of test of the modernized traction rolling stock.

The paper considers the problem of determining the extent of testing the upgraded traction rolling stock. The analysis of methods and approaches to improve the efficiency of acceptance tests. The model selection extent acceptance tests based on the use of operating experience, test results received analogue. The description optimization model, the objective function and constraints functions that define the model. As a result of simulation based reliability depending on the definition of key indicators traction rolling stock depending on the cost of testing. Based on the results obtained by simulation curves also cost and time acceptance test, depending on their number.

Keywords: traction rolling stock, acceptance tests, the choice of volume.

Іванченко Д.А. – асистент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ,
e-mail: ukrsart.erps@gmail.com.

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

Стаття подана 01.04.2015

УДК 623.342

ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

Гурьева А. Г., Чернецка-Белецкая Н.Б.

FUNDAMENTALS OF MODELING OF PROCESSES OF MAINTENANCE OF LOCOMOTIVES

Gureva A., Chernetskaya N.

В статье приведены результаты математического моделирования процессов технического обслуживания локомотивов как сложных технических объектов. Введены понятия функционалов готовности и технического использования для идентификации процессов технического обслуживания локомотивов. Показаны зависимости функционалов от времени между техническими обслуживаниями. Полученные результаты позволяют определять среднее время пребывания локомотива в исправном состоянии.

Ключевые слова: техническое обслуживание, моделирование, локомотив, система, оборудование, тепловоз, плановая замена.

Введение. Внедрение нового или модернизированного подвижного состава требует введения соответствующей системы технического обслуживания и ремонтов, которая позволит наиболее эффективно использовать его по обеспечению всех требований и, в частности, повышения безопасности движения и надежности эксплуатации. Поэтому на протяжении последних лет интенсивно проводится активная работа по модернизации тепловозов на железных дорогах и промышленных предприятиях Украины. Для повышения эффективности использования и обеспечения высокого уровня надежности необходимо создание и внедрение адекватной системы обслуживания и ремонта модернизированных тепловозов.

При обслуживании сложных технических систем, к которым относится тепловоз, возникают организационно-экономические задачи связанные с контролем состояния оборудования [1, 2]. Одной из таких задач является принятие решений по контролю и своевременной профилактической замене (ремонта) оборудования в отведенный период планирования, регламентированный существующими нормативами. Невыполнение сроков профилактических работ может привести к снижению качества выпускаемой продукции, к частым поломкам оборудования, вплоть до крупных аварий и техногенных катастроф.

Исходные условия задачи

1. Тепловоз как техническая система включает в себя разные типы устройств.

2. Каждому типу устройства соответствует трудоёмкость и нормативный срок замены (ремонта, обслуживания).
3. Имеется возможность увеличения и сокращения сроков замены по каждому типу устройства в заданных пределах.
4. Для каждого устройства известен срок его эксплуатации после последней замены на начало планового периода.
5. Известна мощность ремонтных (обслуживающих) служб, которая может быть переменной в пределах планового периода.
6. Требуется составить такое расписание профилактической замены оборудования, чтобы трудоёмкость этих работ была оптимальной относительно мощности ремонтных служб в каждый планируемый период.

Обозначения в тексте:

M – количество типов различных устройств, подлежащих профилактической замене в календарном планировании;

k – тип устройства ($k = 1, \dots, M$);

C_k – трудоёмкость обслуживания одной единицы k -го типа;

r_n – коэффициент корректировки трудоёмкости ($1 \geq r_n \geq 0$);

N – количество единиц планового периода;

n – единица планового периода ($n = 1, \dots, N$), в дальнейшем условно будем называть месяцем для удобства;

V_n – трудоёмкость в n -м интервале планового периода;

V_{cp} – средняя трудоёмкость за весь плановый период;

μ_{ik} – время эксплуатации i -го устройства k -го типа на начало планового периода;

b_{ikn} – плановая замена i -го устройства k -го типа в n -й интервал обслуживания;

l_k – нормативный срок эксплуатации устройства k -го типа;

t_{1k} – предельный допуск на уменьшение срока замены;

t_{2k} – предельный допуск на увеличение срока замены;

m_k – число устройств k -го типа;

$:=$ – операция присвоения значения символу, расположенному слева от этого знака;

$$X = \| \| x_{iknj} \| \|,$$

$$k = 1, \dots, M; i = 1, \dots, m_k; n = 1, \dots, N; j = J_{kn}^{(1)}, \dots, J_{kn}^{(2)}.$$

Таким образом, полученные соотношения представляют собой задачу целочисленного программирования [3, 4] с булевыми переменными и квадратичной функцией цели.

Учитывая особенности данной задачи, предлагается комбинаторный метод прямого просмотра исходного плана. Каждый тип устройства просматривается отдельно с учётом результатов просмотра предыдущих типов.

Просмотр начинается с первого месяца периода планирования. Так, если в n -м месяце текущая трудоёмкость по всем типам устройств меньше (больше) величины $V_{cp} r_n$, то происходит сокращение или удлинение сроков замены.

Просмотр очередного типа устройств целесообразно начинать с того, у которого величина $u_k = (t_{1k} + t_{2k})/C_k$ наименьшая для оставшихся устройств. В дальнейшем будем предполагать, что строки матрицы (3) упорядочены по величине u_k в порядке возрастания. Отметим, что значения элементов a_{ikn} строки матрицы повторяются с периодом l_k : то есть $a_{ikn} = a_{ikn+l_k}$.

Следовательно, если мы переносим замену с месяца n на месяц j , то для $p = 0, \dots, N - 1$ будет выполняться

$$b_{iks} = \begin{cases} 0, & \text{äëÿ } s = n + pl_k \\ 1, & \text{äëÿ } s = j + pl_k \end{cases}$$

Основная последовательность шагов такой оптимизации ПЗ приведена на рис.

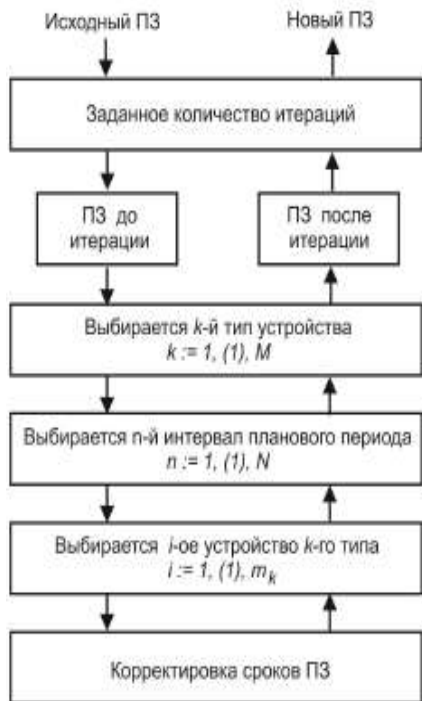


Рис. Последовательность оптимизации плана замены

Такой метод позволяет осуществить поиск оптимального решения в режиме диалога, задав определённое число итераций для последовательной оптимизации. Далее рассматривается алгоритм поиска оптимального решения, реализующий данный комбинаторный подход.

Алгоритм оптимизации ПЗ

1. Вычислить трудоёмкость замены устройств в каждом месяце V_n планового периода и среднюю трудоёмкость V_{cp} по плану (3):

$$V_n := \sum_{k=1}^M C_k \sum_{i=1}^{m_k} a_{ikn}, \quad n = 1, \dots, N;$$

$$V_{\bar{n}\delta} := \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N V_n.$$

Присвоить элементам матрицы первоначальные значения:

$$b_{ikn} := a_{ikn}, \text{ а величинам (10) значения}$$

$$x_{iknp} := \begin{cases} a_{ikn}, & \text{äëÿ } p = n; \\ 0, & \text{äëÿ } p \neq n. \end{cases}$$

2. Выполнить п. 3, меняя индекс k от 1 до M . В конце перейти к п. 11.

3. Выполнить п. 4, меняя индекс n от 1 до $(N - 1)$.

4. Вычислить величины s и s' :

$$s := V_{\bar{n}\delta} r_n / C_k;$$

$$s' := \text{mod}_{C_k} (V_{\bar{n}\delta} r_n).$$

Здесь $V_{cp} r_n$ – плановая средняя трудоёмкость в n -м месяце. Далее генерируется случайное число α по равномерному закону в интервале $(0, 1)$; вычисляется величина

$$V_\alpha := \begin{cases} s' C_k, & \text{äëÿ } \alpha > (s - s'); \\ (s' + 1) C_k, & \text{äëÿ } \alpha \leq (s - s'). \end{cases}$$

Для определения разницы между средней планируемой трудоёмкостью в месяце n и текущей трудоёмкостью:

$$\omega := V_\alpha r_n - V_n.$$

Перейти

$$\hat{e} = \begin{cases} \hat{i}.3, & \text{äëÿ } |\omega| < C_k \text{ (äü äî ð î ÷ äðäü î äü n);} \\ \hat{i}.5, & \text{äëÿ } \omega > 0 \text{ (ñî èðäü äî èä ñðî èî ä çàî äî ü);} \\ \hat{i}.8, & \text{äëÿ } \omega \leq 0 \text{ (óäëè äî èä ñðî èî ä çàî äî ü).} \end{cases}$$

5. Выполнить п. 6, меняя $j := 1, (1), \min \{t_{1k}, N - n\}$.

6. Выполнить п. 7, меняя индекс $i := 1, (1), m_k$.

7. Если $b_{ikn} = 1$ или $b_{ikn+j} = 0$, то перейти к п. 6.

Меняя

$$\lambda := n, (l_k), N \text{ äü î î é í è ð ü } \begin{cases} b_{ik\lambda} := 1; \\ V_\lambda := V_\lambda + C_k. \end{cases}$$

Меняя

$$\lambda := n + j, (l_k), N \text{ äü î î é í è ð ü } \begin{cases} x_{ik\lambda\lambda} := 0; \\ x_{ik\lambda, \lambda - j} := 1; \\ b_{ik\lambda} := 0; \\ V_\lambda := V_\lambda - C_k. \end{cases}$$

Вычислить $d := w - C_k$. Если $d < C_k$, то перейти к п. 3, иначе выполнить $w := d$.

8. Выполнить п.9 меняя индекс $i := 1, (1), m_k$.

9. Выполнить п.10 меняя индекс $j := 1, (1), \min \{t_{2k}, N - n\}$.

10. Если $b_{ikn} = 0$, то перейти к п.8, иначе {если $x_{ikn,n+j-1} = 0$, то перейти к п. 9, иначе $d := w + Ck$ }.

Меняя

$$\lambda := n + 1, (l_k), N \begin{cases} x_{ik\lambda, \lambda + j} := 1; \\ b_{ik\lambda} := 1; \\ V_\lambda := V_\lambda + C_k. \end{cases}$$

Меняя

$$\lambda := n, (l_k), N \begin{cases} x_{ik\lambda, \lambda - 1} := 0; \\ b_{ik\lambda} := 0; \\ V_\lambda := V_\lambda - C_k. \end{cases}$$

Если $d < C_k$, то перейти к п.3, иначе выполнить $w := d$.

11. Выход. Рассмотренный алгоритм оптимизации календарного плана допускает ряд модификаций. Например, можно задаться определённым числом итераций (рис. 1) и повторить алгоритм заданное число раз, запоминая на каждой итерации наилучшее решение из полученных ранее решений. Таким образом, мы выбираем наилучшее решение из некоторого множества.

Критерием для сравнения двух различных решений может быть среднеквадратическое отклонение трудоёмкости в каждом месяце по всем типам устройств (V_n) от средней планируемой трудоёмкости в этом же месяце (V_{cp})

$$s = \frac{1}{N} \left[\sum_{n=1}^N \left(\sum_{k=1}^M C_k \sum_{i=1}^{m_k} b_{ikn} - V_{\tilde{n}} r_n \right)^2 \right]^{0.5}$$

Поскольку величинами r_n можно в некоторых пределах манипулировать (планировать время отпусков, финансовые средства и др.), то это дополнительные возможности для улучшения первоначального плана в интерактивном режиме.

Вывод. Таким образом, в статье представлена математическая модель, которая основана на анализе моделирования процессов технического обслуживания. В итоге мы выбираем наилучшее решение из некоторого множества.

Л и т е р а т у р а

1. Жардин Э. Техническое обслуживание оборудования // В кн. "Исследование опера ций". Т. 2. Модели и применение / Под ред. Дж. Модера, С. Элмаграби. М.: Мир, 1981. С. 344-363
2. Корбут А., Финкельштейн Ю. Дискретное программирование/ Корбут А., Финкельштейн Ю.- М.: Наука, 1969.-368 с.
3. Ковман А., Анри-Лабордер А. Методы и модели исследования операций. Целочисленное программирова-

ние/ Ковман А., Анри-Лабордер А.- М.: Мир, 1977.- 251 с.

References

1. Zhardin Je. Tehnicheskoe obsluzhivanie oborudovanija // V kn. "Issledovanie opera cij". T. 2. Modeli i primenenie / Pod red. Dzh. Moudera, S. Jelmagrabi. M.: Mir, 1981. S. 344-363
2. Korbut A., Finkel'shtejn Ju. Diskretnoe programmirovanie/ Korbut A., Finkel'shtejn Ju.- M.: Nauka, 1969.- 368 s.
3. Kofman A., Anri-Laborder A. Metody i modeli issledovaniya operacij. Celochislennoe program-mirovanie/ Kofman A., Anri-Laborder A.- M.: Mir, 1977.- 251 s.

Гур'єва А. Г. , Чернецька-Білецька Н. Б. Основи моделювання процесів технічного обслуговування локомотивів.

У статті приведені результати математичного моделювання процесів технічного обслуговування локомотивів як складних технічних об'єктів. Введено поняття функціоналів готовності та технічного використання для ідентифікації процесів технічного обслуговування локомотивів. Показано функціоналів залежно від часу між технічними обслуговуваннями. Отримані результати дозволяють визначити середнє час перебування локомотива в справному стані.

Ключові слова: технічне обслуговування, моделювання, локомотив, система, обладнання, тепловоз, планова заміна.

Gureva A. G., Chernetskaya N. B. Fundamentals of modeling of processes of maintenance of locomotives.

In the paper the results mathematical modeling results of the processes of locomotives servicing considered as complicated technological objects are given. The definition of available functionals and technical application for locomotive servicing processes identification is derived. Also shows the optimization algorithm routine replacement. Modeling of technological processes of maintenance of locomotives is one of the challenges for quantitative estimation of efficiency of application of large technical systems on the railway transport. Functionals dependence on time at the time of servicing is shown. The results obtained allow us to define average time during which the locomotives were unfixed.

Keywords: maintenance, simulation, engine, system, equipment, locomotive, a planned replacement.

Гур'єва А. Г. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, e-mail: alina.gureva@inbox.ru
Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

УДК 629.014: 625.1.03

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЕКІПАЖІВ ВІД СХОДУ З РЕЙОК**Ткаченко В.П., Сапронова С.Ю.****EVALUATION OF STABILITY RAILWAY CARRIAGE DERAILMENT****Tkachenko V., 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 контактній парі. Встановлено, що мінімально-допустима величина співвідношення вертикального навантаження в гребеневому контактній парі і поперечного напрямного зусилля залежить від кута набігання колеса на рейку.

Ключові слова: кінематична пара, стійкість, динамічні характеристики, вкочування, сход, критерій Мар'є.

Актуальність завдання. 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 такої візки значно збільшу-

ється 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 центруванню 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 навантаженням 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 навантаження вантажного вагона. Багатою кількістю досліджень встановлено, що вірогідність сходу порожніх вагонів з рейок, при інших рівних умовах, значно вище, ніж навантажених [6]. Несиметричність навантаження 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 перекошування кінцевої 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 коливань 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» вдається 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)

$$\left[\frac{Y}{P} \right] = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu \cdot tg\beta}, \quad (2)$$

де β – кут нахилу твірної гребеневого конуса колеса до горизонталі в центрі гребеневого контакту; μ – коефіцієнт тертя в контактні колеса і рейки.

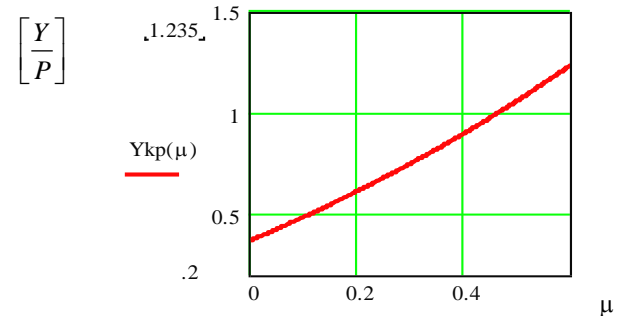


Рис.1. Залежність допустимого відношення бічної сили Y до вертикального навантаження P від коефіцієнта тертя в гребеневому контактні μ

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 контактні гребеня колеса з рейкою і геометричних параметрів колісної пари [1, 11]

$$K_y = \frac{P}{Y} \cdot \left[\frac{P}{Y} \right] = \frac{P}{Y} \cdot \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu \cdot tg\beta} > [K_y], \quad (3)$$

де $\left[\hat{E} \delta \right]$ – 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 перевищують Y_{max} сход з 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 зале-

жить від дійсного кута набігання. Межі цього діапазону залежать від вертикальних навантажень на колеса. Для колісної пари під навантаженим 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 реакції в контакті 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.

Поставлено задачу уточнення критерію безпеки руху щодо вкочування гребеня колеса на рейку з урахуванням особливостей двох-точкового 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 $\psi_k > 0$ і при негативному куті набігання $\psi_k < 0$.

На рис. 3 показано схеми складових сил зчеплення у гребеневому контакті. Рівняння рівноваги контактних сил представлені як сума проєкцій сил, відповідно на осі τ і η .

Сума проєкцій сил на ось η

$$\sum F_{\eta} = 0:$$

$$-N_2 - S_{z2} \cdot \cos \beta + Y \cdot \sin \beta + P_0 \cdot \cos \beta = 0, \quad (4)$$

де S_{z2} – сила тертя у гребеневому контакті:

$$S_{z2} = N_2 \cdot f_0 \cdot \cos \zeta.$$

Якщо означити $f_0 \cdot \cos \zeta = \mu$, то рівняння (4) матиме вигляд

$$-N_2 \cdot (1 + \mu \cdot \tilde{n} \cos \beta) + Y \cdot \sin \beta + P_0 \cdot \cos \beta = 0, \quad (5)$$

звідки

$$N_2 = \frac{Y \cdot \sin \beta + P_0 \cdot \cos \beta}{1 + \mu \cdot \cos \beta}. \quad (6)$$

Сума проєкцій сил на ось τ :

$$\sum F_{\tau} = 0:$$

$$-P_0 \cdot \sin \beta + Y \cdot \cos \beta + N_2 \cdot \mu \cdot \sin \beta = 0. \quad (7)$$

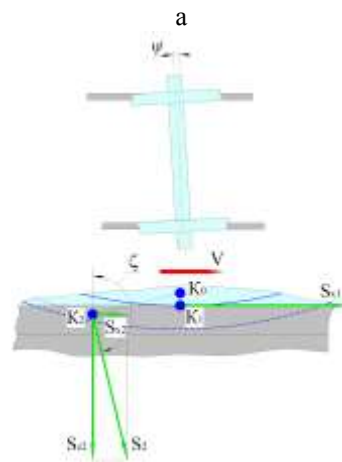
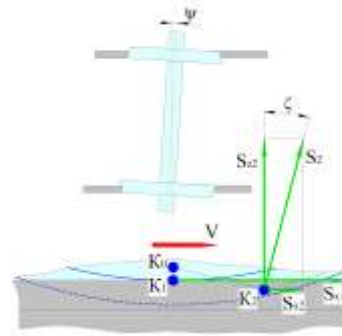


Рис. 2. Схеми дії сил зчеплення у гребеневому контакті:
а – при куті набігання $\psi_k > 0$;
б – при куті набігання $\psi_k < 0$.

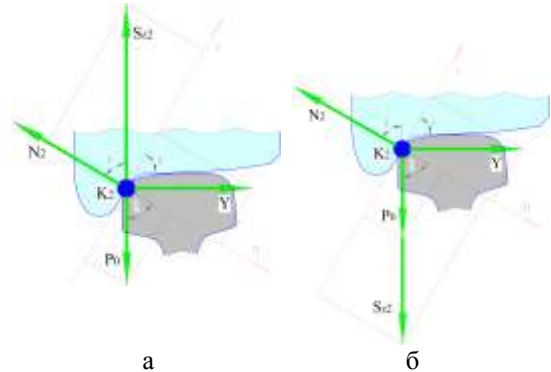


Рис. 3. Схеми складових сил зчеплення у гребеневому контакті:

а – для випадку $\psi_k > 0$;
б – для випадку $\psi_k < 0$

З рівнянь (5) і (6) отримаємо

$$-P_0 \cdot \sin \beta + Y \cdot \cos \beta + \frac{Y \cdot \sin \beta + P_0 \cdot \cos \beta}{1 + \mu \cdot \tilde{n} \cos \beta} \cdot \mu \cdot \sin \beta = 0$$

Розділивши рівняння (7) на $Y \cdot \cos \beta$, отримаємо

$$-\frac{P_0}{Y} \cdot \text{tg} \beta + 1 + \mu \cdot \frac{\sin \beta \cdot \text{tg} \beta}{1 + \mu \cdot \cos \beta} + \mu \cdot \frac{P_0}{Y} \cdot \frac{\text{tg} \beta \cdot \cos \beta}{1 + \mu \cdot \cos \beta} = 0 \quad (8)$$

звідки

$$\frac{P_0}{Y} = \frac{1 + \mu \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta \cdot \sin \beta}{1 + \mu \cdot \cos \beta}}{\operatorname{tg} \beta - \mu \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta \cdot \cos \beta}{1 + \mu \cdot \cos \beta}}$$

Після перетворень отримуємо

$$\frac{P_0}{Y} = \frac{\mu + \cos \beta}{\sin \beta},$$

або, з урахуванням, що $\mu = f_0 \cdot \cos \zeta$

$$\frac{P_0}{Y} = \frac{f_0 \cdot \cos \zeta + \cos \beta}{\sin \beta}. \quad (9)$$

З урахуванням формули

$$\zeta_{jk} = \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \gamma_{2jk}}}{\operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \gamma_{2jk}} - \frac{R_{0jk}}{R_{2jk}} \cdot \operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \gamma_{2jk} \right)$$

$$\zeta = \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \beta}}{\operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \beta} - \frac{R_0}{R_2} \cdot \operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \beta \right). \quad (10)$$

Враховуючи, що відношення $\frac{R_0}{R_2} \cong 1$, приймаємо

$$\cos \zeta \approx \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \beta}}{\operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \beta} - \operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \beta \right). \quad (11)$$

Співвідношення $\frac{P_0}{Y}$, що є критичним щодо відриву колеса від рейки в основному контакті, позначимо як

$$\left[\frac{P_0}{Y} \right] = \frac{f_0 \cdot \cos \zeta + \cos \beta}{\sin \beta}, \quad (12)$$

де

$$\cos \zeta = \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \beta}}{\operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \beta} - \frac{R_0}{R_2} \cdot \operatorname{tg} \psi_k \cdot \operatorname{tg} \beta \right). \quad (13)$$

Враховуючи, що діапазон можливих значень кута ζ лежить в межах від 0 до 1800, значення співвідношення $\left[\frac{P_0}{Y} \right]$ за формулою (12) розраховувалися як K_{\max} для $\zeta=0$ і K_{\min} – для $\zeta=1800$, відповідно до чого

$$\left[\frac{D_0}{Y} \right]_{\max} = \frac{f_0 + \cos \beta}{\sin \beta}; \quad \left[\frac{P_0}{Y} \right]_{\min} = \frac{-f_0 + \cos \beta}{\sin \beta}. \quad (14)$$

На рис. 4 показано розрахункові залежності для максимального $\left[\frac{D_0}{Y} \right]_{\max}$ і мінімального $\left[\frac{D_0}{Y} \right]_{\min}$ значень коефіцієнта безпеки від коефіцієнту тертя у гребеневому контакті f_0 і кута нахилу гребеня β , ро-

зрахованих 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

$$\hat{E}_\sigma = \frac{P}{Y} : \left[\frac{P}{Y} \right] \geq \left[\hat{E}_y \right], \quad (15)$$

де величина $\left[\frac{P}{Y} \right]$ визначалась за формулами (12, 13).

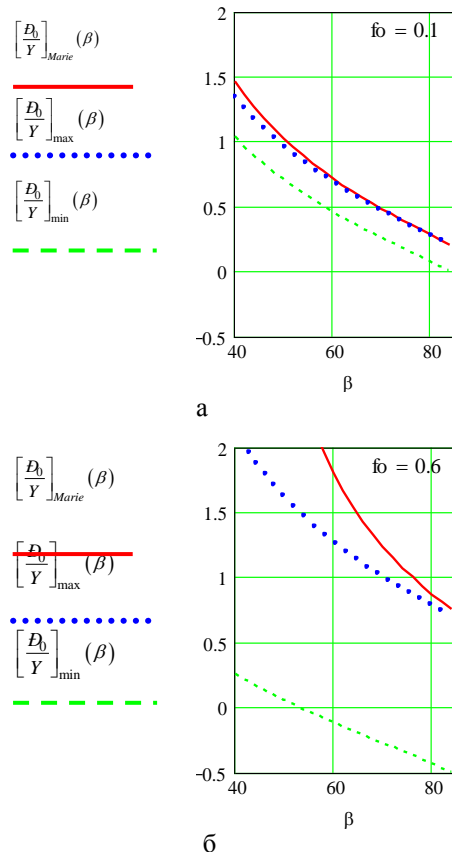


Рис. 4. Залежності коефіцієнтів запасу стійкості від сходу з рейок від коефіцієнту тертя f_0 і кута нахилу гребеня β у гребеневому контакті:

- $\left[\frac{D_0}{Y} \right]_{\max}$, $\left[\frac{D_0}{Y} \right]_{\min}$ – максимальне і мінімальне значення за критерієм автора;
- $\left[\frac{D_0}{Y} \right]_{Marie}$ – за формулою Мар'є.

При протишерстному русі, крім коефіцієнта запасу стійкості (11), небезпечним фактором є наїзд колеса на гостряк стрілочного перевалу. Для оцінки стійкості в цьому випадку використався критерій

$$\gamma_3 \geq [\gamma_3],$$

або

$$\frac{\arcsin \frac{h \cdot \cos \alpha}{\sqrt{h^2 + \sigma^2 - 2 \cdot h \cdot \sigma \cdot \sin \alpha}}}{\arcsin \frac{\sqrt{h^2 + \sigma^2 - 2 \cdot h \cdot \sigma \cdot \sin \alpha}}{2 \cdot r \cdot \cos \alpha}} \geq [\gamma_3],$$

де σ , h , α – параметри, які визначають технічний стан стрілочного перевалу і відхилення від нормативного;

r , qR – параметри профілю гребеня;

$[\gamma_3]$ – мінімально-допустимий кут нахилу гребеня в точці контакту з гостряком стрілочного перевалу.

Для отримання розрахункових залежностей використали параметри стрілочного перевалу, що відповідають максимальним допустимим відхиленням від технічного стану: $\sigma = [\sigma] = 4 \text{ мм}$; $h = [h] = 13 \text{ мм}$. Мінімально-допустимий кут нахилу гребеня в точці контакту з гостряком стрілочного перевалу $[\gamma_3]$ прийнято значення таким, що дорівнює куту нахилу нового незношеного гребеня: $[\gamma_3] = \beta^*$.

Висновки. 1. Аналіз методів оцінки стійкості рухомого складу від сходу 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 контактні гребеня колеса з рейкою і геометричних параметрів колісної пари

3. Встановлено, що мінімально-допустима величина співвідношення вертикального навантаження в гребеневому контактні і поперечного напрямного зусилля залежить від кута набігання і може бути визначена за формулою $\left[\frac{P_0}{Y} \right] = \frac{f_0 \cdot \cos \zeta + \cos \beta}{\sin \beta}$, де

f_0 – коефіцієнт тертя в гребеневому контактні; β – кут нахилу гребеня в гребеневому контактні; ζ – кут, що залежить від кута набігання ψ і визначається за формулою

$$\zeta = \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} \psi \cdot \operatorname{tg} \beta}}{\operatorname{tg} \psi \cdot \operatorname{tg} \beta} - \operatorname{tg} \psi \cdot \operatorname{tg} \beta \right).$$

Л и т е р а т у р а

1. 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.
2. Черкашин Ю.М. Динамика наливного поезда / Ю.М. Черкашин. – М.: Транспорт, 1975. – 136 с.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Анализ состояния безопасности движения на железных дорогах России в 2000 г. / Департамент безопасности движения и экологии МПСРФ. – М., 2001. – 45 с.
7. Результаты анализа сходов подвижного состава за 2002 год с мероприятиями по повышению безопасности движения поездов / МПСРФ. – М.: ВНИИЖТ, 2003. – 146 с.
8. 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.
9. Лазарян В.А. Динамика вагонов / В.А. Лазарян. – М.: Транспорт, 1964. – 364 с.
10. Спиридонов Б.К. Основы теории колебаний вагона на рессорном подвешивании / Б.К. Спиридонов. – Гомель: БелИИЖТ, 1972. – 258 с.
11. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ ВНИИЖТ, 1996. – 76 с.
12. Чан Фу Тхуан. Безопасность движения открытого подвижного состава при кососимметричном размещении тяжеловесных грузов на железных дорогах СРВ: автореф. канд. техн. наук: 05.22.07. – Москва, 1993. – 24с.
13. Спиридонов В.К. Устойчивость движения вагона против схода с рельсов и опрокидывания: уч. пособ. / В.К. Спиридонов. – Гомель: БелИИЖТ, 1979. – 32 с.
14. 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.
15. 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.

16. Xiang Jun, Zeng Qiung, Lou Ping. Theory of random energy analysis for train derailment // J.Cent.S Univ. Technol. – 2003.– №2. – С.134–139.
17. Chen Guo, Zhai Wanming, Zuo Hongfu. Zhogguo 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

1. 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.
2. Cherkashin Y.M. Dinamika nalivnogo gjizda / Y.M. Cherkashin. – M.: Transport, 1975. – 136 s.
3. Petrov G.I. Otsenka bezopasnosti dvizheniya vagonov pri otklonenii ot norm sodержaniya hodovih chastey I puti: diss. ... d-ra tehn. Nauk: 05.22.07 / Petrov Gennadiy Ivanovich. – M., 2000. – 340 s.
4. Lazaryan V.A., Dlugach L.A., Korotenko M.L. Ustoychivost dvizheniya relsovich ekipazey / V.A. Lazaryan, L.A. Dlugach, M.L. Korotenko. – Kyev: Naukova dumka, 1972. – 198 s.
5. Pogorelov D.Y., Pavlukov A.E., Udakova T.A. Razrabotka matematicheskoy modely zeleznodoroznogo ekipaza v programnoy srede avtomatizirovannogo analiza uravneniy dvizheniya: 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.
6. Analiz sostoyaniya bezopasnosti dvizheniya na zeleznich dorogah Rossii v 2000g. / Departament bezopasnosti dvizheniya i ekologii MPSRF. – M., 2001. – 45p.
7. Rezultaty analiza shodov podvzignogo sostava za 2002 god s meropriyatiyami po povisheniyu bezopasnosti dvizheniya poezdov / MPSRF. – M.: VNIIZT. – 2003. – 146 p.
8. Taturevich A.A. Isledovanie voprosov ustoychivosti podvzignogo sostava protiv shoda ot vkativaniya grebnya koleasa na rels po rezultatam expertnyh zaklucheniy krusheniy i avariy / A.A. Taturevich // X Mezhdunarod. konf. «Problemy mehaniki zeleznodoroznogo transporta: Dinamika, nadeznost i bezopasnost podvzignogo sostava»: Tezisy Dokladov. – Dnepropetrovsk: Art-Press, 2000.– P. 105-106.
9. Lazaryan V.A. Dinamika vagonov / V.A. Lazaryan. – M.: Transport, 1964. – 364 p.
10. Spiridonov B.K. Osnovi teorii kolebaniy vagona na ressonom podveshivanii / B.L. Spiridonov. – Gomel: Bel IIZT, 1972. – 258 s.
11. Normi dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zeleznich dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnih). – M.: Gos NIIV VNIIZT, 1996. – 76 s.
12. Chan Fu Thuan. Bezopasnost dvizheniya otkritogo podvzignogo sostava pri kososimmetrichnom razmeshenii tyazelovesnih gruzov na zeleznich dorogah SRV: avtoref. ... kand. tehn. nauk: 05.22.07. – Moskva, 1993. – 24 s.
13. Spiridonov B.K. Ustoychivost dvizheniya vagona protiv shoda s relsov I oprokidivaniy: uch. posob. / B.K. Spiridonov. – Gomel: Bel IIZT, 1979. – 32 p.
14. Korotenko M.L., Reydemeyster A.G. Shod s relsov odinochnoy kolesnoy pary. Sili, vizivaushie shod, prodolzitelnost shoda / Problemy mehaniki zeleznodoroznogo transporta: Dinamika, nadeznost I bezopasnost podvzignogo sostava: tezisy dokladov X Mezhdunarod. konf. – Dnepropetrovsk: Art-Press, 2000.– S.82–83.

15. Danovich V.D. Otsenka zapasa ustoychivosti ot vkativaniya koleasa na rels v utochnennoy postanovke / X Mezhdunarod. konf. «Problemy mehaniki ztleznodoroznogo transporta: Dinamika, nadeznost I bezopasnost podvzignogo sostava: tezisy dokladov. – Dnepropetrovsk: Art-Press, 2000.– S.67.
16. Xiang Jun, Zeng Qiung, Lou Ping. Theory of random energy analysis for train derailment // J.Cent.S Univ. Technol. – 2003.– №2. – С.134–139.
17. Chen Guo, Zhai Wanming, Zuo Hongfu. Zhogguo jixie gongcheng // China Mech.Eng.– 2002.- №8. – P.646–649.
18. Zhai Wanming. Zhogguo tiedao kexue // China Railway Sci. – 2002. – №2. – P.1–14.

Tkachenko V.P., Sapronova S.U. Evaluation of stability railway carriage derailment.

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.

Ткаченко В.П., Сапронова С.Ю. Оценка устойчивости железнодорожных экипажей от схода с рельсов.

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 Марье.

Ткаченко В.П. - д.т.н., профессор, начальник відділу дистанційного навчання, ДЕТУТ, Київ.

v.p.tkachenko.detut@gmail.com

Сапронова С.Ю. – д.т.н., профессор кафедри вагонів та вагонного господарства, ДЕТУТ, Київ.

doc.sapronova@gmail.com.

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

Стаття подана 01.04.2015

УДК 629.424.2

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВАЮЧИХ НА ПУСКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ТЕПЛОВОЗІВ ТА ДОПОМІЖНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПОЛЕГШЕННЯ ПУСКУ

Анацький О.О., Бобрицький С.В.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING STARTING CHARACTERISTICS AND DIESEL DIESEL ENGINES ASSISTIVE DEVICES TO FACILITATE PUSKU

Anatskiy O., Bobritskiy S.

В статті розглядаються фактори, що впливають на пускові характеристики дизельних двигунів, а також допоміжні пристрої для полегшення запуску дизеля. Виявлено недоліки системи пуску дизелів маневрових тепловозів, які негативно впливають на технічний стан акумуляторної батареї її термін служби та на технічний стан дизель-генераторної установки в цілому. Проведено розрахунок обертаючого моменту, необхідного для подолання статичного моменту опору провертання колінчастого валу
Ключові слова: дизельний двигун, пуск дизеля, полегшення пуску.

Вступ. З урахуванням доволі повільних темпів оновлення тягового рухомого складу на залізницях України особливої актуальності набуває вирішення комплексу науково-практичних задач щодо підтримання тягового рухомого складу, що експлуатується в належному технічному стані, шляхом модернізації окремих систем тепловозів.

Досвід експлуатації маневрових тепловозів на мережах залізниць України, а також на промисловому транспорті вказує на те, що значна кількість браку в роботі, порушення графіків руху, обумовлено неналежним технічним станом системи пуску тепловозних дизелів.

Нині склалася досить складна ситуація на ринку хімічних джерел струму. Тепловозні, стартерні акумуляторні батареї являють собою найдорожчу, та досить ненадійну ланку системи пуску.

В той же час, зупинки двигуна внутрішнього згорання під час технологічного простою тепловоза пов'язані із збільшенням пускових циклів, що призводить до зниження терміну служби акумуляторних батарей, додатковому зносу дизельних двигунів і негативно позначається на експлуатаційно-економічних показниках.

Це обґрунтовує актуальність науково-дослідних робіт в напрямку розробок направлених на удосконалення системи пуску дизелів маневро-

вих тепловозів та зменшенні статичного моменту опору провертання колінчастого валу.

Постановка проблеми. Для пуску двигуна внутрішнього згорання використовуються, головним чином, електрична енергія (електропуск) і енергія стисненого повітря (пневматичний пуск). У рідких випадках використовуються також енергія вибуху (піротехнічний пуск), кінетична енергія обертових мас (інерційний пуск) або енергія деформованої пружини та ін..

Електростартерна система пуску тепловозних дизелів являє собою найважливішу складову частину систем, що забезпечують запуск дизеля. Від технічного стану системи пуску дизеля залежить безперебійна робота залізничного транспорту в цілому.

Недосконалість систем пуску маневрових тепловозів головним чином пояснюється застосуванням застарілих підходів та методів при їх проектуванні та розрахунках.

Вищевказана ситуація визначає актуальність та важливість проведення науково-дослідних робіт, спрямованих на подовження терміну служби акумуляторних батарей маневрових тепловозів та застосування нового схемотехнічного рішення системи пуску тепловозних дизелів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В роботах Косова Е.Е., Фурмана В.В. Тартаковського Е.Д., Шапрана Е.Н., Рябко К.О. та інших багаторазово говорилося про те, що період пуску дизельних двигунів є перехідним процесом в роботі двигуна та необхідності більш детального вивчення факторів які впливають на сумішоутворення а отже на пуск в цілому. Але питання подовження терміну служби акумуляторних батарей маневрових тепловозів шляхом удосконалення системи пуску і в теперішній час викликає багато питань.

Мета статті. Дослідити фактори, що впливають на пуск дизелів та виявити можливість покра-

чення пускових характеристик для подальшої розробки практичних рекомендацій.

Результати дослідження. Робочий цикл дизеля при пуску істотно відрізняє від робочого циклу на номінальному режимі. Це обумовлено тим, що частота обертання колінчастого вала і швидкість руху поршня у багато разів менше, ніж при роботі на номінальному режимі. Збільшується також тепловіддача в стінки циліндра, погіршується герметичність, виникають втрати і витoki повітряного заряду, відбувається зворотний викид заряду через впускні клапани. Для надійного пуску дизелів необхідно, щоб температура повітря в кінці стиснення перевищувала температуру самозаймання уприснуто форсунок дизельного палива

Займання і згоряння палива при пуску дизелів залежать від передпускових параметрів повітряного заряду: тиску P_c і температури T_c кінця стиснення, кількості та якості суміші, моменту уприскування і цетанового числа дизельного палива.

Численні експериментальні дані свідчать про збільшення температури і тиску в кінці стиснення при підвищенні частоти прокручування колінчастого вала. При цьому існує загальна закономірність зміни параметрів повітряного заряду при збільшенні швидкості прокручування температура T_c і тиск P_c різко зростають при підвищенні частоти обертання до $170-200 \text{ хв}^{-1}$, потім темп зростання цих параметрів знижується, подальше збільшення частоти викликає незначне їх підвищення. Зміна тиску і температури повітря в кінці стиснення при підвищенні частоти прокручування двигуна в процесі пуску пояс-

нюється, в першу чергу, тим, що при цьому скорочується тривалість процесу стиснення, в результаті чого зростає показник політропи стиснення оскільки зменшується віддача тепла в стінки циліндра двигуна [1].

Фактори, що впливають на займання і згоряння робочої суміші при пуску, можуть бути розділені на які піддаються управлінню в процесі експлуатації та конструктивні, управління якими неможливо. На рисунку показана схема взаємодії факторів, що впливають на займістість суміші в початковий період пуску. У підпорядкованому прямокутнику на схемі виділено чинники, управління якими можливо. Так, наприклад, якість роботи паливної системи залежить від виду палива, його цетанового числа, температури. В експлуатації на ці параметри можна впливати шляхом додавання легкозаймистих рідин, вибором палива з відповідним значенням цетанового числа, його підігрівом перед подачею в двигун [2].

Електростартерна система пуску тепловозних дизелів має недоліки – великий обертаючий момент, який розвивається при пуску дизеля для подолання моменту опору провертання колінчастого вала, призводить до наростання пускових струмів пікових значень. Це тягне за собою зниження строку експлуатації акумуляторної батареї і підвищення зносу партертя валопроводів і зубчастих передач [3].

Актуальним являється завдання розробки методів зниження пускового струму акумуляторних батарей тепловозів на підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

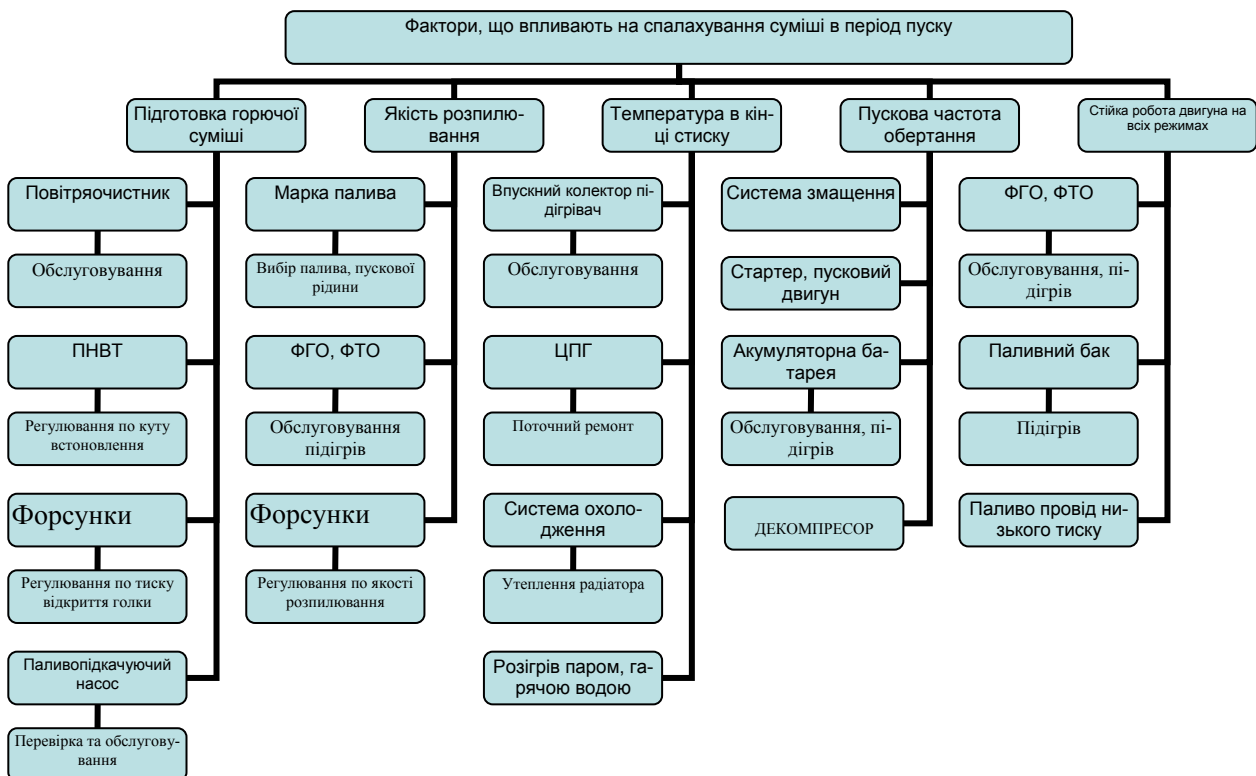


Рис. Взаємодія факторів, що впливають на займістість суміші в початковий період пуску

Обертаючий момент, необхідний для подолання моменту опору провертанню колінчастого валу M_c , Н·м, [4]

$$\dot{N} = 390 \cdot V_h \times \left[\varepsilon + 6 \cdot \sqrt{\delta_H} + k_M \cdot \left(1 + \frac{\delta_H^2}{8} \right) \cdot \sqrt{v \cdot \frac{\pi \cdot n_{KP}}{30}} \right]$$

де V_h – робочий об'єм циліндрів, $V_h=0,163 \text{ м}^3$;
 ε – ступінь стиснення, $\varepsilon=3$;
 δ_H – коефіцієнт нерівномірності прокручування, $\delta_H=0,5$;
 k_M – коефіцієнт типу двигунів внутрішнього згорання, $k_M=2,8$;
 v – кінематична в'язкість масла, $v=4,5 \text{ Ст}$;
 n_{KP} – частота обертання колінчастого валу, $n_{KP}=180 \text{ об/хв}$.

$$M_c = 390 \cdot 0,163 \times \left[3 + 6 \cdot \sqrt{0,5} + 2,8 \cdot \left(1 + \frac{0,5^2}{8} \right) \cdot \sqrt{4,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 180}{30}} \right] = 2786,676 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність на колінчастом валу під час пуску дизеля N_p , Вт:

$$N_p = \frac{\dot{N} \cdot \pi \cdot n \cdot \hat{\delta}}{30}, \quad (4.2)$$

$$N_p = \frac{2786,676 \cdot 3,14 \cdot 180}{30} = 52527,61 \text{ Вт}$$

Потужність електрична P_e , Вт,

$$P_e = \frac{N_p}{\eta_i \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{ел}}}$$

де $\eta_{\text{мех}}$ – коефіцієнт корисної дії механічний, $\eta_{\text{мех}}=0,97$;
 $\eta_{\text{ел}}$ – коефіцієнт корисної дії електричний, $\eta_{\text{ел}}=0,84$.

$$P_e = \frac{52527,61}{0,97 \cdot 0,84} = 64466,88 \text{ Вт}$$

В даний час проведено безліч дослідних і конструкторських робіт, спрямованих на поліпшення пускових якостей дизелів. Успіхи, досягнуті в результаті їх безсумнівні. Зменшено мінімальне пускове число обертів більшості серійно випускаємих двигунів, створені і випускаються спеціальні засоби полегшення пуску, пристосування для уприскування легкозаймистих рідин і так далі [3].

Пропонується під час модернізації пускових та регулювальних систем тепловозів встановлювати декомпресор, що дасть змогу зменшити насосні втрати в циліндрах. Що тягне за собою зменшення витрати палива та збільшення економічності роботи двигуна, а також підвищить надійність акумуляторних батарей.

Висновки. Розглянуті системи пуску дизелів тепловозів мають низку недоліків, які негативно впливають на технічний стан акумуляторної батареї її термін служби та на технічний стан дизель-генераторної установки в цілому. До факторів які негативно впливають слід віднести:

- безпосереднє підключення під час пуску тягового генератора до акумуляторної батареї;
- різке наростання пускового струму акумуляторної батареї, та як слідство зменшення її терміну експлуатації;
- додатковий знос дизельного двигуна від підвищеного пускового моменту.
- контактна техніка (пускові контактори) на ряду з безконтактною тиристорною має суттєві недоліки, висока вартість контакторів, наявність електричної дуги і як слідство підгоряння контактів, що суттєво впливає на термін служби.

Недосконалість систем пуску маневрових тепловозів головним чином пояснюється застосуванням застарілих підходів та методів при їх проектуванні та розрахунках.

Вищевказана ситуація визначає актуальність та важливість проведення науково-дослідних робіт, спрямованих на подовження терміну служби акумуляторних батарей маневрових тепловозів шляхом удосконалення системи пуску.

Література

1. Е.Е. Коссов, Е.Н Шапран, В.В. Фурман Совершенствование режимов работы силовых энергетических систем: Монография. Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля. 2006. – 280с.
2. С.М. Квайт, Я.А. Менделевич, Ю.П. Чижков. Пусковые качества и системы пуска автотракторных двигателей. М. Машиностроение. 1990. 258 с.
3. Рябко К.А. Способ продления срока службы акумуляторных батарей тепловозов путем снижения пусковых токов / К.А. Рябко // Збірник наукових праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 25. – С. 121-125.
4. Фесенко М.Н. и др. Теория, конструкция и расчет автотракторного электрооборудования. – М.: Машиностроение, 1979. – 344 с

References

1. E.E. Kossov, E.N Shapran, V.V. Furman Sovershenstvovanie rezhimov raboty silovyih energeticheskikh sistem: Monografiya. Lugansk: Izd-tvo VNU im. V. Dalya. 2006. – 280s.
2. S.M. Kvayt, Ya.A. Mendelevich, Yu.P. Chizhkov. Puskovyye kachestva i sistemyi puska avtotraktornyih dvigateley. M. Mashinostroenie. 1990. 258 s.

3. Ryabko K.A. Sposob prodleniya sroka sluzhbyi akkumulyatornyih batarey teplovozov putem snizheniya puskovyih tokov / K.A. Ryabko // ZbІrnik naukovih prats. – Donetsk: DonIZT, 2011. – Vip. 25. – S. 121-125.
4. Fesenko M.N. i dr. Teoriya, konstruktsiya i raschet avtotraktornogo elektrooborudovaniya. – M.: Mashinostroenie, 1979. – 344 s

Анацкий А.А., Бобрицкий С.В. Аналіз факторов влияющих на пусковые характеристики дизельных двигателей тепловозов и вспомогательных устройств для облегчения пуска.

В статье рассматриваются факторы, влияющие на пусковые характеристики дизельных двигателей, а также вспомогательные устройства для облегчения запуска дизеля. Выявлены недостатки системы пуска дизелей маневровых тепловозов, которые негативно влияют на техническое состояние аккумуляторной батареи ее срок службы и на техническое состояние дизель-генераторной установки в целом. Проведен расчет крутящего момента, необходимого для преодоления статического момента сопротивления проворачивания коленчатого вала

Ключевые слова: дизельный двигатель, пуск дизеля, облегчения пуска.

Anatskiy O., Bobritskiy S. Analysis of factors affecting starting characteristics and diesel engines assistive devices to facilitate pusk.

The article examines the factors affecting the starting characteristics of diesel engines, and auxiliary devices to facilitate starting the engine. Identified deficiencies in the system start-up of diesel shunting locomotives, which have a negative effect on the technical condition of its battery life and on the technical condition of a diesel generator set as a whole. Imperfection systems start shunting locomotives mainly due to the use of outdated approaches and methods in their design and calculations. The above situation determines the relevance and importance of scientific research aimed at extending the life of batteries shunting locomotives by improving the system start-up. The calculation of the torque required to overcome the static load torque cranking.

Keywords: diesel engine, diesel engine start-up, starting aid.

Анацкий О.О. – асистент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ,
e-mail: anatskiy.aleksandr@mail.ru

Бобрицкий С.В. – к.т.н., доц., кафедри «Механіка та проектування машин» УкрДАЗТ.,
e-mail: truzyb_ukrainu@mail.ru

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 01.04.201

УДК 656.13

АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ ПАРТНЕРСТВА ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В РОЗВИТКУ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ПАРКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Грисюк Ю.С., Лабута А.В.

ANALYSIS PREREQUISITE FOR REALIZATION OF PARTNERSHIP GROUND TRANSPORTATION IN THE DEVELOPMENT OF SYSTEMS MAINTENANCE AND REPAIR VEHICLE PARKS

Grysjuk Y., Labuta A.

В статті розглянуті передумови реалізації проектів партнерства підприємств автомобільного транспорту в розвитку систем технічного обслуговування та ремонту парків транспортних засобів, необхідність виконання яких пов'язана зі збільшенням частки малих підприємств перевізників і відсутністю в них власної виробничо-технічної бази для обслуговування та ремонту рухомого складу. В той же час, великі комплексні автотранспортні підприємства, що здійснюють експлуатацію, обслуговування та ремонт транспортних засобів, утворені в період планової економіки змушені утримувати надмірно розвинену виробничо-технічну базу, частина потужностей якої простоє, тому що вимагає реконструкції та адаптації під сучасний рухомий склад.

Ключові слова: партнерство, транспортні підприємства, виробничо-технічна база, технічне обслуговування, ремонт.

Вступ. Підприємства перевізники пасажирського автомобільного транспорту, а також приватні підприємці найчастіше здійснюють тільки перевезення пасажирів. Для підтримки автомобільного парку в технічно справному стані вони користуються послугами сторонніх підприємств автосервісу. У зв'язку з цим, щоб забезпечити підтримку рухомого складу в працездатному стані, необхідно дотримуватись вимог профілактичних заходів, які повинні проводитися примусово в плановому порядку. Здатність рухомого складу виконувати послуги з перевезення пасажирів у заданих обсягах і на безпечному рівні, можлива за умови відповідності його технічного стану певним нормативам і параметрам, які можуть досягатися тільки за умови виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту відповідно до норм і стандартів. Для цих цілей, пов'язаних з підтримкою транспортних засобів у працездатному стані та надання належного рівня їхнього обслуговування та ремонту виникає необхідність створення

і модернізації ремонтних обслуговуючих потужностей на базі комплексних автотранспортних підприємств для обслуговування власного рухомого складу, а також парків транспортних засобів підприємств перевізників шляхом реалізації проектів партнерства підприємств автомобільного транспорту.

Постановка проблеми. Ситуація, що склалася в останні роки на ринку транспортних послуг у сфері суспільного пасажирського транспорту, пов'язана з істотним скороченням обсягів транспортної роботи, виконуваної великими підприємствами, що обумовлено як загальним зниженням суспільного виробництва, так і дробленням сукупного обсягу транспортної роботи на велику кількість дрібних перевізників. Великі комплексні автотранспортні підприємства, що здійснюють експлуатацію, обслуговування та ремонт транспортних засобів, утворені в період планової економіки й у цей час не можуть конкурувати із дрібними приватними перевізниками, тому що змушені утримувати надмірно розвинену виробничо-технічну базу (ВТБ), а перевізники, навпаки, змушені шукати підприємства для обслуговування та ремонту свого парку транспортних засобів.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблемам технічного обслуговування і ремонту, а також технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту присвячена велика кількість робіт, зокрема Авдонькіна Ф.Н., Афанасьєва Л.Л., Курнікова І.П., Канторовича Л.В. Клейнера Б.С., Луйк І.А., Маркова О.Д. та ін. Також існує ряд робіт присвячених державно-приватному партнерству, у тому числі і у транспортній галузі, таких авторів як: Алпатова А.А., Делмона Дж., Джапарідзе Р.М., Левітіна І.Е., Максимова В.В., Петракова Г.П. та ін. Однак залишається багато нерозкритих питань партнерства підприємств автомобільного транспорту в розвитку

систем технічного обслуговування та ремонту парків транспортних засобів.

Ціль статті. Визначити основні передумови реалізації проектів партнерства підприємств автомобільного транспорту в розвитку систем технічного обслуговування та ремонту парків транспортних засобів.

Результати досліджень. В Україні з 249,7 тисяч загальної кількості пасажирських автобусів, майже половина (120,7 тисяч) належать громадянам, причому їхній загальний пробіг за 2013 рік становив 2 млрд 615 млн. кілометрів [1]. Користування автотранспортом в силу ряду причин супроводжується значними соціальними, економічними та екологічними наслідками. Особливо великих збитків населенню приносять дорожньо-транспортні пригоди, число яких з кожним роком збільшується. Високий рівень аварійності через несправність рухомого складу, пов'язаний з високою зношеністю та «віком» автотранспортних засобів, які, у свою чергу, є наслідками незадовільного стану доріг і наднормативних термінів експлуатації рухомого складу. Недостатній розвиток мережі та поганий стан автодоріг приводить до того, що середні швидкості руху на дорогах майже у два рази менше, ніж у розвинених промислових країнах, а термін служби автомобілів майже на третину менше, ніж у Європі, що визначає високий рівень експлуатаційних витрат [2]. У цих умовах значно зростає роль сервісних підприємств і спостерігається гостра нестача підприємств, що спеціалізуються на технічному обслуговуванні та ремонті сучасних автобусів середньої та великої місткості. Існуючі ремонтні та сервісні підприємства мають потребу в зміцненні матеріально-технічної бази, у поліпшенні постачання запасними частинами та ремонтними матеріалами, удосконалюванні організації і гнучкості виробництва.

Роботи з технічного обслуговування та ремонту рухомого складу можуть бути виконані як на ВТБ транспортного підприємства, так і на базі стороннього сервісного підприємства. Основним критерієм, що визначає необхідність створення та утримання на транспортному підприємстві того або іншого виробничого підрозділу, є економічна доцільність і підвищення рівня обслуговування рухомого складу. Ефективна експлуатація транспортних засобів забезпечується наявністю збалансованої за структурою ВТБ транспортних підприємств, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат.

Організація роботи транспортної системи та стан виробничо-технічної бази підприємств транспорту має дуже важливе значення для ефективного функціонування всіх галузей економіки. Зміна темпів росту економіки веде до зміни потреби в транспортних перевезеннях, що негайно відображається на діяльності, можливостях розвитку та стані ВТБ підприємств. Помилки в ході проведення економічних реформ в 1990 - 2000-х роках, привели до виникнення економічної кризи та інфляції, які відбилися на роботі автомобільного транспорту, внаслідок

яких, пасажирські підприємства істотно скоротили обсяги перевезень. Втративши частину доходів, транспортні підприємства, щоб розрахуватися з податками, стали розпродавати свій рухомий склад, технологічне устаткування та інше майно. Окремі підприємства, які не змогли знайти вихід у тяжких умовах економічної кризи, розпродали своє майно та перестали існувати, але багато підприємств, хоча і втратили частину рухомого складу, змогли знайти свою нішу в умовах, що змінилися. За цей же період різко збільшилася кількість приватних перевізників. Відбулися серйозні зміни у структурі ВТБ підприємств автомобільного транспорту. Одночасно з ослабленням державного сектора почали з'являтися приватні підприємства перевізники, які, як правило, не мають виробничої бази і відповідно не несуть додаткових витрат на її утримання. У перспективі очікується, що економічні умови роботи для приватних осіб, державних і муніципальних підприємств будуть поступово вирівнюватися, в результаті яких провідну роль будуть відігравати великі транспортні підприємства, що мають свою виробничу базу, фахівців з обслуговування та ремонту транспортних засобів, фахівців з організації перевезень і т.д. [3]. Однак, у сучасних умовах основний вид діяльності великих транспортних підприємств - процес перевезення пасажирів не забезпечує не тільки розширене, але навіть просте відтворення. У результаті істотно скорочується парк автомобілів, чисельність працюючих, погіршуються економічні показники діяльності транспортних підприємств. У великих комплексних транспортних підприємств є реальна можливість одержання додаткових доходів від надання послуг з ремонту та обслуговування рухомого складу, організації інструментального контролю технічного стану, мийки та платної стоянки автомобілів сторонніх підприємств і організацій.

Для залучення інвестицій приватних підприємств перевізників, великі транспортні підприємства можуть використовувати наступні стратегії надання ремонтних та сервісних послуг [2]:

1. Стратегія зниження собівартості послуг.

Основною перевагою сервісних підприємств, що дотримуються стратегії зниження собівартості, є додатковий ріст обсягу сервісних послуг за рахунок ефекту масштабу та зменшення ринкової частки конкурентів з більш високою собівартістю на аналогічні послуги. Лідер за собівартістю має більші резерви при підвищенні цін на запасні частини, що дозволяють йому втримувати ціни на привабливому для споживача рівні та відносно легко відмовлятися від неякісних деталей і підробок. Однак у даній стратегії є недоліки, головним чином, пов'язані з високим ризиком масштабності бізнесу, що виражається в інертності виробництва та відсутності необхідного ступеня гнучкості при зміні якісних і кількісних характеристик попиту.

Технологічні нововведення, копіювання або імітація конкурентами методів роботи, радикальна зміна переваг споживачів, зменшення цінової елас-

тичності попиту, поява нових сервісних послуг можуть серйозно дестабілізувати, а в окремих випадках позбавити підприємство конкурентних переваг, пов'язаних з низькою собівартістю або ціною вироблених послуг. Для реалізації стратегії зниження собівартості необхідний контроль значної частини ринку сервісних послуг при широкому доступі до дешевих джерел ресурсів, при цьому попит на послуги повинен бути еластичним і досить однорідним за структурою.

2. Диференціація послуг сегментування ринку сервісних послуг.

Одним з основних напрямків підприємств автосервісу, що використовують стратегію диференціації послуг, є зосередження зусиль на виявленні мотивів придбання послуг споживачами та розвитку своїх можливостей з метою більш повного і якісного задоволення потреб. Головні конкурентні переваги підприємств автосервісу, що йдуть по шляху даної стратегії, це ріст обсягу послуг і продажу запасних частин і як слідство, одержання прибутку за рахунок ефекту масштабу. Однак при всіх перевагах стратегії диференціації в неї є істотний недолік - це високі витрати на створення іміджу підприємств автосервісу, що пропонує оригінальні послуги. Крім того, надмірна диференціація послуг часто приводить споживачів в оману, вони перестають сприймати різницю між характеристиками пропонованих послуг або товарами і їхніми цінами. Для реалізації даної стратегії необхідні певні ринкові умови: різноманітність попиту за структурою; наявність реальних способів виділення сервісних послуг, які сприймаються та цінуються споживачами; переважно нецінова конкуренція; відносно невелика кількість підприємств конкурентів. Разом з тим, реалізація стратегії диференціації припускає, що підприємство має легко переналаджувати виробничі потужності, ефективну маркетингову службу, орієнтовану на весь ринок, розгалужену дилерську мережу.

Підприємства сервісних послуг, що дотримуються стратегії сегментування ринку, не переслідують мету забезпечення лідерства в зниженні собівартості та диференціації послуг на всьому ринку. Їхня конкурентна перевага виражається у відхиленні від конкуренції з потужними лідерами за собівартістю, за рахунок ведення бізнесу в ринковому цільовому сегменті, де конкуренція відсутня або її інтенсивність незначна. Як правило, даної стратегії дотримуються порівняно невеликі та економічно нестійкі підприємства, у яких немає можливості обслуговувати ринок у цілому, але існують певні ресурси та навички для задоволення специфічних вимог споживачів.

3. Стратегія негайного реагування на потреби ринку.

Значною перевагою підприємств сервісних послуг, що вибрали стратегію негайного реагування на потреби свого ринку, є можливість одержання максимального прибутку в короткий проміжок часу, незважаючи на високі питомі витрати, обумовлені від-

сутністю спеціалізації. При потребі швидкого задоволення попиту це завдання особливо актуальне. Від її правильного рішення залежить мобільність використовуваних ресурсів. Основною перевагою підприємств сервісних послуг, що реалізують стратегії впровадження нововведень, є гарантоване одержання прибутку та можливість блокування входу в галузь протягом дії виключних прав на послуги та технологію. Відсутність аналогічних послуг і постійний пошук нових комерційних рішень створюють імідж підприємству, що використовує власні досягнення в галузі науки і техніки для повної реалізації потенційних можливостей споживачів. Сучасний світовий досвід доводить, що конкурентна перевага, заснована на нововведеннях, сприяє монополізації бізнесу.

4. Стратегія впровадження нововведень.

У більшості випадків ефект нововведення приводить підприємства сервісних послуг до банкрутства через неготовність споживачів сприймати нововведення, технічної та технологічної недоробки нової послуги, відсутності досвіду тиражування нововведення.

Реалізація проектів партнерства підприємств автомобільного транспорту в розвитку систем технічного обслуговування та ремонту парків транспортних засобів дозволить досягти наступних результатів:

- зниження капітальних витрат на будівництво та реконструкцію виробничих потужностей за рахунок залучення та концентрації коштів по технічному обслуговуванню і ремонту рухомого складу;

- поліпшення технічного стану власного автомобільного парку та сторонніх підприємств. На базовому підприємстві є обслуговуючі та ремонтні майстерні для виконання всіх видів технічного обслуговування і ремонту рухомого складу, які виконуються без участі водіїв. Устаткування обслуговуючих і ремонтних майстерень дозволить якісно виконувати роботи з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів у короткий термін;

- зменшення вартості послуг з ремонту та обслуговування транспортних засобів за рахунок масштабу;

- зменшення вартості запасних частин за рахунок гуртових прямих поставок;

- поліпшення використання автомобільного парку внаслідок підвищення якості планування його роботи.

Висновки. Проекти партнерства підприємств автомобільного транспорту в розвитку систем технічного обслуговування та ремонту парків транспортних засобів має ряд особливостей, які необхідно враховувати при їх реалізації. У більшості міст їх доцільно створювати на базі автобусних парків. Основними передумовами реалізації проектів партнерства підприємств автомобільного транспорту є наявність розвиненої виробничо-технічної бази у великих транспортних підприємствах та її відсутність у дрібних перевізників. Реалізація таких проектів на-

дасть такі можливості: підвищення якісних характеристик послуг з ремонту та обслуговування рухомого складу, безпеки перевезень, екологічності, зниження вартості ремонту, обслуговування та запасних частин; скорочення часу виконання замовлень.

Література

1. Державна служба статистики України. Транспорт і зв'язок України 2013. Статистичний збірник. Київ - 2014 - 222с.
2. Пеньшин Н.В. Конкурентоспособность услуг автомобильного транспорта в условиях пост-кризисной модернизации экономики России / Н.В. Пеньшин. // - Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 156 с.
3. Кузнецов Е.С. Производственная база автомобильного транспорта: Состояние и перспективы. / Е.С. Кузнецов, И.П. Курников // — М.: Транспорт, 1988. - 231 с.

References

1. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Transport i zv'jazok Ukrainy 2013. Statystychnyj zbirnyk. Kyjiv - 2014 - 222 p.
2. Pen'shin N.V. Konkurentosposobnost' uslug avtomobil'nogo transporta v uslovijah post-krizisnoj modernizacii jekonomiki Rossii /N.V. Pen'shin.// - Tambov : Izd-vo Tamb. gos. tehn. un-ta, 2010. - 156 p.
3. Kuznecov E.S. Proizvodstvennaja baza avtomobil'nogo transporta: Sostojanie i perspektivy. /E.S. Kuznecov, I.P. Kurnikov// - M.: Transport, 1988. - 231 p.

Грисюк Ю.С., Лабуа А.В. Анализ предпосылок реализации проектов партнерства предприятий автомобильного транспорта в развитии систем технического обслуживания и ремонта парков транспортных средств.

В статье рассмотрены предпосылки реализации проектов партнерства предприятий автомобильного транспорта в развитии систем технического обслуживания и ремонта парков транспортных средств, необходимость выполнения которых связана с увеличением доли малых предприятий перевозчиков и отсутствием у них собственной производственно-технической базы для об-

служивания и ремонта подвижного состава. В то же время, крупные комплексные автотранспортные предприятия, осуществляющие эксплуатацию, обслуживание и ремонт транспортных средств, образованы в период плановой экономики вынуждены содержать избыточно развитую производственно-техническую базу, часть мощностей которой простаивают, так как требуют реконструкции и адаптации под современный подвижный состав.

Ключевые слова: партнерство, транспортные предприятия, производственно-техническая база, техническое обслуживание, ремонт.

Grysjuk Y.S., Labuta A.V. Analysis prerequisite for realization of partnership ground transportation in the development of systems maintenance and repair vehicle parks.

The article describes the prerequisites for the implementation of the partnership project of road transport enterprises in the development of systems maintenance and repair of vehicle fleets, the need for which performance is related to the increase in the share of small enterprises carriers and their lack of own production and technical base for the maintenance and repair of rolling stock. At the same time, large-scale integrated transport enterprises engaged in the operation, maintenance and repair of vehicles, formed during the planned economy have to contain excessive development of industrial and technological base of the facilities which are idle, as they require reconstruction and adaptation to the modern rolling stock.

Keywords: partnership, transport companies, production and technical base, maintenance and repair.

Грисюк Ю.С. – к.е.н., доцент кафедры «Транспортне право та логістика» Національного транспортного університету.

Лабуа А.В. – асистент кафедри «Транспортне право та логістика» Національного транспортного університету, e-mail: LabutaAV@ukr.net.

Рецензент: д.е.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 004.89, 004.93

ВЫДЕЛЕНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИКТОРА НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-РАЗЛОЖЕНИЯ ГОЛОСОВОГО СИГНАЛА

Белозерова Я.А.

THE ISOLATION SPEAKER IDENTIFICATION CHARACTERISTICS ON THE BASIS OF WAVELET DECOMPOSITION OF VOICE SIGNAL

Byelozorova Ya.

В статье рассмотрены математические основы выделения уникальных идентификационных признаков диктора, основанных на характерных сингулярностях в структуре голосового сигнала диктора. Идентификация сингулярностей выполняется путем вейвлет-разложения голосового сигнала, с последующей его сегментацией и классификацией особенностей. На основе выделенных сингулярностей голосового сигнала определяется частота основного тона, являющаяся в работе основной характеристикой идентификации диктора. Проведенные исследования эффективности идентификации диктора предлагаемым методом выделения характеристик голосового сигнала и расчета на их основе частоты основного тона показали достаточно высокую степень точности в идентификации диктора.

Ключевые слова: голосовой сигнал, распознавание, идентификация диктора, вейвлет-разложение.

Введение. Слух является одной из важнейших способностей биологических организмов воспринимать звуки органами слуха и имеет большое значение для понимания и коммуникации. В процессе обработки и понимания звуковых данных важной способностью является идентификация, как отдельных звуковых фрагментов, так и говорящего в целом.

Постановка проблемы. Развитие человечества все больше требует создания сложных программно-аппаратных систем, в возможности которых должны закладываться способности идентификации звуков, речи, а также личности самого диктора. Причем учитывая, что задачи идентификации звуков и речи в достаточной степени исследованы, то наибольшее значение имеет изучение аспектов идентификации диктора.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованию идентификации диктора посвящено множество работ, которые используют ряд математических средств, таких как сопоставление с эталонами, алгоритмы линейного выравнивания и

динамического искажения времени, марковские модели, нейронные сети, векторное квантование и построение кодовой книги [1-7]. В работах Х. Найквиста, К.Шеннона, Э.Т. Уиттекера, Л.Р. Рабинера, Р.В. Шафера, В.А. Котельникова, Л.М. Гольденберга, В.П. Яковлева, М.В. Назарова, Ю.Н. Прохорова неоднократно говорилось о том, что основные характеристики звукового сигнала могут быть выделены на основе вейвлет-анализа, а также банк-фильтров различного типа. Однако при практической реализации на основании теоремы отсчетов В.А. Котельникова возникают ошибки наложения, вызванные нефинитностью спектра сигнала; усечения, обусловленные конечным числом отсчетов, и округления, связанные с неточностью представления отсчетных значений в цифровом виде.

Таким образом, актуальной является задача разработки и исследования алгоритмов дискретной обработки речевых сигналов на основе вейвлет-представления с целью выделения характеристик, необходимых для идентификации диктора.

Цель статьи. В работе предложена модель построения системы идентификации характерных особенностей голосового сигнала для определения диктора.

Результаты исследований. При выполнении основных операций выделения характерных особенностей голосового сигнала необходимо проведение некоторых дополнительных операций в частности фильтрация и сегментация на вокализованные и невокализованные участки. Для выполнения подобных операций в работе использовались методы и алгоритмы, рассмотренные в работах [8,9].

Для выделения характерных особенностей сигнала не обходимо выполнить его математическое описание. Согласно выполненного анализа в данном случае наиболее эффективным подходом является вейвлет-разложение сигнала по определенному базису. Вейвлет – преобразование раскладывает сиг-

налы по растянутым и сдвинутым вейвлетам ψ . Так как вейвлет ψ имеет нулевое среднее значение, вейвлет – интеграл

$$Wf(a, b) = \int f(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt,$$

измеряет изменение f в окрестности точки b , размер которой пропорционален a . При стремлении масштаба a к нулю вейвлет – коэффициенты характеризуют свойства функции f в окрестности b . Если функция f дифференцируема на $[v-l; v+l]$ а $\rho_v(t)$ – многочлен Тейлора в окрестности v , то

$$\rho_v(t) = \sum_{k=0}^{m-1} \frac{f^{(k)}(v)}{k!} (t-v)^k.$$

Погрешность такой аппроксимации $\varepsilon_v(t) = f(t) - \rho_v(t)$ удовлетворяет условию

$$\forall t \in [v-l; v+l] \quad \left| \varepsilon_v(t) \right| \leq \frac{|t-v|^m}{m!} \sup_{u \in [v-l; v+l]} \left| f^{(m)}(u) \right|.$$

Порядок дифференцируемости f в окрестности v определяет верхнюю границу погрешности $\varepsilon_v(t)$ при t , стремящемся к v .

Естественно, что убывание амплитуды вейвлет – преобразования в зависимости от масштаба связано с равномерной и точечной гладкостью Липшица сигнала. Показатели Липшица могут произвольно меняться от точки к точке. Характеризовать гладкость f в точке v бывает достаточно трудно, потому что f может иметь различные виды особенностей, присутствующих в окрестностях точки v . На основании гладкости Липшица также можно сделать заключение, что когда масштаб убывает, амплитуды вейвлет – коэффициентов имеют быстрое убывание до нуля в областях, где сигнал гладкий.

Для идентификации особенностей в звуковом сигнале будем считать, что функция f в окрестности точки v имеет изолированную характерную особенность, если

$$|Wf(s, u)| > As^{\alpha+1/2}, \quad (1)$$

где A – коэффициент, s – масштаб.

На основании ранее проведенных исследований установлено, что если $|Wf(s, u)|$ не будет иметь локальных максимумов на достаточно малых масштабах, то f – является локально гладкой функцией и операция выделения характерных изолированных

особенностей этой функции f может быть построена путем определения максимальных значений функции $|Wf(s, u)|$ на малых масштабах. При этом необходимо учитывать, что при обработке дискретных данных наименьший масштаб ограничен шагом выборки дискретного сигнала, используемого при вычислениях.

После выделения особенности стоит задача ее классификации, на основании которой и будет приниматься решение о ее учете в задаче идентификации диктора.

Неравенство (1) эквивалентно неравенству

$$\log_2 |Wf(s, u)| \leq \log_2 A + \left(\alpha + \frac{1}{2}\right) \log_2 s, \quad (2)$$

поэтому гладкость Липшица в точке v определяется наклоном $\log_2 |Wf(s, u)|$ как функции $\log_2 s$ вдоль линии максимумов, сходящихся к v . Под линией максимумов здесь понимается любая связная кривая $s(u)$ в пространственно-масштабной плоскости (s, u) , вдоль которой все точки – это точки максимумов модуля.

Построим операцию классификации выделенных особенностей в сигнале на основе неравенства (2) следующим образом.

Обозначим $O_v(s, u)$ – линию максимумов, сходящуюся к точке $u=v$, при $s \rightarrow 0$. Для каждой такой точки v определим угол наклона $\log_2 O_v(s, u)$ как функции $\log_2 s$ при $s \rightarrow 0$:

$$\log_2 O_v(s, u) = \log_2 A + \left(\alpha + \frac{1}{2}\right) \log_2 s. \quad (3)$$

Будем считать, что в точке $u=v$ имеем особенность вида α .

При этом необходимо учитывать, что решение задачи классификации особенности зависит от свойств базисной функции вейвлета ψ .

Важность такого метода состоит в том, что разномасштабные составляющие сигнала $y[n]$ рассортировываются и хранятся в различных пространствах $W_{-j_i, n}$. Операцию выделения изолированных

особенностей случайной функции y построим на анализе детализирующих коэффициентов $\bar{d}^{-j_i} = \left\{ d_n^{-j_i} \right\}_{n \in Z}$, которые для малых $-j_i$ определяют мелкомасштабные компоненты сигнала.

В соответствии с теоремой Жаффара при уменьшении масштаба $-j_i$, абсолютные значения коэффициентов \bar{d}^{-j_i} , определяющих компоненту

$g \left[2^{j_i} \right]$, имеют быстрое убывание до нуля в областях сигнала, не содержащих изолированных особенностей его структуры. Процедуру выделения изолированных особенностей построим на проверке условия

$$\left| d_n^{-j_i} \right| = \left| \left\langle f, \psi_{-j, n} \right\rangle \right| \leq T', \quad (4)$$

где T' - пороговое значение, определяющее наличие в сигнале изолированной особенности, на малых масштабах $-j_i$. В случае невыполнения условия (4) в точке, $n = n_0$ будем считать, что в точке $n = n_0$ имеет изолированную особенность.

Выделенный представленным образом набор характерных особенностей голосового сигнала, который позволяет на основе максимумов коэффициентов вейвлет-преобразования выполнить идентификацию частоты основного тона (ОТ).

Анализ показывает, что расположение вейвлет-максимумов по временному параметру строго соответствует локальным максимумам амплитуды звуковой волны во временной области. При этом локальные максимумы соответствуют всплескам амплитуды звуковой волны, обусловленными частотой ОТ.

Анализ представленных зависимостей показал, что при различных значениях величин максимумов по частоте при совмещении графиков частотных зависимостей по положению максимумов они обладают высокой степенью подобия после соответствующих нормировок для одних и тех же характеристик голоса. Окончательное принятие гипотезы об идентичности характеристик голоса двух речевых фрагментов принимается после проверки гипотезы об идентичности распределений частотных зависимостей.

Суммарные результаты испытаний по оценке обобщенной ошибки идентификации диктора, по десяти дикторам мужчинам, десяти дикторам женщинам, для 300 языковых фрагментов для каждого диктора. Обобщенная ошибка вычисляется по нормализованному коэффициенту корреляции с единичной задержкой для расчетов по каждому методом с последующим суммированием. Выполненное исследование показало достаточно высокую степень идентификации диктора с ошибкой, не превышающей 20%, что является очень большим для метода не учитывающего фильтрацию и нормализацию сигнала.

Вывод. Таким образом, предложен алгоритм выделения идентификационных характеристик, которые позволяют определить частоту ОТ, сравнительный анализ которой позволяет выполнить идентификацию диктора на различных временных интервалах на основании проведенного вейвлет-разложения сигнала.

Литература

1. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.П. Цифровая обработка сигналов. - М.: Радио и связь, 1990. - 256с.
2. Пазаров М.В., Прохоров Ю.П. Методы цифровой обработки и передачи речевых сигналов. - М.: Радио и связь, 1985. - 176 с.
3. Фант Г. Акустическая теория речеобразования. - М.: Паука, 1964. - 284 с.
4. Фланган Дж. Анализ, синтез и восприятие речи: Пер. с англ. / Под ред. А.А. Пирогова. - М.: Связь, 1968. - 396с.
5. Маркел Дж.Д., Грей А.Х. Линейное предсказание речи. - М.: Связь, 1980.-308 с.
6. Цвикер Э., Фельдкеллер Р. Ухо как приемник информации. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Связь, 1971. - 255с.
7. Солодовников А.И., Спиваковский А.М. Основы теории и методы спектральной обработки информации. - Л.: Ленинград, 1986. - 272 с
8. Соловьев В.И., Брюханова Я.А. Идентификация заданных фрагментов в звуковых файлах // Вісник Східноукраїнського національного університету ім.В.Даля. – 2008. - №9(127) ч.2 – с. 30-33
9. Соловьев В.И., Белозерова Я.А. Использование фрактальной размерности аудиофайлов в задаче сегментации звукового файла // Вісник Східноукраїнського національного університету ім.В.Даля. – 2013 – №5(194). ч.2. – С. 165-169

References

1. Goldenberg L.M., Matyuschkin B.D., Polyak M.P. Cifrovaya obrabotka signalov. - M. - Radio i svyaz - 1990. - 256p.
2. Pazarov M.V., Prohorov Yu.P. Metodi cifrovoi obrabotki i peredachi rechevikh signalov. - M. - Radio i svyaz - 1985. - 176 p.
3. Fant G. Akusticheskaya teoriya recheobrazovaniya. - M.- Pauka - 1964. - 284 p.
4. Flanagan Dj. Analiz_ sintez i vospriyatie rechi_ Per. s angl. / Pod red. A.A. Pirogova. - M.- Svyaz - 1968. - 396p.
5. Markel Dj.D. Grei A.H. Lineinoe predskazanie rechi. - M. - Svyaz - 1980. - 308 p.
6. Cviker E., Feldkeller R. Uho kak priemnik informacii. 2_e izd.pererab. i dop. - M. - Svyaz - 1971. - 255p.
7. Solodovnikov A.I., Spivakovskii A.M. Osnovi teorii i metodi spektralnoi obrabotki informacii. - L.: Leningrad - 1986. - 272 p
8. Solov'yev V.I., Bryukhanova YA.A. Identifikatsiya zadannykh fragmentov v zvukovykh faylakh // Visnik Shidnoukrains'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja. – 2008. - №9(127) part.2 – p. 30-332.
9. Solov'yev V.I., Byelozorova YA.A. Ispol'zovaniye fraktal'noy razmernosti audiofaylov v zadache segmentatsii zvukovogo fayla // Visnik Shidnoukrains'kogo nac. un-tu im. V. Dalja. – 2013 – №5(194). part.2. – p. 165-169

Белозерова Я.А. Виділення ідентифікаційних характеристик диктора на основі вейвлет-розкладання мовного сигналу.

У статті розглянуто математичні основи виділення унікальних ідентифікаційних ознак диктора, заснованих на характерних сингулярностях в структурі голосового сигналу диктора. Ідентифікація сингулярностей виконується шляхом вейвлет-розкладання голосового сигналу.

лу з подальшою його сегментацією і класифікацією особливостей. На основі виділених сингулярностей голосового сигналу визначається частота основного тону, що є в роботі основною характеристикою ідентифікації диктора. Проведені дослідження ефективності ідентифікації диктора пропонуваним методом виділення характеристик голосового сигналу і розрахунку на їх основі частоти основного тону показали досить високий ступінь точності в ідентифікації диктора.

Ключові слова: голосовий сигнал, розпізнавання, ідентифікація диктора, вейвлет-розкладання.

Byelozorova Ya. The isolation speaker identification characteristics on the basis of wavelet decomposition of voice signal.

The article describes the mathematical foundations allocate unique identification signs speaker based on the characteristic structure of the singularities in the voice signal speaker. The identification of singularities is performed by wavelet decomposition of the voice signal with its subsequent segmen-

tation and classification features. On the basis of isolated singularities of the voice signal is determined by the frequency of the pitch, which is in the main characteristic of speaker identification. Studies have suggested efficacy speaker identification method of isolation characteristics of the voice signal and calculating the frequency based on their pitch showed reasonably high degree of accuracy in the speaker identification. As an improvement of this method is proposed to introduce additional criteria to improve the accuracy of classification of singularities.

Keywords: voice signal recognition, speaker identification, wavelet decomposition.

Бєлєзьорова Я.А. – старший викладач кафедри «Кібернетики та комп'ютерних систем» СХУ ім. В. Даля, e-mail: bryukhanova.ya@gmail.com.

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д.М.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 629

МОДЕЛЮВАННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МАНЕВРОВОГО ЛОКОМОТИВУ З НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ У СИЛОВОМУ ЛАНЦЮГУ

Яровий Р.О.

MODELING TRACTION ELECTRIC DRIVE SHUNTING LOCOMOTIVES WITH ENERGY STORAGE IN THE POWER CIRCUIT

Yarovoy R.

Розглянуто питання, яке пов'язані із створенням математичної моделі обміну електроенергії між накопичувачем електроенергії та приводом рухомого складу, також розглянуто питання пов'язані із створенням математичної моделі електромеханічної системи дизель-поїзда зі тяговим електроприводом із врахуванням пружних зв'язків у його елементах та взаємодії колісних пар з рейками. Запропоновано цифрове моделювання режимів роботи системи.

Ключові слова: рухомий склад, математична модель, електродинамічне гальмування, накопичення енергії, гібридний привод.

Постановка проблеми. Згідно з дослідженнями, проведеними в області розробки сучасних видів залізничного транспорту як у нашій країні, так і за кордоном, однією з актуальних завдань є завдання побудови ефективних систем управління, що забезпечують зменшення витрат палива та електроенергії і обмеження впливу локомотива на залізничну колію [1, 2]. Особливо це відноситься до маневрових локомотивів з електроприводом постійного струму та накопичувачем електроенергії у силовому ланцюгу. В Україні процес створення такого типу локомотивів знаходиться на рівні розробки експериментального зразка дизель-поїзда. Однією з проблем при створенні локомотивів з накопичувачем електроенергії у силовому ланцюгу, зокрема їх систем управління, що забезпечують економію палива, знизити шкідливі викиди, дозволяють з великою точністю підтримувати швидкість руху на ухилі, полегшити процес управління гальмуванням, отримання мінімального впливу тягових одиниць на залізничну колію.

Зважаючи на конструктивних особливостей маневрових локомотивів з накопичувачем електроенергії у силовому ланцюгу, потрібно детальне дослідження динаміки локомотива з метою розробки ефективних систем управління, що забезпечують ефективну

дію гальма в робочому діапазоні швидкостей руху локомотива; гнучкість управління і автоматичне регулювання за заданими характеристиками з урахуванням обмежень; мінімальна витрата палива дизелем в процесі гальмування; малий час підготовки до гальмування; стійкість режимів гальмування; мінімальне ускладнення конструкції електропередачі та її вартості при високій надійності роботи [3].

Для проведення комплексних досліджень з метою розробки ефективних систем управління, найбільш підходящим інструментом є математичні моделі як самого об'єкта в цілому, так і його окремих енергетичних компонент, блоків і вузлів [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі розробки і дослідження моделей електромеханічної системи з гібридним електроприводом присвячено ряд робіт [3 - 4]. При дослідженні електромеханічної системи дизель-потягу з накопиченням електроенергії у силовому ланцюгу практичний інтерес представляє математична модель обміну електричної енергії між тяговим двигуном (ТД) та накопичувачем електроенергії, та модель що враховує реалізацію моменту обертання тягового двигуна (ТД) при взаємодії колісних пар з рейками, зокрема у результаті електродинамічного гальмування.

Провідні виробники локомотивів наділяють значну увагу розробці тепловозів з гібридним силовим приводом, що дозволяють суттєво знизити непродуктивні втрати енергії. Такі роботи проводять: в Україні ПАТ «Луганськтепловоз» експериментальний тепловоз ТЕМ106 з енергозберігаючою (гібридною) силовою установкою забезпечує до 50% економії палива і на 80% зменшує викиди шкідливих речовин в атмосферу. У країнах СНД «Транс-машхолдинг» експериментальний тепловоз ТЕМ18ДМ. Зарубіжні аналоги Маневровий тепловоз GG20B (Green Coat) виробництва компанії Rail Power Technologies США і поновлення тепловоза серії BR202 компанія Alstom Locomotive Servis -

спільне підприємство Alstom Transport і залізниць Німеччини[5].

Мета. Метою роботи є створення математичної моделі електромеханічної системи приводу маневрового локомотива з урахуванням накопичувача енергії у силовому ланцюгу та взаємодії колісних пар з рейками, що дозволяє проводити дослідження на стадії проектування і здійснювати синтез системи регулювання тяговим електроприводом.

Результати досліджень. У даній роботі об'єктом дослідження є привод маневрового локомотиву. Структурна схема механічної частини приводу наведена на рис. 1.

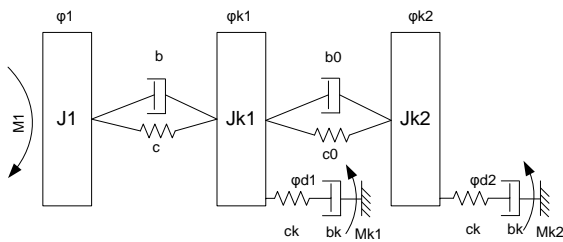


Рис. 1. Структурна схема механічної системи ТЕД - колісна пара:

$J1, Jk1, Jk2$ моменти інерції відповідно якоря ТЕД та колісної пари; c, c_0, c_k пружністю зв'язку між відповідними ланками; b, b_0, b_k дисипативні властивостями зв'язку між відповідними ланками.

Підсистемою моделі екіпаж - тяговий електропривод - шлях будемо як сукупність обертаємих механічно взаємопов'язаних тіл, що утворюють систему з зосередженими пружно-дисипативними і інерційними параметрами, що включає якір ТЕД, сполучне вали, пружні і передаточні механізми, тягові редуктори, пов'язані з колісною парою, і колісну пару.

Для математичного опису руху j -ї кутовий підсистеми доцільно використовувати рівняння Лагранжа другого роду, вибрав в якості узагальнених координат абсолютні кути ϕ_{ki} . Повороту відповідних мас підсистеми, виключивши обертання зазначених мас при русі локомотива з постійною швидкістю V .

Важливе значення для остаточного формування моделі j -ї кутовий підсистеми має правильний вибір структури її зв'язку з рейками. При аналізі кутових коливань приводу досить враховувати нормальну та подовжню складові реакції рейок на j -е колесо.

Для аналізу динамічних процесів в тягових приводах використовують різні структури подовжнього зв'язку коліс з рейками.

Диференціальні рівняння, що описують рух моделі, в загальному випадку мають вигляд

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\phi}_1 + b \dot{\Delta}_1 + c \Delta_1 = M(\dot{\phi}_1) + M_1(t) \\ \Delta_1 = \phi_1 - \phi_{k1}; \quad \dot{\Delta}_1 = \frac{d\Delta_1}{dt}; \\ J_1 \ddot{\phi}_{ks} - \delta_s (b \dot{\Delta}_1 + c \Delta_1) - (-1)^s (c_0 \Delta_0 + b_0 \dot{\Delta}_0) + c_k (\phi_{ks} - \phi_{ds}) = -\delta_3 M_1(t); \\ c_k (\phi_{ds} - \phi_{ks}) = -b_k (\dot{\phi}_{ds}) \dot{\phi}_{ds} + M_{ks}(t); \\ \Delta_0 = \phi_{k1} - \phi_{k2}; \quad \delta_1 = 1, \quad \delta_2 = 0 \quad \forall \delta \quad s = 1, 2, \end{cases}$$

Де $M(\dot{\phi}_1)$, $M_1(t)$ та $M_{ks}(t)$ відповідно статична характеристика ТЕД, збуджуючі моменти, що діють на якір ТЕД з боку електричних ланцюгів або передавальних механізмів, і на s -е колесо з боку шляху; ϕ_1, ϕ_{ks} та ϕ_{kd} - кути повороту відповідних елементів моделі без урахування поступального руху локомотива.

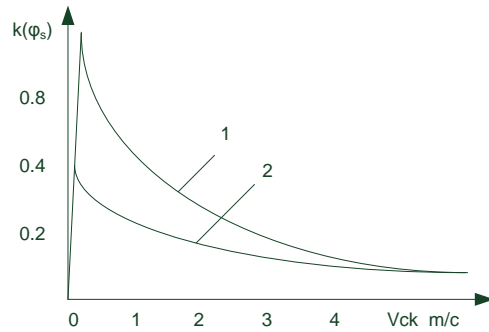


Рис. 2. Характеристика зчеплення коліс локомотива з рейками: 1 - $\ddot{\phi}_s > 0$; 2 - $\ddot{\phi}_s < 0$;

Форму падаючої ділянки характеристики зчеплення можна прийняти постійною в інтервалі швидкості локомотива $V = 5 \dots 50$ км/год, при якій реалізуються близькі до максимальних тягові зусилля і можливо боксування колісних пар. Крутизна ділянки псевдоквадрата, потенційного (максимального) коефіцієнта зчеплення в залежності від швидкості локомотива може бути обрана за допомогою експериментальних даних.

На рис. 3. представлена схема заміщення ланцюга для розрахунку показників роботи електроприводу при зміні кутової швидкості колінчастого вала дизеля ω_d або при досягненні заданого значення ω_d але при неповністю зарядженому накопичувачі. Для перехідних процесів розглянутої ланцюга другий закон Кірхгофа можна записати як:

$$\begin{cases} I_{\dot{\phi}} R_{\dot{\phi}} + (I_{\dot{\phi}} + I_{\dot{\phi}}) R_{ED} + L_{ED} \left(\frac{dI_{\dot{\phi}}}{dt} + \frac{dI_{\dot{\phi}}}{dt} \right) = U_{\dot{\phi}} - E_{ED} \\ I_{\dot{\phi}} R_{\dot{\phi}} + (I_{\dot{\phi}} + I_{\dot{\phi}}) R_{ED} + L_{ED} \left(\frac{dI_{\dot{\phi}}}{dt} + \frac{dI_{\dot{\phi}}}{dt} \right) = U_{\dot{\phi}} - E_{ED} \end{cases}$$

де I_T - струм живлення ТЕД від ТГ

R_T - опір у ланцюгу від ТГ до ТЕД

U_T - напруга на ТГ

I_{II} - струм живлення ТЕД від перетворювача

U_{II} - напруга на перетворювачі

R_{II} - опір у ланцюгу від перетворювача до ТЕД

R_{ED} - опір обмоток ТЕД

L_{ED} - індуктивність опір обмоток ТЕД

E_{ED} - ЕДС ТЕД

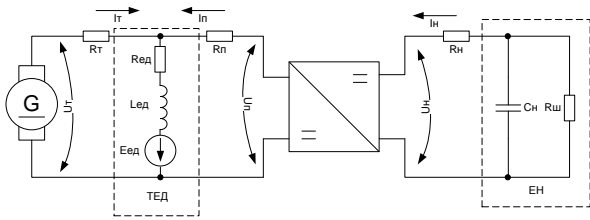


Рис. 3. Розрахункова схема електроприводу дизель-потягу з накопичувачем енергії

З системи рівнянь отримуємо:

$$U_T - U_{II} = I_T R_T - I_{II} R_{II}$$

Продиференціював отримане рівняння за часом з урахуванням прийнятих припущень, отримуємо:

$$\frac{dI_T}{dt} = \frac{dI_{II}}{dt} \frac{R_{II}}{R_T}$$

Підставимо отримане рівняння у систему:

$$\begin{cases} \frac{dI_{\dot{O}}}{dt} = \frac{U_{\dot{O}} - E_{ED} - I_T R_{\dot{O}} - I_{\dot{O}} R_{ED} - I_{\dot{I}} R_{ED}}{L_{ED} \left(1 + \frac{R_{\dot{O}}}{R_{\dot{I}}} \right)} \\ \frac{dI_{\dot{I}}}{dt} = \frac{U_{\dot{I}} - E_{ED} - I_{\dot{I}} R_{\dot{I}} - I_{\dot{O}} R_{ED} - I_{\dot{I}} R_{ED}}{L_{ED} \left(1 + \frac{R_{\dot{I}}}{R_{\dot{O}}} \right)} \end{cases}$$

Результати цифрового моделювання для гальмування і розгону ЕРС наведено на рис. 4.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що показники обміну енергією не суперечать фізичним закономірностям протікання цих процесів. Істотний вплив на процеси накопичення і видачі енергії надають коефіцієнт регулювання перетворювача β і коефіцієнт регулювання ЕРС накопичувача k . Для оцінки ступеня впливу цих показників, як і інших електричних параметрів накопичувача, необхідно визначитися з критерієм оцінки процесів обміну енергією між накопичувачем і системою тягового приводу ЕПС. В якості такого критерію пропонується коефіцієнт ефективності процесів обміну

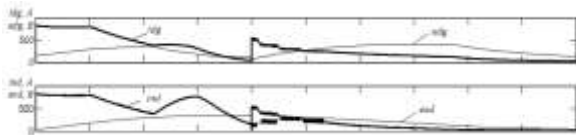


Рис. 4. Результати цифрового моделювання

Висновок. Стан тягового рухомого складу залізничного транспорту має відповідати найвищим технічним вимогам, а також вимогам економічності, надійності і безпеки. Дане завдання не може бути ефективно вирішене без застосування найсучасніших засобів про-

ектування систем управління та діагностики. Оскільки жодна сучасна система управління неможлива без проведення багатофакторного математичного моделювання, у статті побудована багатофакторна математична модель дизель-генератора, застосовуваного на вітчизняних маневрових тепловозах, на прикладі тепловоза ЧМЕЗ-Т з системою електродинамічного гальмування.

Математична модель включає в себе наступні складові:

- Математична модель механічної системи ТЕД – колісна пара;

- Математична модель електричної системи ТЕД – накопичувач енергії;

Математичне моделювання забезпечує відпрацювання критичних режимів, імітацію можливих дефектів функціонування системи, імітацію наближених до аварійних режимів, відпрацювання конструкції та ін. Імітаційне математичне моделювання дизель-генератора маневрового тепловоза суттєво економить час на конструкторсько-технологічну відпрацювання виробу і зменшує невизначеність знань про об'єкт.

Література

1. Павленко А.П. Динамика тяговых приводов магистральных локомотивов. – Москва: Машиностроение, 1991.-192с.
2. Камаев А.А., Цыкин П.К. Математическое моделирование качения колес в групповом приводе локомотива. – Сб. Тр. Брянского институт транспорта, машиностроения. – 1974. – Вып. 26. – С. 103–106.
3. Носков В.И., Дмитриенко В.Д., Запоровский Н.И., Леонов С.Ю. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов. – Харьков: ХФИ "Транспорт Украины", 2003. – 248 с.
4. Кожевников В.А. Область тормозных режимов тягового электродвигателя / В.А. Кожевников // Сб. Лен. инста инженеров ж.д. транспорта. – М.: Трансжелдориздат, 1958. – Вып. 159. – С. 178 – 189.
5. Кошевой В.А. Реостатный тормоз для грузовых тепловозов / В.А. Кошевой, В.П. Терещенко, Л.К. Филиппов // Железнодорожный транспорт. – М.: Транспорт, 1980. - №7. – С. 19 – 22.
6. Коссов Е.Е. Влияние эффективности накопителя энергии на топливную экономичность локомотива Е.Е. Коссов, В.А. Азаренко, А.Н. Корнев, М.М. Комарницкий // Локомотивинформ. – Харьков: Техностандарт. - №3, 2008. – С. 44 – 45.
7. Golubenko A. Energy of diesel locomotive's electrodynamic braking for increase of efficiency of diesel locomotive engines / A. Golubenko, V. Mogila, H. Nozhenko // Coll. of scientific labours. - 2007. – Issue 69. – P. 147 - 153
8. Могила В. И. Использование бросовой энергии торможения тепловоза для повышения эффективности тепловозных дизелей / В.И. Могила, Е.С. Ноженко // Сб. науч. трудов. УкрГАЗТ – Харьков: Из- во УкрДАЗТ, 2007. – Вып.82. – С. 153-157.

References

1. Pavlenko AP Dynamics of traction drives ma-haul locomotives. - Moscow.: Engineering, 1991.-192s.
2. Kamaev AA, Tsykin PK Mathematical fashion-lation rolling wheels in the group drive Lokomo-Tiva. - Sat. Tr.

- Bryansk Institute of Transport. parking structure. - 1974 - Vol. 26. - P. 103-106.
3. Noskov VI, Dmitrienko VD, Zapolovsky NI Leonov SY Simulation and optimization of management and control systems of locomotives. - Kharkov: KhPhi "Transport of Ukraine", 2003. - 248 p.
 4. Kozhevnikov VA Region brake mode traction motor / VA Kozhevnikov // Proc. Len. INS-ta railway engineers transport. - M.: Transzheldorizdat, 1958. - Vol. 159 - S. 178 - 189.
 5. Koshevoy VA Rheostat brake for freight locomotives / VA Koshevoi VP Tereshchenko, LK Phi-Lippe // Rail. - M.: Transport, 1980. - №7. - S. 19 - 22.
 6. Kossov EE Influence the efficiency of energy storage for fuel efficiency locomotive EE Koss, VA Azarenka, AN Kornev, MM Komarnicki // Lokomotivinform. - Kharkov: Technostandart. - №3, 2008. - S. 44 - 45.
 7. Golubenko A. Energy of diesel locomotive's electrodynamic braking for increase of efficiency of diesel locomotive engines / AA Golubenko, V. Mogila, H. Nozhenko // Coll. of scientific labours. - 2007. - Issue 69. - P. 147 - 153
 8. Grave VI Using junk locomotive braking energy to improve the efficiency of TE plovoznih diesel / VI Tomb, ES Nozhenko // Proc. on-account. works. UkrGAZHT - Kharkiv: Due to UkrDAZT, 2007. - Vyp.82. - S. 153-157.

Яровой Р.А. Моделирование тягового электропривода маневрового локомотива с накоплением энергии в силовых цепях.

Рассмотрены вопросы, которые связаны с созданием математической модели обмена электроэнергией между накопителем электроэнергии и приводом подвижного состава, также рассмотрены вопросы, связанные с созданием математической модели электромеханической системы дизель-поезда с тяговым электроприводом с учетом жестких связей в его элементах и взаимодействия колесных пар с рельсами. Предложено цифровое моделирование режимов работы системы.

Ключевые слова: математическая модель, подвижной состав, электродинамическое торможение, накопление энергии, гибридный привод.

Yarovoy R. Modeling traction electric drive shunting locomotives with energy storage in the power circuit.

The questions, which is associated with the creation of a mathematical model of power sharing between the drive and the drive power to the rolling shutter, also discussed issues related to the creation of a mathematical model of electro-mechanical system theme diesel trains with electric traction with scientists-including hard links to it elements and interaction of wheel pairs with the rails. Suggested digital modeling modes of the system.

Since no modern control system is impossible without a multivariate mathematical modeling, the article is based multifactor mathematical model of diesel generator, used for domestic shunting locomotives, locomotive for example ChME3-T system with electrodynamic braking tub.

The mathematical model includes the following components:

- A mathematical model of the mechanical system TED - Wheelset;

- A mathematical model of the electrical system TED - energy storage;

Mathematical modeling provides critical testing regimes simulation of possible defects in the system, simulation close to the emergency operation, working construction and others. Simulation mathematical modeling genset locomotive shunting significantly saves time on design and technology testing you do, and reduces the uncertainty of knowledge about the object.

Keywords: mathematical model, rolling stock, electrodynamic braking energy storage, hybrid drive.

Яровой Р.О. – ст. викладач кафедри "Обчислювальної техніки і систем управління", УкрДАЗТ, м. Харків, Україна, e-mail: kzf_limani@bigmir.net.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 656.225

АНАЛІЗ СТАНУ ВАНТАЖНОЇ І КОМЕРЦІЙНОЇ РОБОТИ І ТЕРМІНІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

Білецький Ю.В., Бистрицький Р.В., Мірошникова М.В.

ANALYSIS OF THE CONDITION OF THE CARGO AND COMMERCIAL WORK AND TERMS OF DELIVERY OF CARGOES ON RAILWAYS OF UKRAINE

Beletsky Y., Bystritskiy R., Miroshnykova M.

У статті обґрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета й задачі досліджень, виконано аналіз стану вантажної і комерційної роботи і термінів доставки вантажів на залізницях України і за кордоном. Розглянуто можливі шляхи подальшого удосконалення технології прискореної доставки вантажів і підвищення конкурентоспроможності залізниць. Однією з найважливіших проблем підвищення якості перевезень є скорочення терміну доставки вантажів, у тому числі забезпечення за необхідності їх прискореної доставки. Розглянуті можливі два основних напрямки підвищення ефективності експлуатаційної діяльності залізниць: збільшення доходів за рахунок удосконалення технології, підвищення якості обслуговування та розширення сфери діяльності; зниження витрат за рахунок оптимізації процесу перевезень та впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій.

Ключові слова: транспортний ринок, фази, експрес-доставка, векторна оптимізація.

Постановка проблеми. На першому етапі перехід до ринкової економіки державою здійснювалося тверде регулювання тарифів. Існувало тільки дозвіл залізницям установлювати договірні тарифи на послуги підвищеного якості, а також здійснення перевезень із відхиленнями від установленого технологічного процесу. В умовах перехід до ринкової економіки транспортні тарифи все в більшій мірі зазнають впливу від попиту пропозиції.

З безлічі факторів, що впливають на рівень тарифів, головним у ринковій економіці є складний баланс платоспроможного попиту та пропозиції. Тому транспортні підприємства повинні прагнути встановлювати тарифи таким чином, щоб забезпечити максимальний обсяг перевезень, доходів і прибутку. Такі дії транспортних підприємств можуть відбуватися й в умовах регулювання середнього рівня тарифів з боку держави [1].

З іншого боку, необхідно враховувати той факт, що тариф на перевезення по суті є комплекс-

ною оцінкою й обґрунтуванням того або іншого технологічного варіанта обслуговування.

У цей час на залізницях України для перевезень у міжнародному сполученні склалися дві системи тарифів:

I. внутрішні, обчислювальні в національній валюті на базі Тарифного керівництва №1[2];

II. міжнародні - у вільно конвертованій валюті на базі МТТ і ЕТТ [3].

Із цього випливає, що за ту саму перевезення може бути призначений різний тариф. Усе це залежить від того, як оформлено перевезення. Якщо перевезення оформлене через експедитора в прямому міжнародному сполученні, то стягується тариф, що базується на МТТ і ЕТТ, а якщо по внутрішніх документах – по Тарифному керівництву №1 .

Для підвищення якості обслуговування й переходу на технології доставки вантажів, орієнтовані на інтереси користувачів транспортних послуг, залізниця України в першу чергу повинні використовувати існуючі структури-служби вантажної й комерційної роботи доріг і дирекції, механізовані дистанції, товарні контори станцій і т.д. У своїй роботі ці структури можуть опиратися на досвід Російських залізниць по створенню Системи фірмового транспортного обслуговування (СФТО) [4].

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, О.П. Петров, В.В. Повороженко, В.М. Самсонкін, А.А. Смахов, П.О. Яновський. Значний внесок у розробку методів оцінки конкурентоспроможності та ефективності доставки вантажів залізничним транс-

портом зробили: І.В. Білов, В.Г. Галабурда, І.О. Єловий, М.Е. Мандриков, Д.А. Мачерет, Є.В. Нагорний, Н.П. Терешина, М.Ф. Трихунков, А.Д. Шишков та інші.

Матеріали і результати дослідження. Основні завдання й принципи вдосконалювання технології системи доставки вантажів можна коротко охарактеризувати виходячи з вимог викладених в [5, 6]. Основною метою таких заходів є підвищення якості обслуговування вантажовласників, забезпечення конкурентоспроможності залізниць на ринку транспортних послуг, залучення додаткових обсягів перевезень із інших видів транспорту, збільшення доходів від основної діяльності, створення умов для зменшення собівартості перевезень і транспортних послуг. Основні завдання перевізника по прискоренню строків доставки вантажів наведені на рис. 1.

Взаємини станцій з вантажовласниками найбільше повно реалізуються на підставі договору на комплексне транспортне обслуговування, згідно з яким залізниця зобов'язано забезпечити виконання таких послуг як: включення в план або додатковий дозвіл на перевезення вантажів, прийняття вантажів від відправника вантажу; виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, завезення-вивіз вантажів з місць загального користування, повідомлення вантажоодержувачів про прибуття вантажу на їхню адресу, контроль над проходженням вантажів від станцій відправлення до станцій призначення й ін.

Під якістю транспортного обслуговування клієнтури по вантажних перевезеннях звичайно мають на увазі повноту, швидкість, своєчасність або рівномірність доставки й схоронність вантажів, безпека перевезень, а також комплексність, доступність і

культуру обслуговування споживачів транспортних послуг. При цьому, на відміну від пасажирських перевезень, заходу щодо забезпечення якості перевезень вантажів спрямовані не тільки на об'єкт або предмет перевезення, але й на їхніх власників, тобто вантажовласників.

Слід ураховувати, що в умовах конкуренції, що підсилюється, між видами транспорту підвищення якості транспортного обслуговування вантажовласників стає одним з головних колій завоювання або розширення транспортного ринку. Для цього необхідно добре знати запити споживачів транспортних послуг, можливості конкурентів і свої власні, правильно визначати маркетингову стратегію транспортного обслуговування конкретних вантажовласників і вміло її реалізовувати. Ця стратегія повинна, насамперед передбачати високий рівень якості пропонованих транспортних послуг, здатних задовольняти потреби вантажовласників краще, чим у конкурента. Отже, якість транспортних послуг, як і будь-якої іншої продукції, — поняття відносне й може бути обмірюване кількісно за допомогою певних показників (вимірників).

Основними показниками якості транспортного обслуговування вантажовласників є: ступінь задоволення попиту за обсягом перевезень вантажів за певний період часу (рік, квартал, місяць і більш короткі строки); ступінь ритмічності або регулярності перевезень вантажів; виконання встановлених строків доставки вантажів; ступінь схоронності перевезених вантажів. Важливим якісним показником на транспорті є також рівень безпеки перевезень, який частково враховується в показнику якості.

ОСНОВНІ ЗАДАЧІ СИСТЕМИ ПРИСКОРЕНОЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ



Рис. 1. Основні завдання системи прискореної доставки вантажів

Якість продукції транспорту (перевезення) безумовно, відрізняється від якості, як сукупності корисних властивостей, предмета перевезення, а це у свою чергу диктує необхідність самостійного визначення природи якості продукції на транспорті. У процесі виробництва матеріальних, речовинних елементів якісна характеристика речі присутня як обов'язковий її атрибут (знак Якості). На транспорті застосовні непрямі показники.

Затверджується, що критерієм оцінки якості перевезень вантажів є виконання пред'явлених перевезень у встановлений термін по необхідній номенклатурі вантажів, при мінімальних сукупних транспортних і виробничих витратах, що залежать від перевізного процесу.

У роботі [7] представлена система показників якості транспортного виробництва. Вона підрозділяється на три підсистеми, що характеризують:

- якість транспортного обслуговування підприємств народного господарства й населення країни;
- якість перевезень (продукції транспорту);
- якість роботи транспорту і його відповідних служб і підрозділів.

У також називають три найважливіші показники якості транспортної продукції:

- ступінь задоволення потреби в перевезеннях;
- виконання строків доставки вантажів;
- схоронність вантажів.

Однак дотепер має місце плутанина в поняттях "якість транспортної роботи" і "якість транспортної продукції".

Питання прискореної доставки вантажів або доставки із задалегідь установленим строком не-

розривно пов'язані з підвищенням конкурентоспроможності й прибутковості залізниць. Розв'язок цих питань може бути знайдено за рахунок удосконалювання технології просування вантажу на всіх етапах перевізного процесу від приймання його до перевезення до видачі вантажоодержувачеві. Передбачається вдосконалювання технології просування вантажів проводити у два етапи:

Перший – за рахунок скорочення встановленого часу на виконання технічних і технологічних операцій з вантажем на відповідних етапах (фазах) його просування при незначних додаткових експлуатаційних витратах залізної дороги.

Другий - за рахунок капітальних вкладень в удосконалювання всіх або окремих ланок технологічного процесу доставки вантажу.

Метою роботи є розв'язок науково-практичного завдання вдосконалювання технології прискореної доставки вантажів за рахунок реалізації попередньо встановлених заходів щодо скорочення технологічного часу у відповідних фазах на колії проходження вантажу від станції відправлення до ст. призначення. Для досягнення поставленої мети розроблена схема дослідження, наведена на рис. 2 і встановлені основні завдання, що підлягають розв'язку:

- Розробка методики розподілу плати за користування іновагонами на УЗ між дорогами;

- Розробка методики обґрунтування технології прискореної доставки вантажів, спрямованої на підвищення прибутку залізниці шляхом формування тарифів, диференційованих за часом скорочення термінів доставки, щодо базових.



Рис 2. Структура організації дослідження

Для вирішення цих завдань у роботі використані методи статистичного аналізу обробки спостережень, теорії ймовірностей, побудови моделей за допомогою математичних графів, логістики та нелінійного програмування, системного аналізу, техніко-економічних розрахунків і маркетингових досліджень.

Висновки. Аналіз якості та ефективності транспортних послуг у системі доставки вантажів та комерційної діяльності на залізницях України показав, що заміна державної планової системи управління ринковими структурами спричинив падіння обсягів перевезень вантажів, а значить зменшення прибутковості. Водночас, в умовах становлення транспортного ринку залізні дороги знижують свою конкурентоспроможність, особливо в порівнянні з автомобільним транспортом. Однією з причин цього є традиційно сформовані методи організації перевізного процесу без урахування термінів доставки, відсутність гнучкості в технології обслуговування клієнтури, невисока якість надаваних послуг, відсутність першочерговим орієнтації на транспортні проблеми вантажовідправників і вантажоодержувачів. Тому залізниця України та країн СНД потребують дієвих заходів щодо виходу з кризи.

Відзначено, що реформування залізниць може проходити за різними напрямками. В Україні в якості пріоритетного обрано реструктуризація та комерціалізація залізниць з метою посилення ринкової орієнтації в умовах скорочення ролі державного регулювання в галузі утримання і підтримки видів обслуговування.

Посилення конкуренції з боку автотранспорту, з одного боку, і світовий досвід комерційної діяльності залізниць з іншого, показали, що для організації ефективної доставки вантажів, нарощування обсягів і підвищення конкурентоспроможності перевезень потрібен комплекс заходів, спрямованих на вдосконалення технології прискореної доставки вантажів як на далекі так і на близькі відстані. Тільки освоєння транспортного ринку, в тому числі вже і на зайнятих автотранспортом, дозволить залізницям виграти в конкурентній боротьбі, стимулюючи попит на перевезення.

В ході теоретичного дослідження ефективних технологій доставки вантажів виявлено, що заходи щодо її вдосконалення мають бути спрямовані на прискорене просування вантажних відправлень на всьому шляху від виробників до одержувачів, правильний розрахунок та своєчасне стягнення належних платежів за перевезення вантажів і збільшення їх грошового наповнення, впровадження гнучких тарифів, концентрацію вантажної роботи на меншій кількості станцій, автоматизацію технологічних процесів при безумовній орієнтації на транспортний ринок і потреби вантажовласників.

Література

1. Збірник №4 Правил перевезень і тарифів залізничного транспорту України. –К.: Транспорт, 2001. –106с.

2. Крейнин А.В. Исследование регулирования железнодорожных грузовых тарифов в России (1837-1997гг.)//Тарифы и фрахты. Бюллетень транспортной информации – информационно-практический журнал.<http://www.natr.ru/bit/>. –№2, 1998
3. Тарифне керівництво №1. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом України. Київ; - 1999; с.267.
4. Тарифне керівництво №21. Международный железнодорожный транзитный тариф (МТТ). Тариф 8100. (Переиздано со всеми изменениями и дополнениями. Действует с 1 января 1997 г.)
5. Типовое положение о центре фирменного транспортного обслуживания железной дороги. ЦЗУ-359. МПС РФ, 1995. –8с.
6. Кірка Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України в Європейську транспортну систему. Монографія. – Д.:вид. Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. Лазаряна, Арт-Прес, 2003. –268с.
7. Про створення Головного центру комплексного транспортного обслуговування при здійсненні перевезення вантажів. Наказ Укрзалізниці №334Ц від 30.12.1997р.

References

1. Zbirnik №4 Pravit perevezenn i tarifiv zaliznichnogo transportu Ukraini. –K.: Transport, 2001. –106s.
2. Kreynin A.V. Issledovanie regulirovaniya zheleznodorozhnyh gruzovyh tarifov v Rossii (1837-1997gg.)//Tarify i frahty. Byulleten transportnoy informatsii – informatsionno-prakticheskij zhurnal.<http://www.natr.ru/bit/>. –№2, 1998
3. Tarifne kerivnitstvo №1. Zbirnik tarifiv na perevezennya vantazhiv zaliznichnim transportom Ukraini. Kiyiv; - 1999; s.267.
4. Tarifne kerivnitstvo №21. Mezhdunarodnyy zheleznodorozhnyy tranzitnyy tarif (MTT). Tarif 8100. (Pereizdano so vsemi izmeneniyami i dopolneniyami. Deystvuet s 1 yanvarya 1997 g.)
5. Tipovoe polozhenie o tsentre firmennogo transportnogo obsluzhivaniya zheleznoy dorogi. TsZU-359. MPS RF, 1995. –8s.
6. Kirpa G.M. Integratsiya zaliznichnogo transportu Ukraini v Evropeysku transportnu sistemu. Monografiya. –D.:vid. Dnipropetrovskogo natsionalnogo universitetu zaliznichnogo transportu im. Lazaryana, Art-Pres, 2003. – 268s.
7. Pro stvorennya Golovnogo tsentru kompleksnogo transportnogo obsluzhuvannya pri zdийsnenni perevezennya vantazhiv. Nakaz Ukrzaliznitsi №334Ts vid 30.12.1997r.

Белецкий Ю.В., Быстрицкий Р.В., Мирошникова М.В. Анализ состояния грузовой и коммерческой работы и условий поставки грузов на железных дорогах Украины.

В статье рассмотрена актуальность проблемы, сформулированы цель и задачи исследований, выполнен анализ состояния грузовой и коммерческой работы и сроков доставки грузов на железных дорогах Украины и за рубежом. Рассмотрены возможные пути дальнейшего совершенствования технологии ускоренной доставки грузов и повышение конкурентоспособности железных дорог. Одной из важнейших проблем повышения качества перевозок является сокращение срока доставки грузов, в том числе обеспечения при необходимости их ускоренной

доставки. Рассмотрены возможные два основных направления повышения эффективности эксплуатационной деятельности железных дорог: - увеличение доходов за счет совершенствования технологии, повышения качества обслуживания и расширения сферы деятельности;- снижение издержек за счет оптимизации процесса перевозок и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Ключевые слова: транспортный рынок, фазы, ускоренная доставка, векторная оптимизация.

Beletsky Y., Bystritskiy R., Miroshnykova M. Analysis of the condition of the cargo and commercial work and terms of delivery of cargoes on railways of Ukraine.

In the article the urgency of the problem, goal and objectives of the research, the state of the cargo and commercial work and terms of delivery of cargoes on Railways of Ukraine and abroad. The possible ways of further improvement of the technology accelerated the delivery of goods and the competitiveness of Railways. One of the major problems of improving the quality of transport is the reduction of delivery time of goods, including components, if necessary expedited shipping. Considered there are two main directions of improving the operational efficiency of railway operations: - increase revenue by improving technology, enhance service quality and expand the scope of activity;- reducing costs through optimiza-

tion of the transport process and the implementation of energy - saving technologies. However, the problem of expedited delivery of goods to the order of the shippers with the determination of the proper rate that is relevant in market conditions that have not been resolved and so it is considered in the article. On the basis of the analysis of the formulated aim, research objectives and methodological approach to their solution.

Keywords: analysis, quality, organization, performance, production, transport.

Білецький Ю.В. – ст. викл. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Бистрицький Р.В. – студент групи ТЛ-941м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Мірошникова М.В. – асистент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.
e-mail: translogstud@yandex.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 01.04.2015

УДК 656.225

**АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ,
ЯК ЗАСІБ ЕКОНОМІЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ****Найш Н.М., Аксьонов М.В., Івченко Ж.М.****ANALYSIS OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS,
AS A WAY OF ECONOMIC INTEGRATION OF UKRAINE****Naish N., Aksenov N., Ivchenko J.**

У статті здійснено аналіз стану контейнерної системи, вітчизняний і закордонний досвід розвитку контейнерних перевезень. Так само проведено аналіз створення мережі транспортних коридорів, який показує, що напрямком коридорів залежить від розташування міжнародних ринків збуту й споживання, розвитку нових економічних зон. Розглядаються питання переходу на більш економічні і прогресивні технології формування та пропуску контейнерних потоків, які відповідають вимогам ринку. Виділені постійні коридори для пропуску контейнерних поїздів, які передбачають створення умов для його руху з максимальною дільничною швидкістю. Маршрутизація перевезень, особливо відправника, є одним з вирішальних засобів скорочення простою вагонів з контейнерами на технічних станціях і прискорення їх обороту. Участь України в міжнародному транспортному ринку, складовою частиною якого є транспортні коридори, дає підставу здійснювати в їхніх межах контейнерні перевезення. Щоб не залишитися на узбіччі міжнародних транспортних шляхів, Україні необхідно нарощувати свій потенціал щодо перевезення і переробки контейнерів.

Ключові слова: Контейнер, транспортні коридори, вантажно-розвантажувальні роботи, залізничний транспорт.

Постановка проблеми. Розвиток економічних зв'язків сприяє налагодженню транспортних потоків між центрами економічної активності; пред'явленню якісно нових вимог до ефективності міжнародних перевезень. Обсяги зовнішньої торгівлі країн Східної та Південно-Східної Азії з Європою мають стабільну тенденцію до зростання. Географічне положення України дає значний потенціал як транзитній державі, де перетинаються вантажопотоки, як на сухопутних кордонах з європейськими країнами, так і в морських портах Чорного і Азовського морів [1].

В даний час на європейському рівні посилюється розуміння необхідності змін у залізничному секторі. До відмови від монопольного становища спонукають все більш активні нарікання на рівень обслуговування і структуру надаваних послуг, як у вантажних, так і пасажирських перевезеннях. Залізничні адміністрації змушені шукати шляхи підвищення привабливості цього виду транспорту [2].

Все це регламентує створення міжнародних транспортних коридорів (МТК), які покликані забезпечувати узгоджений розвиток інфраструктури транспортних мереж в країнах, через які вони проходять, а також держав, що межують з ними [3].

Укрзалізницею проведено комплексні роботи з дослідження ділянок, які входять в міжнародні транспортні коридори, з метою визначення обсягів інвестицій для розвитку їх інфраструктури. Дослідження щодо вибору оптимальних параметрів розвитку інфраструктури існуючої залізничної мережі для збільшення швидкості руху поїздів до 140 км/год показали, що вартість тільки капітального та середнього ремонтів верхньої будови колії по третьому коридору становить 55,6 млн. дол США, по 5-му коридору - 124,4 млн. дол США, по 9-му коридору - 100,5 млн. дол США. [4, 5].

При подальшому розвитку залізничного транспорту України повинен враховуватися той факт, що з появою Директив ЄС, які регулюють роботу залізничного транспорту, всі важливі компетенції у вирішенні стратегічних питань перенесені у сферу політичних рішень. Головним інструментом Європейського Співтовариства у справі забезпечення вільного руху товарів є введення спільного внутрішнього тарифу. Норми, які регулюють Єдиний митний тариф, випробували значні зміни [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз тенденцій переробки контейнерів у портах світу за останні три десятиліття (показник переробки являє собою суму кількості завантажених контейнерів на судно і вивантажених з судна, як порожніх, так і завантажених), показує, що протягом останніх 30 років переробка контейнерів у портах зростала в середньому в 1,6 рази кожні п'ять років. Простежується тенденція збереження таких темпів. Існує тенденція концентрації обробки контейнерів у спеціалізованих портах і контейнерних терміналах [7].

Проблеми створення системи організації вантажо-і контейнеропотоків, складання планів перевезень, розробки плану формування вантажних поїздів розг-

лянуті в роботах В.М. Акулінічева, С.В. Архангельського, К.А. Бернгарда, А.Ф. Бородіна, В.К. Буянової, В.К. Частки, М.Д. Іловайського, Г.І.Нечаєва, В.Т. Осипова, А.П. Петрова.

Нова економічна середина, в якій тепер вирішуються проблеми управління контейнерними потоками, зумовила розробку і використання теорії логістики. У роботах Г. Пфоля, Р. Юнеміна, Й. Челені а пізніше в роботах А.А. Смехова, Л.Б. Мірогіна, В.І. Сергеева, А.І. Воркута, В.К. Губенко розроблені загальні теоретичні положення логістики, які в цьому дослідженні стали вихідними для аналізу логістичних активностей і розробки логістичного ланцюга контейнерних перевезень.

Матеріали і результати дослідження. Контейнерну транспортну систему характеризує: комплексний розвиток технічних засобів, що представляють сукупність таких елементів як: контейнери, рухомий склад усіх видів транспорту, засобу механізації вантажно-розвантажувальних робіт; система планування перевезень у контейнерах; єдина технологія виконання транспортно-експедиційних операцій, у тому числі вантажно-розвантажувальних і інших допоміжних робіт, що поєднує роботу всіх служб на стиках різних видів транспорту, а також транспорту й клієнтури; раціональна організація контейнеропотоків з урахуванням прискореного просування вагонів, залізничних поїздів, автопоїздів, спеціалізованих морських і річкових судів на всіх видах транспорту й у змішаних повідомленнях, а також швидкої передачі з одного виду транспорту на інший; регулювання парків порожніх контейнерів, і спеціалізованого рухомого состава й забезпечення швидкої їхньої доставки в райони навантаження; єдине комерційно-правове регулювання контейнерних перевезень вантажів (єдині правила перевезень із урахуванням специфіки видів транспорту, технічні умови навантаження кріплення вантажів, контейнерів на транспортних засобах, системи обігу парку контейнерів, уніфікація вантажних документів); єдине економічне регулювання перевезень у контейнерах на всіх видах транспорту (узгодження тарифів на контейнерні перевезення по видах транспорту, створення, де це можливо й доцільно, єдиних тарифів для наскрізної доставки вантажів декількома видами транспорту, уніфікація зборів за допоміжні послуги на всіх видах транспорту, методика прогнозування й поточного планування обсягів перевезень вантажів у контейнерах, уніфікація обліку, звітності й розрахунків по перевезеннях); єдина система економічних і експлуатаційних показників, що характеризує забезпеченість потреб у перевезеннях, використання технічних засобів системи, ефективність усього перевізного процесу з виділенням вирішальних його елементів; формування номенклатури вантажів для перевезення в контейнерах, розробка оптимальної оптовості відправлень цих вантажів з урахуванням запитів споживачів продукції й кращого використання транспортних засобів; система оперативного керування контейнерними перевезеннями у внутрішніх і зовнішніх повідомленнях, на окремих видах транспорту і їх підрозділах, у стикових пунктах різних видів транс-

порту, а також транспорту й клієнтури. Усі ці елементи розвитку й поточної організації перевезень повинні бути взаємопогоджені в напрямку забезпечення єдності й безперервності перевізного процесу в кількісному і якісному відношенні по певних економічних і експлуатаційних показниках.

У повний комплекс технічних засобів контейнерної транспортної системи входять:

- універсальні й спеціалізовані – групові й індивідуальні контейнери різних типів і розмірів (по вантажопідйомності й габаритам);

- спеціалізовані або пристосовані для перевезення контейнерів транспортні засоби – типові й спеціалізовані вагони, автомобілі, автотягачі й автонапівпричепи, морські й річкові судна, спеціалізовані й неспеціалізовані для перевезення контейнерів, а також літаки й вертольоти;

- засобу механізації завантаження, розвантаження й перевантаження контейнерів – крани, важкі автонавантажувачі й автомобілі-самонавантажувачі, легкі легкі високоманеврені авто-і електронавантажувачі й інше підйомно-транспортне встаткування, використовуване на стиках різних видів транспорту – контейнерних пунктах, спеціалізованих станціях, причалах і терміналах для переробки контейнерів, а також на промислових підприємствах; засобу інформації, зв'язки, обробки оперативної документації звітності й автоматизованого планування й керування.

Універсальні контейнери діляться на два типи: уніфіковані й неуніфіковані. Параметри, розміри й конструкція уніфікованих контейнерів дозволяють використовувати їх на всіх видах транспорту в прямому й змішаному повідомленнях, а також для міжнародних перевезень. Уніфіковані контейнери типорозмірів 1А, 1С і 1Д (великотоннажні) прийняті в якості основних для створюваної в рамках СНД контейнерної транспортної системи. Вони розраховані на використання, як у внутрішньому, так і в міжнародному сполученнях. Середньотоннажні уніфіковані контейнери масою бруто 5 і 3 т використовують у внутрішніх, переважно сухопутних і частково в змішаних залізнично-водних сполученнях. З них УУК-5У і УУК-5 мають однакову масу бруто 5 т. При цьому розміри контейнерів УУК-5В (посиленої конструкції) однакові з контейнерами масою бруто 3 т. Універсальні неуніфіковані контейнери двох типорозмірів – масою бруто 1,25 т (АУК-1,25) і 0,625 т (АУК - 0,625) – призначені для прямих перевезень на автомобільному транспорті.

В оперативній роботі зарубіжні залізниці та контейнерні компанії тісно взаємодіють один з одним, координуючи свою діяльність для забезпечення високої якості транспортного обслуговування користувачів послугами контейнерних перевезень. Результати їхньої комерційної діяльності суворо розмежовані, і безпосередній вплив залізниць на контейнерні компанії здійснюється через національний орган управління або в рамках прав засновників акціонерних товариств.

Єдиного рішення з організації та управління контейнерними перевезеннями на залізницях Європи та США немає. Наприклад, Італійські державні залізниці

все змішані перевезення виділили в окрему дочірню компанію «Італконтейнер». У рамках Національного товариства французьких залізниць (НОФЖД) утворені дві дочірні компанії зі змішаних перевезень.

На Австрійських федеральних залізницях створена дочірня компанія «Комбікарго», і крім цієї, залізниця є вкладниками в Австрійській компанії з комбінованих перевезень ОКОМБІ. Всі європейські залізниці є акціонерами компанії за міжнародними змішаним перевезенням «Інтерконтейнер-Інтерфріго».

У Німеччині значні обсяги комбінованих перевезень виконуються компанією Transfracht International (TFI), яка є дочірнім підприємством АТ «Німецькі федеральні залізниці». На закордонних залізницях контейнерні перевезення не перебувають у віданні залізничних адміністрацій, а виділені в самостійний вид транспортної діяльності. Контейнерні компанії в основному організуються у формі дочірніх підприємств, яким в управлінні передаються термінали, контейнерний парк, а на ряді залізниць і спеціалізований рухомий склад.

Діяльність контейнерних компаній як незалежних суб'єктів на ринку транспортних послуг цілком відділена від діяльності перевізника. Організаційно-правовий статус таких компаній визначається формою власності їх засновників. Майно контейнерним компаніям може передаватися безоплатно або на правах оренди. У ряді випадків контейнерні компанії орендують рухомий склад та інші види транспортного обладнання разом з взаємодіючими з ними експедиторськими компаніями. Інтереси контейнерних компаній і залізниць цілком збігаються, що сприяє їх успішній діяльності з продажу послуг та повному задоволенню вимог відправників та одержувачів вантажів.

В даний час контейнеризація вантажів у світі сягає приблизно 55 %, тобто із загального обсягу контейнеропригодних вантажів більше половини перевозиться в контейнерах. Найбільш висока динаміка розвитку контейнерних перевезень припадає на останні 15 років. У цей період обсяг перероблених контейнерів у портах світу в середній рік зростає на 8-10 % на рік.

У середині 2000 діючий парк «морських контейнерів» становив 14,3 млн. TEU (як належать судовласникам, так і орендовані), що в два рази перевищувала кількість контейнерів у 1990 році. До 2005 контейнерний парк виріс до 21 млн. TEU. Обороти кожного TEU в навантаженому стані у 2000 р. дорівнює, як і в 1999 році, 3,7 на рік. Всього в світі в рік виробляється 1,6 млн. TEU, в т.ч. в Китаї 1,3 млн. контейнерів.

Доцільно виділити наступні аспекти:

- Високі темпи розвитку світової торгівлі і, особливо, готовою продукцією, прагнення знизити її собівартість, транспортну складову в кінцевій ціні товару, об'єктивно змушували створювати і впроваджувати нові перевізні технології. Цим пояснюється розвиток контейнерних перевезень, створення нових типів контейнерів, які б за своїми технологічними параметрами задовольняли попит вантажовідправника, спеціалізованих судів, спеціальної переробки вантажів та ін

- Контейнерні перевезення в світі отримали стрімкий розвиток між тими регіонами, в яких або відзначався значне зростання виробництва готової продукції (контейнеропригодних вантажів), наприклад, Китай, країни Південно-Східної Азії, або зростало споживання таких товарів - європейські країни, США.
- У багатьох країнах світу (наприклад, в КНР, в Республіці Корея, в транзитних країнах Близького Сходу та ін) розвитку контейнерного бізнесу велику увагу було приділено з боку держави. У першу чергу це стосується створення відповідної законодавчо-правової бази, сприятливого інвестиційного та ділового клімату для компаній, задіяних в даному бізнесі.
- В даний час спостерігається процес формування великих вузлових портів здатних приймати величезні контейнеропотоки, переробляти їх і потім перенаправляти контейнерні вантажі в субрегіони дрібнішими партіями. Багато в чому це пояснюється і розвитком будівництва великотоннажних суден-контейнеровозів, здатних доставляти за один рейс до 8000 TEU. Це пов'язано, також з прагненням знизити питому вартість перевезень в перерахунку на один контейнер.
- В даний час спостерігається процес зрощування (злиття/поглинання) великих компаній - перевізників. Це вкладається в загальносвітові тенденції розвитку економіки на сучасному етапі. Таким чином, в перспективі можлива поява нових великих конгломератів, які різко підвищать свою значимість на ринку контейнерних послуг і, певною мірою, контролюватимуть його окремі сегменти, наприклад, ті чи інші лінії, великі термінали і т.д. Це буде мати великий вплив на тарифну політику.
- У тарифній політиці у сфері надання контейнерних послуг найближчим часом, ймовірно, відбудуться певні зрушення, які потребують додаткового аналізу. Мова йде про більш тісній ув'язці зростаючого пропозиції по тоннажу, про розвиток контейнерного лізингу, про фідерних перевезеннях і широкому впровадженні технології «від дверей до дверей». У дослідженнях зарубіжних фахівців питань швидкості доставки контейнерів у міжконтинентальному повідомленні практично не приділяється місце. Велика увага звертається на дотримання розкладу, на питання сервісу, прискорення переробки вантажів у портах, на митні технології.

У період до 2016 р. контейнерні перевезення в повідомленні Азія - Європа - Азія будуть рости в межах 5... 9 % на рік. Ці припущення ґрунтуються на прогнозних оцінках економічного зростання в країнах ПСА та ЄС, виходять з того, що частка перевезень контейнеропригодних вантажів у контейнерах збільшиться з нинішніх 55 % до 70 % в 2016 р.

Висновки. Необхідно розвивати можливості переробки контейнерів у портах, мережу контейнерних терміналів у найбільших містах України, спрощувати митні та інші формальності при контролі контейнерів, особливо транзитних, на морських і сухопутних кор-

донах держави. Щоб не залишитися на узбіччі міжнародних транспортних шляхів, Україні необхідно нарощувати свій потенціал щодо перевезення і переробки контейнерів.

Л и т е р а т у р а

1. Гаал Й. О транспортной политике: Директивы ЕС в области железнодорожного транспорта // Бюл. ОСЖД. – 2003. – №6. – С. 11-16.
2. Дьомін Ю.В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення). – К.: Юнікон-Прес, 2001. – 342 с.
3. Кірка Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему: Монографія. – 2-ге вид., переробл. і доп. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2004. – 248 с.
4. Международные транспортные коридоры Украины: сети и моделирование / А.А. Бакаев и др. – К.: КУЭТТ, 2003. – Т. 1.: Наземные виды транспорта. – 518 с.
5. Пасічник В.І. Теоретичні основи економіки експлуатаційної діяльності залізниць: Монографія. – К.: Наук.світ, 2003. – 222 с.
6. Внукова С. Економко-правові основи забезпечення ефективності транзитних перевезень вантажів на залізницях України // Зб. наук. праць НАУ. – 2001. – Вип. 6. – С. 156-160.
7. Музикіна Г.І., Бех П.В. Аналіз та перспективи розвитку контейнерних перевезень. // Праці II науково-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління». –К.: КУЕТТ. – 2004. – С. 158-159.

R e f e r e n c e s

1. Gaal Y. O transportnoy politike: Direktivi ES v oblasti zheleznodorozhnogo transporta // Byul. OSZhD. – 2003. – #6. –S. 11-16.
2. DomIn Yu.V. Zallzнична tehnika mIzhnarodnih transportnih sistem (vantazhni perevezennya). – K.: Yunlkon-Pres, 2001. – 342 s.
3. KIrpa G.M. IntegratsIya zallzничного transportu UkraYini u Evropeysku transportnu sistemu: MonografIya. – 2-ge vid., pererobl. I dop. – D.: Vid-vo DnIpropetr. nats. un-tu zallzn. трансп. Im. akad. V.Lazaryana, 2004. – 248 s.
4. Mezhdunarodnyie transportnyie koridoryi Ukrainyi: seti i modelirovanie / A.A. Bakaev i dr. – K.: KUETT, 2003. – T. 1.: Nazemnyie vidi transporta. – 518 s.
5. PasIchnik V.I. TeoretichnI osnovi ekonomIki ekspluatatsIynoYi dIyalnostI zallznits: MonografIya. – K.: Nauk.svIt, 2003. – 222 s.
6. Vnukova S. Ekonomko-pravovI osnovi zabezpechennya efektyvnostI tranzitnih perevezen vantazhIv na zallznitsyah UkraYini // Zb. nauk. prats NAU. – 2001. – Vip. 6. –S. 156-160.
7. MuzikIna G.I., Beh P.V. AnalIz ta perspektivi rozvitku konteynernih perevezen. // PratsI II nauково-prakt. конф. «Problemi ta perspektivi rozvitku transportnih sistem: tehnika, tehnologIya, ekonomIka I upravlnnya». –K.: KUETT. – 2004. – S. 158-159.

Найш Н.М., Аксенов М.В., Івченко Ж.М. Аналіз міжнародних транспортних коридорів, як способ економічної інтеграції України.

В статье осуществлен анализ состояния контейнерной системы, отечественный и зарубежный опыт развития контейнерных перевозок. Так же проведен анализ создания сети транспортных коридоров, который показывает, что направление коридоров зависит от расположения международных рынков сбыта и потребления, развития новых экономических зон. Рассматриваются вопросы перехода на более экономичные и прогрессивные технологии формирования и пропуска контейнерных потоков, которые отвечают требованиям рынка. Выделены постоянные коридоры для пропуска контейнерных поездов, которые предусматривают создание условий для его движения с максимальной участковой скоростью. Маршрутизация перевозок, особенно отправителя, является одним из решающих средств сокращения простоя вагонов с контейнерами на технических станциях и ускорения их оборота. Участие Украины в международном транспортном рынке, составной частью которого являются транспортные коридоры, дает основание осуществлять в их пределах контейнерные перевозки. Контейнеризация составляет одну из основных тенденций развития транспортировки грузов. Чтобы не остаться на обочине международных транспортных путей, Украине необходимо наращивать свой потенциал по перевозке и переработке контейнеров.

Ключевые слова: Контейнер, транспортні коридори, вантажно-розвантажувальні роботи, залізничний транспорт.

Naish N., Aksenov N., Ivchenko.J. Analysis of international transport corridors, as a way of economic integration of Ukraine.

The article analyzes the state of the container system, domestic and foreign experience of development of container traffic. As the analysis of the creation of a network of transport corridors, which shows that the direction of corridors depends on the location of international markets and consumption, the development of new economic zones. Discusses the transition to more efficient and advanced technologies of formation and crossing flows of containers that meet the requirements of the market. Selected permanent corridors for the passage of container trains, which provide for the creation of conditions for his precinct with a maximum speed. Routing of traffic, especially of the sender, is one critical means of reducing idle cars with containers technical service stations and accelerate their turnover. Ukraine's participation in the international transport market, part of which are transport corridors, provides a basis to implement their container shipments. Containerization is one of the main trends in the development of transportation. Not to be left on the sidelines of international transport routes, Ukraine needs to build its capacity for the transportation and recycling containers.

Keywords: Container, transport corridors, loading and unloading, railway transport.

Найш Н.М. – ст..викл. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ШУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк. e-mail: translogstud@yandex.ru.

Аксенов М.В. – студент групи ТЛІз-241м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ШУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Івченко Ж.М. – бухгалтер ШУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, e-mail: gannaiv@mail.ru

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

УДК 629.4.023

МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ НАКЛАДОК ТОКОПРИЕМНИКОВ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Горобец В.Л., Бабяк Н.А., Ярмак А.Я., Бондарев А.М.

METHODOLOGY OF COMPLEX ESTIMATION OF OPERATING QUALITIES OF ELECTRIC LOCO CURRENT COLLECTORS SHIN

Horobets V., Babyak N., Yarmak A., Bondarev A.

В статье рассмотрена методология комплексной сравнительной оценки эксплуатационных качеств накладок токоприемников электроподвижного состава. Исследование поведения скользящего контакта, которым является пара «вставка - контактный провод» носит комплексный характер. Воздействие эксплуатационных факторов на качество токосъема настолько разнообразны, что постановка чистого эксперимента связана с продолжительными и дорогими испытаниями. В работе предложенная методика сравнительной оценки эксплуатационных качеств накладок токоприемников электроподвижного состава, который позволяет достаточно корректно учесть условия их эксплуатации при относительно небольшом объеме лабораторных и натурных испытаний. Получены необходимые результаты для накладок разных производителей.

Ключевые слова: накладки, вставки, токоприемник, электроподвижной состав.

Введение. Большая часть выработанной электроэнергии тем, или другим путем проходит через разные электрические контакты. Согласно ГОСТ 14312 [1] электрическим контактом называют соединение тел, которые обеспечивают непрерывность электрической цепи. В ряде случаев электрические контакты, кроме своего основного назначения - пропускать электрический ток, исполняют роль деталей, без которых невозможно провести монтаж ряда сооружений (контактная подвеска электрифицированных железных дорог).

Развитию электрифицированных дорог уделялось и уделяется большое внимание. В связи с этим, постоянно ведутся работы по совершенствованию и повышению надежности используемых электрических контактов, которые участвуют в обеспечении передачи электрической энергии из контактной сети на электроподвижной состав. При этом, арматура контактной сети предназначена для объединения проводов в контактной подвеске в единую неподвижную часть скользящего электрического контакта. Электрический ток сквозь сильноточный скользящий контакт снимается с контактного провода токосъемными элементами поло-

зов токоприемников и поступает в силовую цепь подвижного состава.

Постановка проблемы. Исследование поведения скользящего контакта, которым является пара «вставка - контактный провод» носит комплексный характер. Влияние эксплуатационных факторов на качество токосъема настолько многообразно, что постановка чистого эксперимента сопряжена с весьма длительными и дорогостоящими испытаниями. В самом деле, для проведения таких испытаний необходимо выделить достаточно протяженный экспериментальный электрифицированный участок, тяговый подвижной состав, который будет по нему обращаться, выполнить капитальный ремонт контактной сети с установкой нового контактного провода, после чего провести на протяжении длительного времени эксплуатацию накладок с периодическим контролем состояния токоприемников и контактного провода в разных климатических условиях. Данные испытания повторяются для каждого типа накладок. Таким образом, целью данной работы является сокращение объемов и сроков испытаний за счет применения комплексного подхода к решению данной проблемы.

Анализ последних исследований и публикаций. Рассмотрение научной литературы [2-15] по проблеме скользящих контактов, которые коммутируют большие токи на железной дороге, показывает следующее:

- действие многочисленных факторов, зависящих от конструкции и материалов контактов, условий эксплуатации и действий внешней среды, термических влияний, режимов ведения поездов, интенсивности грузопотоков вызывают комплексное влияние на качество токосъема, надежность и долговечность накладок и вставки пантографов и контактного провода;

- проблема повышения долговечности контактной пары «вставка - контактный провод» имеет противоречия, то есть требования, какие конфликтные одна к одной;

- эксплуатация сильноточного скользящего контакта в отличие от широко распространенных на практике узлов трения сопровождается действием электрического тока на процессы внешнего трения и закономерности износа. При этом необходимо учитывать, что работоспособность скользящих контактов, связанная с их износом, в значительной степени определяется теми процессами, которые происходят в поверхностных слоях взаимодействующих пар трения в обычных трибологических системах;

- некоторые большие эрозийные повреждения наблюдаются в случае металлического контакта, при этом из-за высокой плотности тока на участках плотного контакта происходят расплавления металла, его испарение и кипение, то есть контактная взрывная эрозия;

- в результате химических реакций и прохождения тока на поверхности контактов формируются особые слои, отличающиеся от слоев, которые образуются при окислении обычных фрикционных пар трения;

- основное влияние на надежность контактов оказывают факторы обычного повреждения и разрушения их поверхностей трения;

- снизить электрическую эрозию контактного провода и токоприемных элементов можно, уменьшив приведенную массу полоза, потому более пригодными к эксплуатации следует считать более легкие их комплекты;

- рост площади контакта в результате увеличения числа рядов токоприемных элементов на полозе или

употребления двух полостей вместо одного позволяет снизить износ контактов до 2,5 раз;

- увеличение числа точек контакта, а тому, и снижение их нагрева при токоприеме достигается уменьшение износу контактного провода овальной формы. Такой же результат по износу провода можно получить при уменьшении падения напряжения в контакте, что возможно в случае снижения удельного электрического сопротивления материала токоприемных элементов;

- разные типы накладок и вставок пантографов вызывают взаимное влияние на контактную пару «накладка-контактный провод», который может, как улучшать, так и ухудшать эксплуатационные условия токоприема;

- взаимное влияние на контактную пару "накладка-контактный провод" не проявляется немедленно, для его исследования в условиях эксплуатации нужен достаточно длительный период.

Методика сравнительной оценки качества накладок (вставок) пантографов (далее - методика) должна в сжатые сроки времени давать достаточно объективные оценки качества токоприема, надежности и долговечности накладок и вставок токоприемников и контактного провода.

Методика должна позволять внедрение прогрессивных технологий токоприема и обеспечивать подготовку к проведению опытных эксплуатационных испытаний новых, перспективных образцов накладок и вставок токоприемников.



Рис. 1. Методика сравнительной оценки качества накладок токоприемников

Цель статьи. В работе предложен комплексный подход, позволяющий максимально возможно учесть многообразие факторов, влияющих на надежность, безопасность и долговечность токопровода электроподвижного состава.

Результаты исследований. Учитывая изложенное выше, целесообразно предложить методику сравнительной оценки качества накладок (вставок) токоприемников, приведенную на рисунке 1.

На первом этапе проведения работ следует определить номенклатуру накладок (вставок) пантографов, которые имеют позитивный опыт эксплуатации или указанный довод подтверждаются предыдущими теоретическими или экспериментальными исследованиями.

На втором этапе проведения работ следует проанализировать особенности конструктивного выполнения предлагаемых образцов накладок пантографов с целью оценки их влияния на качество токопровода и долговечность контактной пары «накладка-контактный провод».

На данных этапах целесообразно учесть опыт эксплуатации конструкций - аналогов (без учета при этом влияния механических и электрических характеристик материала накладки на ее эксплуатационные качества).

Как указывалось выше, полная оценка влияния материала и конструкции вставок токоприемника на состояние контактной сети требует долговременных исследований, что препятствует внедрению его новых, перспективных конструкций. Поэтому в данной методике предлагается двухэтапное исследование свойств опытных вставок следующим образом.

Сначала на этапе 3 устанавливаются закономерности взаимодействия вставки и контактного провода в идеальных условиях (при сухом трении, отсутствии электроэрозии и комнатных климатических условиях, что отвечает движению локомотива на выезде по новому контактному проводу и в идеальных условиях окружающей среды).

После этого, при выполнении этапа 4, опытные комплекты вставок передаются на ускоренные эксплуатационные испытания, с целью оценки их работоспособности в тяжелых эксплуатационных условиях на линиях, состояние которых обусловлено предыдущей историей эксплуатации.

Результатом проведенных испытаний условен рейтинговый список, который устанавливает приоритет и ограничение использования опытных вставок (накладок) пантографов, после чего они допускаются к опытной эксплуатации на участках железных дорог со следующим анализом их результатов.

Рейтинговая оценка вставок определенного типа (определенного производителя) формируется по выражению, приведенному ниже

$$R_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{gj} R_{ci} Y_{ki} \quad (1)$$

где R_k - условная рейтинговая оценка накладок k - того типа; R_{gj} - весовая оценка важности параметра в группе параметров; R_{ci} - условная весовая оценка важности

параметра; Y_{ki} - безразмерный (относительно определенной накладки - эталона) параметр ее качества; k - количество типов накладок; n - общее количество групп параметров; m - количество параметров качества накладок.

Проблема определения весовых коэффициентов является существенно важной и может быть получена на основании метода экспертных оценок. Но субъективный характер получения таких оценок может ввести дискуссионный элемент в их интерпретацию.

Методы экспертных оценок - это методы организации работы со специалистами-экспертами и обработки мнений экспертов. Эти мысли обычно выражены частично у количественной, частично в качественной форме. Экспертные исследования проводят с целью подготовки информации для принятия решений ЛПР (ЛПР - лицо принимающее решение). Для проведения работы из метода экспертных оценок создается Рабочую группу (сокращенно РГ), что и организует из поручения ЛПР деятельность экспертов, объединенных (формально или по существу) в экспертную комиссию (ЭК).

Экспертные оценки бывают индивидуальные и коллективные. Индивидуальные оценки - это оценки одного специалиста. Но в сложных случаях обращаются к коллективной мысли.

На данное время известны следующие методы экспертных оценок.

«Метод Делфи». С древних времен такая процедура известна как метод «Делфи». В несколько этапов выдается анкета с информацией, усредняется, отбрасываются варианты и опять предлагаются к рассмотрению. Особенности метода :

- полный отказ от личных контактов экспертов и коллективных обсуждений;
- многотуровая процедура опроса экспертов (обычно четыре тура);
- обеспечение экспертов информацией, обмен информацией при сохранении анонимности, аргументации и критики;
- обоснование ответов экспертов по запитых организаторов.

В 1-ом туре опроса экспертам выдается анкета (лично, по почте, с помощью ЭВМ и др.), собираются ответы, обрабатываются результаты, каждый эксперт знакомится с результатами.

Во II -ом туре опроса результаты опроса наносятся на шкалу, определяется медианное значение, квантили и экспертам предлагается скорректировать свою оценку, чтобы вписать в интервал между квантилями. При изменении мысли или отказе от изменения нужно объяснить свое решение.

В III - туре всем экспертам предоставляются все экспертные оценки и вся аргументация (с сохранением анонимности).

Если ответы экспертов перестают изменяться, это является сигналом к прекращению опроса. По решению лица, которое проводит опрос, объяснение могут представляться лишь экспертами, мнения которых существенно отличаются от среднего.

Метод «Фокусных групп». В практике пилотажных исследований используется метод «Фокусных групп». Особенно эффективный он при изучении рекламы, отношения к новым неизвестным явлениям и процессам. Как думают, этот метод дает неидеологизированный срез мыслей, отношений на подсознательном уровне.

Правила организации исследования :

- численность группы не должна превышать 8-10 человек, чтобы все могли интенсивно участвовать в дискуссии, которая направляется модератором;
- члены группы должны быть отобраны случайно, но с соблюдением правил метода квотной выборки, и не должны быть знакомые друг с другом;
- члены группы не должны быть информированы о теме и целях дискуссии к ее началу;
- модератор должен владеть достаточной suggestивностью, чтобы направлять группу и не поддаваться ее давлению;
- модератор не должен навязывать свое мнение респондентам, а только управлять дискуссией в соответствии со сценарием;
- модератор должен уметь подключать к дискуссии разных членов группы и вести ее с такой интенсивностью, чтобы респонденты не думали о "правильных" штампах ответов.

Длительность дискуссии не должна превышать 1,5 - 2 часа. Количество групп и их состав зависят от задач исследования и объекта оценки (от 2 до 8 групп). Группы могут быть одинаковые по составу для параллельного сопоставления или две разных однородных группы для контрастного выявления расхождений в установках. Дискуссия проводится по загодя разработанному сценарию, содержание которого известно только модератору. Ведется запись дискуссии, которая потом расшифровывается и анализируется.

Метод морфологического анализа. Метод, предложенный австрийским астрономом Адольфом Цвики, позволяет проектировать новые до сих пор невиданные конструкции, товары, процессы. Экспертам предлагается система критериев оценки объекта (например, для автомобиля, это будут: скорость, мощность, вместимость, экономичность и тому подобное) и варианты значений оценки по этим критериям. Выбирая эти значения, эксперты прогнозируют и проектируют появление нового объекта. Формы проведения анализа и представления модели объекта могут быть разными. Это, например, может быть морфологический ящик и др.

Метод парных сравнений. Данный метод позволяет прибавить весовые значения анализируемым явлениям и событиям и устанавливать их приоритетность. В результате сравнения создается методика оценивания и сравнения анализируемых объектов.

В данной статье, с учетом сложной специфики вопроса принято решение применения системы рейтинговых показателей, которая состоит из двухэтапного оценивания степени важности показателей по выбранным их группам, а также внутри каждой группы. При этом сами показатели нормируются относительно

максимальных их значений из выборки по типу (производителю).

На основании анализа информации, полученной от причастных подразделений Укрзалізничці, предлагаются следующие значения условных рейтинговых коэффициентов по группам параметров, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Значения условных рейтинговых коэффициентов по группам параметров

№ п/п (j)	Название группы параметров	Значение коэффициента Rg
1	Износ контактного провода лабораторный	0,5
2	Износ накладки (вставки) лабораторный	0,3
3	Нарушение целостности накладки (вставки), которое может привести к аварийной ситуации	1,0
4	Нарушение целостности накладки (вставки), которое не приводит к аварийной ситуации	0,3
5	Удобство эксплуатации и обслуживания	0,1
6	Качества прочности и структуры	0,4
7	Показатели безаварийной длительности эксплуатации накладки (вставки)	0,5
7	Конструктивное выполнение накладки (вставки)	0,2
8	Износ накладки (вставки), ускоренные испытания	0,6

Величины весовых коэффициентов в группе параметров также определены методом рейтинговых оценок и в данной статье не приводятся.

Нормируемые величины показателей Y_{ki} (диапазон изменения значений $0 \div 1$) могут иметь два разных смысла, то есть наивысшему качеству отвечает значение 0, а самой низкой - 1, и наоборот. Поэтому в первом случае (с целью получения увеличения показателя качества при уменьшении его величины) применяется линейно обратная величина

$$Y'_{ki} = 1 - Y_{ki} \quad (2)$$

Целью данного исследования является определение номенклатуры накладок пантографов разных производителей. Описание указанных накладок приведено в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики объектов исследования

№ п/п	Название образца	Короткая характеристика метода изготовления	Производитель
1	2	3	4
1	ПКД-4	Изготовлены методами порошковой металлургии из смеси порошков	ООО "ИнтерКонтактПриор", г. Киев, Украина
2	Пантографная медь	Изготавливается из пантографной меди, ГОСТ 859-66, ГОСТ 434-78(шина медная 6x30)	Данные отсутствуют

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
3	НМГ 1200	Накладки изготавливаются из двухслойного материала. Часть накладки изготовлена из слоистого ноздреватого композиционного материала, другая часть – мед-ная.	НТЦ «Реактивэлектрон» НАНУ, г. Донецк, Украина
4	МГ-487	Рецептура Cu – 88.8 Fe - 4.82; Pb -4.3 Ni – 0.47; C - 0.95. Данные относительно технологии изготовления отсутствуют	«Электрокарбон», Словакия



Рис. 2. Фрагменты накладок после проведения испытаний (приведена их нумерация в соответствии с данными таблицы 2)

Обобщая проведенные исследования построена общая рейтинговая таблица (таб. 3).

Общий вид объектов исследования приведен на рисунке 2.

Таблица 3

Общая рейтинговая таблица накладок постоянного тока

№ з/п	Название параметра	R_{gj}		R_{ci}		Y_{ki} для накладки $k=$			Составляющая R_k для накладки $k=$		
		J=	Знач.	i=	Знач.	1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Секционная или сплошная накладка	7	0,2	1	0,8	1	0,7	0,7	0,16	0,112	0,112
2	Технологичность монтажа	5	0,1	2	0,5	0,8	0,7	0,7	0,04	0,035	0,035
3	Расплавление материала накладки	4	0,3	3	0,6	1	0,6	0,4	0,18	0,108	0,072
4	Зародышевое местное разрушение, которое может быть причиной пропила	3	1	4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,42	0,42
5	Разрушение накладки	3	1	5	0,8	0	0	0	0	0	0
6	Механический износ контактного провода	1	0,5	1	1	0,221	0	0,818	0,111	0	0,409
7	Механический износ накладки	2	0,3	2	0,8	0	0,11	0,303	0	0,026	0,073
8	Износ по толщине накладки, ускоренные испытания	8	0,6	1	0,8	0,63	0	0,37	0,3024	0	0,178
9	Износ контактного провода (ускоренные испытания)*	9	1	1	1	0	0	0	0	0	0
10	Значение R_k								1,393	0,701	1,298

* - примечание: предполагаемый результат в предположении одинакового износа всех типов

Вывод. Таким образом, предложена методология сравнительной оценки эксплуатационных качеств накладок токоприемников электроподвижного состава, позволяющая достаточно корректно учесть условия их эксплуатации при относительно небольшом объеме лабораторных и натурных испытаний. Получены требуемые результаты для накладок разных производителей.

Л и т е р а т у р а

- ГОСТ 14312-79 - Контакты электрические. Термины и определения. – М: Издательство стандартов, 1980. 4 с.
- Берент В.Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта [Текст] В.Я. Берент.-М.: Интекст. 2005. - 408 с.
- Алехин В.П. Особенности микропластического течения в приповерхностных пластах материалов и их влияние на общий процесс микропластической де-

- формации [Текст] В.П. Алехин, М.Х. Шоршоров - М.:ИМЕТ им. Байковая АН СССР, 1973.- 82 с.
- Костецкий Б. И., Механические процессы при пограничном трении. [Текст] Б. И. Костецкий, М. Э. Натансон, Л. М. Бершадский.- М.: Наука, 1972.- 170 с.
- Гарбар И. И. Кинетика развития дислокационной структуры меди в процессе трения [Текст] И. И. Гарбар // Трение и износ. 1982. Т. 3. № 5. С. - 882 - 887.
- Bates T. R. Comments on the paper delemination theory by N. P. Syh, -Author's reply [Текст] T. R. Bates, K. C. Ludema //Wear. 1974. V. 28. № 1. P. 141 - 144.
- Крагельский И. В. Трение и износ. [Текст] И. В. Крагельский М.: Машиностроение, 1968. -497 с.
- Хольм Р. Электрические контакты [Текст] Р. Хольм - М.: Иностранная литература, 1961 - 464 с.
- Gat M. Effect of temperature on the erosion of metals [Текст] M. Gat, W. Tabakoff, T. Wakeman // Thin Solid Films. 1979. V. 64. № 2. -P. 219 - 220.

10. Eyre T. S. Surface aspects of unlubricated metal-to-metal wear [Текст] Т. S. Eyre, D. Maynard // Wear. 1971. V. 18. № 4. - P. 301-310.
11. Спицын В. И. Электропластическая деформация металлов. [Текст] // В. И. Спицын, О. А. Троицкий. – М.: Наука, 1985. - 160 с.
12. Копытин Ф.А. К вопросу о переходных сопротивлениях электрических контактов реле и контакторов постоянного тока [Текст] Ф.А. Копытин - в кн. Математические и теоретические проблемы в контактной технике. Алма-Ата: Ин-т экономики АН Каз. ССР, 1970 -С. 102-109.
13. Кончиц В. В. Триботехника электрических контактов [Текст] // В.В. Кончиц, С. С. Мешков, Н. К. Мишкин// Минск: Наука и техника, 1986. - 256 с.
14. Лившиц П. С. Скользящий контакт электрических машин. [Текст] П. С. Лившиц М.: Энергия, 1974. - 271 с.
15. Берент В. Я. Изучение причин повреждений проводов электрифицированного транспорта [Текст] // В. Я. Берент// Экспресс-информация. Ж.-д. транспорт за границей. М.: ЦНИИТЭИ МПС, 1980. Вып. 6. Сб. 111. - С. 19-26.

References

1. GOST 14312-79 - Kontaktyi elektricheskije. Terminy i opredeleniya. – М.: Izdatelstvo standartov, 1980. 4 s.
2. Berent V.Ya. Materialy i svoystva elektricheskikh kontaktov v ustroystvakh zheleznodorozhnogo transporta [Tekst] V.Ya. Berent.-М.: Intekst. 2005. - 408 s.
3. Alehin V.P. Osobennosti mikroplasticheskogo techeniya v pripoveryhnostnykh plastakh materialov i ih vliyaniye na obshchiy protsess mikroplasticheskoy deformatsii [Tekst] V.P. Alehin, M.H. Shorshorov - М.:IMET im. Baykovaya AN SSSR, 1973.- 82 s.
4. Kostetskiy B. I., Mehanicheskie protsessy pri pogranichnom trenii. [Tekst] B. I. Kostetskiy, M. E. Natanson, L. M. Bershadskiy.- М.: Nauka, 1972.- 170 s.
5. Garbar I. I. Kinetika razvitiya dislokatsionnoy struktury medi v protsesse treniya [Tekst] I. I. Garbar // Trenie i iznos. 1982. T. 3. # 5. S. - 882 - 887.
6. Bates T. R. Comments on the paper delemation theory by N. P. Syh, -Author's reply [Текст] T. R. Bates, K. C. Ludema //Wear. 1974. V. 28. № 1. P. 141 - 144.
7. Kragelskiy I. V. Trenie i iznos. [Tekst] I. V. Kragelskiy М.: Mashinostroenie, 1968.-497 s.
8. Holm R. Elektricheskije kontaktyi [Tekst] R. Holm - М.: Inostrannaya literatura, 1961 - 464 s.
9. Gat M. Effect of temperature on the erosion of metals [Text] /M. Gat, W. Tabakoff, T. Wakeman // Thin Solid Films. 1979. V. 64. № 2. -P. 219 - 220.
10. Eyre T. S. Surface aspects of unlubricated metal-to-metal wear [Text] / T. S. Eyre, D. Maynard // Wear. 1971. V. 18. № 4. - P. 301-310.
11. Spitsyin V. I. Elektroplasticheskaya deformatsiya metallorv. [Tekst] //V I. Spitsyin, O. A. Troitskiy. – М.: Nauka, 1985. - 160 s.
12. Kopyitin F.A. K voprosu o perehodnykh soprotivleniyah elektricheskikh kontaktov rele i kontaktorov postoyannogo toka [Tekst] F.A. Kopyitin - v kn. Matematicheskie i teoreticheskie problemy v kontaktnoy tehnike. Alma-Ata: In-t ekonomiki AN Kaz. SSR, 1970 -S. 102-109.
13. Konchits V. V. Tribotekhnika elektricheskikh kontaktov [Tekst]// V.V. Konchits, S. S. Meshkov, N. K. Mishkin// Minsk: Nauka i tehnika, 1986. - 256 s.

14. Livshits P. S. Skolzhaschiy kontakt elektricheskikh mashin. [Tekst] P. S. Livshits М.: Energiya, 1974. - 271 s.
15. Berent V. Ya. Izuchenie prichin povrezhdeniy provodov elektrifitsirovannogo transporta [Tekst]// V. Ya. Be-rent// Ekspress-informatsiya. Zh.-d. transport za granitsey. М.: TsNIITEI MPS, 1980. Vyip. 6. Sb. 111. - S. 19-26.

Горобець В.Л., Баб'як М.О., Ярмак А.Я., Бондарєв О.М. Методологія комплексної оцінки експлуатаційних якостей накладок струмоприймачів електрорухомого складу.

У статті розглянуто методологію комплексної порівняльної оцінки експлуатаційних якостей накладок струмоприймачів електрорухомого складу. Дослідження поводження ковзного контакту, яким є пара «вставка - контактне проведення» носить комплексний характер. Вплив експлуатаційних факторів на якість струмознімання настільки різноманітним, що постановка чистого експерименту пов'язана з тривалими й витратними випробуваннями. У роботі запропонована методика порівняльної оцінки експлуатаційних якостей накладок струмоприймачів електрорухомого складу, що дозволяє досить коректно врахувати умови їхньої експлуатації при відносно невеликому обсязі лабораторних і натурних випробувань. Отримано необхідні результати для накладок різних виробників.

Ключові слова: накладки, вставки, струмоприймач, електрорухомий склад.

Horobets V., Babyak N., Yarmak A., Bondarev A. Methodology of complex estimation of operating qualities of electric loco current collectors shin.

Methodology of complex comparative estimation of operating internalss of protective straps of pantographs of electric loco is considered in the article, including laboratory and field researches. Research of sliding contacts conduct which a pair is "insertion - a pin wire" carries complex character. In the foodchains of electric devices, checking and automation of electro-mobile composition systems an electric current passes through the different types of contacts. Influence of operating factors on quality of pantographs so variedly, that raising of net experiment is attended with the very protracted and expensive tests. Methodology of comparative estimation of operating internalss of protective straps of pantograph of electric loco is in-process offered, allowing it is correct enough to take into account their external environments at the relatively small volume of alpha and model tests. The required results are got for the protective straps of different producers. and model tests. The required results are got for the protective straps of different producers.

Keywords: protective straps, insertions, pantograph, electric loco.

Горобець В.Л. – д.т.н., проф., головн.н.співр. Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна e-mail: v-gorobets@mail.ru.
Баб'як М.О. – к.т.н., доцент Львівської філії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна.
Ярмак А.Я. – інж., Укрзалізниця.
Бондарєв О.М. – к.т.н., доцент Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна.

Рецензент: д.т.н., проф. Осенін Ю.І.

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 1 (218) 2015**

Науковий журнал

Відповідальний за випуск

Чернецька-Білецька Н.Б.

Оригінал-макет

Шворнікова Г.М.

Статті надруковано в авторській редакції

Підписано до друку 20.04.2015 р.
Формат 60 x 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 35,6. Обл.-вид. арк. 36,7.
Наклад 300 прим. Вид. № 3010. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: просп. Радянський 59-А
м. Северодонецьк, 93400, Україна
E-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com

Надруковано у ПП «Поліграф-Сервіс»
Свідоцтво про реєстрацію серія АОО №049269
93406, м. Северодонецьк, проспект Гвардійський,30
тел.: (0645) 70-14-41, (095) 850-61-53
e-mail: poligrafSDLK@ukr.net