МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ВІСНИК

Східноукраїнського національного університету імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 3 (233)
2017

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Сєвєродонецьк 2017

ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 3 (233) 2017

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ - ВІСІМНАДЦЯТЬ РАЗІВ НА РІК
Засновник
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
Журнал зареєстровано в Міністерстві юстиції України
Свідоцтво про державну реєстрацію **серія КВ № 15607-4079ПР від 18.08.2009 р.**

VISNIK
OF THE VOLODYMYR DAHL EAST UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 3 (233) 2017

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED EIGHTEEN TIMES A YEAR
Founder
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Registered by the Ministery of Justice of Ukraine
Registration **Certificate** **KB № 15607-4079ПР dated 18.08.2009**

Журнал включено до Переліків наукових фахових видань України (Наказ МОН №1328 21.12.2015 р.), (Наказ МОН №515 16.05.2016 р.), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з технічних, економічних та історичних наук відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія:

Поркуян О.В., докт. техн. наук (головний редактор),
Голубенко О.Л., член-кор. Академії педагогічних наук, докт. техн. наук (заступник головного редактора),
Марченко Д.М., докт. техн. наук (заступник головного редактора),
Бузько І.Р., докт. екон. наук, (заступник головного редактора),

Архипов О.Г., докт. техн. наук,
Глікін М.А., докт. техн. наук,
Горбунов М.І., докт. техн. наук,
Рач В.А., докт. техн. наук,
Рязанцев О.І., докт. техн. наук,
Смолій В.М., докт. техн. наук,
Соколов В.І., докт. техн. наук,
Стенцель Й.І., докт. техн. наук,
Суворін О.В., докт. техн. наук,
Татарченко Г.О., докт. техн. наук,
Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,
Харламов Ю.О., докт. техн. наук,

Даніч В.М., докт. екон. наук,
Заблодська І.В., докт. екон. наук,
Костирко Л.А., докт. екон. наук,
Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,
Чернявська Є.І., докт. екон. наук,
Овчаренко Є. Ю., докт. екон. наук,
Д'яченко Ю.Ю., докт. екон. наук,
Войтович Л.В., докт. іст. наук,
Дьомін О.Б., докт. іст. наук,
Михайлюк В.П., докт. іст. наук,
Сергієнко Ю.Г., докт. іст. наук,
Стяжкіна О.В., докт. іст. наук,
Чернявський Г.Й., докт. іст. наук,
Якунін В.К., докт. іст. наук,
Новіков В.П., докт. хім. наук,
Кондратов С.О., докт. хім. наук,
Галстян Г.А., докт. хім. наук,
Галстян А.Г., докт. хім. наук
Потапенко Е.В., докт. хім. наук,
Голосман Є.З., докт. хім. наук

Відповідальний за випуск: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.
Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 9 від 31. 03. 2017 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© **Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2017**
© **Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017**

ЗМІСТ

Афанас'єва І.І.
ВПРОВАДЖЕННЯ ПОЛОЖЕНЬ ДИРЕКТИВ ЄС В УКРАЇНІ 9

Бабушкин Г. Ф., Кузькин А. Ф., Каплуновская А. Н.
ВЫДЕЛЕНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕСАМИ ЗАВОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК 13

Баранов И.О., Баранова В.Н., Тараторина А.Н., Короленко Т.В.
АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА 17

Бех П. В., Лашков О. В., Музикін М. І., Нестеренко Г. І., Авраменко С. І.
УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ ТА ВАГОНОПОТОКАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ 22

Брагін М.І., Володарець М.В., Фалендиш А.П.
АНАЛІЗ ПРАЦЬ ВЧЕНИХ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЯГОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ 31

Воронков О.А., Роговський І.Л.
УЗГОДЖЕННЯ СУМІЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗБІЖЖЯ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА 36

Голубєва С.М., Морнева М.О.
ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ПРОГРАМНИХ ПАКЕТІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ПРОЦЕСІВ 44

Гончаров О.М., Вихопень І.Р.
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ ТА РЕМОНТОМ ЛОКОМОТИВІВ 48

Губаревич О.В., Козынко А.С.
ПРИРОДА ВИБРАЦИИ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН 53

Данільєва Ю.Г.
ІНТЕГРАЦІЯ УКРАЇНИ ДО РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ КРАЇН ЄС 59

Дацун Ю.М.
ОЦІНКА КРИТЕРІЇВ ФОРМУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА З РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ 64

Дрожжин О. Л.
ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ОРГАНІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ СУДЕН НА ФІДЕРНИХ ЛІНІЯХ 68

Зеленко О. О., Стеганець С. С.
МАРКЕТИНГОВО-ЛОГІСТИЧНА ІНФРАСТРУКТУРА ЯК АНТИКРИЗОВИЙ ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ТУРИСТИЧНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТІ 74

Іщенко В.М., Брайковська Н.С., Осьмак В.Є.
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ВАНТАЖУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ В ІЗОТЕРМІЧНОМУ ВАГОНІ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ 80

Клюєв С.О., Марченко М.І.
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ 85

Крамський С.О.
РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ТРАНСПОРТНОЇ БЕЗПЕКИ 90

Крашенінін О.С., Пономаренко О.В., Яковлев С.С.
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕМОНТНОГО ГОСПОДАРСТВА ДЕПО ОПТИМАЛЬНИМ РОЗМІРОМ ЗАПАСІВ 95

Кузьменко Н.Н.
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КВАЗИГИПЕРБОЛОИДНЫХ ОБКАТНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И КВАЗИГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС 101

Лаптінов О.С., Чернецька-Білецька Н.Б.
АКТУАЛЬНІСТЬ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОЇ РОБОТИ НА ПРИКЛАДІ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ТА КОМЕРЦІЙНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ 104

Лебідь І.Г., Медведєв Є.П.
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ПШЕНИЦІ 111

Марченко Д.М., Сиднєв В.Р., Максимов Д.Г., Сиднєв І.В.
АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ НА МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ ПРИ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ВАНТАЖУ 116

Михайлов Е.В., Семенов С.А., Полупан Є.В.
ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО СХОДУ С РЕЛЬСА КОЛЕСА ПЕРСПЕКТИВНОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ 120

Морнева М.О., Голубєва С.М.
УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГВИНТОВОЇ МІКРОМЕТРИЧНОЇ ПАРИ 125

Нестеренко Г.И., Кузьменко А.И.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ЛОГИСТИКИ 127

Новак Г.Л., Григоренко Т.Г., Григоренко Е.И.
ЗНАЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО МАРКЕТИНГА В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА 132

Панченко С.В., Бутько Т.В., Прохоров В.М., Пархоменко Л.О.
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ ШЛЯХОМ ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ 136

Парунакян В.Э., Маслак А.В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ 143

Пасічник А. М., Лебідь Є. М., Клен О. М., Мірошніченко С. В.
ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СТАНУ ТА НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В УКРАЇНІ 150

Просвірова О.В.
МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ДИСКОВИХ ГАЛЬМ 159

Рамазанов С. К.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 163

Роговий А.С.
КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ВИХОРОКАМЕРНИХ НАГНІТАЧІВ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ НА ЇХ ОСНОВІ 168

Руденко Н.В., Пушинская Е.А., Бессмертная А.В.
СИСТЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ И ТРАССИРОВКИ ГРУЗОВ 174

Сапронова С.Ю., Буліч Д.І., Ткаченко В.П.
ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ 179

Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П., Зуб Є.П.
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ КОЛІС ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ 183

Семенов С.А., Кравченко С.В., Шепитько О.В., Вололазский А.А.
ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ 190

Соляник Т.Н., Белоконь Ю.А.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПИ ПОСТАВОК КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ 195

Сулим А.О.
РОЗРОБКА ПІДХОДУ З ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БОРТОВОГО ЄМНІСНОГО НАКОПИЧУВАЧА ЕНЕРГІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ 201

Тартаковский Э.Д., Горобченко А.Н., Антонович А.О.
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «МАШИНИСТ-ЛОКОМОТИВ» 209

Тартаковський Е.Д., Крашенінін О.С., Клименко О.В.
ПРОГНОЗУВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ ОНОВЛЕННЯ НОВИХ СЕРІЙ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ 215

Турпак С.М., Васильєва Л.О., Лебідь Г.О., Падченко О.О., Сидоренко Ю.Т.
ОПТИМІЗАЦІЯ ГРАФІКІВ ВНУТРІШНІХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА 221

Фалендиш А.П., Гатченко В.О., Клецька О.В.
АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ 228

Фомін О.В., Логвіненко О.А., Бурлуцький О.В.
ПРОЦЕДУРА ПРАВКИ ТЕХНОЛОГІЧНО-ДЕФОРМОВАНИХ ВАГОННИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ТЕРМІЧНИМ ВПЛИВОМ 234

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Баранов И.О., Остапенко В.Н., Мирошникова М.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ЕГО РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 239

Шведчикова И. А., Шевченко А. И., Путкарадзе Н. Л.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАССЕЯНИЯ ДЕФЕКТОВ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ 246

Шворнікова Г.М., Барабаш В.В., Марченко А.В.
СПРОЩЕННЯ МИТНИХ ФОРМАЛЬНОСТЕЙ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ 252

Шевченко С.І.
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖОПІДНІМАЛЬНИХ КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ 258

Юдін В.П., Васильєва Л.О., Падченко О.О., Харченко Т.В.
ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОМИСЛОВО-ТРАНСПОРТНИХ ПРОБЛЕМ ЕКОЛОГІЇ В ЗАПОРІЗЬКОМУ РЕГІОНІ 262

Яровий Р.О., Чернецька-Білецька Н.Б.
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗАХ 265

CONTENTS

Afanasieva I.
IMPLEMENTATION OF EU DIRECTIVES IN UKRAINE 9

Babushkin G., Kuzkin O., Kaplunovska A.
MICRO-LOGISTIC CONTROL SYSTEMS OF THE INDUSTRIAL TRANSPORTATION PROCESSES: ALLOCATION AND DESIGN 13

Baranov I., Baranova V., Taratoryna A., Korolenko T.
ANALYSIS METHOD INCREASING CONSUMER PROPERTIES OF REGULATED CROSSROADS CITY STREET AND ROAD NETWORK 17

Bech P., Lashkov O., , Muzykin M., Nesterenko H., Avramenko S.
THE MANAGEMENT OF FREIGHT TRAFFIC AND RAILCAR TRAFFIC ON THE RAILWAY 22

Bragin N., Volodarets M., Falendish A.
ANALYSIS OF THE WORKS OF SCIENTISTS TO DETERMINE THE TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS OF TRACTION VEHICLES 31

Voronkov O., Rogovskii I.
COORDINATION OF ADJACENT TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF TRANSPORTATION OF GRAIN PRODUCTION OF CROP PRODUCTION 36

Golubeva S., Morneva M.
COMPARATIVE ESTIMATION OF PROGRAMMATIC PACKAGES OF COMPUTER DESIGN OF ENGINEERING PROCESSES 44

Honcharov O., Vykhopen' I.
AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF LOCOMOTIVES 48

Gubarevych O.V., Kozynko A.S.
NATURE OF VIBRATION AND MODERN METHODS OF VIBRO DIAGNOSTICS OF ELECTRIC MACHINES 53

Danilieva J.
INTEGRATION OF UKRAINE TO THE TRANSPORT MARKET OF THE EU COUNTRIES 59

Datsun. Y.
EVALUATION OF CRITERIA OF THE FORMATION OF A VIRTUAL ENTERPRISE FOR THE REPAIR OF LOCOMOTIVES 64

Drozhzhyn O. L.
MATTERS OF ORGANIZATION AND CONTAINER SHIP OPERATION ON FEEDER SHIPPING LINES 68

Zelenko O., Steganets S.
MARKETING AND LOGISTICS INFRASTRUCTURE AS AN ANTI-CRISIS MANAGEMENT TOOL FOR TOURISM ENTERPRISES IN LUHANSK REGION 74

Ishchenko V., Braykovska N., Osmak V.
RESEARCH TEMPERATURE CHANGE OF CARGO DURING TRANSPORTATION IN REFRIGERATOR CAR USING MATHEMATICAL MODELING 80

Kliuiev S., Marchenko M.
ANALYSIS OF IDENTIFICATION METHODS OF THE RAILWAY ROLLING STOCK 85

Kramskiy S.
RISK-ORIENTED APPROACH MANAGEMENT SYSTEM OF TRANSPORT SAFETY 90

Krasheninin O., Ponomarenko O., Yakovlev S.
PROVISION OF THE MAINTENANCE SERVICE OF THE DEPOT WITH THE OPTIMAL SIZE OF REPAIR STOCKS 95

Kuzmenko N.
THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURING HYPERBOLOID ROLLING TOOLS AND HYPERBOLOID GEARS 101

Laptinov O., Chernetska-Biletska N.
ACTUALITY OF TRANSPORT-FORWARDING WORK ON THE EXAMPLE OF LOGISTICS APPROACH TO PLANNING TRANSPORTATION AND COMMERCIAL OPERATIONS IN RAIL TRANSPORT 104

Lebid I., Medvediev Ie.
THEORETICAL ASPECTS OF THE DEFINITION FOR TRANSPORT SUPPORT DURING WHEAT HARVESTING 111

Marchenko D., Sydnyev V., Maksimov D., Sydnyev I.
ANALYSIS ORGANIZATION TRAINS ON NETWORK OF RAILWAYS INTERNATIONAL CARGO TRANSPORTATIONS 116

Mikhaylov E., Semenov S., Polupan E.V.
ESTIMATION SAFETY OF MOTION ON THE DERAILMENT WHEEL OF PERSPECTIVE STRUCTURAL SCHEME 120

Morneva M., Golubeva S.
RESEARCH OF SCREW MICROMETRIC PAIRS 125

Nesterenko H., Kuzmenko A.
IMPROVEMENT OF THE TRANSPORT COMPLEX OF UKRAINE BY USING THE LOGISTICS PRINCIPLES 127

Novak G., Grigorenko T., Grigorenko E.
IMPORTANCE OF TRANSPORT MARKETING IN RAILWAY FUNCTIONING 132

Panchenko S., Butko T., Prokhorov V., Parkhomenko L.
IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF ARRANGEMENT OF CAR TRAFFIC BY FORMING THE AUTOMATED SYSTEM OF CALCULATION AND MAINTENANCE OF PLAN FOR THE FORMATION OF TRAINS 136

Parunakjan V., Maslak A.
INHFNCING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT-AND-PTODUCTION SYSTEM OPERATION AT METALLURGICAL ENTERPRISES 143

Pasichnyk A., Lebid I., Klen E., Miroshnichenko S.
PROBLEMS OF ESTIMATION OF TRANSPORT AND OPERATIONAL STATUS AND DIRECTIONS OF NETWORK MODERNIZATION AUTOMOBILE ROADS IN UKRAINE 150

Prosvirova O.
METHOD TO IMPROVE OPERATIONAL CHARACTERISTICS AND ENERGY EFFICIENCY OF RAILWAY DISK BRAKES 159

Ramazanov S.
INTELLIGENT INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM PRODUCT LIFE CYCLE TRANSPORT COMPANIES 163

Rogovyi A.
CONCEPT OF CREATION VORTEX CHAMBER SUPERCHARGERS AND PRINCIPLES OF SYSTEM CONSTRUCTION ON THEIR BASIS 168

Rudenko N., Pushynska O., Bezsmertna A.
SHIPMENT TRACKING AND TRACING SYSTEMS 174

Sapronova S., Bulich D., Tkachenko V.
CONTINUED SERVICE LIFE OF FREIGHT WAGONS 179

Sapronova S., Tkachenko V., Zub E.
RESOURCE SAVING AT RESTORING OF RAILWAY ROLLING STOCK WHEELS 183

Semenov S., Kravchenko S., Shepit`ko O., Vodolazskiy O.
THE CHOICE RATIONAL SCHEMES OF CARGO DELIVERY IN INTERNATIONAL TRAFFIC 190

Solyanik T., Bilokin Ju.
MODELING OF TRANSPORT PROCESSES IN THE CHAIN SUPPLY OF CONFECTIONERY PRODUCTS 195

Sulym A.
APPROACH DEVELOPMENT FOR PARAMETERS DETERMINATION THE OF ONBOARD ENERGY CAPACITIVE STORAGE OF METRO ROLLING STOCK 201

Tartakovskyi E., Gorobchenko A., Antonovych A.
WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF ERGATIC SYSTEM "TRAIN DRIVER - LOCOMOTIVE" 209

Tartakovsky E., Krasheninin O., Klymenko O.
PREDICTING THE TIMING UPDATE NEW SERIES OF TRACTION ROLLING STOCK 215

Turpak S., Vasilyeva L., Lebid H., Padchenko O., Sidorenko Yu.
OPTIMIZATION OF THE RAILWAY TRANSPORTATION SCHEDULE OF METALLURGICAL ENTERPRISE 221

Falendysh A., Hatchenko V., Kletska O.
THE ANALYSIS OF APPROACHES TO THE CALCULATION OF EMISSIONS FROM THE EXHAUST GASES OF DIESEL LOCOMOTIVES 228

Fomin O., Logvinenko O., Burlutskyi O.
THE PROCEDURE FOR STRAIGHTENING TECHNOLOGICALLY DEFORMED CARLOAD METAL STRUCTURES BY CREATING AN INTERNAL STRESS STATE BY THERMAL INFLUENCE 234

Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Ostapenko V., Miroshnykova M.
RESEARCH INFLUENCE GRANULOMETRIC COMPOSITION WATER-COAL FUEL TO RHEOLOGICAL AND HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS 239

Shvedchikova I. A., Shevchenko A. I., Putkaradze N. L.
THE EXPERIMENTAL SETUP FOR THE STUDY MAGNETIC STRAY FIELDS OF DEFECTS OF FERROMAGNETIC ITEMS 246

Shvornikova A., Barabash V., Marchenko A.
SIMPLIFICATION OF CUSTOMS FORMALITIES AS A PREREQUISITE FOR EUROINTEGRATION OF UKRAINE 252

Shevchenko S.
INCREASE IN OVERALL PERFORMANCE OF LOAD-LIFTING CRANES OF BRIDGE TYPE 258

Yudin V., Vasyl'yeva L., Padchenko O., Harchenko T.
THE WAYS OF SOLVING INDUSTRIAL AND TRANSPORT ECOLOGICAL PROBLEMS IN ZAPORIZHZHYA REGION 262

Yarovoy R., Chernetskaya-Beletskaya N.
THE EFFECTIVENESS OF COMBINED STORAGE OF ELECTRICAL ENERGY ON SHUNTING LOCOMOTIVES 265

УДК 657.37

ВПРОВАДЖЕННЯ ПОЛОЖЕНЬ ДИРЕКТИВ ЄС В УКРАЇНІ

Афанас'єва І.І.

IMPLEMENTATION OF EU DIRECTIVES IN UKRAINE

Afanasieva I.

У статті розглянуто основні положення Директив 2013/34/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 26.06.2013 р. Згідно плану імплементації положень Директиви передбачається внесення змін до існуючих законодавчих актів. Зроблено аналіз нормативно-законодавчих актів, які потребують змін у відповідності до положень Директиви 2013/34/ЄС. Визначено проблеми та перспективи імплементації Директиви ЄС у сфері національного бухгалтерського обліку і аудиту з урахуванням зарубіжного досвіду, особливостей економіки та законодавства України, яке здебільшого вже адаптовано до вимог ЄС.

Ключові слова: *Директива ЄС, імплементація, фінансова звітність, бухгалтерський облік, аудит, міжнародні стандарти фінансової звітності, мікропідприємства, суб'єкти суспільного інтересу.*

Постанова проблеми. Стратегія розвитку України на шляху до членства в ЄС передбачає гармонізацію законодавства країни із законодавством європейського Союзу, у тому числі з бухгалтерського обліку і аудиту. Координаційні заходи, встановлені Директивою 2013/34/ЄС Європейського парламенту та Ради, застосовуються до законів, нормативних актів та адміністративних положень держав-членів, які стосуються певних видів підприємств. Уряд України на виконання зобов'язань за Угодою про асоціацію з ЄС схвалив плани імплементації двох директив Європейського Парламенту та Ради ЄС у сфері бухгалтерського обліку та аудиту. Імплементація Директиви на національному рівні передбачає глибинний аналіз досвіду країн-членів ЄС щодо альтернативних варіантів та зміни законодавчих актів. Метою подальшого реформування бухгалтерського обліку в Україні є забезпечення якості та прозорості фінансової звітності, підвищення рівня довіри до показників фінансових звітів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам імплементації законодавства ЄС у сфері бухгалтерського обліку і аудиту в законодавство України присвячені наукові праці багатьох вчених, серед яких варто відзначити С. Голова, А. Озеран, С. Зубілевич, Н. Гуру. Вчені аналізують положення Директив ЄС у сфері бухгалтерського обліку і аудиту, досвід країн-членів ЄС щодо впровадження Директиви, виділяють проблеми імплементації в національне законодавство. Проте багато питань щодо перспектив та проблем впровадження положень Директив ЄС залишаються не вирішеними.

В Україні і надалі буде розширюватися сфера застосування МСФЗ, оскільки це глобальні стандарти, які використовують більш ніж 138 країн [10].

Впровадження положень директив в країнах-членах ЄС відбувається шляхом широкого обговорення громадськими організаціями та науковцями, аналізу положень, які передбачають вибір певного варіанту. Положення Директиви надають можливість компаніям залучати кошти інвесторів не виходячи на фондовий ринок. Але деякі положення останніх Директив є суперечливими, та можуть впроваджуватися в національну систему обліку і аудиту після глибинного аналізу та обговорення фахівцями.

Мета статті полягає в аналізі положень Директиви ЄС 2013/34/ЄС Європейського Парламенту та Ради, визначенні перспектив та проблем впровадження її положень в національний бухгалтерський облік і аудит.

Результати дослідження. Вирішуючи завдання гармонізації необхідно брати до уваги національне законодавство України та більш ніж 20-ти річний досвід аудиторської діяльності у нашій державі та враховувати, що сфери регулювання чинного законодавства України з аудиторської діяльності та директив ЄС суттєво відрізняються. Зокрема, положення директив стосуються обов'язкового аудиту річної звітності та якості аудиторських послуг:

- Директива ЄС із Статутного аудиту 2006/43/ЄС, зі змінами та доповненнями;
- Пояснення № 537/2014 щодо статутного (обов'язкового) аудиту компаній суспільного значення;

- Пояснення щодо Міжнародних Стандартів Аудиту та Міжнародного Стандарту Контролю якості;
- Основи якості аудиту.

Досвід країн з ринковою економікою показує, що аудит належить до інститутів громадянського суспільства, покликаних сприяти прогресу економіко-правових відносин та демократизації суспільної сфери.

Директива ЄС з обов'язкового аудиту складає основу правової бази, що визначає характеристики системи суспільного нагляду. Певний мінімум вимог щодо ефективної системи суспільного нагляду включає:

- незалежність від представників професії,
- відповідальність за проведення перевірок з контролю якості;
- незалежний рівень фінансування, наявність кадрів та інше.

Сприйняття якості аудиту є різним серед зацікавлених сторін в залежності від мети ти ступеню взаємодії з процесами аудиту. Професійна кваліфікація та практичний досвід аудиторів та керівників аудиторських фірм є надважливою складовою у підвищенні якості аудиторських послуг.

Історично в Україні застосування Міжнародних стандартів аудиту (МСА) почалося з 2003 року, раніше, ніж у деяких європейських країнах. За цей час МСА переросли у Міжнародні стандарти контролю якості, аудиту, огляду, іншого надання впевненості та супутніх послуг. З моменту впровадження Міжнародних стандартів до теперішнього часу аудиторами України напрацьована значна практика їх застосування.

Спеціалісти, аналізуючи положення, які підлягають та не підлягають регламентації Директивою, зазначають, що це призводить в багатьох країнах до впровадження жорсткого закону (Європейське законодавство відповідно до Директиви) та м'якого закону (національні стандарти бухгалтерського обліку) [6, 7, 9].

Впровадження нової Директиви ЄС здійснюється з урахуванням реалій національної системи обліку. Так в Італії прийнято горизонтальну форму балансу і змінювати її в країні не вважають за доцільне, не впроваджується створення резерву переоцінки у власному капіталі, не вносяться багато змін, які передбачають можливість вибору. Німеччина та Нідерланди збільшують межу розміру малих підприємств до максимально дозволеного Директивою рівня – на 50 % [6, с. 8].

Так, у Польщі основними нормативними документами, що регулюють ведення бухгалтерського обліку є Закон про бухгалтерський облік та національні стандарти бухгалтерського обліку, яких на сьогодні затверджено сім при наявності великої кількості інструкцій Міністерства фінансів.

В Люксембурзі імплементація Директиви здійснювалася в два етапи – на першому етапі здійснювалось наближення законодавства до вимог Директиви, на другому – вносилися зміни до положень бухгалтерського обліку.

В Україні схвалено план імплементації Директиви але щодо окремих змін до законодавства існують різні точки зору, що потребує детального аналізу міжнародного досвіту, чинного законодавства України та співвідношення ефективності від впровадження з відповідними витратами.

Щодо багатьох нововведень Директив ЄС, в Україні положення значною мірою реалізовано. Згідно з Директивою 2013/34/ЄС необхідно відповідно до розділу 8 «Аудит», де визначаються вимоги до проведення аудиту та змісту аудиторського звіту, внести відповідні зміни до Закону України «Про аудиторську діяльність».

Положення Директиви в окремих випадках значно відрізняються від правил міжнародних стандартів фінансової звітності, тому вітчизняні підприємств, які складають фінансову звітність за МСФЗ керуватимуться положеннями цих стандартів, що передбачено Регламентом ЄС № 1606/2002 Європейського парламенту і Ради Європейського Союзу від 19.07.2002 р. Решта підприємств мають застосовувати національні стандарти бухгалтерського обліку, які приведено у відповідність із Директивою після внесення відповідних змін [10].

Закон України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» в цілому відповідає вимогам Директиви. Так з чотирьох розділів розділи 2 та 3 залишаються фактично без змін після врахування положень Директиви, а це майже половина Закону. Що стосується інших розділів, то вони потребують не багато змін, тому що більша кількість положень національного законодавства, яке розроблялось з урахуванням МСФЗ, на сьогодні не протирічать Директиві ЄС.

Директива 2013/34/ЄС європейського парламенту та Ради (про річну фінансову звітність та пов'язані звіти деяких видів підприємств:

- Сфера застосування, визначення і категорії підприємств та груп;
- Загальні положення та принципи;
- Баланс та звіт про прибутки та збитки;
- Примітки до фінансової звітності;
- Управлінський звіт;
- Консолідована фінансова звітність та звіти;
- Оприлюднення;
- Аудиторська перевірка;
- Положення щодо звільнення від зобов'язань та обмеження, пов'язані зі звільненням від зобов'язань;
- Звіт про виплати уряду.

Впровадження Директив ЄС в Україні повинно здійснюватися у декілька етапів та враховувати реалії національної економіки та національних систем обліку та аудиту (табл. 1).

Необхідні зміни до Закону стосуються тільки кількох основних питань: введення звітів про управління та про платежі на користь урядів, введення де-

яких відносно нових термінів – «суб'єкти суспільного інтересу» (щодо яких основні вимоги директиви в Україні вже враховано), «звітування країни до країни», визначення мікропідприємств (виокремлення яких не є обов'язковим), малих, середніх та великих груп підприємств (табл. 2).

Таблиця 1

Основні необхідні зміни до законодавства України згідно з Директивою 2013/34/ЄС

Розділ	Основні положення розділу	Необхідні зміни
Р.1	Критерії розмежування компаній та груп	Закон № 996 «Про бухгалтерський облік і фінансову звітність в Україні»
Р.2	Склад фінансової звітності	Закон № 996, П(С)БО 7, 13, 32
Р.3	Форми фінансової звітності, формам статей, спрощення для малих та середніх підприємств	Н(П)СБО 1, деякі П(С)БО
Р.4	Примітки до фінансової звітності	Н(П)СБО 1, деякі П(С)БО
Р.5	Вимоги до змісту звітів	Н(П)СБО 1, деякі П(С)БО
Р.6	Вимоги до складання консолідованої звітності	Н(П)СБО, П(С)БО 23
Р.7	Оприлюднення звітності	Незначні редагування
Р.8	Проведення аудиту, зміст аудиторського звіту	Закон «Про аудиторську діяльність»
Р.9	Можливості звільнення від розкриття інформації окремих підприємств	Незначні редагування

Таблиця 2

Категорії підприємств

Підприємства	Валюта балансу, євро	Чистий оборот, євро	Середня чисельність працівників, зайнятих протягом фінансового року
Мікро	350000	700000	10
Малі	4000000	8000000	50
Середні	20000000	40000000	250
Великі	перевищує 20000000	перевищує 40000000	250

Європейська Федерація бухгалтерів та аудиторів для малого та середнього бізнесу визначила, що в Директиві пропонується близько ста опцій, і запропонувала наступні критерії, які мають використовуватись при прийнятті рішення щодо застосування положень вибору (опцій).

Результати обговорення діючих Директив в Європі знайшли відображення в публікаціях різних країн. Глибокий аналіз проведено Європейською Федерацією бухгалтерів та аудиторів для малого та середнього бізнесу (МСБ (SMEs), яка виокремила усі положення вибору, запропонувала критерії вибору, дала характеристику та оцінку багатьох положень.

Запропоновані EFAA критерій щодо застосування положень вибору:

- кращий бухгалтерський облік;
- прозорість і ринкова ефективність;
- порівнянність;
- доречність;
- мінімізація витрат, які пов'язані з внесенням змін;
- можливість прийняття МСФЗ для малого та середнього бізнесу.

Директива не розглядає:

- визначення активів та зобов'язань;
- облік оренди;
- облік пенсійних зобов'язань;
- використання робіт для визначення доходу від будівництва або інших довгострокових контрактів;
- переведення сум в іноземній валюті.

На думку С.Ф. Голова [6, с.8] імплементація Директиви вимагає внесення змін до Закону України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні», Господарського кодексу України, Закону «Про аудиторську діяльність», деякі П(С)БО.

Безумовною перевагоюДирективи 2013/34/ЄС є принцип «спочатку подумай про малий бізнес», що дозволяє компаніям складати баланси та звіти про прибутки й збитки пропорційно до їх розмірів та інформаційних потреб користувачів фінансової звітності [9, с. 218]. Таке скорочення вимог до складання фінансової звітності малими підприємствами зменшує адміністративне навантаження, дозволяє залучати інвестиції без участі у фондовому ринку. Але є й негативні сторони такої альтернативи, зокрема, обмеженість впевненості у достовірноіст фінансової звітності таких суб'єктів

Висновки. Імплементація Директив ЄС в Україні не повинна призводити до корінної зміни законодавчої бази з бухгалтерського обліку, оскільки Україна на шляху впровадження міжнародних стандартів фінансової звітності пройшла шлях більше, ніж окремі країни – члени ЄС. Необхідно враховувати національні особливості бухгалтерського законодавства та економіки в цілому, зокрема, в частині обережного застосування критеріїв розмежування малих, середніх та великих підприємств.

Література

1. Закон України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» від 16.07.99 р. № 996 //ВВР. – 1999. - № 40. – С. 365.
2. Директива 2013/34/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 26 червня 2013 року / неофіційний переклад аудиторської палати України / [сайт. – Режим доступу: http://www.apu.com.ua/event/771-direktiva-2013-34-es-evropejskogo-parlamentu-ta-radi-vid-26-kvitnya-2014-r-neofitsijnij-pereklad.
3. Коцентуальна основа фінансової звітності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/929_009

4. План імплементації Директиви 2013/34/ЄС Європейського Парламенту та Ради ЄС про річну фінансову звітність, консолідовану фінансову звітність та пов'язану звітність певних типів підприємств [Електронний ресурс]. – Режим доступу: file:///D:/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B8/Dir%202013_34%20(1).pdf
5. EFAA. Implementing the New Evroupean Accounting Directive: Making the right choices. [Електонний ресурс]. – Режим доступу: https://www.gzs.si/pripone/Implementing%20the%20New%20European%20Accounting%20Directive%20report.pdf
6. Голов С.Ф. Бухгалтерський облік і аудит в ЄС та виклики для України / Бухгалтерський облік та аудит. – 2014. - № 10. – С. 3-14.
7. Гура Н. Імплементація Директиви 2013/34/ЄС в Україні з урахуванням міжнародного досвіду / Гура Надія Олександрівна // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Економіка». – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2015. - № 10(175) – С. 6-10.
8. Зубілевич С. Облікова Дректива ЄС, її вплив на склад і зміст звітів європейських компаній та перспективи для України / С. Зубілевич // бухгалтерський облік і аудит. – 2014. - №7. – С.3-17.
9. Кузіна Р.В. перспективи впровадження облікової директиви ЄС в Україні / Руслана Віліївна Кузіна // Економічний аналіз: зб. Наук. праць / Тернопільський національний економічний університет. – Тернопіль: Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2015. – Том 19. - № 2. – С.214-219.
10. Маренич Т.Г. Транспортування вимог Директиви 2013/34/ЭС до національного законодавства України / Т.Г. Маренич / БІЗНЕСІНФОРМ № 6 2016 С. 166-173.

R e f e r e n c e s

1. Zakon Ukraïni «Pro buhgalters'kij oblik ta finansovu zvitnist' v Ukraïni» vid 16.07.99 r. № 996 //VVR. – 1999. - № 40. – S. 365.
2. Direktiva 2013/34/ЄS Єvropejs'kogo Parlamentu ta Radi vid 26 chervnja 2013 roku / neoficijnij pereklad auditors'koï palati Ukraïni / [sajt. – Rezhim dostupu: http://www.apu.com.ua/event/771-direktiva-2013-34-es-evropejskogo-parlamentu-ta-radi-vid-26-kvitnya-2014-r-neofitsijnij-pereklad.
3. Kocentual'na osnova finansovoï zvitnosti [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/929_009
4. Plan implementaciï Direktivi 2013/34/ЄS Єvropejs'kogo Parlamentu ta Radi ЄS pro richnu finansovu zvitnist', konsolidovanu finansovu zvitnist' ta pov'jazanu zvitnist' pevnih tipiv pidprиємstv [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: file:///D:/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B8/Dir%202013_34%20(1).pdf
5. EFAA. Implementing the New Evroupean Accounting Directive: Making the right choices. [Elektonnij resurs]. – Rezhim dostupu: https://www.gzs.si/pripone/Implementing%20the%20New%20European%20Accounting%20Directive%20report.pdf
6. Golov S.F. Buhgalters'kij oblik i audit v ЄS ta vikliki dlja Ukraïni / Buhgalters'kij oblik ta audit. – 2014. - № 10. – S. 3-14.
7. Gura N. Implementacija Direktivi 2013/34/ЄS v Ukraïni z urahuvannjam mizhnarodnogo dosvidu / Gura Nadija Oleksandrivna // Visnik Kiïvs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka. Serija «Ekonomika». – K.: Vidavnicho-poligrafichnij centr «Kiïvs'kij universitet», 2015. - № 10(175) – S. 6-10.
8. Zubilevich S. Oblikova Drektiva ЄS, її vpliv na sklad i zmist zvitiv єvropejs'kih kompanij ta perspektivi dlja Ukraïni / S. Zubilevich // buhgalters'kij oblik i audit. – 2014. - №7. – S.3-17.
9. Kuzina R.V. perspektivi vprovadzhennja oblikovoï direktivi ЄS v Ukraïni / Ruslana Viliïvna Kuzina // Ekonomichnij analiz: zb. Nauk. prac' / Ternopil's'kij nacional'nij ekonomichnij universitet. – Ternopil': Vidavnicho-poligrafichnij centr Ternopil's'kogo nacional'nogo ekonomichnogo universitetu «Ekonomichna dumka», 2015. – Tom 19. - № 2. – S.214-219.
10. Marenich T.G. Transportuvannja vimog Direktivi 2013/34/JeS do nacional'nogo zakonodavstva Ukraïni / T.G. Marenich / BIZNESINFORM № 6 2016 S. 166-173.

Афанасьева И.И. Внедрение положений Директив ЕС в Украине.

В статье рассмотрены основные положения Директивы 2013/34/ЕС Европейского Парламента и Союза от 26.06. 2013 г. В соответствии с планом имплементации положений Директивы предусмотрено внесение изменений в существующие законодательные акты. Сделан анализ нормативно-нормативных актов, которые необходимо изменить в соответствии с Директивой 2013/34/ЕС. Определены проблемы и перспективы имплементации Директивы ЕС в сфере национального бухгалтерского учета и аудита с учетом зарубежного опыта, особенностей экономики и законодательства Украины, которое в большинстве случаев уже адаптировано к требованиям ЕС.

***Ключевые слова**: Директива ЕС, имплементация, финансовая отчетность, бухгалтерский учет, аудит, международные стандарты финансовой отчетности, микропредприятия, субъекты общественного интереса.*

Afanasieva I. Implementation of EU Directives in Ukraine.

Department «Accounting and audit». There are basic clauses of Directive 2013/34/EC of the European Parliament and Council of 26.06.2013 in the article. According to the plan of implementation Directive there are amends to the existing legislation. The Government of Ukraine approved plans for the implementation of two directives of the European Parliament and Council in spheres of accounting and audit according to obligations by Association Agreement with EU. Implementation of the Directive at national level provides depth analysis of the experience of member states about alternatives and changes in legislation. The analysis of regulatory laws that require changes in accordance with Directive 2013/34/EC is presented in the article. The problems and prospects of implementation of EU directives in national accounting and auditing on the basis of international experience are determined, as also the characteristics of Ukrainian economy and legislation, which are primarily adapted to EU requirements.

***Keywords:** EU directive, implementation, financial reporting, accounting, auditing, international financial reporting standards, subjects of public interest.*

Афанас'єва І.І. – к.е.н., доцент кафедри «Облік і аудит» Державного економіко-технологічного університету транспорту, e-mail: inaf09@ukr.net

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

Стаття подана 01.04.2017

УДК 656.13.073:681.3

ВЫДЕЛЕНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕСАМИ ЗАВОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Бабушкин Г. Ф., Кузькин А. Ф., Каплуновская А. Н.

MICRO-LOGISTIC CONTROL SYSTEMS OF THE INDUSTRIAL TRANSPORTATION PROCESSES: ALLOCATION AND DESIGN

Babushkin G., Kuzkin O., Kaplunovska A.

Развивается новое направление комплексной формализации систем логистического управления процессами заводских перевозок на промышленных предприятиях с целью минимизации материальных, трудовых и энергетических ресурсов. Оперативно-календарное планирование комплектования и доставки мелкопартионных разнородных материалов позволяет сократить необходимое количество автомобилей на 32–38 %, а время простоя автомобилей сокращается на 38–43 %. Реализация микрологистической системы «Доставка мелкопартионных грузов в цехи комбината «Запорожсталь» позволила сократить рабочий парк автомобилей на 14 единиц, а расход топлива – на 0,5 т. в сутки. Повысилось качество транспортного обслуживания производственных цехов, сохранность материалов и культура труда. В результате реализации на двух запорожских машиностроительных заводах микрологистической системы «Межцеховые перевозки технолгических грузов» рабочий парк электрокар снизился в 2,0–2,2 раза.

Ключевые слова: *заводские перевозки, микрологистическая система, ресурсы, минимизация, эффект.*

Введение. В Украине наибольший удельный вес в заводских перевозках (45–48 %) имеет автомобильный транспорт, на долю напольного транспорта приходится 20 %. В целом удельный вес безрельсового колесного (БКТ) в заводских перевозках составляет более 65 %.

В настоящее время на многих промышленных предприятиях БКТ используется неэффективно. Проведенные исследования показывают, что в движении машины БКТ находятся не более 20 % их рабочего времени, 40 % его приходится на погрузочно-разгрузочные работы, еще 40 % на непроизводительные (межоперационные) простои [1]. Значительные простои и порожние пробеги транспортных машин (ТМ) вызывают снижение их производительности, следствием чего оказываются завышенные рабочие парки машин и численность транспортных рабочих. Большие парки ТМ, в свою очередь, негативно влияют на экологию и экономию энергоресурсов. Сложившиеся системы доставки материалов в цеха предприятий с заводских складов требуют привлечения к процессам доставки производственных рабочих и вызывают создание в цехах запасов грузов.

Таким образом, системы управления процессами заводских перевозок БКТ требуют повышения их эффективности с целью снижения затрат трудовых, материальных и энергетических ресурсов.

Постановка проблемы. На заводском транспорте доставка материалов организуется с участием работников производственных участков и цехов, отдела материально-технического снабжения (ОМТС), производственно-диспетчерского отдела (ПДО) и других структурных подразделений предприятий. При организации доставки материалов необходимы компьютерная оперативная информация, автоматизация документооборота и учета наличия материалов, развитие теории и разработка методов решения комплекса задач по логистическому управлению процессами заводских перевозок с учетом их специфики.

Анализ последних исследований и публикаций. В современных условиях специалисты и ученые называют несколько видов логистики [1–6], в частности: закупочную, производственную, распределительную, промышленную, сбытовую, коммерческую и прочие виды. Выделяют также транспортную логистику [7, 8].

К одной из функциональных областей транспортной логистики следует отнести и системы управления процессами заводских перевозок.

Задачей систем управления процессами заводских перевозок является обеспечение производства материалами, комплектующими и прочими материальными ресурсами точно в срок, в нужных количестве и ассортименте, с максимально возможной степенью готовности к потреблению в производствен-

ных цехах, на требуемые производственные участки при минимальных затратах трудовых, материальных и энергетических ресурсов.

Цель статьи. В работе обобщены результаты формализации микрологистических систем (МЛС) управления заводскими перевозками, то есть по их выделению и проектированию на промышленных предприятиях Запорожского региона Украины.

Результаты исследований. Выделение базовых МЛС рекомендуется начинать с анализа грузовых (материальных) потоков предприятия по укрупненной номенклатуре. В укрупненную номенклатуру следует выделять грузопотоки, сходные по одному или нескольким из следующих основных признаков: свойствам, виду транспорта, каналам распределения, технологическим маршрутам, назначению и др.

По свойствам в отдельные микрологистические системы (МЛС) можно выделять грузопотоки мелкопартионных, насыпных, тарно-упаковочных, наливных, опасных, крупногабаритных, тяжеловесных и других специфических грузов.

По виду транспорта в отдельные МЛС можно выделять грузопотоки, доставляемые напольным, автомобильным, железнодорожным и непрерывными видами транспорта.

По каналам распределения и специфике технологии и организации доставки выделяют внутризаводские грузопотоки, распределяемые со снабженческих складов в цехи предприятия, и грузопотоки, непосредственно распределяемые по маршрутной технологии (от цехов производителей в цехи потребителя или на склад, то есть межцеховые перевозки).

По технологическим маршрутам можно выделять в отдельные МЛС стабильные межцеховые грузопотоки малогабаритных грузов. Например: заготовки из заготовительного и отливки из литейных цехов в механические цеха; детали по технологическим маршрутам между производственными цехами; готовые детали на склад и в сборочные цеха.

По назначению можно выделять в МЛС грузопотоки, предназначаемые к определенным производствам или отделам. Например, грузопотоки доменного, сталеплавильного и других производств; грузопотоки отделов капитального строительства, главного механика, главного энергетика и др.

Проектирование МЛС рекомендуется осуществлять в следующей последовательности [1].

Этап 1. Структуризация базовой логистической цепи, то есть выделение перечня структурных подразделений предприятия, участвующих в системе управления процессами доставки грузов по существующему (базовому) положению.

Этап 2. Выявление (изучение) по каждому структурному подразделению следующих компонентов логистической системы:

1) технические средства (логистический инвентарь), необходимые для выполнения функциональных процессов каждому структурному подразделению;

2) функциональные процессы, выполняемые каждым подразделением логистической цепи;

3) управляющие воздействия на структурные подразделения логистической цепи;

4) логистические операции и задачи (в том числе оптимизационные, подлежащие исследованию), выполняемые каждым структурным подразделением логистической цепи для обеспечения функциональных процессов;

5) исполнители операций и задач.

Результаты по этапам 1и2 заносятся в специальную таблицу. Рекомендуемая форма таблицы и примеры ее заполнения для микрологистичекой системы доставки материалов в цехи предприятия показаны в монографии [1].

Этап 3. Анализ технологии и организации доставки грузов по базовой логистической цепи. На этом этапе проводится следующая работа:

1) выявляются недостатки и ставятся цели в управлении процессами доставки с учетом достижений науки и техники в организации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ, информатике и вычислительной технике;

2) корректируется логистическая цепь, в случае необходимости предлагается создать структурное подразделение для управления логистическими процессами доставки грузов;

3) выбираются перспективные прогрессивные технические средства;

4) намечаются оптимизационные логистические задачи.

Этап 4. Разработка принципов перспективной системы преобразования информационных потоков.

На этом этапе прорабатываются вопросы автоматизации информационных потоков и документооборота.

Этап 5. Составление структуры (морфологии) проектной микрологистической системы.

Структуру МЛС можно представить в виде таблично-графической модели [1]. Табличная (левая) часть модели отражает компоненты МЛС:

1) логистическую цепь, то есть структурные подразделения предприятия, участвующие в управлении процессами межцеховых перевозок;

2) технические средства, необходимые каждому подразделению;

3) функциональные процессы, выполняемые каждым подразделением логистической цепи;

4) управляющие воздействия на структурные подразделения логистической цепи;

5) логистические операции и задачи (в том числе оптимизационные, подлежащие исследованию), выполняемые каждым структурным подразделением логистической цепи для обеспечения функциональных процессов.

Графическая (правая) часть отражает связи и преобразование (движение) информационных и транспортных потоков между структурными подразделениями предприятия (в пространстве) и во времени цикла заказа (доставки) грузов.

Структура МЛС является основой для: проведения исследований системы; разработки единого технологического процесса работы всех подразделений логистической цепи; автоматизации документооборота и информационных потоков; создания заводской информационной сети и компоновки автоматизированных рабочих мест.

Этап 6. Исследование микрологистической системы и разработка перспективной стратегии управления.

На этом этапе на основе перспективной структуры микрологистической системы проводятся научные исследования по оптимизации оперативных планов и графиков процессов доставки, технического оснащения и режимов работы грузовых фронтов и складов.

По результатам исследований создается перспективная стратегия управления:

1) разрабатываются технические проекты транспортно-складской оснастки, тары, контейнеров; выдаются технические задания на разработку их рабочих чертежей и изготовление;

2) разрабатываются или корректируются производственно- транспортно- складские технологии и руководящие документы по организации перевозочного процесса;

3) выдаются технические задания отделу АСУП на разработку баз данных автоматизированных рабочих мест;

4) разрабатывается план реализации (внедрения) микрологистической системы.

К основным логистическим задачам в МЛС заводских перевозок, методы решения которых даны в монографии [1], относятся:

− комплектование машиноотправок мелкопартионных материалов с минимизацией трудовых и транспортных ресурсов;

− оптимизация маршрутов и набор работы ТМ на рабочую смену с учетом времени возникновения машиноотправок:

− многоэтапное оснащение перевозочного процесса с учетом динамики исходных данных и сроков замены автомобилей в плановом периоде;

− управление запасами материалов в производственных цехах.

Способы снижения логистических издержек и экономический эффект по каждой задаче показаны в [9–12]. Оперативно-календарное планирование и планирование комплектования и доставки мелкопартионных разнородных материалов позволяет сократить необходимое количество автомобилей на 32–38 %. Время простоя автомобиле сокращается на 38 –43 %.

Реализация МЛС «Доставка мелкопартионных грузов в цехи металлургического комбината «Запорожсталь» позволила сократить потребный рабочий парк автомобилей на 14 единиц, а расход топлива снизился на 0,5 *т* в сутки. Повысилось качество транспортного обслуживания производственных цехов, сохранность материалов и культура труда на складах.

В результате реализации на двух запорожских машиностроительных заводах МЛС «Межцеховые перевозки технологических грузов» рабочий парк электрокар снизился в 2–2,2 раза. Годовая экономия эксплуатационных расходов на межцеховый внутризаводской транспорт составляет более 220 тыс. грн.

Экономический эффект многоэтапного планирования технического оснащения перевозочного процесса при оптимальных сроках замены автомобилей составляет для комбината «Запорожсталь» 230 тыс. грн. в год на одной модели машин.

При оптимальном управлении запасами материалов в производственных цехах экономический эффект составляет более 1 млн. грн. в год.

Показана адекватность основных математических моделей относительно производственных ситуаций и дан анализ результатов решения основных логистических задач [1].

Вывод. Системы управления процессами заводских перевозок БКТ требуют повышения их эффективности с целью снижения затрат трудовых, материальных и энергетических ресурсов.

Основная цель систем управления – формализация МЛС, то есть их выделение и проектирование.

Проектирование МЛС рекомендуется осуществлять в следующей последовательности:

1. Структуризация базовой логистической цепи.
2. Выявление (изучение) по каждому структурному подразделению компонентов логистической системы.
3. Анализ технологии и организации доставки грузов по базовой логистической цепи.
4. Разработка принципов перспективной системы преобразования информационных потоков.
5. Составление структуры (морфологии) проектной микрологистической системы.
6. Исследование микрологистической системы и разработка перспективной стратегии управления.

Показаны основные логистические задачи в МЛС заводских перевозок и экономический эффект по каждой из них.

Литература

1. Бабушкин Г. Ф. Управление процессами заводских перевозок безрельсовым колесным транспортом на основе логистики / Г. Ф. Бабушкин. – Запорожье : ЗНТУ, 2002. – 319 с.
2. Jackson D. W. Examining the Relative Importance of Physical Distribution Service Elements / D. W. Jackson, J. E. Keith, R. K. Burdick // Journal of Business Logistics. – 1986. – Vol. 7. – No. 2. – pp.14–32.
3. Junemann R. Materialfluss und Logistik. Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen / R. Junemann. – Berlin : Springer, 1989. – 762 s.
4. Залманова М. Е. Закупочная и распределительная логистика / М. Е. Залманова. – Саратов : СПИ, 1992. – 82 с.
5. Неруш Ю. М. Коммерческая логистика / Ю. М. Неруш. – М. : Банки и биржи, 1997. – 271 с.

6. Аникин Б. А. Логистика / А. Б. Аникин. – М. : ИНФРА-М, 1997. – 326 с.
7. Сокур І. М. Транспортна логістика / І. М. Сокур. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 222 с.
8. Миротин Л. Б. Транспортная логистика / Л. Б. Миротин. – М. : Экзамен, 2002. – 512 с.
9. Бабушкин Г. Ф. Формализация микрологистических систем заводскими перевозками / Г. Ф. Бабушкин, А. Н. Каплуновская, Л. А. Васильева, А. А. Лебедь // Логистика : Проблемы и решения. – 2007. – №4(11). – С. 84-89.
10. Бабушкін Г. Ф. Управління транспортно-виробничими процесами виготовлення автомобілів на ЗАТ-ЗАЗ на основі логістики / Г. Ф. Бабушкін, В. Х. Козирев, Г. О. Лебідь // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2008. – № 7(125). – С. 110-111.
11. Бабушкін Г. Ф. Принципи автоматизації інформаційних потоків у системі управління процесами міжцехових перевезень машинобудівних та металургійних підприємств / Г. Ф. Бабушкін, І. М. Райда, Т. В. Харченко // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні.– 2009. – №2. – С.150-153.
12. Бабушкін Г. Ф. Мікрологістична система управління процесами міжцехових перевезень на машинобудівних заводах / Г. Ф. Бабушкін, Г. О. Лебідь // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2010. – № 10(152) ч.1. – С. 13-16.

R e f e r e n c e s

1. Babushkyn G. F. Upravlenye processamy zavodskyh perevozok bezrel'sovym kolesnym transportom na osnove logystyky / G. F. Babushkyn. – Zaporozh'e : ZNTU, 2002. – 319 s.
2. Jackson D. W. Examining the Relative Importance of Physical Distribution Service Elements / D. W. Jackson, J. E. Keith, R. K. Burdick // Journal of Business Logistics. – 1986. – Vol. 7. – No. 2. – pp.14–32.
3. Junemann R. Materialfluss und Logistik. Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen / R. Junemann. – Berlin : Springer, 1989. – 762 s.
4. Zalmanova M. E. Zakupochnaja i raspredelitel'naja logistika / M. E. Zalmanova. – Saratov : SPI, 1992. – 82 s.
5. Nerush Ju. M. Kommercheskaja logistika / Ju. M. Nerush. – M. : Banki i birzhi, 1997. – 271 s.
6. Anikin B. A. Logistika / A. B. Anikin. – M. : IN-FRA-M, 1997. – 326 s.
7. Sokur I. M. Transportna logistika / I. M. Sokur. – K. : Centr uchbovoї literaturi, 2009. – 222 s.
8. Mirotin L. B. Transportnaja logistika / L. B. Miro-tin. – M. : Jekzamen, 2002. – 512 s.
9. Babushkin G. F. Formalizacija mikrologisticheskih sistem zavodskimi perevozkami / G. F. Babushkin, A. N. Kaplunovskaja, L. A. Vasil'eva, A. A. Lebed' // Logistika : Problemy i reshenija. – 2007. – №4(11). – S. 84-89.
10. Babushkin G. F. Upravlinnja transportno – vyrobnychymy procesamy vygotovlennja avtomobiliv na ZAT-ZAZ na osnovi logistyky / G. F. Babushkin, V. H. Kozyrev, G. O. Lebid' // Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo universytetu im. Volodymyra Dalja. – 2008. – № 7(125). – S. 110-111.
11. Babushkin G. F. Pryncypy avtomatyzacii' infor-macijnyh potokiv u systemi upravlinnja procesamy mizhcehovyh perevezen' mashynobudivnyh ta metalurgijnyh pidpryjemstv / G. F. Babushkin, I. M. Rajda, T. V. Harchenko // Novi materialy i tehnologii' v metalurgii' ta mashynobuduvanni.– 2009. – №2. – S.150-153.
12. Babushkin G. F. Mikrologistychna systema uprav-linnja procesamy mizhcehovyh perevezen' na mashynobudivnyh zavodah / G. F. Babushkin, G. O. Lebid' // Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo universytetu im. Volodymyra Dalja. – 2010. – № 10(152) ch.1. – S. 13-16.

Бабушкін Г. Ф., Кузькін О. Ф., Каплуновська А. М. Виокремлення та проектування мікрологістичних систем управління процесами заводських перевезень.

Розвивається новий напрямок комплексної формалізації систем логістичного управління процесами заводських перевезень на промислових підприємствах з метою мінімізації матеріальних, трудових та енергетичних ресурсів. Оперативно-календарне планування комплектування та доставки дрібнопартіонних різнорідних матеріалів дозволяє скоротити необхідну кількість автомобілів на 32–38 %, а тривалість простою автомобілів скорочується на 38–43 %. Реалізація мікрологістичної системи «Доставка дрібнопартіонних вантажів у цехи комбінату «Запоріжсталь» дозволила скоротити робочий парк автомобілів на 14 одиниць, а витрати палива – на 0,5 т на добу. Підвищилась якість транспортного обслуговування виробничих цехів та культура праці. В результаті реалізації на двох запорізьких машинобудівних заводах мікрологістичної системи «Міжцехові перевезення технологічних вантажів» робочий парк електрокар скоротився у 2,0–2,2 рази.

***Ключові слова**: заводські перевезення, мікрологістична система, ресурси, мінімізація, ефект.*

Babushkin G., Kuzkin O., Kaplunivska A. Micrologistic control systems of the industrial transportation processes: allocation and design.

The novel direction of complex formalization for systems of logistic control in the area of industrial plant transportation is developing which aimed to minimize of workforce and energy consumption. Due to operational planning and scheduling of gather and delivery process, the required transport fleet size is decreased to 32-38% as well as dwell time of transport vehicles is reduced to 38-43%. Implementation of a micrologistic system named "Delivery process of small-part cargo consignments to workshops of OJSC "Zaporizhzhstal" made possible to reduce the operational transport fleet size on 14 vehicles and decreased the daily fuel consumption on 0,5 tons. At the same time, the level of transport service of industrial workshops had been improved; cargoes safety and work culture had been refined. Micro-logistic control system named "Inter-department transportation of technological cargoes" implementation on two engineering plants resulted in reducing the electric car fleet size in 2-2,5 times.

***Keywords:** industrial transportations, micro-logistic system, resources, minimization, profit.*

Бабушкін Г. Ф. – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри «Транспортні технології» ЗНТУ,
e-mail: bqf@zntu.edu.ua.
Кузькін О. Ф. – канд. техн. наук, доцент**,** декан транспортного факультету ЗНТУ, e-mail: horz@ukr.net.
Каплуновська А. М. – старш. викл. кафедри «Транспортні технології» ЗНТУ, e-mail: kaplunovskaya@i.ua.

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

Стаття подана 30.03.2017

УДК 656.13; 656.13.08

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА

Баранов И.О., Баранова В.Н., Тараторина А.Н., Короленко Т.В.

ANALYSIS METHOD INCREASING CONSUMER PROPERTIES OF REGULATED CROSSROADS CITY STREET AND ROAD NETWORK

Baranov I., Baranova V., Taratoryna A., Korolenko T.

В статье выполнен анализ используемых в настоящее время в Украине методов оценки потребительских свойств регулируемых перекрестков на автомобильном транспорте. Выполнен анализ различных методов регулирования дорожного движения на регулируемых перекрёстках на улично-дорожной сети городов. Дан алгоритм по разработке рекомендаций по оценке и повышению транспортных потребительских свойств изолированных регулируемых перекрестков улично-дорожной сети города на основе учёта влияния геометрических характеристик пересечений и состава движения на режимы движения транспортных потоков. В работе представлена зависимость пропускной способности полосы для условно совместимых потоков, поворачивающих направо автомобилей, от интенсивности пешеходного потока. Охарактеризованы основные параметры, определяющие пропускную способность полос на изолированных регулируемых перекрестках (ИРП). Поставлена задача уточнения величин потока насыщения, принятия мер обеспечения его максимального значения для современных дорожно-транспортных условий.

Ключевые слова: *Поток насыщения, потребительские свойства, улично-дорожная сеть, пропускная способность, автомобиль, изолированный перекресток.*

Введение. В последнее десятилетие с ростом уровня автомобилизации многие города Украины столкнулись с проблемой заторов и длительных задержек транспортных средств на улично-дорожной сети (УДС). На УДС крупных городов местами возникновения таких проблем являются, как правило, регулируемые перекрестки (РП), определяющими пропускную способность и другие потребительские свойства, улиц и дорог регулируемого движения. Очевидно, что с дальнейшим ростом уровня автомобилизации в Украине эти проблемы будут обостряться, поэтому одной из задач транспортной стратегии Украины до 2030 г. является устранение «узких мест», к которым относят изолированные регулируемые перекрестки (ИРП), где существенно меняются условия, режимы и состав транспортных потоков. Приведенное выше говорит о необходимости развития теории и практики методов повышения потребительских свойств регулируемых перекрестков.
Значения теоретической пропускной способности (поток насыщения) полосы движения на РП используемые в настоящее время в Украине были приняты более 30 лет назад.

Оценка пропускной способности полос движения на РП существенно влияет на принятие оптимальных решений как для проектирования улиц и дорог регулируемого движения, так и для детальной планировки РП.

В связи с этим изучение и совершенствование методов оценки и повышения потребительских свойств ИРП УДС городов на основе исследования современных состава и режимов движения транспортных потоков является весьма актуальным.

Постановка проблемы. В последнее десятилетие с ростом уровня автомобилизации не только мегаполисы Киев и Харьков, но и такие города как Днепр, Одесса, Запорожье столкнулись с проблемой заторов и длительных задержек транспортных средств на улично-дорожной сети (УДС). На УДС крупных городов местами возникновения таких проблем являются, как правило, регулируемые перекрестки (РП), определяющими пропускную способность и другие потребительские свойства, улиц и дорог регулируемого движения. Так, например, в г. Харьков на 68% РП регулярно образуются заторы [1]. Очевидно, что с дальнейшим ростом уровня автомобилизации в Украине эти проблемы будут обостряться, поэтому одной из задач транспортной стратегии Украины до 2030 г. является устранение «узких мест», к которым относят изолированные регулируемые перекрестки (ИРП), где существенно меняются условия, режимы и состав транспортных потоков.

Оценка состояния элементов УДС является начальной составляющей при градостроительном проектировании. Известно, что главным показателем технического уровня и эксплуатационного состояния дорог являются их потребительские свойства, т.к. целевое назначение автомобильной дороги – обслуживание интересов пользователей дорожных услуг.

К потребительским свойствам как параметрам управления дорожным движением предъявляется ряд требований [1]:

- они должны поддаваться количественной оценке;
- поддаваться учету с допустимыми расходами
- значимость - затраты времени на учет этих критериев должны приводить к ощутимому экономическому, экологическому или другому (устанавливаемому в конкретных условиях) эффекту;
- восприимчивость к изменениям параметров транспортного потока;
- охватывать максимально возможное количество факторов влияния на условия дорожного движения.

Для того чтобы определить какие потребительские свойства в каких случаях относятся к одной или другой группе, необходимо рассмотреть отечественный и зарубежный опыт оценки потребительских свойств на регулируемых перекрестках.

Анализ последних исследований и публикаций. Современными зарубежными руководствами для проектирования регулируемых пересечений и оценки их потребительских свойств на которые ссылаются исследователи [2,3] являются HBS 2001 [4] HCM 2000[109]. В работе [5] проводилось сравнение моделей и рекомендаций по их применению в этих руководствах. Применяемые модели в этих нормативах отражают, какие потребительские свойства оцениваются на ИРП в современных нормативных документах стран с высокоразвитыми транспортными системами и какие факторы оказывают на них влияние.

Применяемые в Украине рекомендации для проектирования ИРП [6,7] учитывают не в полной мере современные методы оценки потребительских свойств регулируемых пересечений улиц и дорог. Анализ отечественных публикаций [8], а также зарубежных методик оценки пропускной способности [4,9] показал, что вопрос оценки пропускной способности регулируемых пересечений автомобильных дорог в Украине для решения различных градостроительных задач требует дальнейшей проработки.

Цель статьи. Целью данной работы является разработка рекомендаций по оценке и повышению транспортных потребительских свойств изолированных регулируемых перекрестков улично-дорожной сети города на основе учёта влияния геометрических характеристик пересечений и состава движения на режимы движения транспортных потоков.

Результаты исследований. Современные методики оценки пропускной способности полос для условно совместимых потоков представлены в немецком HBS [4] и американском HCM [9] руководствах, в отечественной рекомендательной и нормативной литературе отсутствуют подобные методики. В работе [5] сравниваются эти методики.

Методы оценки пропускной способности полос для условно совместимых поворачивающих направо автомобилей (рис.1.) в HCM и HBS качественно и количественно сравнимы. В обоих нормативах исходят из того, что только часть зеленого сигнала занята пешеходами. Поворачивающие направо автомобили после блокированного времени могут свободно проезжать перекресток.

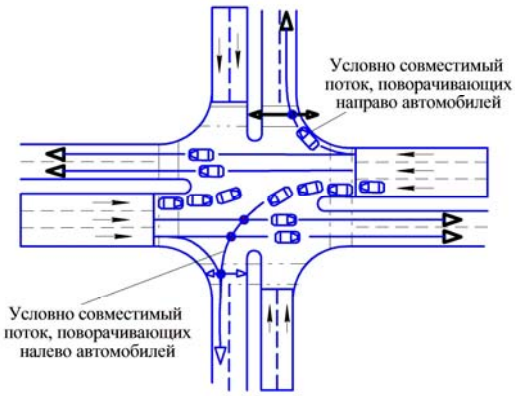


Рис.1. Условно совместимые потоки автомобилей на ИРП

В обеих методиках оценивается минимально возможная пропускная способность. Как в HBS, так и в HCM пропускная способность полосы движения для условно совместимых поворачивающих направо потоков определяется максимальной пропускной способностью при просачивании или пропускной способностью за промежуточные такты [10,11].

$$C_{RA} = \max(C_D, C_{pw})$$

где C_{RA} - пропускная способность полосы для условно совместимых потоков поворачивающих направо автомобилей (рис.2.);

C_D - пропускная способность при просачивании;

C_{pw} - пропускная способность за промежуточные такты;

$$C_D = M_н \cdot \frac{(t_p - t_{пеш})}{t_ц}$$

где $M_н$ - величина потока насыщения;

t_p - длительность разрешающего сигнала светофора для пешеходов;

$t_ц$ - длительность цикла регулирования;

$t_{пеш}$ - время перехода проезжей части пешеходами.

Разница заключается в определении времени перехода проезжей части пешеходами в HBS:

$$t_{пеш} = \frac{P}{0{,}24 \cdot P + 0{,}48}$$

$$P = \frac{t_p \cdot t_ц}{3600}$$

а в HCM:

$$t_{пеш} = t_p \cdot (1 - \min(\frac{P}{2000 \cdot t_p} или \ 0{,}4 + \frac{P}{10000 \cdot t_p}))$$

На рис. 2 показано сравнение значения пропускной способности полос для условно совместимых потоков поворачивающих направо автомобилей в HBS 2001 и HCM 2000.

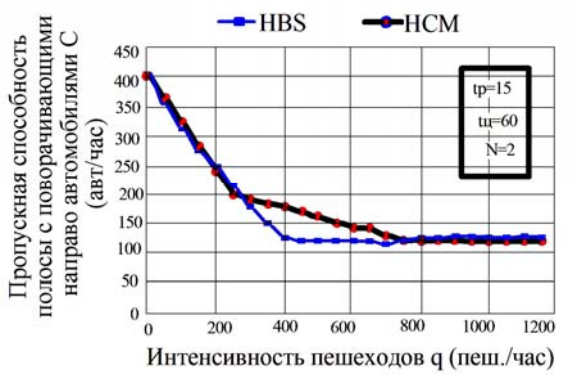


Рис. 2. Зависимость пропускной способности полосы для условно совместимых потоков, поворачивающих направо автомобилей, от интенсивности пешеходного потока

Методика в HBS предполагает равномерное распределение встречного потока за весь разрешающий сигнал. Поэтому пропускная способность полос для левых поворотов рассчитывается по теории граничных временных интервалов [12,13].

$$C_{LA} = C_D + C_{pw}$$

где C_{LA} - пропускная способность полосы для условно совместимых левых поворотов;

C_D - пропускная способность при просачивании;

C_{pw} - пропускная способность за промежуточные такты;

$$C_D = \frac{3600 \cdot f - q \cdot t_c}{t_f} \cdot e^{-q(t_0 - t_c)/(3600 \cdot f - q \cdot t_c)}$$

где q - интенсивность конфликтного встречного потока за время разрешающего сигнала для левых поворотов;

f - доля зеленого сигнала для поворотов налево:

$$f = t_p / t_ц$$

t_c - минимальный временной интервал в одноряднном встречном потоке;

t_o - нулевой интервал;

t_f - интервал следования.

В случае многорядного встречного потока пропускная способность при просачивании:

$$C_D = \frac{3600 \cdot f}{t_f} \cdot e^{-q \cdot t_0/(3600 \cdot f)}$$

где q - общая интенсивность встречного потока.

$$C_{pw} = N_A \cdot U$$

где C_{pw} - пропускная способность за промежуточные такты;

N_A - количество автомобилей, которые могут остановится на перекрестке (рис.1.);

U - количество циклов за 1 час.

В HCM рассматривается реальное распределение встречного потока. Вначале встречный поток разъезжается с интенсивностью потока насыщения, а далее с интенсивностью не насыщенного потока с учетом теория граничных интервалов.

Для определения практической пропускной способности ИРП, учитывая все факторы влияния, требуется большое количество исходных данных. Наиболее сложным и неоднозначным является расчет пропускной способности полос движения для условно совместимых потоков. Современные методики расчета пропускной способности полосы для условно совместимых поворотов направо в американском и немецком нормативах дают близкие значения пропускной способности (рис.2.). Разница при расчете пропускной способности полосы движения для условно совместимых поворотов налево в HBS 2001 и HCM 2000 существенна [14,15]. Для обоснования методики расчета пропускной способности полосы для условно совместимых потоков в условиях Украины необходимо дополнительное исследование.

Основными параметрами, определяющими пропускную способность полос на ИРП, являются временные интервалы между автомобилями и эффективная (используемая) длительность разрешающего сигнала. Исследование зависимостей временных интервалов для современных дорожно-транспортных условий Украины и определение с их помощью теоретической пропускной способности полосы движения на ИРП являются основными задачами данной работы.

Пропускная способность ИРП оказывает существенное влияние на такие потребительские свойства как безопасность дорожного движения, экологические и экономические показатели [16].

Анализ опыта применения изолированных регулируемых перекрёстков на улично-дорожной сети городов в Украине и за рубежом показывает, что если для Украины в настоящее время характерны жесткие режимы регулирования, то за рубежом широко распространено адаптивное регулирование (например, в городах Германии 67%), учитывающее фактически складывающиеся дорожно-транспортные условия на конкретных перекрёстках, Это с одной стороны существенно позволяет влиять на их потребительские свойства, а с другой стороны требует установления закономерностей, характеризующих взаимосвязь между фактическими дорож-

ными условиями и потребительскими свойствами регулируемых перекрёстков.

При обосновании целесообразности применения изолированных регулируемых перекрёстков на улично-дорожной сети города, по сравнению с другими видами пересечений в одном уровне, в качестве основных критериев в Украине и за рубежом используют фактическую интенсивность движения и пропускную способность на пересечении, которая зависит от дорожных условий и состава транспортных потоков.

В качестве основных потребительских свойств регулируемых перекрёстков на улично-дорожной сети городов, как в Украине, так и за рубежом используют пропускную способность, степень загрузки, время задержки, длину очереди. Все эти показатели, которые можно отнести к транспортным потребительским свойствам, рассчитываются и находятся в зависимости от величины потока насыщения.

В качестве вспомогательных потребительских свойств регулируемых перекрёстков на улично-дорожной сети городов, как в Украине, так и за рубежом используют показатели, характеризующие транспортную и экологическую безопасность, экономическую эффективность. Причём, как отмечается в проанализированных методах, эти вспомогательные потребительские свойства находятся в тесной взаимосвязи и в зависимости от основных потребительских свойств, а перечень параметров их характеризующих в разных методах отличается друг от друга.

Анализ методов оценки потребительских свойств регулируемых перекрёстков на улично-дорожной сети городов, как в Украине, так и за рубежом имеет определённые различия в подходах к определению комплексного показателя потребительских свойств.

Вывод. Проведенный анализ используемых в настоящее время в Украине методов оценки потребительских свойств регулируемых перекрестков показал, что перечень потребительских свойств и показателей их описывающих в Украине и за рубежом существенно отличаются, если в Украине оцениваемые показатели на регулируемом перекрестке степень загрузки и средняя задержка транспортных средств (при загрузке направления движения более 1), то в Германии и США, кроме степени загрузки и задержек (возможность оценки задержек при степени загрузки направления более 1), оцениваются также длина очереди автомобилей, доля останавливающихся автомобилей на перекрестке, интегральные показатели.

Анализ различных методов регулирования дорожного движения на регулируемых перекрёстках на улично-дорожной сети городов, показал, что независимо от метода регулирования, применяемые как в Украине, так и за рубежом параметры управления регулируемым перекрестком основываются на величинах потока насыщения, значения которого в Украине были приняты более 30 лет назад, за это время состав транспортного потока и динамические характеристики транспортных средств значительно изменились. Поэтому задача уточнения величин потока насыщения, принятия мер обеспечения его максимального значения для современных дорожно-транспортных условий является актуальной.

Литература

1. Бахтина О.Н. Разработка методов расчета и оценки заторовых состояний транспортного потока на улично-дорожной сети городов: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / О.Н. Бахтина, Волгоград, 2006.
2. Левашев А. Г. Повышение эффективности ОДД на регулируемых пересечениях, / А.Г. Левашев //Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Иркутск, 2004.
3. Михайлов, А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных // Учебное пособие, Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с., ил.
4. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Nr. 299, FGSV Verlag GmbH, Köln.
5. Wu, N., Bemessung und Bewertung von Lichtsignalanlagen – Vergleich zweier neuen Regelwerke HCM 2000 und HBS 2001, "Straßenverkehrstechnik", Heft 12/2003. KirschbaumVerlag GmbH, Bonn, 2003
6. Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения / Ю. А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б Афанасьев // Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.- 279 с
7. Организация дорожного движения в городах: Метод. пособие / Под общ. ред. Ю.Д. Шелкова. – М.: НИЦ ГАИ МВД России. 1995. 143 с.
8. Захаров, А. П. Нормирование пропускной способности городских улиц и дорог / А.П. Захаров, Л.В. Булавина, Л.И. Рябоконь // Материалы X международной (тринадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции 14 - 15 июня 2004 года, [Электронный ресурс] www.vaksman.ru
9. Highway Capacity Manual (HCM 2000). TRB, National Research Council, Washington,D.C., 2000.
10. Verkehrsmanagementpläne, Methodologie, Schweizerische Eidgenossenschaft, Department für Umwelt, Verkehr und Energie, 2006
11. Reußwig, A., Qualitätssicherungsverfahren für die Verkehrssteuerung ZIV – Zentrum für integrierte Verkehrssysteme GmbH Stand der Entwicklung, 2005.
12. Novotny, T., Qualitatssicherung an Lichtsignalanlagen, Anwendungsfeld für Simulation des Verkehrsablaufes, Fachsymposium tim GmbH, 2009
13. Mailer, M., Neue Verfahren für effiziente und flexible Verkehrssteuerung, Abschlussprasentation BMW Group, 2008
14. Kobbelör, D., Dissertation, Dezentrale Steuerung von Lichtsignalanlagen in urbanen Verkehrsnetzen, Institut für Verkehrswesen, Universität Kassel, Schriftreihe Verkehr, Heft 18, 2007
15. Küchler, R., Verkehrsplanung, Teil: Strassenverkehrstechnik, FH Köln, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik, 2003
16. Lagemann A. Vorrang für Busse und Straßenbahnen an Kreisverkehren, vom Fachbereich Architektur / Raum-

und Umweltplanung / Bauingenieurwesen der Technischen Universitat Kaiserslautern zur Verleihung des akademischen Grades Dr.-Ing. genehmigte Dissertation, 2004.

R e f e r e n c e s

1. Bahtina O.N. Razrabotka metodov rascheta i ocenki zatorovyh sostojanij transportnogo potoka na ulichno-dorozhnoj seti gorodov: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehnicheskih nauk / O. N. Bahtina, Volgograd, 2006.
2. Levashev A.G. Povyshenie jeffektivnosti ODD na reguliruemyh peresechenijah, / A.G. Levashev //Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehnicheskih nauk, Irkutsk, 2004.
3. Mihajlov A. J. Sovremennye tendencii proektiro-vanija i rekonstrukcii ulichno-dorozhnyh setej goro-dov / A.Ju. Mihajlov, I.M. Golovnyh // Uchebnoe po-sobie, Novosibirsk: Nauka, 2004. – 267 s., il.
4. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Nr. 299, FGSV Verlag GmbH, Köln.
5. Wu. N., Bemessung und Bewertung von Lichtsignalanlagen – Vergleich zweier neuen Regelwerke HCM 2000 und HBS 2001, "Straßenverkehrstechnik", Heft 12/2003. KirschbaumVerlag GmbH, Bonn, 2003
6. Kremenec J.A. Tehnicheskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizhenija / Ju. A. Kremenec, M.P. Pecher-skij, M.B Afanas'ev // Uchebnik dlja vuzov. – M.: IKC «Akademkniga», 2005.- 279 s
7. Organizacija dorozhnogo dvizhenija v gorodah: Metod. posobie / Pod obshh. red. Ju.D. Shelkova. – M.: NIC GAI MVD Rossii. 1995. 143 s.
8. Zaharov A. P. Normirovanie propusknoj sposobnosti gorodskih ulic i dorog / A.P. Zaharov, L.V. Bulavina, L.I. Rjabokon' // Materialy X mezhdunarodnoj (tri-nadcatoj ekaterinburgskoj) nauchno-prakticheskoj konferencii 14 - 15 ijunja 2004 goda, [Jelektronnyj resurs] www.vaksman.ru.
9. Highway Capacity Manual (HCM 2000). TRB, National Research Council, Washington,D.C., 2000.
10. Verkehrsmanagementpläne, Methodologie, Schweizerische Eidgenossenschaft, Department für Umwelt, Verkehr und Energie, 2006
11. Reußwig A., Qualitätssicherungsverfahren für die Verkehrssteuerung ZIV – Zentrum für integrierte Verkehrssysteme GmbH Stand der Entwicklung, 2005.
12. Novotny T., Qualitatssicherung an Lichtsignalanlagen, Anwendungsfeld für Simulation des Verkehrsablaufes, Fachsymposium tim GmbH, 2009
13. Mailer M., Neue Verfahren für effiziente und flexible Verkehrssteuerung, Abschlussprasentation BMW Group, 2008
14. Kobbelör D., Dissertation, Dezentrale Steuerung von Lichtsignalanlagen in urbanen Verkehrsnetzen, Institut für Verkehrswesen, Universität Kassel, Schriftreihe Verkehr, Heft 18, 2007
15. Küchler R., Verkehrsplanung, Teil: Strassenverkehrstechnik, FH Köln, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik, 2003
16. Lagemann A. Vorrang für Busse und Straßenbahnen an Kreisverkehren, vom Fachbereich Architektur / Raum- und Umweltplanung / Bauingenieurwesen der Technischen Universitat Kaiserslautern zur Verleihung des akademischen Grades Dr.-Ing. genehmigte Dissertation, 2004.

Баранов І.О., Баранова В.М., Тараторіна О.М., Короленко Т.В. Аналіз методики підвищення споживчих властивостей регульованих перехресть вуличнодорожньої мережі міста.

У статті виконано аналіз використовуваних в даний час в Україні методів оцінки споживчих властивостей регульованих перехресть на автомобільному транспорті. Виконано аналіз різних методів регулювання дорожнього руху на регульованих перехрестях вулично-дорожньої мережі міст. Дано алгоритм з розробки рекомендацій щодо оцінки та підвищення транспортних споживчих властивостей ізольованих регульованих перехресть вуличнодорожньої мережі міста на основі врахування впливу геометричних характеристик перетинів і складу руху на режими руху транспортних потоків. У роботі представлена залежність пропускної здатності смуги для умовно сумісних потоків автомобілів, що повертають направо, від інтенсивності пішохідного потоку. Охарактеризовано основні параметри, що визначають пропускну здатність смуг на ізольованих регульованих перехрестях (ІРП). Поставлено завдання уточнення величин потоку насичення, вжиття заходів забезпечення його максимального значення для сучасних дорожньо-транспортних умов.

Ключові слова: *потік насичення, споживчі властивості, вулично-дорожня мережа, пропускна здатність, автомобіль, ізольоване перехрестя.*

Baranov I., Baranova V., Taratoryna A., Korolenko T. Analysis method increasing consumer properties of regulated crossroads city street and road network.

The article considers conditionally compatible flows cars on zolated regulated intersections. Consumer properties and parameters road traffic control on road transport are illuminated and analysis of traffic realization requirements is made. The analysis currently used in Ukraine methods assessing consumer properties adjustable intersections is performed. The analysis various methods traffic regulation at regulated intersections on street-road network cities is carried out. An algorithm given to develop recommendations assessing and improving transport consumer properties isolated, regulated intersections city's road network based on effect geometric characteristics intersections and composition traffic on traffic flow regimes. The paper present dependence bandwidth strip for conditionally compatible flows turning to right of cars, on intensity pedestrian flow. The main parameters that determine bandwidth bands at isolated regulated intersections are described. The task is clarify values flow of saturation, taking measures to ensure its maximum value for modern road and transport conditions. The timing passage carriageway by pedestrians to NBS and calculation throughput capacity during seepage has been calculated.

Keywords: *saturation flow, consumer properties, road network, throughput, car, isolated intersection.*

Баранов І.О. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля. mail: baranov_90@inbox.ru
Баранова В.М. – студентка кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.
Тараторіна О.М. - студентка кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.
Короленко Т.В. - студентка кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 28.03.2017

УДК 656.225

УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ ТА ВАГОНОПОТОКАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Бех П. В., Лашков О. В., Музикін М. І., Нестеренко Г. І., Авраменко С. І.

THE MANAGEMENT OF FREIGHT TRAFFIC AND RAILCAR TRAFFIC ON THE RAILWAY

Bech P., Lashkov O., , Muzykin M., Nesterenko H., Avramenko S.

Залізничний транспорт в силу різкого спаду виробництва та перевезень, і необхідністю боротися за клієнтуру в нових умовах господарювання, став все частіше враховувати вимоги клієнтури і пристосовуватися до нових умов господарювання. На цьому тлі і виникла ідея управління на залізничному транспорті не вагонопотоками, а вантажопотоками. Але цей підхід порушує цілісність системи організації перевізного процесу, плану формування і графіка руху поїздів, як основи організації роботи залізничного транспорту.

Ключові слова: *вантажопотік; вагонопотік; транспортування; взаємодія видів транспорту; планування.*

Вступ. Зміни економічних взаємовідносин між товаровиробниками і споживачами, і зменшення ролі держави в питаннях регулювання цих взаємовідносин безпосередньо торкнулися транспортній сфери. При функціонуванні народногосподарського комплексу країни до ринкових перетворень в економіці вже на фазі планування перевезень народногосподарських вантажів закладалися принципи, що сприяють їх здешевленню. Це знаходило своє вираження в певній системі планування перевезень і відповідальності за невиконання планів перевезень вантажів. План перевезень вважався одним з основних елементів основного закону, невиконання якого було неприпустимо. Плановий розвиток і розміщення підприємств з видобутку та переробки корисних копалин, а також підприємств машинобудівного комплексу відповідно до взаємопов'язаними планами розвитку економіки СРСР зумовлювали стабільні економічні зв'язки між регіонами. Це, в свою чергу, визначало в основному стабільні маршрути транспортування вантажів, необхідну потребу в рухомому складі, схему розміщення та оснащення технічних станцій (в першу чергу сортувальних), розвиток окремих ділянок і цілих напрямків залізничних магістралей. Питання розподілу вантажопотоків між різними видами транспорту вирішувалися централізовано, наявність конкурентного середовища була практично відсутня (рис. 1).

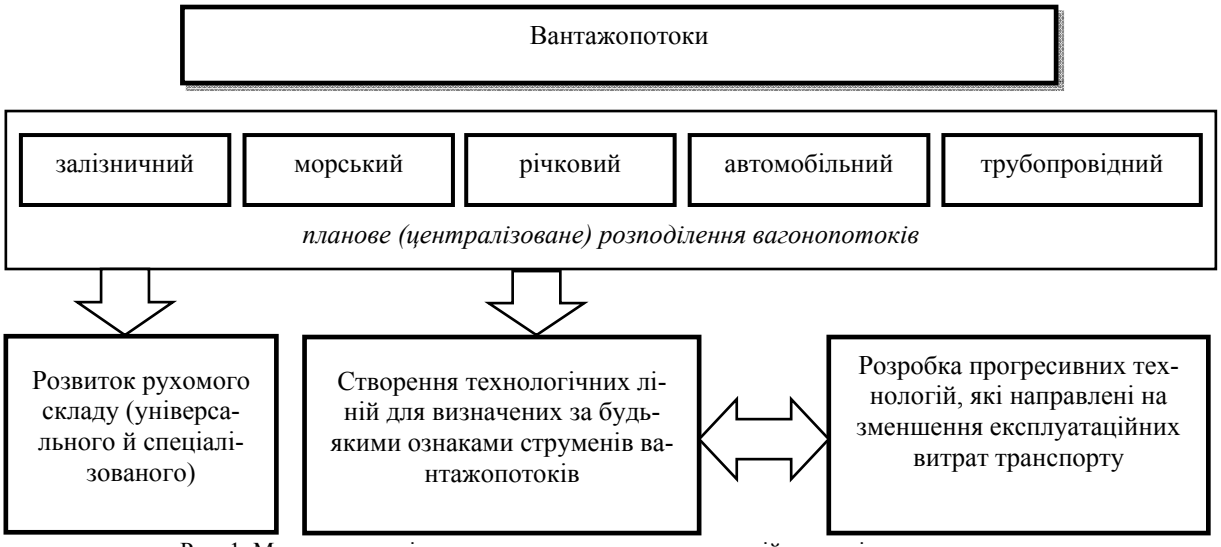


Рис. 1. Модель управління вантажопотоками при плановій системі господарювання

У цих умовах, при наявності певних типів рухомого складу, управління вантажопотоками фактично вирішувалося в Держплані СРСР на фазі планування перевезень між видами транспорту. Однак не можна погодитися з твердженням, що вагонопотік і вантажопотік, що слідував по залізницях, був однорідний. Його різнорідність підтверджується вже на фазі прийому вантажу залізницями до перевезення. Як відомо, в залежності від маси, характеру, розмірів вантажу і умов перевезення при оформленні перевізних документів вантажи поділяють на різні види відправок: дрібну, малотоннажну, повагонну, групову, маршрутну, контейнерну.

Потік вантажів також завжди був і залишається різнорідний по швидкості просування. Залізниця бере на себе різні за часом просування: розрізняють швидкість вантажну, велику, пасажирську. Перетворюючи вантажопотоки в вагонопотік в момент прийому вантажів до перевезення на вантажних станціях (в т.ч. на під'їзних коліях промислових підприємств) та інших станціях, які здійснюють вантажну роботу, особливості тих чи інших видів відправлень враховувалися в чіткій системі організації вагонопотоків. Ця система складалася і шліфувалася протягом десятиліть і враховувала специфіку різнорідних вантажопотоків.

Розглянемо, як технологічно і технічно підтверджується теза про різнорідність вантажо- і вагонопотоків (рис. 2).

Постановка проблеми. Схеми технічних та інших станцій, а також технологія їх роботи були спроектовані, створені і розроблені таким чином, що на них поєднувалася робота з різними потоками на частини загальних пристроїв з виділенням специфічних пристроїв (конкретних технологічних ліній) для роботи з різними вантажами, вагонами і відправленнями. Якщо уважно проаналізувати типові схеми сортувальних і дільничних станцій, зрозуміло, що окремі технологічні лінії передбачають роботу з маршрутами і поїздами, що прибувають на станцію в переробку (маршрутні поїзди прямують транзитом без переробки). Для роботи ж з дрібними відправками створені спеціальні технологічні лінії, що включають необхідний колійний розвиток на станціях і вантажні платформи для сортування відправлень і формування збірних вагонів відповідно до плану формування таких вагонів. Для роботи з вагонами навантаженими контейнерами створювалися або спеціальні станції-термінали, або (що частіше) на вантажних, технічних чи інших станціях встановлювалися відповідні технічні пристрої, що включали необхідний станційний колійний розвиток на контейнерних майданчиках, кранове обладнання та ін.

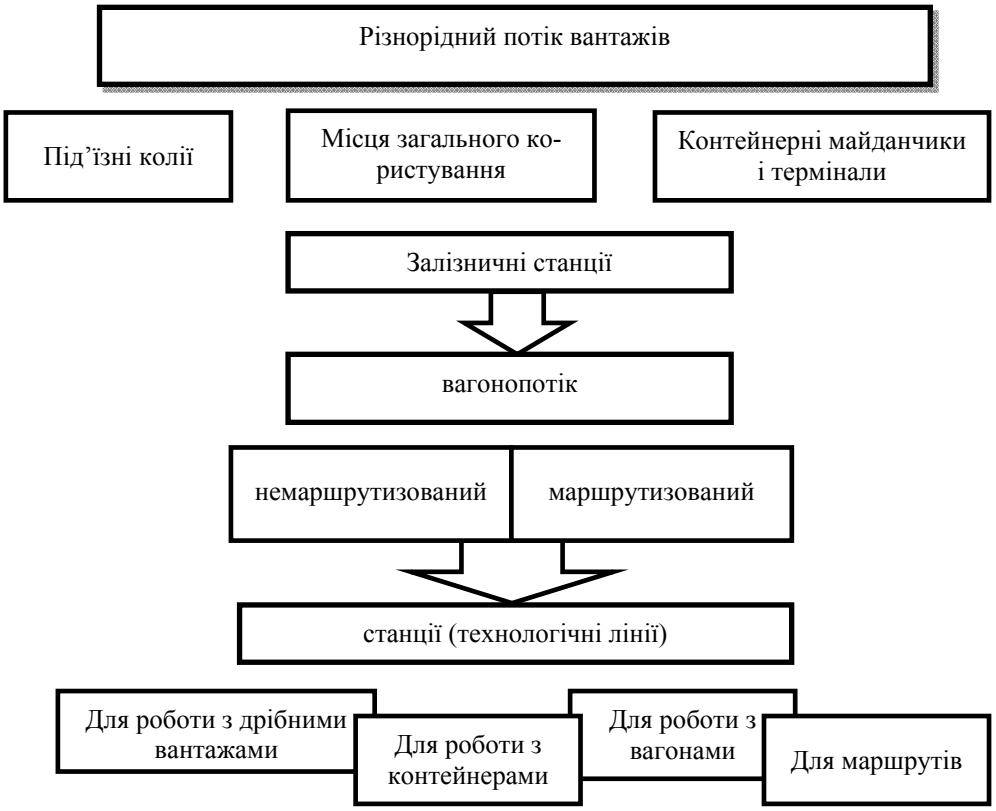


Рис. 2. Різнорідність потоку вантажів

У технологічних процесах роботи станцій і в їх ТРА (технічно-розпорядчих актах) визначалися, і до теперішнього часу прописуються, методи і прийоми роботи з вагонами і вантажами за їх характерними ознаками: небезпека, негабаритність, ступінь секретності (військові перевезення) і т.д. Тобто враховується структура потоків вантажів і вагонів (в тому числі і швидкість їх просування). Терміновість доставки різних вантажів закладалася при розробці графіка руху поїздів і відповідних норм, що регламентують перевезення тих чи інших вантажів. Технологія перевезення певних вантажів вимагає розробки і розміщення відповідних технічних пристроїв на всьому шляху проходження таких вантажів і певних технологічних рішень. Це характерно, наприклад, під час перевезення тварин; при перевезенні негабаритних вантажів; раніше було характерно при перевезенні швидкопсувних вантажів в вагонах-льодовиках, в даний час актуально при перевезенні вантажів в рефрижераторних контейнерах. Вищеназвані приклади говорять про те, що і в період функціонування економічної моделі, заснованої на плановій системі на залізничному транспорті існувало управління вантажопотоками через систему їх організації в вагонопотоки і систему розробки певних технічних рішень і технологій по їх просуванню і переробці. Аналізуючи співвідношення понять «вантажопотоки», «вагонопотоки», «управління вантажопотоками» і «управління вагонопотоками» слід виходити з того, що є первинним для учасників перевізного процесу. У нашому випадку будемо розрізняти:

а) вантажовласника (вантажовиробника);

б) організатора перевезення, експедитора або оператора (часто в цій ролі виступає власник вантажу);

в) перевізника (в загальному випадку це може бути кілька перевізників якщо транспортування вантажів здійснюється за участю різних видів транспорту);

г) вантажоодержувача.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Значний вклад у розв'язання наукової проблеми з удосконалення управління вантажопотоками та вагонопотоками внесено у працях Васильєва І.І., Максимовича Б.М., Тихомирова І.Г., Тихонова К.К., Макарочкіна А.М., Дьякова Ю.В., Батуріна О.П., Акулінічева В.М., Сотнікова Є.О., Хейта Ф., Сотнікова І.Є., Кочнєва Ф.П., Образцова В.М., Савенко А.С., Архангельського Е.В., Самсонкіна В.М., Бутько Т.В., Яновського П.О., Козлова В.Є., Нагорного Є.В. та інших вчених [1-10].

Велика увага приділяється визначенню ефективності роботи транспорту в умовах нерівномірності виробничих процесів і побудові раціональної маршрутної мережі [8]. В статті приводиться аналіз сучасного стану у сфері управління вагонопотоками та поїздопотоками [1].

В дослідженні [7] розглянуто можливі шляхи розвитку вантажних перевезень залізничного транспорту України. Пропонуються три напрямки підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту: удосконалення існуючої технології перевезень та технології оснащення залізниць України; інтеграція транспортної системи України до міжнародних перевезень; впровадження комп'ютерних технологій на всій мережі залізниць поїздопотоками [1].

Авторським колективом в роботі [6] розглядається розвиток досліджень, які пов'язані з роботою транспортних вузлів та вдосконаленням обслуговування вантажовласників у них, а також підвищення якості виконання перевезень. На їх думку взаємодія між представниками транспортних організацій та вантажовідправниками в більшості випадків відбувається в транспортних вузлах, тому безпосередньо в них потрібно впроваджувати нові підходи до формування структури транспортного обслуговування. Значною мірою це вплине на конкурентоспроможність залізничного транспорту України поїздопотоками [1].

Мета статті. Удосконалення управління вантажопотоками через систему їх організації в вагонопотоки шляхом розробки системи технічних рішень і технологій по їх просуванню і переробці.

Результати досліджень. Завданням вантажовиробника (спростимо і ототожнимо його з власником вантажу) є реалізація його товару K з максимально вигідним для нього ефектом, тобто прибутком:

$$П^K \to \max \tag{1}$$

Під прибутком будемо розуміти різницю між продажною вартістю товару K ($Д^K$) в районі j і сукупними витратами на його виробництво ($Z^K_{пр}$) і транспортування з району виробництва і в район споживання j (Z^K_{ij}):

$$П^K = Д^K - (Z^K_{пр} + Z^K_{ij}) \tag{2}$$

Витрати на транспортну складову в загальному вигляді можна представити як (рис. 3):

$$Z^K_{ij} = Z^K_{під_i} + Z^K_{скл_i} + \\ + \sum_{m=1}^{M} (Z^{Km}_{поч} + Z^{Km}_{ijтр} + Z^{Km}_{кін}) + Z^K_{jскл} + Z^K_{jзакл} \tag{3}$$

де $Z^K_{під_i}$ – витрати на підготовку вантажу K до транспортування в пункті i;

$Z^K_{скл_i}$ – витрати на складське зберігання вантажу K в пункті відправлення i;

$Z^{Km}_{поч}$ – витрати на початкові операції з вантажем K при перевезенні видом транспорту m;

Z_{ijmp}^{Km} – витрати на власне транспортування вантажу K видом транспорту m;

$Z_{кін}^{Km}$ – витрати на кінцеві операції (передача з одного виду транспорту на інший або на склад) з вантажем K при перевезенні видом транспорту m;

$Z_{jскл}^{K}$ – витрати на складське зберігання вантажу K в пункті прибуття або в пункті стикування j;

$Z_{jзакл}^{K}$ – витрати на кінцеві операції з видачі вантажу K споживачу (вантажоодержувачу) в пункті j.

Витрати на початково-кінцеві операції з вантажем прийнято включати у вартість тарифу, тому можна вважати, що вираз $\sum_{m=1}^{M}(Z_{поч}^{Km}+Z_{ijmp}^{Km}+Z_{кін}^{Km})$ є не що інше, як сумарні тарифні платежі за перевезення вантажу при використанні різних видів транспорту (від 1 до M).

Як правило, прийнято розглядати ланцюжок з залізничного, автомобільного і морського транспорту. Залежно від характеру торговельних угод (умов продажу) вантажовласник продає свій вантаж в різні моменти його знаходження на «траку» часу. Як правило, це відбувається на терміналі в порту, складі одержувача або біля дверей складу вантажоодержувача, так як останній не хоче нести ризики втрат, псування або пошкодження вантажу на стадії його транспортування і пов'язаної з цим переробкою на шляху прямування. В ідеальному випадку при стабільно (рівномірно) працюючому виробництві, наявності достатньої кількості технічних засобів з обробки вантажу на початковій і кінцевій фазах перевізного процесу, ритмічній роботі всіх видів транспорту, рівномірному підводі порожнього рухомого складу можна отримати якусь «ідеальну модель». Її особливість в тому, що при збалансованості виробництва і споживання, вантажопотік от i до j має рівномірну швидкість проходження, і відсутня необхідність проміжного зберігання вантажів на складах.

Візьмемо приклад транспортування кам'яного вугілля, як наймасовішого навалочного вантажу. Ідеальна модель буде виглядати наступним чином. Навантаження вугілля з шахти відбувається в вагони із використанням конвеєра, рух маршрутів завантажених вугіллям здійснюється відповідно до графіка руху поїздів, навантаження в судно відбувається за прямим варіантом.

При виробництві продукції в обсязі (або з масою) Q з інтенсивністю потоку λ при відсутності обмежень по його переробці на різних фазах перевізного процесу, маса вантажу буде перебувати тільки в русі, і в рухомому складі від початкової і до кінцевої стадій транспортування.

$$Q_{[i]}^{тр}=Q^{конв}+Q^{підг}+Q^{тр}+Q^{вив}+Q^{судно} \qquad (4)$$

де $Q_{,}^{конв}Q_{,}^{підг}Q_{,}^{тр}Q_{,}^{вив}Q^{судно}$ – обсяг (або маса) вантажу, який за період часу [t] знаходиться на конвеєрі в процесі його завантаження у вагони, в рухомому складі в процесі підготовки до перевезення, в процесі транспортування, на стадії вивантаження і при завантаженні судна відповідно.

Графічно модель можна представити в такий спосіб (рис. 4).

Знаючи час $t_{нав}^{c}$, якій потрібен на навантаження складу поїзда з n вагонів місткістю p кожен, можна визначити обсяг (масу) вантажу в першій фазі за період [t]. (Тривалість періоду обробки позначимо як $t_{[i]}$):

$$Q^{конв}=\frac{t_{[i]}\cdot n\cdot p}{t_{нав}^{c}} \qquad (5)$$

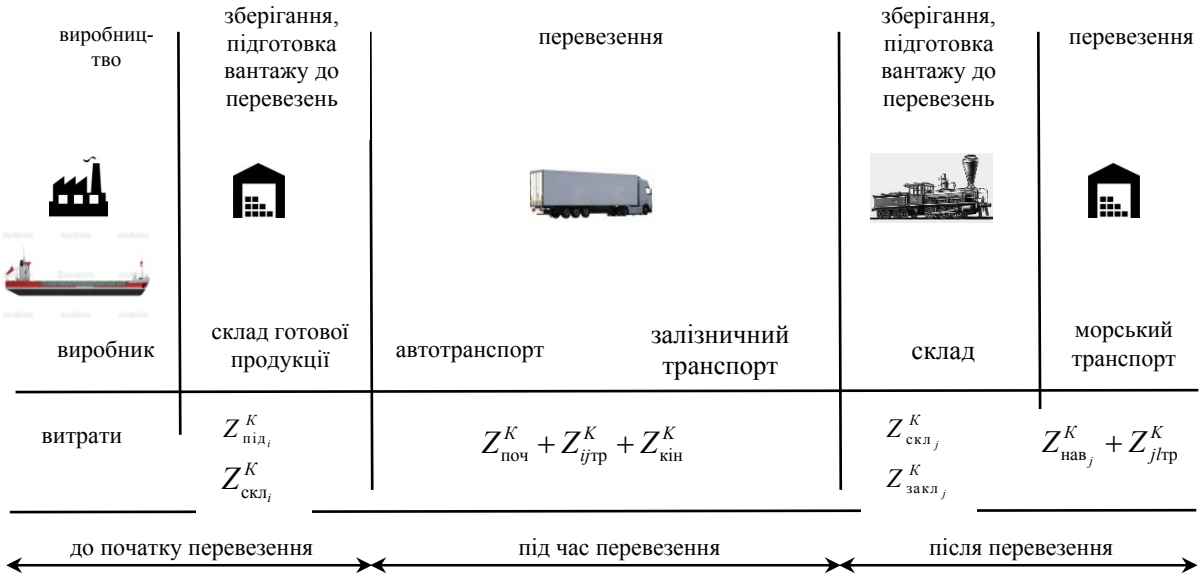


Рис. 3. Схема транспортування вантажу за участю декількох видів транспорту

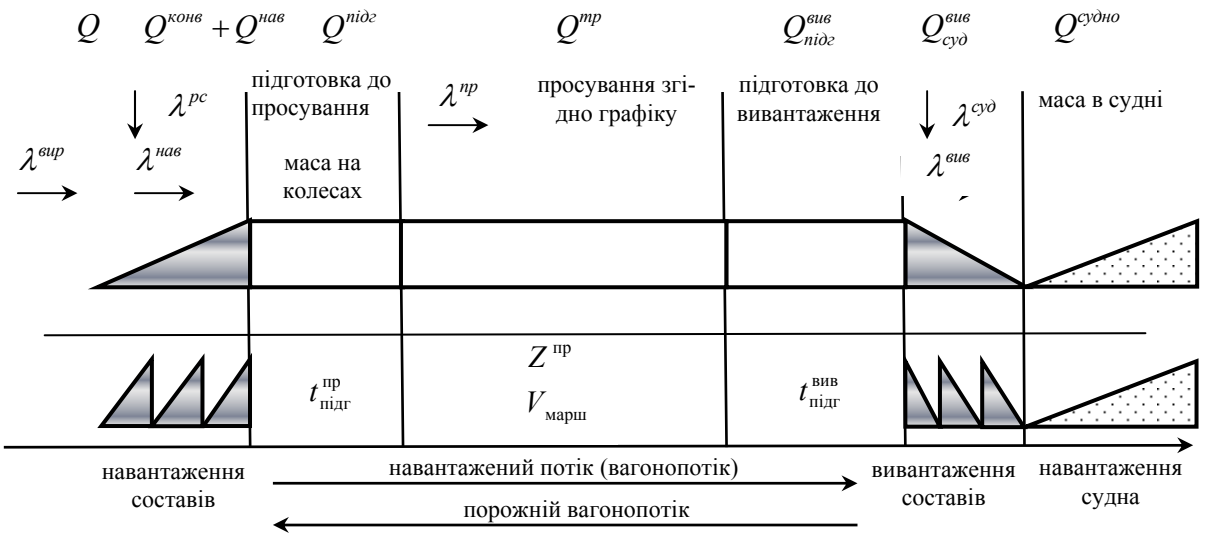


Рис. 4. Графічна модель транспортування вантажу в змішаному сполученні

Технологією роботи залізничних станцій і ЄТП визначено час, що потрібен на операції з підготовки вагонів і складів поїздів до просування. У загальному випадку сюди треба віднести операції по формуванню поїздів або маршрутів, оформленню документів і інше.

За період [t] обсяг (маса) вантажу, що знаходиться в рухомому складі, в цій фазі буде дорівнювати:

$$Q^{підг} = \frac{t_{[i]} \cdot n \cdot p}{t^{c}_{підг}} \tag{6}$$

де $t^{c}_{підг}$ – технологічний час на підготовку складу одного поїзду.

У процесі транспортування з пункту *i* в пункт *j* вантажу зі швидкістю $V_{марш}$ на відстань $L_{пер}$ маса вантажу «на колесах» за період [t] складе:

$$Q^{тр}_{[i]} = \frac{k_c \cdot Q^{c}_{нетто} \cdot L_{пер}}{V_{марш}} \tag{7}$$

де k_c – кількість поїздів, завантажених за період часу [t].

$$k_c = \lambda \cdot \frac{t_{[i]}}{n \cdot p} \tag{8}$$

Інакше:

$$k_c \cdot n \cdot p = \lambda \cdot t_{[i]} \tag{9}$$

Тоді:

$$Q^{тр}_{[i]} = \frac{\lambda \cdot t_{[i]} \cdot L_{пер}}{V_{марш}} \tag{10}$$

Аналогічно визначається вантажна маса «на колесах» на заключних стадіях перевізного процесу (при проведенні операцій і підготовки вантажу *К* до вивантаження і при вивантаженні за прямим варіантом):

$$Q^{вив}_{підг} = \frac{t_{[i]} \cdot n \cdot p}{t^{c}_{підг}} \tag{11}$$

$$Q^{вив} = \frac{t_{[i]} \cdot n \cdot p}{2 \cdot t^{судно}_{вив}} \tag{12}$$

Для розміщення в рухомому складі та переміщення вантажу за період [t] потрібно тримати наступну кількість рухомого складу, без урахування порожніх вагонів, що переміщуються під навантаження:

$$n^{потр} = \frac{Q^{тр}_{[i]}}{p} \tag{13}$$

Підставляючи (4 – 12) в загальний вираз (13) отримаємо:

$$n^{потр} = \frac{\lambda_{[i]} \cdot \left(\frac{t^{нав}}{2} + t^{пр}_{підг} + \frac{L_{пр}}{V_{марш}} + t^{вив}_{підг} + \frac{t^{вив}}{2} \right)}{p} \tag{14}$$

Найсуттєвішу частку вантажної маси становить частка, що знаходиться в процесі переміщення. З урахуванням значних відстаней переміщення вантажів очевидно, що «Ідеальна модель» передбачає однакові величини інтенсивності потоків вантажів від виробника ($\lambda^{вир}$), потоку рухомого складу під навантаження ($\lambda^{рс}$), потоку вантажу в процесі його переміщення в рухомому складі ($\lambda^{тр}$) і на заключній фазі (що можливо при узгодженому підводі судів і вагонів) ($\lambda^{вив}$).

Однак, неможливо забезпечити рівномірність потоків на всіх стадіях перевізного процесу в силу об'єктивних причин і причин, викликаних різними

відхиленнями в технології роботи з транспортування вантажів.

До об'єктивних причин слід віднести наступні:

1. Природно-кліматичні чинники.

Це такі, як:

а) стан акваторії порту, що впливає на підхід судів (шторм, льодова обстановка) і ін.;

б) стан навколишнього середовища в зоні навантаження вантажу, його транспортування і вивантаження. (Як приклад, низькі температури призводять до змерзання вантажу і необхідності проведення комплексу робіт з його додаткової підготовки до перевезення, при самому перевезенні та вивантаженні).

2. Стан рухомого складу.

3. Збої в русі поїздів, викликані форс-мажорними обставинами.

4. Складність задачі організації вагонопотоків з урахуванням:

- наявності обмежень в пропускній і переробної спроможності станцій і ділянок;
- використання універсального рухомого складу під перевезення вантажів різної номенклатури;
- регулювання тяговими засобами; поєднання просування вантажів в різних категоріях поїздів і викликаної цим маневрової роботи.

5. Необхідність ув'язки матеріальних потоків (власне переміщення вантажів) з потоком документів (документообіг) і фінансовими потоками і, найчастіше, неузгодженої діяльністю різних учасників перевізного процесу.

6. Неузгодженість дій різних державних відомств, і особливо, в технології роботи їх підрозділів.

7. Фінансові схеми продажів вантажів.

Все це призводить до того, що фактично вантажна маса, яка перебуває «на колесах» протягом часового інтервалу [t] $Q_{[i]}^{факт}$ природно перевершує кількість, визначену при ідеальної моделі. Тобто:

$$Q_{[i]}^{факт} > Q_{[i]}^{тр} \tag{15}$$

В умовах жорсткого централізованого планування, і необхідності якісного використання рухомого складу, зайва вантажна маса була в початковій і кінцевій фазах перевезень на складах (перевантаження здійснювалася через склад), тобто:

$$\begin{aligned} Q_{[i]}^{дод} &= Q_{[i]}^{факт} - Q_{[i]}^{тр} = \\ &= Q_{[i]}^{зал} + Q_{[i]}^{ск.відпр} + Q_{[i]}^{ск.отрим} \end{aligned} \tag{16}$$

$Q_{[i]}^{дод}$ розподілена таким чином, що:

$$Q_{[i]}^{ск.відпр} + Q_{[i]}^{ск.отрим} > Q_{[i]}^{зал} \tag{17}$$

Вся система планування, обліку виконання планів, відповідальності за їх виконання, система контролю, в тому числі державного, громадського, партійного, були спрямовані на зниження $Q_{[i]}^{зал}$, на недопущення збоїв в ритмі залізничних перевезень.

Економіко-математичні моделі взаємодії різних видів транспорту, що розроблялися в той період, було спрямовано на пошук таких рішень, які дозволяли б скоротити сумарні народно-господарські витрати.

У період зміни правових і економічних взаємовідносин учасників перевізного процесу вплив власників вантажів на залізниці істотно збільшився.

Як видно з вищенаведених міркувань цілі учасників перевізного процесу стали відрізнятися (рис. 5).

Метою товаровиробника стала задача збільшення прибутку. А так як вартість транспортних витрат у ціні продукції на складі одержувача висока, то поряд із зусиллями щодо зниження витрат власне виробника, велике значення почало набувати зниження транспортних витрат. Причому друге не вимагає істотних вкладень в модернізацію виробництва.

Укрупнено, з великою часткою умовності витрати можна розділити на три складові:

$$Z = Z^{до} + Z^{тр} + Z^{після} \tag{18}$$

де $Z^{до}$ – витрати до початку транспортування;

$Z^{тр}$ – витрати в період транспортування;

$Z^{після}$ – витрати після закінчення транспортування.

На другий додаток впливає тарифна політика, а ось на перший і третій – необхідність мати складське господарство, перевантажувальну техніку і відповідні штат і інфраструктуру.

В умовах, коли товаровиробники стали мати організаційно-правову форму власності (як правило, приватний капітал), а залізниці зберегли свій державний статус, то виробники стали розглядати рухомий склад як «склади на колесах», чинити тиск на залізниці. Зіставлення витрат на зберігання вантажів в різних фазах перевізного процесу та аналіз цін показує, що:

$$Ц_{ваг}^{хр} << Ц_{скл}^{хр} \tag{19}$$

Тобто вартість зберігання вантажу в вагонах дешевше, ніж на складі.

Нормативно-правова база, що діяла ефективно певною мірою при плановій економіці, стала не відповідати ринковим умовам і не стимулювала вантажовласників до звільнення рухомого складу, а, навпаки, дозволяла і дозволяє їм заощадити свої кошти на складському зберіганні. Стали спостерігатися суперечливі тенденції.

Схематично це явище можна зобразити таким чином (рис. 6).

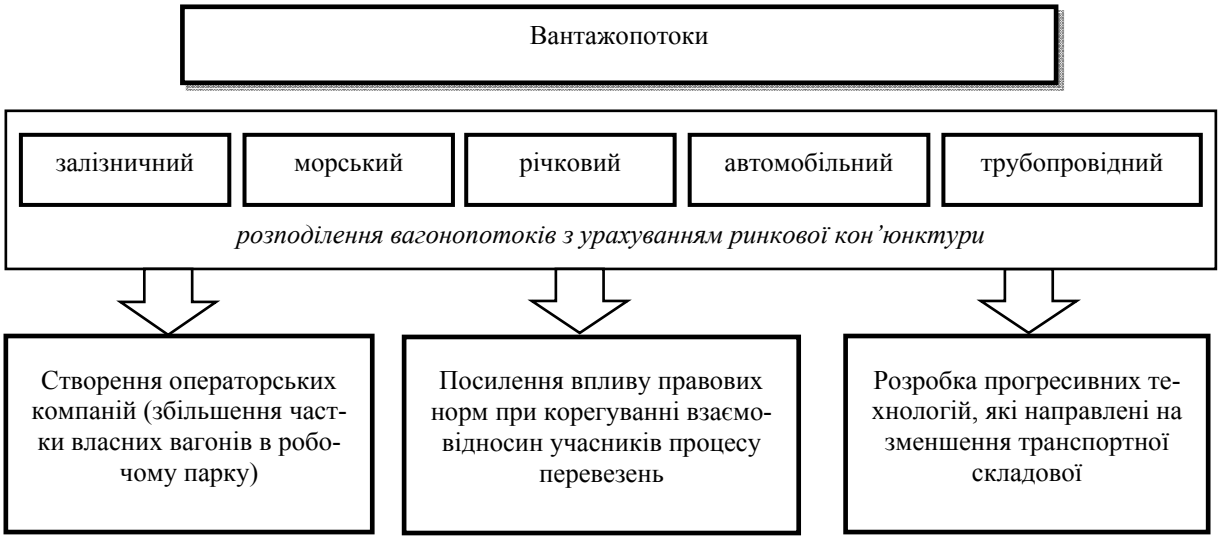


Рис. 5. Модель управління вантажопотоками при ринкової системі господарювання

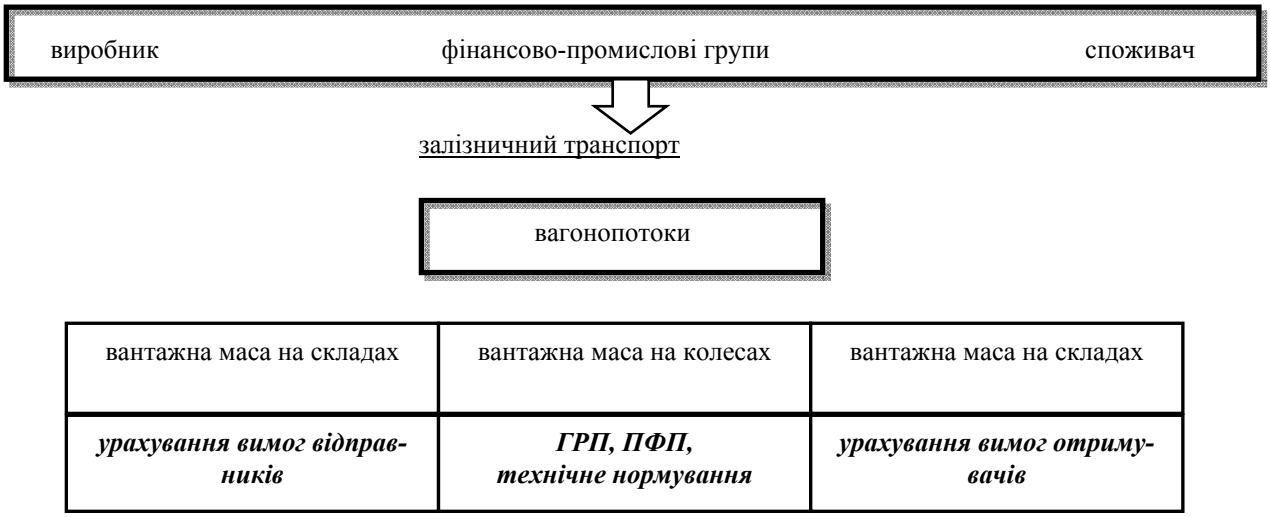


Рис. 6. Місце плану формування в системі організації вантажопотоків

З одного боку, залізничний транспорт (розуміємо всю систему, починаючи з планування і закінчуючи технологією перевізного процесу з нормативно-правовою базою) спрямовує свої зусилля на суворе дотримання графіка руху поїздів і порядку використання рухомого складу відповідно до плану формування поїздів, технічному нормуванню. З іншого боку, власники вантажів (фінансово-промислові групи) стали в цілях отримання максимального доходу мінімізувати свої витрати, в першу чергу переносячи з себе на державу витрати на зберігання вантажу шляхом використання державних вагонів як «складів на колесах».

Залізничний транспорт фінансово-промислові групи стали включати в контур управління процесом продажів (а це не що інше, як управління вантажопотоками), і впливати на його технологію. Так якщо раніше ГЦУП ЦД УЗ займався виключно питаннями плану формування поїздів, то в останні час – питаннями узгодження маршрутів і умов проходження вантажів окремих компаній.

Залізничний транспорт в силу різкого спаду виробництва та перевезень і необхідністю боротися за клієнтуру в нових умовах господарювання став все частіше враховувати вимоги клієнтури і пристосовуватися до нових умов господарювання. На цьому тлі і виникла ідея управління на залізничному транспорті не вагонопотоками, а вантажопотоками.

Висновки. Через певний історичний відрізок часу можна буде економічно оцінити наслідки в порушеннях технології роботи залізничного транспорту, викликані новими підходами до організації перевізного процесу. Однак, слід вважати очевидним, що поняття «управління вантажопотоками», фактично спрямоване на вирішення завдань фінансово-промислових груп, які вписують державний залізничний транспорт в контур своїх завдань, використовують рухомий склад як буфер, який дозволяє гасити нерівномірності в вантажних потоках і за раху-

нок державних коштів мінімізувати свої витрати і збільшувати, тим самим, прибуток.

Але цей підхід порушує цілісність системи організації перевізного процесу, плану формування і графіка руху поїздів, як основи організації роботи залізничного транспорту.

Приватизація Укрзалізниці при володінні державою 100 % акцій установи не змінила підходу до вирішення цього питання, як і передача частини вагонного парку приватним володарям. Тому розв'язання проблеми управління вантажо-, або вагонопотоками потребує свого логічного завершення.

Література

1. Бех П. В. Шляхи підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту в сучасних умовах / П. В. Бех, Г. І. Нестеренко, С. І. Музикіна, О. В. Лашков, М. І. Музикін // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – Дніпропетровськ, 2015. – № 5 (59). – С.25-39. — doi: 10.15802/stp2015/55349.
2. Marinov, M. Railway operations, time-tabling and control / M. Marinov , I. Sahin, S. Ricci, G. Vasic-Franklin // Research in Transportation Economics. – 2015. – Vol. 41. – № 1. – P. 59-75.
3. Gestrelius, S. Mathematical models for optimising decision support systems in the railway industry / S. Gestrelius // Licentiate thesis. Malardalen University, School of Innovation, Design and Engineering, Embedded Systems. – 2015. – 153 p.
4. Magnanti T.L. Network Design and Transportation Planning: Models and Algorithms [Text] / T.L. Magnanti, R.T. Wong // Transportation Science. – 1984. – V. 18. – № 1, P. 3-55.
5. Gubbins Edmund J. Managing transport operations / Edmund J. Gubbins. – London : Kogan Page, 2003. – 295 p.
6. Нагорний, Є. В. Дослідження розвитку системи транспортного обслуговування вантажо-власників у транспортних вузлах/ Є. В. Нагорний, А. М. Окороков, Г. І. Переста // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 38. – С. 58-62.
7. Переста, Г. І. Основні шляхи розвитку вантажних перевезень залізниць України / Г. І. Переста, О. О. Мазуренко, М. І. Музикін // Збірник наукових праць ДНУЗТ «Транспортні системи і технології перевезень». – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 2. – С.80-83.
8. Переста Г. И. Усовершенствование технологии организации перевозок: международный опыт и анализ существующей практики управления / Г. И. Переста, Ю. В. Чибисов, С. И . Музыкина // Вісник академії митної служби України. – 2011. – № 1(45). – С. 11-16.
9. Сотников Е. А. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на потребную пропускную способность участков [Текст] / Е. А. Сотников, К. П. Шенфельд // Вестник ВНИИЖТ. – 2011. – N 5. – С. 3-9.
10. Яновський П. О. Дослідження впливу факторів на час перебування поїздів на дільницях [Текст] / П. О. Яновський // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 3. – С. 25-29.

References

1. Bech P. V., Nesterenko H. I., Muzykina S. I., Lashkov O. V., Muzykin M. I. Shljahy pidvyshhennja konkurentospromozhnosti zaliznychnogo transportu v suchasnyh umovah [Ways to increase competitiveness of railway transport in modern conditions] / P. V. Bech, *// Nauka ta progres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2015, issue 5 (59), pp. 25-39.
2. Marinov, M. Railway operations, time-tabling and control / M. Marinov , I. Sahin, S. Ricci, G. Vasic-Franklin // Research in Transportation Economics. – 2015. – Vol. 41. – № 1. – P. 59-75.
3. Gestrelius, S. Mathematical models for optimising decision support systems in the railway industry / S. Gestrelius // Licentiate thesis. Malardalen University, School of Innovation, Design and Engineering, Embedded Systems. – 2015. – 153 p.
4. Magnanti T.L. Network Design and Transportation Planning: Models and Algorithms [Text] / T.L. Magnanti, R.T. Wong // Transportation Science. – 1984. – V. 18. – № 1, P. 3-55.
5. Gubbins Edmund J. Managing transport operations / Edmund J. Gubbins. – London : Kogan Page, 2003. – 295 p.
6. Naghornyi Ye. V., Okorokov A. M., Peresta G. I. Doslidzhennia rozvytku systemy transportnoho obslughovuvannia vantazhovlasnykiv u transportnykh vuzlakh [Research the development of transport service system in cargo transportation hubs], *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 38, pp. 58-62.
7. Peresta G. I., Mazurenko O. O., Muzykin M. I. Osnovni shliakhy rozvytku vantazhnykh perevezen zaliznyts Ukrainy [The main ways of development of cargo transportation on railways Ukraine], *Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana «Transportni systemy i tekhnologhii perevezen»* [Proceedings of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan «Transport systems and transportation technologies»], 2011, issue 2, pp. 80-83.
8. Peresta G. I., Chibisov Yu. V., Muzykina S. I. Usovershenstvovanie tekhnologii organizatsii perevozok: mezhdunarodnyy opyt i analiz sushchestvuyushchey praktiki upravleniya [Perfection of the logistics organization technology: international experience and analysis of existing management practices], *Visnyk akademii mytnoi sluzhby Ukrainy* [Journal of the Ukrainian Academy of Customs], 2011, issue 1(45), pp. 11-16.
9. Sotnikov Ye. A., Shenfeld K. P. Neravnomernost gruzovykh perevozok v sovremennykh usloviyakh i ee vliyanie na potrebnuyu propusknuyu sposobnost uchastkov [Uneven freight transportation in modern conditions and its impact on the needs of bandwidth plots] *Vestnik VNIIZhT - Bulletin of All-Russian Research Institute of Railway Transport*, 2011, N 5, pp. 3-9.
10. Yanovskyi P. O. Doslidzhennia vplyvu faktoriv na chas perebuvannia poizdiv na dilnytsiakh [Study of influence factors on the time spent trains on the plot] *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway transport of Ukraine*, 2008, N 3, pp. 25-29.

Бех П. В., Лашков А. В., Музыкин М. И., Нестеренко Г. И., Авраменко С. И. Управление грузопотоками та вагонопотоками на железнодорожном транспорте.

Железнодорожный транспорт в силу резкого спада производства и перевозок, а также необходимостью бороться за клиентуру в новых условиях хозяйствования, стал все чаще учитывать требования клиентуры и приспосабливаться к новым условиям хозяйствования. На этом фоне и возникла идея управления на железнодорожном транспорте не вагонопотоками, а грузопотоками. Но этот подход нарушает целостность системы организации перевозочного процесса, плана формирования и графика движения поездов, как основы организации работы железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: *грузопоток; вагонопоток; транспортировка; взаимодействие видов транспорта; планирование*

Bech P., Lashkov O., Muzykin M., Nesterenko H., Avramenko S. The management of freight traffic and railcar traffic on the railway.

Rail transport due to a sharp decline in production and transportation, and the need to compete for clientele in the new economic conditions, has become increasingly take into account the requirements of customers and to adapt to new economic conditions. Against this background, the idea to control the railway transport is not railcar traffic, but freight traffic. But this approach violates the integrity of the system of organization of the transportation process, the formation plan and train schedule as a basis for the organization of railway transport. During the period of the economic model based on the planned system at the railway exist freight traffic management through system of their organization in railcar traffic and system development of specific technical solutions and technologies for their promotion and recycling. Nowadays, the concept of "managing freight traffic" actually aimed at solving tasks of financial and industrial groups that are entered state railways to outline their objectives using rolling stock as a buffer that allows extinguish out uneven freight traffic and by public funds to minimize their costs and increase thus profits.

Keywords: *freight traffic; railcar traffic; transportation; interaction of modes of transport; planning.*

Бех П. В. – к.т.н., доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ, e-mail: Bekhpit@gmail.com
Лашков О. В. – старший викладач кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ, e-mail: lashkov56@mail.ru
Музкикін М. І. – асистент, аспірант кафедри «Безпека життєдіяльності» ДНУЗТ, e-mail: grafmim@rambler.ru
Нестеренко Г. І. – к.т.н., доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ, e-mail: galinamuzykina@rambler.ru
Авраменко С. І. – к.т.н., доцент кафедри «Безпека життєдіяльності» ДНУЗТ, e-mail: fufei@rambler.ru

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

Стаття подана 30.03.2017

УДК 629.4:629.1

АНАЛІЗ ПРАЦЬ ВЧЕНИХ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЯГОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Брагін М.І., Володарець М.В., Фалендиш А.П.

ANALYSIS OF THE WORKS OF SCIENTISTS TO DETERMINE THE TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS OF TRACTION VEHICLES

Bragin N., Volodarets M., Falendish A.

Проведено аналіз досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених, які проводились протягом багатьох років, по визначенню показників тягових транспортних засобів. З аналізу виходить, що деякі методи та моделі підходять до гібридних. Виявлено,що для вирішення задачі визначення техніко-економічних показників гібридних засобів є необхідним комплексний підхід, який має пов'язувати між собою технічні параметри, показники експлуатації і вартісні показники. Також запропоновано шляхи для обґрунтування вибору цих показників.

Ключові слова: *тяговий транспортний засіб, показник, математична модель, енергетична установка, накопичувач, оптимізація.*

Постановка проблеми. Технічна база і технологічний рівень організації перевезень по багатьом параметрам не відповідає потребам суспільства і європейським стандартам якості транспортних послуг. Проблема ускладнюється катастрофічною нехваткою фінансових засобів на оновлення тягового рухомого складу, термін експлуатації якого складає 25-30 років.

В умовах дефіциту, зменшення вантажообігу, старіння локомотивного парку і, виходячи з цього, зниження рівня його експлуатаційної надійності необхідно вирішувати задачу забезпечення його ефективної роботи. Отже, виникає необхідність у оновленні тягового рухомого складу Укрзалізниці.

Одним з напрямків підвищення ефективності локомотивної тяги є вирішення питань, які пов'язані з вибором типів і характеристик локомотивів. Ці питання завжди знаходили відображення у дослідженнях вчених і спеціалістів залізничного транспорту і є дуже актуальними, особливо в наш час.

Мета. Мета статті полягає у аналізі праць вчених по визначенню техніко-економічних показників локомотивів і обґрунтуванні шляхів щодо їх визначення.

Результати досліджень. Визначенню та обґрунтуванню основних показників локомотивів присвячено багато наукових досліджень. Це роботи таких вітчизняних вчених: В.Н. Іванова, В.Д. Кузьміча, Н.А. Фуфрянського, Н.Є. Борового, Є.Є. Коссова, Л.В. Одінцова, М.Л. Забелло, А.З. Хомича, А.І. Володіна, Н.Н. Заліта, П.А. Шелеста, Г.В. Попова, В.П. Казанцева, Г.С. Міхальченко і багатьох інших [1-21]. Розглянемо їх більш детальніше.

Раціональні ваги маневрових складів були встановлені Л.В. Одінцовим у 40-х роках минулого сторіччя [1]. Ним було розроблено методику розрахунку витрат часу на виконання маневрів, досліджено раціональні режими роботи маневрового локомотиву, надано рекомендації щодо вибору його типу. Також він займався вибором оптимальної потужності і маневрових локомотивів під час виконання роботи [2]. Л.В. Одінцовим запропонував використовувати середню вагу потягу для повного використання сили тяги локомотива, визначив область використання потужних локомотивів. Але він проводив розрахунки для локомотивів, що використовуються на маневровій роботі і на поїзній, а так як ці види робот мають принципові відмінності, то визначення параметрів локомотиву необхідно проводити окремо для кожного з них. Боровий Н.Є. запропонував в залежності від кількості відчеплень і вагонів у складі визначення витрат умовного палива, а також отримав формули витрат палива для окремих видів маневрових робот [3].

М.Л. Забелло разом із А.М. Барановим в своїх роботах навели теоретичне обґрунтування вибору необхідних маневрових тягових засобів та виявили умови застосування різних видів тяги на маневрах, що дало можливість визначити загальні експлуатаційні вимоги до параметрів маневрових локомотивів [4,5]. Згодом, у 1962 р. було розроблено і затверджено типаж маневрових і промислових тепловозів, що визначило шляхи реконструкції тяги на промисловому транспорті – заміну паровозної на тепловозну [5].

В.П. Казанцев визначив вплив на рівень оптимальної потужності маневрових локомотивів і тривалості виконання розрахункової маневрової операції наступних факторів: маса складу, довжина і ухил елементів маневрового району, способи виконання маневрів [1.3-6,7]. Також він визначив групу факторів, серед який й вартість палива, що не впливають на оптимальне значення потужності маневрових локомотивів.

В роботах Н.Є. Гончарова було проведено ряд досліджень щодо визначення величини питомої гальмівної сили під час гальмування маневрового тепловозу і його сили тяги [7,8].

Комплексно до визначення типу локомотива для роботи на витяжний коліях станцій підійшов В.П. Амелін [9]. В своїй роботі з основних параметрів локомотивів він враховував лише потужність і осьову формулу, а також встановив, що оптимальні параметри локомотиву не залежать від способу виконання маневрів, довжини вільних кінців колій сортувального парку та повздовжнього профілю витяжної колії.

Режими експлуатації і деякі параметри маневрового тепловоза із гідропередачею (к.к.д., потужність, що витрачається на допоміжне обладнання, витрати палива) розглянуто в роботах Н.Є. Іванова [10] і А.А. Лабута [11].

В роботі А.П. Кудряша, Е.Д. Созаєва, Е.Д. Тартаковського [12] розраховується експлуатаційні витрати палива за к.к.д. тепловоза як відношення сумарної витрати палива до тягової роботи тепловоза на колесі:

$$W = g_{em} = \frac{\sum_1^n b_i \cdot N_{ki} \cdot \tau_i}{\sum_1^n N_{ki} \cdot \tau_i} \to \min, \qquad (1)$$

де b_i – питома витрата палива на і-ому режимі експлуатації, $\frac{кг}{кВт \cdot год}$,

N_{ki} – дотична потужність тепловоза на і-ому режимі експлуатації,

τ_i – час роботи на і-ому режимі експлуатації, год.

Вибір характеристик тепловозів Е.Е. Коссов і В.А. Старовойт пропонують на основі розв'язання задач оптимізації [13]. При цьому визначається цільова функція або критерій якості, в якості якого приймається мінімум витрат палива:

$$W = B \to \min, \text{ при } n = const. \qquad (2)$$

В розглянутих вище методах пропонується визначати технічні і експлуатаційні параметри тепловозів (потужність, витрату палива, осьову формулу, масу складу, зчіпну вагу, профіль маневрового району тощо), але для визначення основних параметрів гібридних локомотивів необхідно враховувати одночасно особливості експлуатації, технічні параметри локомотива, вартісні показники його використання, а також особливості гібридного приводу і його показників.

Міхальченко Г.С. стверджує, що вибір основних параметрів локомотивів залежить від мас і швидкостей руху потягів за умови мінімальних річних витрат на освоєння заданого об'єму перевезень [14]. Він пропонує під час проектування нових локомотивів і проведенні техніко-економічного аналізу тих, що експлуатуються, використовувати такі показники: питомий показник маси, питому потужність, коефіцієнт тяги тощо.

В.О. Воронько було розроблено ряд моделей для визначення показників маневрових і промислових локомотивів [15]. При розробці математичні моделі енергетичної мережі тепловоза з гідравлічною передачею, електричною передачею постійного струму і передачею змінно-постійного струму для визначення тягово-економічних показників на стадії розрахунку враховано тягово-енергетичні характеристики, які визначаються залежністю дотичної сили тяги і витрат енергоресурсів від режимів роботи тепловозів..

К.А. Неревяткін в роботі [16] пропонує методику попереднього визначення технічних характеристик грузових тепловозів, в основі якої лежать методи розв'язання оптимізаційних задач. Було розроблено алгоритм техніко-економічних розрахунків. Його основою стали циклічні обчислення приведеної собівартості вантажних перевезень С при зміні вагової норми складу $Q_{вн}$ і розрахункової швидкості тепловозу v_p. Тобто, розрахунок залежності

$$C = f\left(Q_{вн}, v_p\right) \to \min, \qquad (3)$$

складає умови для вибору раціональних сполучень взаємопов'язаних один з одним технічних і експлуатаційних параметрів.

В роботі [17] розглянуто можливість використання накопичувачів енергії на локомотивах, представлені попередні оцінки технічних характеристик і економічні переваги локомотивів з накопичувачем енергії, надані рекомендації щодо вибору параметрів накопичувачів на основі середніх показників роботи локомотивів.

В роботі [18] на основі даних про режими роботи автономного тягового рухомого складу розраховано необхідні потужності накопичувачів з урахуванням і без урахування рекуперації енергії під час гальмування і середні встановлені потужності силових установок локомотивів при застосування накопичувачів енергії.

С. О. Нікіпелий в роботі [19] вирішував задачу підвищення якості робочого процесу дизеля в несталих режимах за рахунок використання накопичувачів енергії у силовій мережі тепловозу. Було теоретично обґрунтовано спосіб керування силовою установкою тепловоза з накопичувачем енергії у силовій мережі з метою зменшення необхідної розрахованої енергоємності накопичувача.

У роботі [20] розглянуто п'ять можливих варіантів модернізації енергетичної установки маневрового тепловоза ЧМЕ3 і виконано попередню оцінку ефективності кожного з них за такими показниками: вартість основних агрегатів, які мають бути застосо-

вані (дизель-генератори, накопичувач електроенергії); відносне, в порівнянні з базовою енергетичною установкою тепловоза ЧМЕ3, зменшення експлуатаційної витрати палива; складова загального терміну окупності витрат на модернізацію енергетичної установки, яка враховує лише витрати на основне обладнання.

В роботі [21] розглянуто оцінку ефективності застосування накопичувачів електроенергії в енергетичній установці дизель-поїзда ДЕЛ-02, при цьому обґрунтовано вибір режиму роботи, типу та основних параметрів накопичувача, а також визначено вплив параметрів обраного накопичувача на досяжні показники економії палива та на необхідні зміни у режимі навантаження існуючої установки.

Отримано умову ефективного використання накопичувача, що отримує електроенергію від дизель-генератора:

$$\eta_{АБ} > \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{Ne}_i \cdot \overline{\tau}_i}{k_n \cdot \sum_{i=1}^{z} \overline{Ne}_i \cdot \overline{g}_{e,i} \cdot \overline{\tau}_i} \right)_{Б}, \qquad (4)$$

де $\eta_{АБ}$ – коефіцієнт корисної дії накопичувача енергії;

$\overline{Ne}_i$ – відносна потужність базового двигуна;

$\overline{\tau}_i$ – відносний час роботи на певному режимі;

k_n – коефіцієнт, що враховує збільшення експлуатаційних витрат палива внаслідок зміни режимів роботи, k_n>1;

$\overline{g}_{e,i}$ – відносна витрата палива, яка характеризує перевищення питомої витрати палива на даному режимі роботи над мінімально можливою питомою витратою палива в силовій установці.

Нерівність (4) дає можливість сформулювати вимоги до ККД накопичувача електроенергії: якщо він буде недостатнім, то система з накопиченням енергії, отриманої від первинного джерела буде неефективною або навіть програвати існуючій базовій системі передачі енергії.

Подібні до розглянутих вище методів і методик були розглянуті і застосовані у роботах закордонних вчених, таких як: П.Вольф, Ф.В. Донеллі, Р.Л. Коусіньо, Р.Н.М. Хослей, К.Р. Аклі, Б. Сарені, Х. Робоам, А. Джейніс, Л. Людвінавічіус, Л. П. Лінгайтіс тощо [22-25]. В них наведено багато принципових схем гібридних локомотивів з різними приводами та структурними елементами. Також розглянуті питання як модернізації існуючих локомотивів гібридним приводом, так і створенням нових гібридних локомотивів.

Розрахунок терміну служби накопичувачів енергії в силовій мережі маневрового тепловозу з урахуванням різних параметрів було розглянуто у [22].

У роботі [23] було створено оригінальний комплексний дизайнерський підхід для розробки гібридного локомотиву, призначеного для використання в неелектрифікованих районах. Цей підхід засновано на багатокритеріальній оптимізації з генетичними алгоритмами і направлено на оптимізацію одночасно архітектури системи, розмірного елементу і стратегії керування енергією замість роз'єднання глобальної задачі оптимізації на місцеві задачі, які можуть бути послідовно вирішені. Також він виконує декілька неоднорідних задач(кліматичні і економічні витрати, час життя) із урахуванням декількох обмежень (об'єму, дотримання умов руху). Цей підхід показав свою ефективність при знаходженні гібридних конфігурацій локомотивів, які домінують над тими, які було отримано із використанням традиційних методологій, заснованих на спрощенні задачі оптимізації.

В роботі [24] розглянуті нові можливості економії енергії, повністю використовуючи кінетичну енергію. Запропоновано нетрадиційні системи керування кінетичної енергії локомотивів із передачею потужності постійно-постійного, постійно-змінного, змінно-постійного та змінно-змінного струму для запуску тепловозних дизельних двигунів від накопичувальних батарей.

В роботі [25] наведені рівняння, які дозволяють оцінити ефективність рекуперативного гальмування для різних варіантів гібридного приводу, а також представлено різні типи енергозберігаючих енергетичних систем локомотивів, які використовують енергію рекуперативного гальмування, різноманітні системи гібридного тягового рухомого складу, схеми і електричні криві.

З огляду методів та моделей виходить, що різні вчені із різних країн протягом багатьох років проводили дослідження, спрямовані на визначення техніко-економічних параметрів рухомого складу. Деякі з яких підходять і до гібридних локомотивів. Але для вирішення задачі визначення техніко-економічних показників гібридних локомотивів є необхідним комплексний підхід Р, який має пов'язувати між собою технічні параметри локомотиву P_1, показники експлуатації P_2 і вартісні показники P_3, тобто:

$$P = \{P_i\} = \{P_1, P_2, P_3\}. \qquad (5)$$

Для обґрунтування вибору техніко-економічних показників гібридних локомотивів необхідне розв'язання наступних задач:

1) розробка математичної моделі гібридного маневрового тепловозу і оцінка його тягово-економічних показників;

2) моделювання умов експлуатації маневрових локомотивів;

3) визначення показників якості гібридних маневрових локомотивів і визначення вартості їх життєвого циклу.

Такий підхід має базуватися на математичному моделюванні і дозволить обґрунтувати вибір основних техніко-економічних показників тепловозу при найменшій вартості життєвого циклу за певних умов експлуатації.

Висновки. 1. Проведено аналіз праць вчених по визначенню техніко-економічних показників локомотивів.

2. Виявлено,що для вирішення задачі визначення цих показників є необхідним комплексний підхід, який

має пов'язувати між собою технічні параметри локомотиву, показники експлуатації і вартісні показники

3. Вказано напрямки, які дозволять обгрунтувати вибір цих показників.

Література

1. Одинцов, Л. В. Вопросы теории маневровой работы [Текст] : учебное пособие / Л. В. Одинцов. - М. : Трансжелдориздат, 1947. - 204 с.
2. Одинцов, Л. В. Организация движения на железнодорожном транспорте [Текст] : учебное пособие. Вып. 2 / Л. В. Одинцов. - М. : ВЗИИТ, 1963. - 151 с.
3. Боровой, Н.Е. Влияние веса поездов на объем маневровой работы [Текст] / Н.Е. Боровой // Труды МИИТ. – М: Трансжелдориздат, 1962. – Вып. 137. – 384с.
4. Забелло, М. Л. Маневровые локомотивы электрифицированных железных дорог [Текст] / М. Л. Забелло, А. М. Баранов. - М. : Транспорт, 1967. - 150 с.
5. Типаж маневровых и промышленных тепловозов [Текст]/ ЦБТИ, М., 1962.
6. Казанцев В.П. Выбор оптимальной мощности маневрового локомотива для работы на вытяжке в текущих эксплуатационных условиях и на перспективу[Текст]: дис. .канд. техн.наук./В.П. Казанцев.-М,:1966.-156с.
7. Гончаров, Н. Е. Маневровая работа на железнодорожном транспорте [Текст] / Н. Е. Гончаров, В. П. Казанцев – М.: Транспорт, 1978. – 183 с.
8. Гончаров, Н. Е. Повышение качества и эффективности управления транспортными средствами [Текст] / Н. Е. Гончаров – К.: Будівельник, 1976. – 152 с.
9. Амелин В.П. Выбор типа маневрового локомотива для работы на вытяжных путях станции [Текст]: дис. канд. техн. наук./В.П. Амелин.-М., 1973.- 186с.
10. Иванов Н.Е. Исследование надежности и долговечности маневровых тепловозов с гидравлическими передачами в зависимости от режимов их работы на железных дорогах промышленных предприятий [Текст]: дис. на соискание к.т.н./ Н.Е. Иванов.- Д.: ДИИТ, 1969.-167с.
11. Лабут А.А. Исследования вопросов эксплуатации и ремонта маневрового тепловозов с гидропередачей [Текст]: дис. на соискание к.т.н./ А.А. Лабут / М.: МИИТ, 1969.-173с.
12. Кудряш, А.П. Повышение эффективности тепловозных дизель-генераторов в эксплуатации [Текст] / А.П. Кудряш, В.Т. Созаев, Э.Д. Тартаковский // Железнодорожный транспорт. – 1972. – № 10. – С. 38-40.
13. 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.
14. Михальченко, Г.С. Теория и конструкция локомотивов: Учебник для вузов ж.-д. транспорта [Текст] / Г.С. Михальченко, В.Н. Кашников, В.С. Коссов, В.А. Симонов.— М.: Маршрут, 2006. — 584 с.
15. 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.
16. 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.
17. Варакин, А.И. Маневровый и универсальный локомотив с гибридной силовой установкой и накопителем энергии на базе электрохимиеских 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.
18. 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.
19. Никипелый, С. О. Повышение эффективности работы тепловозов при применении накопителя энергии в силовой цепи [Текст]: дис... канд. техн. наук / С. О. Никипелый. - М., 2011. - 167 с.
20. Сергієнко, М.І. Оцінка ефективності можливих варіантів модернізації енергетичної установки маневрового тепловоза ЧМЭ3 [Текст] / М. І. Сергієнко, В.І. Пелепейченко, О.І. Гончарів, Д.О. Гордієнко // Залізничний транспорт України. - 2011. - № 6. - С. 35-38.
21. 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.
22. Wolfs, P. 2005. Energy Storage Options for Hybrid Diesel Electric Shunting Locomotives, in Negnvitsky, M. (ed), Australasian Universities Power Engineering Conference AUPEC 2005, Sep 25 2005, pp. S123-S123. Hobart, Tasmania: University of Tasmania.
23. Akli, C.R.; Sareni, B; Roboam, X; Jeunesse, A. Integrated optimal design of a hybrid locomotive with multiobjective genetic algorithms. (2009) International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, vol. 30 (n° 3-4). pp. 151-162. ISSN 1383-5416.
24. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal;Sep2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
25. 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. Odincov, L. V. Voprosy teorii manevrovoj raboty [Tekst] : uchebnoe posobie / L. V. Odincov. - M. : Transzheldorizdat, 1947. - 204 s.
2. Odincov, L. V. Organizacija dvizhenija na zheleznodorozhnom transporte [Tekst] : uchebnoe posobie. Vyp. 2 / L. V. Odincov. - M. : VZIIT, 1963. - 151 s.
3. Borovoj, N.E. Vlijanie vesa poezdov na ob#em manevrovoj raboty [Tekst] / N.E. Borovoj // Trudy MIIT. – M: Transzheldorizdat, 1962. – Vyp. 137. – 384s.
4. Zabello, M. L. Manevrovye lokomotivy jelektrificirovannyh zheleznyh dorog [Tekst] / M. L. Zabello, A. M. Baranov. - M. : Transport, 1967. - 150 s.
5. Tipazh manevrovyh i promyshlennyh teplovozov [Tekst]/ CBTI, M., 1962.
6. Kazancev V.P. Vybor optimal'noj moshhnosti manevrovogo lokomotiva dlja raboty na vytjazhke v tekushhih jekspluatacionnyh uslovijah i na perspektivu[Tekst]: dis. .kand. tehn.nauk./V.P. Kazancev.-M,:1966.-156s.
7. Goncharov, N. E. Manevrovaja rabota na zheleznodorozhnom transporte [Tekst] / N. E. Goncharov, V. P. Kazancev – M.: Transport, 1978. – 183 s.

8. Goncharov, N. E. Povyshenie kachestva i jeffektivnosti upravlenija transportnymi sredstvami [Tekst] / N. E. Goncharov – K.: Budivel'nik, 1976. – 152 s.
9. Amelin V.P. Vybor tipa manevrovogo lokomotiva dlja raboty na vytjazhnyh putjah stancii [Tekst]: dis. kand. tehn. nauk./V.P. Amelin.-M., 1973.- 186s.
10. Ivanov N.E. Issledovanie nadezhnosti i dolgovechnosti manevrovyh teplovozov s gidravlicheskimi peredachami v zavisimosti ot rezhimov ih raboty na zheleznyh dorogah promyshlennyh predprijatij [Tekst]: dis. na soiskanie k.t.n./ N.E. Ivanov.- D.: DIIT, 1969.-167s.
11. Labut A.A. Issledovanija voprosov jekspluatacii i remonta manevrovogo teplovozov s gidroperedachej [Tekst]: dis. na soiskanie k.t.n./ A.A. Labut / M.: MIIT, 1969.-173s.
12. Kudrjash, A.P. Povyshenie jeffektivnosti teplovoznyh dizel'-generatorov v jekspluatacii [Tekst] / A.P. Kudrjash, V.T. Sozaev, Je.D. Tartakovskij // Zheleznodo-rozhnyj transport. – 1972. – № 10. – S. 38-40.
13. Kossov, E.E. Vybor harakteristik magistral'nyh i manevrovyh teplovozov [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Starovojt // Povyshenie toplivnoj jekonomichnosti teplovozov, Trudy VNIIZhT. – M.: Transport, 1991.– 238 s.
14. Mihal'chenko, G.S. Teorija i konstrukcija lokomoti-vov: Uchebnik dlja vuzov zh.-d. transporta [Tekst] / G.S. Mihal'chenko, V.N. Kashnikov, B.C. Kossov, V.A. Si-monov.— M.: Marshrut, 2006. — 584 s.
15. Voron'ko, V. A. Obosnovanie vybora parametrov ma-nevrovyh i promyshlennyh teplovozov s uchetom uslo-vij jekspluatacii [Tekst]: diss. kand. tehn. nauk / V.A. Voron'ko.-M., 2005g. 148 s.
16. Nerevjatkin K.A. Sovershenstvovanie metodiki opre-delenija tehnicheskih harakteristik proektiruemyh lokomotivov na osnove matematicheskogo modelirova-nija [Tekst]: avtoref. diss. na soisk uchen. step. kand. teh. nauk / K.A. Nerevjatkin. – M.: MGUPS, 1998g. – 23s.
17. Varakin, A.I. Manevrovyj i universal'nyj lokomo-tiv s gibridnoj silovoj ustanovkoj i nakopitelem jenergii na baze jelektrohimieskih 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.
18. Kossov, E.E. K voprosu vybora moshhnostnyh harakte-ristik perspektivnogo avtonomnogo tjagovogo podvi-zhnogo sostava [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Azarenko, M.M. Komarickij // Nauka i transport. -2007.-S. 20-21.
19. 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.
20. Sergiєnko, M.I. Ocinka efektivnosti mozhlivih varian-tiv modernizaciї energetichnoї ustanovki manevrovogo teplovoza ChMJe3 [Tekst] / M. I. Sergiєnko, V.I. Pele-pejchenko, O.I. Gonchariv, D.O. Gordiєnko // Zaliznichnij transport Ukraïni. - 2011. - № 6. - S. 35-38.
21. Sergiєnko, M.I. Ocinka efektivnosti zastosuvannja na-kopichuvachiv elektroenergiї v energetichnij ustanovci dizel'-poїzda DEL-02 [Tekst] / M. I. Sergiєnko, M.V. Panasenko, V.I. Pelepejchenko, D.O. Gordiєnko // Zali-znichnij transport Ukraïni. - 2011. - № 4. - S. 29-35.
22. Wolfs, P. 2005. Energy Storage Options for Hybrid Diesel Electric Shunting Locomotives, in Negnvitsky, M. (ed), Australasian Universities Power Engineering Conference AUPEC 2005, Sep 25 2005, pp. S123-S123. Hobart, Tasmania: University of Tasmania.
23. Akli, C.R.; Sareni, B; Roboam, X; Jeunesse, A. Integrated optimal design of a hybrid locomotive with multiobjective genetic algorithms. (2009) International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, vol. 30 (n° 3-4). pp. 151-162. ISSN 1383-5416.
24. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal;Sep2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
25. 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.

Брагин Н.И., Володарец Н.В., Фалендыш А.П. Анализ работ ученых по определению технико-экономических показателей тяговых транспортных средств.

Проведен анализ исследований отечественных и зарубежных ученых, которые проводились в течение многих лет, по определению показателей тяговых транспортных средств. Из анализа следует, что некоторые методы и модели подходят к гибридным. Выявлено, что для решения задачи определения технико-экономических показателей гибридных средств является необходимым комплексный подход, который должен связывать между собой технические параметры, показатели эксплуатации и стоимостные показатели. Также предложены пути по обоснованию выбора этих показателей.

Ключевые слова: *тяговое транспортное средство, показатель, математическая модель, энергетическая установка, накопитель, оптимизация.*

Bragin N., Volodarets M., Falendysh A. Analysis of the works of scientists to determine the technical and economic parameters of traction vehicles.

The analysis of national and foreign research scientists who conducted over the years by determination of the parameters of traction vehicles. From the analysis it appears that some of the methods and models suited to hybrid. We found that to solve the problem of determining the technical and economic performance of hybrid traction vehicles comprehensive approach is required, which has to relate technical parameters, operating performance and cost parameters. To justify the selection of technical and economic parameters of hybrid traction vehicles is necessary to solve the following problems: the development of a mathematical model of hybrid shunting locomotive and evaluation of its trailer and economic indicators; modeling operating conditions of shunting locomotives; determination of quality hybrid shunting locomotives and value of their life cycle under certain operating conditions.

Keywords: *traction vehicle, index, mathematical model, power plant, storage, optimization.*

Фаленлиш А.П. – д.т.н., професор кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДАЗТ, м.Харків, Україна, e-mail: fap_hiit@ukr.net.
Володарець М.В. – к.т.н., старший викладач кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДУЗТ, м.Харків, Україна, e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru.
Брагін М.І. – аспірант СНУ ім..В.Даля, м. Сєвєродонецьк, Україна.

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

Стаття подана 27.03.2017

УДК 656.1.004

УЗГОДЖЕННЯ СУМІЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗБІЖЖЯ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Воронков О.А., Роговський І.Л.

COORDINATION OF ADJACENT TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF TRANSPORTATION OF GRAIN PRODUCTION OF CROP PRODUCTION

Voronkov O., Rogovskii I.

В статті розглянуто аналітичні передумови для визначення узгодження суміжних транспортних і технологічних операцій перевезення збіжжя продукції рослинництва. Вводиться авторами поняття пристосованість (адаптивність), яка характеризує властивості транспортного засобу зберігати на номінальному рівні значення показників якості та ефективності при відхиленні умов експлуатації від регламентованих. Розглянута в статті проблема стає актуальнішим, лише тоді, коли спостерігається більше відхилень умов експлуатації від стандартних і чим нижча пристосованість транспортних засобів до цих відхилень. Таким чином, найбільш перспективним напрямком дослідження способів підвищення ефективності транспортно-технологічного забезпечення агропромислового комплексу вбачається впровадження в сільськогосподарське виробництво енергозберігаючих технологій екоземлеробства з урахуванням адаптації транспортного забезпечення до умов експлуатації.

Ключові слова: *адаптивність, транспортний засіб, операція, енерговитрати, збіжжя, перевезення.*

Вступ. Автори численних досліджень прийшли до висновку, що підвищити ефективність функціонування транспортно-технологічного забезпечення агропромислового комплексу можливо за рахунок скорочення транспортних робіт, що дозволить знизити транспортні витрати і зменшити потребу в рухомому складі. Тому для визначення максимальної продуктивності однотипного рухомого складу в якості критерію застосовують мінімум сумарного пробігу. Отже, система за оптимальністю пробігу, відповідно буде оптимальним за витратами часу та вартістю при однакових умовах руху транспорту.

Однак, при експлуатації транспортних засобів у різних умовах агропромислового комплексу (природно-кліматичних, дорожніх і т. д.) застосування пробігових критеріїв оптимальності недоцільно. Тоді як тимчасові критерії можуть бути прийнятні при оптимізації з причини використання різного виду транспорту в неоднакових умовах експлуатації.

Постановка проблеми. Аналітично описуючі систему «пункт навантаження (комбайн) – транспортний засіб – пункт розвантаження (тік)» провідну роль необхідно відводити одному з вантажних пунктів, який визначає пропускну здатність всієї системи в цілому. При перевезеннях зернового збіжжя провідною ланкою, згідно з авторськими дослідженнями, є пункт розвантаження (тік). Тому для оптимізації всього транспортного процесу доцільно мінімізувати сумарні витрати часу на приймання та доставку зернового збіжжя $\sum t$:

$$\sum t = t_n + t_p + t_Д \to \min ,$$

де t_n – час, що витрачається заготівельним пунктом на приймання зернового збіжжя, годин; t_p – час перебування транспортних засобів в пункті розвантаження зернового збіжжя, годин; $t_Д$ – витрати часу на доставку зернового збіжжя, годин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При визначенні оптимальної швидкості руху транспортного засобу методом лінійного програмування, в роботах [1–4], автори в якості показника критерію оптимальності застосовують час доставки вантажу між усіма пунктами. Тоді умови мінімізації витрат часу на доставку вантажу приймають вид:

$$\sum t = \sum_{1}^{m}\sum_{1}^{n}(t_{ij} \cdot x_{ij}) \to \min ,$$

де m– кількість пунктів відправлення вантажів; n - число пунктів споживання вантажів; t_{ij} – час, що витрачається на їздку від *i*-го пункту наявності ван-

тажу в *j*-й пункт доставки, годин; x_{ij} – об'єм вантажу, який необхідно доставити з *i*-го пункту відправлення в *j*-й пункт доставки, т.

Однак мінімальні витрати часу на виконання заданого обсягу робіт не призводять до максимальної продуктивності рухомого складу або до мінімуму експлуатаційних витрат [5]. Отже, критерій оптимальності доцільно прийняти за умови виконання заданого обсягу перевезень через плановий час перебування в наряді транспортного засобу, що рухається з оптимальною швидкістю. При цьому необхідно враховувати, що зміна швидкості руху приводить до збільшення продуктивності рухомого складу, лише в тому випадку, коли можливо виконати додатково хоча б одну їздку за рахунок скорочення часу в русі [6]. У разі ж перевезення швидкопсувних сільськогосподарських вантажів виробник вибирає транспорт з найбільшими швидкісними характеристиками, що іноді не відповідає високій продуктивності [7]. Тому вибір тимчасових критеріїв доцільний при оцінці роботи транспортно-енергетичних засобів однакової вантажопідйомності, оскільки в цьому випадку оптимальний результат за часовим критерієм буде рівноцінним або при розрахунку за критеріями мінімальної потреби рухомого складу або максимальної продуктивності.

Для вирішення транспортної задачі за критеріями продуктивності рухомого складу і потреби в ньому в даний час можна виділити наступні напрямки: застосування детермінованих економіко-математичних моделей, що дозволяють провести оптимізацію параметрів транспортної системи [8], використання теорії масового обслуговування для побудови імовірнісних моделей [9], імітаційне моделювання транспортної системи [10].

У зв'язку з впровадженням у сільськогосподарське виробництво сучасної системи машин і вдосконаленням технологічних ліній, виникає необхідність вирішення однієї з основних практичних завдань транспортно-технологічного процесу – оптимального узгодження суміжних транспортних і технологічних операцій.

Мета статті. У роботі зроблена спроба отримати аналітичні передумови для визначення узгодження суміжних транспортних і технологічних операцій перевезення збіжжя продукції рослинництва.

Результати досліджень. Забезпечити узгоджену роботу збиральних машин, транспортного рухомого складу і обладнання приймальних пунктів можливе на основі єдиного плану виконання транспортно-технологічного процесу. Так у проведених авторських дослідженнях прийшли до висновку, що оптимізація вантажообігу цукрових буряків по всіх маршрутах перевезення від пунктів вантаження до пунктів розвантаження досягалася за рахунок мінімізації числа їздок, здійснюваних автомобілем і мінімальної кількості використовуваних автомобілів. З урахуванням обраних критеріїв ефективності перевезення цукрових буряків пропонується використовувати наступну економіко-математичну модель оптимізації:

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{s=1}^{s}\sum_{j=1}^{n}(l_{ij}\cdot z_{isj}\cdot A_{isj}\cdot q_s)\to \min,$$

де l_{ij} – відстань перевезення від *i*–го пункту навантаження до *j*-го пункту вивантаження, км; q_s – номінальна вантажопідйомність автомобіля *s*-го типу, т; z_{isj} – число їздок, які здійснює автомобіль *s*-го типу; A_{isj} – кількість автомобілів s-го типу, яка потрібна для перевезення буряків з *i*-го пункту навантаження на *j*-го бурякоприймального пункту.

За умови:

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{s=1}^{s}(z_{isj}\cdot A_{isj}\cdot q_s)\le Q_{i,}\, j=1,2,...,n,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{s=1}^{s}(z_{isj}\cdot A_{isj}\cdot q_s)\le w_{i,}\, i=1,2,...,m,$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}(A_{isj})\le A_{s,}\, s=1,2,...,s,$$

$$a_i\le\frac{\sum_{j=1}^{n}\sum_{s=1}^{s}(z_{isj}\cdot A_{isj}\cdot q_s)}{W_i}\le b_i,$$

$$A_{isj}\ge 0, i=\overline{1,m}, s=\overline{1,s},$$

де $Q_{i,}$ – добова потужність *j*-го бурякоприймального пункту, Вт; w_i – добова потужність відвантаження, Вт; A_s – кількість автомобілів *s*-го типу, які необхідні для вивозу буряків з усіх пунктів відвантаження на всі приймальні пункти; a_i, b_i – величини (у відносних одиницях) допустимих нижніх і верхніх меж вивозу буряків з *i*-го пункту відвантаження.

Реалізація однієї з основних функцій агропромислового комплексу, а саме забезпечення економії та усунення втрат вантажів сільськогосподарського призначення залежить від вирішення двох взаємопов'язаних логістичних завдань: оптимізації вантажопотоків і оптимального розміщення виробничих об'єктів.

Аналіз авторських досліджень дозволяє виділити наступні типові логістичні завдання:

– оптимізація вантажопотоків, що дозволяє знизити пробіг з вантажем, за рахунок закріплення споживача за постачальником;

– оптимізація маршрутів, основним результатом розв'язання якої є мінімальний пробіг транспортного засобу без вантажу;

– закріплення споживача за автотранспортним підприємством, результатом вирішення цього завдання призведе до скорочення нульових пробігів рухомого складу.

При вирішенні задачі проектування оптимальних вантажопотоків одночасно вироблених і споживаних вантажів при заданих розміщеннях взаємо-

пов'язаних об'єктів і їх потужності за критерії оптимальності доцільно вибрати мінімум приведених витрат на прибирання та доставку зерна в необхідному обсязі. У цьому випадку цільова функція П представляє собою суму приведених витрат в обсязі річної потреби:

$$П = \sum_{ijl}(c_{ijl} \cdot x_{ijl}) + \sum_{ikl}(c_{ikl} \cdot x_{ikl}) + \\ + \sum_{jkl}(c_{jkl} \cdot x_{jkl}) \to \min,$$

де c_{ijl} – приведені витрати на збирання та перевезення тони зерна з *i*-го поля на *j*-й тік *l*-м способом, грн/т; c_{ikl} – приведені витрати на перевезення тони зерна з *i*-го поля *k*-му споживачеві *l*-м способом, грн/т; c_{jkl} – приведені витрати на перевезення тони зерна з *j*-го току *k*-му споживачеві *l*-м способом, грн/т; x_{ijl} – обсяг перевезень зерна з *i*-го поля на *j*-й тік *l*-м способом, т; x_{ikl} – обсяг перевезень зерна з *i*-го поля *k*-му споживачеві *l*-м способом, т; x_{jkl} – обсяг перевезень зерна з *j*-го току *k*-му споживачеві *l*-м способом, т.

Однак існує обмеження за пропускною здатністю a_i комбайнів:

$$\sum_{i=1}^{L}\sum_{j=1}^{G} x_{ijl} + \sum_{l=1}^{L}\sum_{k=1}^{K} x_{ikl} \le a_i,$$

де a_i – пропускна здатність комбайнів.

А сама умова задоволення *k*-го споживача в зерні, яка доставляється йому як з *i*-го поля, так і з *j*-го току має вид:

$$\sum_{l=1}^{L}\sum_{i=1}^{l} x_{ikl} + \sum_{l=1}^{L}\sum_{j=1}^{G} x_{ikl} \le a_k,$$

де a_k – потреба *k*-го споживача в зерні.

Тоді умова балансу ввезення і вивезення зерна для *j*-го току набуває виду:

$$\sum_{il} x_{ijl} = \sum_{kl} x_{jkl},$$

І має враховувати наступне обмеження по пропускній здатності току:

$$\sum_{il} x_{ijl} = b_j,$$

де b_j – пропускна здатність зерноочисних і перевантажувальних агрегатів.

Та умови позитивності змінних:

$$x_{ijl} \ge 0;\ x_{ikl} \ge 0;\ x_{jkl} \ge 0.$$

Проектування оптимальних вантажопотоків і взаємопов'язаних виробничих об'єктів в сільському господарстві з подібною організаційною схемою залишається справедливою і для інших вантажів сільськогосподарського призначення.

Вдосконалення планування розподілу фондів мінеральних добрив методами оптимального програмування з урахуванням агрохімічних характеристик ґрунтів, їх механічних властивостей, взаємозамінності різних видів і форм добрив через методики вирішення різних варіантів завдань, дозволяє оптимізувати вантажопотоки і розміщення складів мінеральних добрив, що забезпечує скорочення капіталовкладень в будівництво складських приміщень, приведених витрат на доставку, зберігання і внесення добрив порівняно з традиційним розміщенням складів.

При розробці економіко-математичної моделі оптимізації вантажопотоків для мінеральних добрив рекомендується враховувати особливість, що їх виробництво здійснюється цілий рік, тоді як споживання відбувається в певний період року. Тому до основних особливостей постановки задачі слід віднести:

– комплектність оптимізації вантажопотоків;

– способи і засоби доставки і внесення добрив;

– обсяги, режими роботи і розміщення складів для їх зберігання;

– оптимізація різних типів виробничих об'єктів;

– наявність різних видів транспорту для внесення добрив;

– оптимізація вантажопотоків по періодам року, з урахуванням періодичності споживання добрив.

Отже, з урахуванням вище наведеного, цільова функція, що визначає повні питомі приведені витрати на перевезення мінеральних добрив, приймає вигляд:

$$П = \sum_{ijlt}(c_{ijlt} \cdot x_{ijlt}) + \sum_{iklt}(c_{iklt} \cdot x_{iklt}) + \\ \sum_{jklt}(c_{jklt} \cdot x_{jklt}) \to \min,$$

де c_{ijlt} – приведені витрати на перевезення добрив з *i*-го складу на *j*-й склад *l*-м способом в *t*-му періоді, грн/т; c_{iklt} – приведені витрати на перевезення добрив з *i*-го складу *k*-му споживачеві *l*-м способом в *t*-му періоді, грн/т; c_{jklt} – приведені витрати на перевезення добрив з *j*-го складу *k*-му споживачеві *l*-м способом в *t*-му періоді, грн/т; x_{ijlt} – обсяг перевезень добрив з *i*-го складу на *j*-й склад *l*-м способом в *t*-му періоді, т; x_{iklt} – обсяг перевезень добрив з *i*-го складу *k*-му споживачеві *l*-м способом в *t*-му періоді,

т; x_{jklt} – обсяг перевезень добрив з *j*-ї складу *k*-му споживачеві *l*-м способом в *t*-му періоді, т.

А обмеження обсягу ввезеного на склад добрив має вид:

$$\sum_{il} x_{ijlt} + \sum_{kl} x_{iklt} + x_{it} = t_t + x_i + x_{it-1},$$

де x_{it} – наявність добрив на *i*-му складі на кінець *t*-го періоду, т; t_t – кількість місяців в *t*-му періоді; x_i – місячний обсяг поставки мінеральних добрив на *i*-й склад, т.

При цьому умова задоволення потреб *k*-го споживача в добривах приймає вид:

$$\sum_{il} x_{ijlt} + \sum_{jl} x_{jklt} \geq a_k,$$

де a_k – потреба *k*-го споживача в добривах, т.

Оптимізації системи управління транспортними потоками в агропромисловому комплексі на основі логістики з використанням навігаційної системи стеження ГЛОНАСС і GPS та використання даних моніторингу транспортних потоків у поєднанні з імітаційною моделлю оперативного управління перевезеннями дозволяють підвищити ефективність транспортного обслуговування агропромислового комплексу за рахунок реалізації комплексного підходу до єдиного технологічного процесу «виробництво – перевезення» шляхом оцінки та обліку різнорідних причин, що діють на перевізний процес при різних рівнях управління.

Задачу оптимальної побудови технологій і створення технічних засобів транспортної логістики в технологічних процесах виробництва сільськогосподарської продукції можливо радикально вирішити через підвищення ефективності системи транспортного забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції, застосовуючи методи транспортної логістики, що дозволить значно скоротити час руху продукції і, як наслідок, мінімізувати грошові витрати. Як приклад, з урахуванням особливостей сільськогосподарської транспортної логістики здійснено моделювання збирально-транспортної системи на прикладі віртуального зернового підприємства за критерій оптимальності приймаємо величину собівартості тонни перевезеного зерна (грн/т):

$$\Delta C = \frac{L \cdot K \cdot \Gamma}{\Delta P} + \frac{З_у + A_{mc} + З_m + З_{np}}{P},$$

де L– шлях, що пройдений транспортним засобом при перевезенні зерна за цикл «комбайн – тік – комбайн», км; K– вартість 1 кг ПММ, грн.; ΔC – витрата ПММ на 100 км шляху, кг, ΔP – маса зерна, перевезені ТЗ за цикл, т; P– маса вантажу, перевезена транспортним засобом за сезон, т; A_{mc} – амортизація транспортного засобу за збиральний період, грн; $З_m$ – витрати на технічне обслуговування транспортного засобу за збиральний період, грн; $З_{np}$ – інші витрати на транспортний засіб.

Однак конкретний зміст методики статистичного моделювання транспортно-технологічних процесів залежить, як від характеру самого процесу, так і від поставленої задачі. Рішення самої задачі зводиться до визначення оптимальних параметрів працюючих на парних операціях збиральних агрегатів та обслуговуючих їх транспортних засобів і схеми організації процесу, що дозволяє зменшити простої машин у взаємному очікуванні і значно підвищити ефективність використання транспорту. Отже, методологія вибору оптимальних транспортно-технологічних процесів перевезень продукції рослинництва через імітаційне моделювання, що враховує ймовірність стану функціонування збирально-транспортного комплексу, формує положення порівняльної оцінки транспортно-технологічних схем роботи транспорту на перевезення збіжжя продукції рослинництва.

Вищенаведені аналітичні моделі оцінки параметрів транспортних засобів досліджувалися за узагальненим показником ефективності, які враховують витрати праці, матеріалу і палива та сприяють проведенню оптимізації складу збирально-транспортного комплексу, параметрів транспортних засобів, структури транспортного парку при різних варіантах перевезень вантажів сільськогосподарського призначення. Використання науково-технічних рішень розглянутої проблеми визначає шляхи підвищення результативності транспортного обслуговування і функціонування агропромислового комплексу. При цьому проектуванням гнучких потокових ліній збирання сільськогосподарських культур, пристосованих до різних погодно-кліматичних і виробничих умов агропідприємств на основі виявлених закономірностей функціонування збиральних процесів, залежностей їх ефективності від тривалості дозрівання культур і узгодження параметрів взаємодії технічних засобів в потокових лініях. Це дозволяє обґрунтувати технічне забезпечення та режим роботи потокових ліній збирання, вдосконалення їх структурних схем, застосування компенсуючих і резервних елементів. Ефективність потокової лінії прибирання авторами рекомендується визначати за рахунок раціонального кількісно-якісного співвідношення збирально-транспортних і зерноочисних машин, структурою технологічній лінії, введенням компенсуючих і резервних елементів. Для обґрунтування раціонального поєднання сезонної циклів навантаження і дозрівання сільськогосподарських культур приймаємо цільову функцію:

$$Z(Q) = Z_m + P_1 + P_2 \rightarrow \min,$$

Де Z – сумарні витрати, грн/т; Q – сезонне навантаження на зернозбиральний комбайн, га; Z_m – вит-

рати на залучення технічних засобів, грн/т; P_1 – втрати продукції при використанні ранньостиглих сортів, грн/т; P_2 – втрати продукції при використанні пізньостиглих сортів і культур, з різним терміном вегетації, грн/т.

Проведені авторські дослідження дозволяють зробити висновок, що підвищити ефективність збиральних процесів можливе за рахунок раціонального співвідношення культур, сортів і гібридів залежно від сезонного навантаження і безвідмовності технологічних машин. Також щодо питань ресурсозберігаючих технологій збирання врожаю з одночасним виконанням робіт по закладці основи майбутнього врожаю з урахуванням екологічної безпеки розроблені методи обґрунтування оптимізації типажу і структури комбайнового парку за допомогою математичної моделі, що дозволяє визначити оптимальну тривалість прибирання з використанням функції витрат і втрат. Узагальнення в рекомендації по раціональному поєднанню альтернативних варіантів ресурсозберігаючих технологій збирання зернових культур на базі багатоцільових збирально-транспортних і післязбиральних комплексів, через ефективність взаємодії всіх ланок транспортної системи може бути оцінена за критерієм ресурсозбереження.

За цим існує можливість значно підвищити ефективність транспортно-технологічного процесу за рахунок використання бункерів накопичувачів у збирально-транспортних комплексів через дослідження в якості критерію оптимальності сумарні приведені витрати при дослідженні технологічних схем збирання і транспортування зернового збіжжя.

Раціональність транспортних послуг досягається, у випадку прямих перевезень зернового збіжжя за рахунок використання стаціонарних компенсаторів на приймальних пунктах. При комбінованому перевезенні сільськогосподарських вантажів рекомендується застосувати мобільні накопичувачі. Оптимізація кількості транспортних засобів і параметрів бункерів компенсаторів, для використовуваних технологій проведено на основі імітаційного моделювання. Оптимальні ж межі застосування різних технологічних схем перевезень при прибирання силосних культур за критерієм диференціальних витрат забезпечуються застосуванням комбінованих силосозбиральних агрегатів, що дозволяє забезпечити продуктивність комбайнів і бути менш залежними від транспорту.

Підвищення продуктивності збирально-транспортної лінії при збиранні врожаю зернових та сої можливе за рахунок використання самохідних бункер-перевантажувачів стосовно до специфічних умов виробничого циклу агропідприємства. Досліджувану динамічну систему необхідно представити через дві підсистеми: «комбайн – самохідний бункер-перевантажувач» і «самохідний бункер-перевантажувач – транспортний засіб». Оптимізація роботи всієї збирально-транспортної потокової лінії досягається шляхом спільного компромісного рішення задачі по визначенню оптимальної ємності самохідного бункер-перевантажувача з умови максимальної продуктивності, насамперед комбайнів і, як наслідок, транспортних засобів.

Модернізація технології транспортного забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції також вирішуються шляхом використання розроблених адаптивних транспортно-накопичувальних технічних засобів нового покоління. Згідно проведених теоретичних і експериментальних досліджень, підвищити ефективність транспортного забезпечення агротехнологій можливо за рахунок застосування на збиранні зерна колісних транспортних засобів, обладнаних системою «мультиліфт» зі змінними кузовами, що використовуються в якості бункерів-накопичувачів, які забезпечують підвищення продуктивності в 3,8 рази, умовне вивільнення чисельності зайнятих працівників – 4 людини, зниження експлуатаційних витрат – на 58% і терміну окупності додаткових капіталовкладень – 0,68 року.

Також одним із способів підвищення продуктивності збирально-транспортного комплексу є застосування перевалочних технологій на основі мобільних засобів зі змінними кузовами, що дозволяє знизити простої комбайнів і транспортних засобів, збільшити продуктивність транспортних засобів і, тим самим, знизити втрати зерна за рахунок дотримання агротермінів збирання.

На режим функціонування транспортно-технологічного процесу великий вплив здійснюють зовнішні фактори, тому необхідно більш повне вивчення його особливостей та режимів функціонування в різних виробничо-зональних умовах і при різних схемах його організації. Таким чином, при вирішенні задач, пов’язаних з проектуванням потокових технологічних ліній необхідно враховувати випадковий характер протікання транспортно-технологічних процесів. Розглянута проблема вирішується з використанням теорії масового обслуговування, що дозволить встановити на основі марковських процесів характеристики функціонування збирально-транспортних процесів при певних умовах їх організації.

При обґрунтуванні принципу раціональної побудови потокових ліній транспортно-технологічного процесу, досягти ритмічності процесу можливо за умови збереження тривалості виконання окремих операцій. Разом з тим, в умовах сільськогосподарського виробництва відповідати цим вимогам надзвичайно складно.

Розроблена методика вибору раціонального варіанту збору грубих кормів побудована за критерієм мінімізації вантажообігу матеріалу і машин. Виходячи з умови, що розглядається, збирально-транспортну систему можна уявити як системно повторювану послідовну черговість типових операцій, тоді функція мінімізації енерговитрат на виконання операцій приймає вигляд:

$$A = (\sum_{i=1}^{n_1} A_i + \sum_{j=1}^{n_2} A_j + \sum_{k=1}^{n_3} A_k) \to \min,$$

де A_i – енерговитрати на виконання операцій, що характеризують просторове положення матеріалу; A_j – енерговитрати на виконання операцій обробки і переміщення матеріалу; A_k – енерговитрати на виконання операцій зміни характеристик матеріалу, n_1, n_2, n_3 – кількість операцій.

В результаті проведеної авторами порівняльної оцінки ефективності розроблених технологічних рішень встановлено, що вони дозволяють знизити втрати продукції, підвищити продуктивність технологічних транспортних систем за рахунок зниження експлуатаційних витрат до 38%.

Реалізації концепції багаторівневої системи виробничо-технологічного забезпечення механізованих процесів у рослинництві можлива на основі застосування адаптивних ресурсозберігаючих технологій і високопродуктивних технічних засобів, оптимізації розподілу робіт між агропідприємствами і машинно-технологічними станціями при формуванні ними раціональних складів машинно-технологічних комплексів. При вирішенні задачі оптимізації розподілу механізованих процесів і робіт технологічних операцій виробництва сільськогосподарської продукції в якості критерію оптимізації доцільно використати цільову функцію такого вигляду:

$$C_{П} = \frac{1}{П_r}\left(\frac{Б_M \cdot K_r}{R \cdot K_{П}} + C_{ТС} \cdot K_T \cdot K_Д \cdot K_H \cdot K_o\right) +$$
$$+(h \cdot K_p \cdot (Ц_T + h_M \cdot Ц_M) + H_T \cdot K_{П}) \to \min,$$

де $П_r$ – годинна продуктивність машини на конкретній технологічній операції, фіз. га; Бм– балансова вартість машини, грн; R– ресурс машини за термін служби, який встановлений виробником, год; Kr– коефіцієнт технічної готовності; Кп– коефіцієнт переведення фіз. га в га; Стс– годинна тарифна ставка грн; Кт– тарифний коефіцієнт працівника у відповідності з присвоєним розрядом; Кд– коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату працівника;

Кн – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний податок; Ко– галузевий коефіцієнт; h– типова норма витрат палива на виконання 1 га механізованих робіт технологічної операції, л/га;Цт, Цм– ціна палива і оливи, грн/л; Кр– узагальнений поправочний коефіцієнт для коригування норм витрат палива для конкретних виробничих умов; hm– усталена норма витрати оливи в % від витрати палива; Нт– норматив витрат на відновлення працездатності, для конкретної марки транспортного засобу, грн/га.

Використання одержаних результатів дозволило агропідприємствам виконувати менш енергоємні механізовані роботи для одноопераційних систем перевезення збіжжя продукції рослинництва з витратою палива до 8,7 л/га (320 МДж/га), багатоопераційних – до 7,2 л/га (260 МДж/га).

Для вирішення задачі підвищення ефективності роботи транспортних засобів необхідно впроваджувати нові шляхи, спрямовані на збільшення результативності транспортного процесу. Облік адаптивності транспорту до різних, змінним умовам експлуатації дозволить істотно підвищити ефективність роботи транспорту. Особливу роль при цьому відводиться диференційованого коригування норм і нормативів витрати палива при обґрунтуванні паливної економічності транспортних засобів.

Для транспорту агропромислового комплексу характерне виключне різноманіття умов експлуатації, широкий діапазон значень багатьох факторів зовнішнього середовища, таких, як: дорожні, природно-кліматичні та ін Поряд з цим, при визначенні норм витрат палива не враховується різний рівень пристосованості автомобілів різних моделей до тих чи інших умов експлуатації. Тому коефіцієнти мають однакові значення, і не враховують диференційований вплив умов зовнішнього середовища на автомобілі різних моделей. Недостатня увага до рівня пристосованості автомобілів веде при їх експлуатації до додаткових транспортних витрат. Зниження ефективності використання автомобілів тим значніше, чим гірше пристосованість автомобілів до умов експлуатації, що відрізняються від стандартних. При цьому чітко розмежовуються складові та причини зміни ефективності використання автомобілів, що дозволяє цілеспрямовано керувати їх експлуатацією в різних умовах зовнішнього середовища. А поняття пристосованість (адаптивність) означає властивість автомобіля зберігати на номінальному рівні значення показників якості та ефективності при відхиленні умов експлуатації від стандартних.

Дослідження адаптації до складних умов сезонів механізованих технологічних комплексів в рослинництві і застосування методики оцінки сезонного функціонування механізованих технологічних комплексів у рослинництві дозволили знизити комплексні витрати на 25-30%. В якості критерію оптимізації прийнятий мінімум комплексних витрат, що складаються з експлуатаційних витрат, втрати врожаю при зміні тривалості робіт, нормативної ефективності технічних і трудових ресурсів. Результати досліджень, на думку авторів, є основою раціонального програмно-цільового управління технічними системами в сільському господарстві, використання яких сприяє скороченню втрат продукції та енергетичних витрат, збільшенню виробництва продуктів рослинництва, підвищення продуктивності праці.

Висновок. Слід зазначити, що при постійних або незначних змінах умов експлуатації автомобільного транспорту дослідження властивості адаптивності не є актуальним. Проте в агропромисловому

комплексі умови експлуатації автомобілів характеризуються великими відмінностями, змінним характером багатьох факторів зовнішнього середовища. Розглянута проблема стає актуальнішим, лише тоді, коли спостерігається більше відхилень умов експлуатації від стандартних і чим гірша пристосованість автомобілів до цих відхилень. Таким чином, найбільш перспективним напрямком дослідження способів підвищення ефективності транспортно-технологічного забезпечення агропромислового комплексу є впровадження в сільськогосподарське виробництво енергозберігаючих технологій з урахуванням адаптації транспортного забезпечення до умов експлуатації.

Література

1. Системологія на транспорті. Основи теорії систем і управління : кн. 1 / [Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, О. Т. Лановий, І. Е. Линник, В. П. Поліщук]. – Київ : Знання, 2005. – 344 с.
2. Сидорчук О. В. Інженерія машинних систем : монография / О. В. Сидорчук. – Київ : ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2007. – 263 с.
3. Войтюк В. Д. Системні принципи забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки : монографія / В. Д. Войтюк, В. І. Рубльов, І. Л. Роговський. – Київ : НУБіП України, 2016. – 360 с.
4. Role, Usage and Motivation for Contracting in Agriculture // Pavel Vavra / OECD, France. – 36 p. http://www.oecd.org/tad/agricultural-trade/43057136.pdf.
5. Rogovskii Ivan. Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment / Ivan Rogovskii // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – Київ, 2016. – Вип. 254. – С. 424–431.
6. Бідняк М. Н. Особливості традиційного і сучасного управління / М. Н. Бідняк // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту” (14-15 квітня 2016 року) / ВНТУ. – Вінниця, 2016. – С. 5.
7. http://www.icao.int/Meetings/wrdss2016/Documents/Joint Workshop2015/ATAG_SocialBenefitsAirTransport.pdf.
8. Олексій Воронков Класифікаційні ознаки транспортних засобів в транспортно-технологічних процесах сільськогосподарського виробництва / Олексій Воронков, Іван Роговський // Тези доповідей II Всеукраїнської науково-теоретичної конференції «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв’язання» (16–18 березня 2017 року) / НУ «Львівська політехніка. – Львів, 2017. – С. 17–19.
9. Воронков О. А. Аналіз ролі автомобільного транспорту в транспортно-технологічному забезпеченні АПК / О. А. Воронков, І. Л. Роговський // Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології аграрного виробництва» (9–10 листопада 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2016. – С. 215–216.
10. Voronkov O. A. Analysis of current state of problem of optimization of transport and technological support AIC / O. A. Voronkov, I. L. Rogovskii // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання» (21 березня 2017 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2017. – С. 92–93.

References

1. Systemlogy on transport. Bases of theory of systems and management : book 1 / [E. V. Gavrilov, M. F. Dmitrichenko, A. T. Lanovoy, I. E. Linnik, V. P. Polishchuk]. – Kyiv: Znanya, 2005. – 344 p.
2. Sidorchuk O. V. Engineering of machine systems : monograph / O. V. Sidorchuk. – Kyiv: NSC "IMEA" UAAN, 2007. – 263 p.
3. Voytyuk V. D. System principles of ensuring quality of technical service of agricultural machinery: monograph / V. D. Voytyuk, V. I. Rublyov, I. L. Rogovskii. – Kyiv: NULES of Ukraine, 2016. – 360 p.
4. Role, Usage and Motivation for Contracting in Agriculture // Pavel Vavra / OECD, France. – 36 p. http://www.oecd.org/tad/agricultural-trade/43057136.pdf.
5. Rogovskii Ivan. Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment / Ivan Rogovskii // Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Equipment and Energy of Agrarian and Industrial Complex. – Kyiv, 2016. – Issue 254. – P. 424–431.
6. Bidnyak M. N. Features traditional and modern management / M. N. Bidnyak // Materials of IV International Scientific Practical Internet-Conference “Problems and prospects of automobile transport” (April 14-15, 2016) / VNTUY. – Vinnitsa, 2016. – P. 5.
7. http://www.icao.int/Meetings/wrdss2016/Documents/Joint Workshop2015/ATAG_SocialBenefitsAirTransport.pdf.
8. Oleksiy Voronkov. Classification signs of vehicles in transport and technological processes of agricultural production / Oleksiy Voronkov, Ivan Rogovskii // Theses of reports of II All-Ukrainian Scientific-Theoretical Conference "Problems with Transport Streams and Directions of Their Decision" (March 16-18, 2017) / NU "Lviv polytechnika". – Lviv, 2017. – P. 17–19.
9. Voronkov O. A. Analysis of role of autotransport in transport technological support of agrarian and industrial complex / O. A. Voronkov, I. L. Rogovskii // Collection of theses of reports II International Scientific and Practical Conference "Modern Technologies of Agrarian Production" (November 9-10, 2016) / National University of Life and Environmental Science of Ukraine. – Kyiv, 2016. – P. 215–216.
10. Voronkov O. A. Analysis of current state of problem of optimization of transport and technological support AIC / O. A. Voronkov, I. L. Rogovskii // Collection of theses of reports XI International Scientific and Practical Conference "Obuhivski Reading" (March 21, 2017) / National University of Life and Environmental Science of Ukraine. – Kyiv, 2017. – P. 92–93.

Воронков А.А., Роговский И.Л. Согласование смежных транспортных и технологических операций перевозки зерна продукции растениеводства.

В статье рассмотрены аналитические предпосылки для определения согласования смежных транспортных и технологических операций перевозки зерна и продукции растениеводства. Вводятся авторами понятия приспособленность (адаптивность), которая характеризует свойства транспортного средства хранить на номинальном уровне значения показателей качества и эффективности при отклонении условий эксплуатации от стан-

дартных. Рассматриваемая в статье проблема становится актуальным лишь тогда, когда наблюдается значительное отклонений условий эксплуатации от стандартных и чем ниже приспособленность транспортных средств к этим отклонениям. Таким образом, наиболее перспективным направлением исследования способов повышения эффективности транспортно-технологического обеспечения агропромышленного комплекса является внедрение в сельское производство энергосберегающих технологий еко земледелия с учетом адаптации транспортного обеспечения к условиям эксплуатации.

Ключевые слова: *адаптивность, транспортное средство, операция, энергозатраты, зерно, перевозка.*

Voronkov O., Rogovskii I. Coordination of adjacent transport and technological operations of transportation of grain production of crop production.

In article analytical prerequisites for definition of coordination of adjacent transport and technological operations of transportation of grain and production of crop production are considered. Are entered by authors of a concept fitness (adaptability) which characterizes properties of the vehicle to store at the nominal level of value of indicators of quality and efficiency at a deviation of service conditions from standard. The problem considered in article becomes urgent only when it is observed considerable deviations of service conditions from standard and than fitness of vehicles to these deviations is lower. Thus, the most perspective direction of a research of ways of increase in efficiency of transport technological support of agro-industrial complex is introduction in rural production of energy saving technologies еко agriculture taking into account adaptation of transport service to service conditions.

Keywords: *adaptability, vehicle, operation, energy consumption, grain, transportation.*

Воронков О.А. – аспірант кафедри «Технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка» Національного університету біоресурсів і природокористування України, e-mail: shvorni@mail.ru.

Роговський І.Л. – к.т.н., с.н.с., заступник декана з наукової роботи механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України, e-mail: rogovskii@yandex.ua.

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

Стаття подана 31.03.2017

УДК 621.3.04: 621.313.001

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ПРОГРАМНИХ ПАКЕТІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ПРОЦЕСІВ

Голубєва С.М., Морнева М.О.

COMPARATIVE ESTIMATION OF PROGRAMMATIC PACKAGES OF COMPUTER DESIGN OF ENGINEERING PROCESSES

Golubeva S., Morneva M.

З метою визначення ефективного програмного пакета для впровадження в навчальний процес з дисциплін електротехнічного та електромеханічного напряму у статті проводиться аналіз сучасних програмних продуктів. Зроблено висновок про доцільність використання в області моделювання електромеханічних систем програмного пакету Matlab фірми The MathWorks Inc. Визначено вимоги до програмних систем моделювання систем.

Ключові слова: *програмний продукт, програмне середовище, інженерне моделювання, математичні задачі, графічний редактор.*

Вступ. У сучасному науковому світі швидко відбуваються зміни, як внаслідок появи нових відкриттів, теорій, так і внаслідок появи нових ідей, методів, технологій, обладнання [1].

Постановка проблеми. Однією з найбільш динамічних і перспективних областей діяльності людей є моделювання інформаційних систем. Зміст багатьох спеціальностей в 2016 році було оновлено згідно з прогресивними змінами в науці і техніці.

Доповнення в стандартах в основному торкнулися спеціальних дисциплін, більше уваги приділено освоєнню комп'ютерних технологій у всіх спеціальностях.

Підвищення ефективності засвоєння матеріалу за рахунок нових засобів і технологій його подачі.

Проведемо аналіз програмних продуктів, які застосовуються в області моделювання електротехнічних і електромеханічних систем.

Моделі, створювані в засобах моделювання, можуть використовуватися в дослідженнях, що вимагає від інструменту великих можливостей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За останні 20-25 років моделювання електромеханічних систем за допомогою спеціальних програмних пакетів стало одним з найпоширеніших інструментів для дослідження досить складних систем і процесів. Нині для моделювання електромеханічних систем існує близько 10 поширених програмних засобів [1]. Таке програмне забезпечення продовжує рости і вдосконалюватися, відображаючи тенденцію стійкого попиту на нього [1,2,5].

Метою статті є визначення ефективного програмного пакета для впровадження в навчальний процес з дисциплін електротехнічного та електромеханічного напряму, проведення аналізу сучасних програмних продуктів.

Результати досліджень. Обрані для описаного вище аналізу програмні продукти утворюють дві групи: універсальні та спеціалізовані [1]. До спеціалізованих засобів відносяться такі системи моделювання, як Electronics Workbench от фирмы Interactive Image Technologies и Vissim от Visual Solutions (USA), Pspice, ELCUT, ATMEL Studio.

Універсальні програмні продукти представлені такими загальновизнаними продуктами, як: Matlab (з пакетом розширення Simulink), Maple, Mathcad, Mathematica, LabVIEW.

Коротко охарактеризуємо вибрані продукти:

1. Досить поширеним є засіб моделювання Electronics Workbench. Він призначений для проектування і моделювання електричних схем і процесів, однак можливо моделювання і на рівні найпростіших функціональних блоків. Продукт дозволяє створювати схеми будь-якої складності з бібліотек елементів і проводити їх повне тестування за допомогою стандартних інструментів. Програма зручна тим, що користувач може зняти різні характеристики в будь-якій точці схеми, а також отримати їх подання до цифрової і аналогової форми у вигляді графіків.

2. Програма VisSim призначена для побудови, дослідження та оптимізації віртуальних моделей фізичних та технічних об'єктів, зокрема і систем управління.

Програма надає розробнику розвинений графічний інтерфейс, використовуючи який він створює

модель з віртуальних елементів з деякою мірою умовності так само, якби він будував реальну систему зі справжніх елементів. Це дозволяє створювати, а потім досліджувати й оптимізувати моделі систем широкого діапазону складності.

При описі і подальшому побудові моделі в середовищі VisSim немає необхідності записувати і вирішувати диференціальні рівняння, програма це зробить сама за запропонованою їй дослідником структурі системи і параметрами її елементів. Результати рішення виводяться в наочній графічній формі. Тому програмою можуть користуватися і ті, хто не має глибоких знань в математиці і програмуванні.

3. Пакет Matlab (матрична лабораторія) розроблявся як діалогова середовище для матричних обчислень [2]. Операційне середовище дозволяє формулювати проблеми і отримувати рішення в звичній математичній формі, не вдаючись до рутинного програмування. Пакет оснащений хорошою графічною системою і посилений різними пакетами розширень (Панелі інструментів) для ефективної роботи зі спеціальними класами завдань. Особливе місце серед пакетів розширень займає SIMULINK - пакет для моделювання та аналізу динамічних систем. SIMULINK дозволяє ефективно вивчати різні системи (технічні, фізичні та ін.), Розглядати нелінійні задачі з безперервним і дискретним часом. Щоб спростити підготовку моделі, застосовуються функціональні блоки. Після складання схеми з готових або створених користувачем блок-схем можна проводити симуляцію і спостерігати звіти в графічному і цифровому вигляді.

4. Система Maple втілює сучасні технології такі як: символьні обчислення, нескінченна точність чисел, підключаємості до Інтернету і потужний мову для вирішення широкого спектра математичних задач, що виникають в моделюванні та імітації. Завдяки цій виставі формул в поліграфічному форматі, чудовою дво- і трьохмірної графіці та анімації Maple є одночасно потужним науковим графічним редактором. Maple дозволяє виконувати як чисельні, так і аналітичні розрахунки в інтерактивному режимі. Потужним інструментом став Maplets - унікальний додатковий пакет для Maple, з'явився останнім часом і дає можливість користувачам створювати і налаштовувати власний графічний інтерфейс. Maplets може бути використаний для створення спеціалізованих калькуляторів, інтерфейсів до пакетів, написаним в середовищі Maple, створення запитів і повідомлень. За допомогою Maplets користувачі можуть оформити додаток до Maple вікнами прокрутки, кнопками, текстовими вікнами, що сходять меню та іншими елементами графічного інтерфейсу тих користувачів, які можуть застосовувати ці додатки, навіть якщо ніколи не бачили програму Maple. Досягнуте сприяє розвитку багатьох ключових технічних областей, таких як обробка сигналів і зображень, динамічне і математичне моделювання. Робочі документи Maple з «живими», автоматично перетворюваними формулами можуть бути представлені в форматі електронного документа HTML і в інших комп'ютерних форматах. Все це забезпечує унікальну технологію роботи, коли всі етапи дослідження можна відобразити в одному документі, а підсумковий документ стає статтею, розділом в підручнику, звітом [2].

5. Фірма MathSoft - виробник Mathcad вносить вклад в технічні новації в широкому спектрі ринків і індустрій, включаючи військову і аерокосмічну галузі, телекомунікації, електронне та електричне обладнання, громадянську інженерію і конструювання, технічні послуги та вища і спеціальну освіту. Mathcad є найбільш широко використовуваним програмним забезпеченням прикладної математики і підтримує середу технічних обчислень, оптимізовану з технічної ефективності і новацій. Mathcad включає безліч операторів, вбудованих функцій і алгоритмів вирішення різноманітних математичних задач. Програма володіє підвищеною точністю і швидкодією обчислень. Висновок формул в природному вигляді, інтерактивний режим роботи, раціональна організація робочого простору (запити, графіки, дані відображаються на одному робочому аркуші), підтримка символьної математики - все це робить систему Mathcad гідним продуктом [3].

6. Mathematica - система, заснована на технології інтерактивного документа (ноутбук). При використанні цієї технології всі вводяться і одержувані дані, зокрема графічні, відображаються в одному документі і при зміні якого - небудь параметра на початку документа елементи документа, що залежать від цього параметра, тут же змінюються. Набір математичних функцій у цьому інструменті один із самих великих і ефективних серед розглянутих програм. Mathematica підтримує різні формати звітів, серед яких HTML, TeX, RTF і ін. Суттєво розширюють можливості програми Mathematica пакети розширень: Signals and Systems, Electrical Enginering Examples. З використанням цих розширень можна досить ефективно вирішувати завдання, що містять лінійні перетворення, стандартні уявлення сигналів, візуалізацію. Використання пакетів допоможе зробити алгебраїчні перетворення над сигналами і системами, поліпшити, розробити і впровадити нові алгоритми. Працюючи з сигналів і систем, можна уявити студентам інтерактивні уроки, які містять завдання і рішення в робочому документі системи Mathematica, запропонувати студентам вивести, пояснити і представити свої рішення в цьому ж робочому документі.

7. Програма Pspice призначена для аналізу електронних та електричних схем, симуляції аналогової і цифрової логіки, описаної мовою SPICE, яка призначена для персональних комп'ютерів. Розроблено компанією MicroSim і використовується в автоматизації проектування електронних приладів.

Програма розраховує наступні характеристики електронних ланцюгів [6, 7]:

- режим по ланцюгу постійного струму в «робочій точці» (Bias Point);

- по режим постійного струму при варіації джерел постійної напруги або струму, температури і інших параметрів ланцюга (DC Sweep);

- чутливість характеристик ланцюга до варіації параметрів компонентів у режимі по постійному струму (Sensitivity);

- малосигнальний передавальні функції в режимі по постійному струму (Transfer Function);

- характеристики лінеаризованого ланцюга в частотної області при впливі одного або декількох сигналів (AC Sweep);

- спектральну щільність внутрішнього шуму (Noise Analysis);

- перехідні процеси при впливі сигналів різної форми (Transient Analysis);

- спектральний аналіз (Fourier Analysis);

- статистичні випробування за методом Монте-Карло і розрахунок найгіршого випадку (Monte Carlo/Worst Case);

- багатоваріантний аналіз при варіації температури (Temperature) та інших параметрів (Parametric).

8. ELCUT - це потужний сучасний комплекс програм для інженерного моделювання електромагнітних, теплових і механічних завдань методом кінцевих елементів. Дружній призначений для користувача інтерфейс, простота опису навіть найскладніших моделей, широкі аналітичні можливості комплексу та високий ступінь автоматизації всіх операцій дозволяють розробнику повністю зосередитися на своєму завданню.

ELCUT – це інтегрована діалогова система програм, що дозволяє вирішувати плоскі і осісиметричні завдання наступних типів [8]:

- розрахунок електричного поля;

- розрахунок магнітного поля.

9. LabVIEW призначена для створення віртуальних панелей управління (LabView). LabView - універсальне середовище для розробки систем збору, обробки даних і управління експериментом, що включає велику бібліотеку функцій, методів аналізу (спектральний і кореляційний аналіз, вейвлетний аналіз, методи фільтрації, статистична обробка), бібліотеки драйверів пристроїв. Основою середовища є графічне програмування на простому і наочному мовою блок-діаграм, що складаються з функціональних вузлів і зв'язків між ними [9].

Зовнішній вигляд і функціональність LabView повторює традиційний фізичний прилад, такий як осцилограф або мультіметр. У LabView проектується лицьова панель віртуального приладу з набору різних керуючих елементів і індикаторів. Після створення лицьовій панелі визначається функціональність віртуального приладу шляхом набору блок-схеми.

LabView зручно використовувати з різними апаратними засобами, вбудованими в персональний комп'ютер або підключаються до нього [9].

За допомогою програмного середовища LabView можна розробляти програмно - апаратні комплекси для тестування, вимірювання, введення даних, аналізу та управління зовнішнім обладнанням. LabView - це 32-х розрядний компілятор, який створює як автономні модулі (.EXE), так і спільно використовуються динамічні бібліотеки (.DLL).

10. Інтегроване середовище розробки ATMEL Studio - це інтегрована відладочне середовище розробки додатків для мікроконтролерів AVR компанії Atmel.

AVR Studio містить:

- засоби створення і управління проектом;

- редактор коду на мові асемблер;

- транслятор мови асемблера (Atmel AVR macroassembler);

- відладчик (Debugger);

- програмне забезпечення верхнього рівня для підтримки внутрішньосхемного програмування (In-System Programming, ISP) з використанням стандартних налагоджувальних засобів Atmel AVR.

Робота з AVR Studio починається зі створення проекту. При створенні проекту необхідно вказати використовуваний мікроконтролер і платформу, на якій буде проводитися налагодження програми [10].

Написання програми в AVR Studio проводиться у вікні редактора тексту програми і на мові асемблер.

Аналіз результатів. Проведено аналіз використання студентами технічних спеціальностей описаних програм при вивченні інженерних дисциплін (табл.). Згідно з табл., найбільшою затребуваність мають три продукти (Matlab, Electronics Workbench, Mathcad). Це означає, що модель описати в них простіше, процес опису займає менше часу, немає необхідності знайомитися з мовою програмування.

Таблиця

Порівняння програмних продуктів використовуваних студентами при вивченні технічних дисциплін ВНЗ

Засіб моделювання	Відсоток вивчення студентами засобу моделювання
Electronics Workbench	100
VisSim	80
Matlab	100
Maple	75
Mathcad	100
Mathematica	35
Pspice	45
LabView	40
ATMEL AVR Studio	25

За кількістю можливих реалізацій однієї і тієї ж моделі різними засобами найкращим продуктом слід вважати програму Matlab (можливо п'ять видів реалізацій). Загальним недоліком продуктів Maple, Mathematica, Mathcad є кілька утруднена реалізація динамічного режиму моделювання. Для його реалізації в цих програмах необхідно програмувати цикли, що кілька відволікає від основної мети моделювання. Програми, що забезпечують динамічне моделювання, можуть забезпечувати і статичну моделювання шляхом покрокової обробки подій.

Найбільш сильною рисою програми Matlab є генерація самостійного графічного додатка, що працює без основної програми.

Таким чином, для динамічного моделювання домінуючим продуктом є Matlab. Для статичного

режиму явної переваги немає і можна вибирати один із засобів: Matlab, Mathematica, Mathcad, Maple.

Висновок. У статті описана постановка задачі порівняння програмних інструментів, адекватних використання у вивченні вишівських дисциплін, пов'язаних з інформаційними процесами. Обґрунтовано вибір безлічі порівнюваних продуктів. Продуктом, що забезпечує відносно менший час формалізації моделі, MatLAB визнаний. Ця система забезпечує також більшу різноманітність типів звітів.

Для підвищення об'єктивності порівняння потрібно додаткове дослідження із залученням досить широкого кола експертів.

Дану роботу можна розглядати як заділ в складанні порівняльної оцінки програмних систем.

За результатами роботи представляється, що «ідеальне» засіб моделювання повинно відповідати, принаймні, таким вимогам:

1. Наявність великої бібліотеки (архіву) моделей.

2. Підтримка динамічного моделювання з анімацією візуального представлення процесів.

3. Наявність ефективних засобів створення звітів.

4. Наявність добре структурованої довідкової системи, що розширюється користувачем для навчальних цілей.

Література

1. Руденко М. В. Сравнительный анализ современных средств компьютерного моделирования информационных процессов. / М. В. Руденко // Вестник кибернетики. – 2002. - № 1.
2. Говорухин В. Компьютер в математическом исследовании. / В. Говорухин, В. Цибулин // Учеб. курс. - СПб: Питер, 2001. - 624 с.
3. Каганов В. И. Радиотехника +Компьютер+Mathcad. / В. И. Каганов // М.: Горячая линия - Телеком, 2001. - 416 с.
4. Перегудов Ф. И. Введение в системный анализ. / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко//Учеб. для вузов. - М.: Высш. шк., 1989. - 367 с.
5. Потемкин В. Г. Система MATLAB. / В. Г. Потемкин // Справочное пособие. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1998. - 350 с.
6. OrCAD 10.5. Моделирование с помощью Pspice. / http:// www.kit-e.ru/ articles/cad/2006_4_190.php
7. B2 Spice A/D 5.2.3 User`s manual: http://www. texnic.ru/ program/007/progr015.htm.
8. ELCUT 6.2. Руководство пользователя – ООО «Тор» Санкт-Петербург, 2016. – 292 с.
9. LabView 7 Express. Вводный курс – М.: изд-во «ПриборКомплект», 2003. – 42 с.
10. Atmel AVR Studio 6. Atmel Corporation/Rev.: Atmel-42167B-Atmel-Studio User Guide, 2016. – 272 с.

References

1. Rudenko M. V. Sravnitel'nyj analiz sovremennyh sredstv komp'juternogo modelirovanija informacionnyh processov. / M. V. Rudenko // Vestnik kibernetiki. – 2002. - № 1.
2. Govoruhin V. Komp'juter v matematicheskom issledovanii. / V. Govoruhin, V. Cibulin // Ucheb. kurs. - SPb: Piter, 2001. - 624 p.
3. Kaganov V. I. Radiotehnika + Komp'juter + Mathcad. / V. I. Kaganov// M.: Gorjachaja linija - Telekom, 2001. - 416 p.
4. Peregudov F. I. Vvedenie v sistemnyj analiz. / F. I. Peregudov, Tarasenko F. P. // Ucheb. dlja vuzov. M.: Vyssh. shk., 1989. - 367 p.
5. Potemkin V. G. Sistema MATLAB. / V. G. Potemkin // Spravochnoe posobie. M.: DIALOG-MIFI, 1998. - 350 p.
6. OrCAD 10.5. Modelirovanie s pomoshh'ju Pspice. http:// www.kit-e.ru/ articles/cad/2006_4_190.php
7. B2 Spice A/D 5.2.3 User`s manual: http://www. texnic.ru/ program/007/progr015.htm.
8. ELCUT 6.2. Rukovodstvo pol'zovatelja – OOO «Tor» Sankt-Peterburg, 2016. – 292 p.
9. LabView 7 Express. Vvodnyj kurs – M.: izd-vo «PriborKomplekt», 2003. – 42 p.
10. Atmel AVR Studio 6. Atmel Corporation/Rev.: Atmel-42167B-Atmel-Studio User Guide, 2016. – 272pc.

Голубева С.М., Морнева М.О. Сравнительная оценка программных пакетов компьютерного моделирования инженерных процессов

С целью определения эффективного программного пакета для внедрения в учебный процесс по дисциплинам электротехнического и электромеханического направления, проводится анализ современных программных продуктов. Сделан вывод о целесообразности использования в области моделирования электромеханических систем программного пакета Matlab фирмы The Mathworks Inc. Определены требования к программным системам моделирования систем.

Ключевые слова: *программный продукт, программная среда, инженерное моделирование, математические задачи, графический редактор.*

Golubeva S., Morneva M. Comparative estimation of programmatic packages of computer design of engineering processes

In order to determine an effective software package for introduction in the educational process in the disciplines of electrical and electromechanical direction, the analysis of modern software products. The conclusion about expediency of use in the field of software package Matlab electromechanical systems simulation company The Mathworks Inc. The requirements for software systems-fashion-regulation systems.

Keywords*: software, software environment engineering modeling, mathematical tasks, editing.*

Голубева С.М. – старший викладач кафедри електричної інженерії СНУ ім. В. Даля, e-mail: glbvnu@rambler.ru
Морнева М.О. – доцент кафедри електричної інженерії СНУ ім. В. Даля, e-mail: morneva@gmail.com

Резензент: д.т.н., проф. ***Соколов В.І.***

Стаття подана 6.03.2017

УДК 629.488

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ ТА РЕМОНТОМ ЛОКОМОТИВІВ

Гончаров О.М., Вихопень І.Р.

AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF LOCOMOTIVES

Honcharov O., Vykhopen' I.

У статті представлено описання досвіду зарубіжних компаній виробників локомотивів та операторів залізничних перевезень щодо покращення організації технічного обслуговування та ремонту тягового рухомого складу в депо, шляхом запровадження автоматизованих систем моніторингу їх технічного стану, збору та обробки отриманих даних. Представлено структурну схему можливого варіанту програми організації ТОР тягового рухомого складу адаптованої до реалій залізничного транспорту України.

Ключові слова: *електронний паспорт, технічне обслуговування, ремонт, тяговий рухомий склад.*

Вступ. Виходячи із наявного значного досвіду використання планово-попереджувальної системи технічного обслуговування та ремонту тягового рухомого складу, очевидними являються її недоліки, які значним чином впливають на результати роботи локомотивних депо, в основному це значні обсяги витрат коштів на виконання ремонтів, які не завжди є потрібними, а головне не дають 100%-ву гарантію усунення дефектів, так як об'єм ремонтних робіт строго регламентований.

Постанова проблеми. Одним з найважливіших параметрів локомотива, що впливає на якість перевізного процесу є його технічний стан. Його зміна протягом життєвого циклу разом з іншими факторами обумовлює ефективність функціонування залізничного транспорту.

Для підтримання справного технічного стану локомотива використовують систему технічного обслуговування та ремонту (ТОР). В Україні система ТОР регламентується положенням пропланово-попереджувальну систему[1]. Міжремонтні інтервали встановлені в залежності від рекомендацій, що надаються виробником локомотива. Об'єми робіт встановлюються правилами ремонтів затвердженні ПАТ «Укрзалізниця» для кожної серії локомотивів. Існуюча планово-попереджувальна система ТОР не в повній мірі враховує технічний стан локомотива і як наслідок збільшуються витрати на поточне утримання локомотивів. Тому необхідне запровадження системи автоматизованого корегування пробігів та об'ємів робіт для отримання функціонально-прогресивної динамічної системи керування ТОР.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню вдосконалення системи ТОР локомотивів присвячено багато публікацій. Частина з них [2,3] направлені на розробку і корегування системи ТОР шляхом використання оптимізаційних моделей з використанням різних критеріїв оптимізації. В основі цих праць закладено планово-попереджувальну систему ТОР та непередбачено динамічне корегування міжремонтних інтервалів та об'ємів планових ТО та ПР.

Проведений аналіз розвитку систем ТОР в різних країнах світу про поступовий перехід від планово-попереджувальної системи ТОР до системи ТОР за фактичним станом [8-10]. При цьому виникає проблема збору та обробки інформації про стан локомотива, прогнозування його зміни та планування постановки локомотива на планові ТО та ПР.

Мета статті. Розробка функціональної моделі системи автоматизованого планування ТОР локомотивів.

Результати досліджень. На сьогоднішній день введена в експлуатацію електронна картотека тягового рухомого складу з додатком до «АСК ВП УЗ Є» (автоматизована система управління вантажними перевезеннями єдина) за прогнозами постановки на ремонт локомотивів. Ця програма на основі врахування пробігу машин дає можливість прогнозувати, коли і в якому обсязі необхідно проводити їх ремонт і, таким чином, планувати витрачання коштів на ці цілі. Вона передбачає можливість планування як в масштабі всієї країни, так і по кожному конкретному депо або по кожній серії локомотивів. Для систематичного оновлення електронної картотеки ло-

комотивів використовують АРМ ТЧ Тех (автоматизоване робоче місце для введення інформації про стан локомотивного парку). Цим програмним забезпеченням оснащенні локомотивні депо [4,5].

Окрема опція програми - прогноз постановки локомотива на ремонт. Вона сама визначає дату, коли необхідно поставити на капітальний або поточний ремонт той чи інший локомотив. При цьому для аналізу можна задавати будь-які інтервали часу. Таким чином, з'являється можливість прогнозувати, коли саме виникне потреба в ремонті кожного конкретного локомотива. Ці дані можуть бути систематизовані за видами ремонту, депо, серіям, залізницям або в цілому по Укрзалізниці. Для узагальнення цієї інформації програма вибудовує таблицю, яка відображає обсяги ремонтів на три роки вперед з розбивкою по кварталах. На основі виданого нею прогнозу технолог локомотивного депо здатний запланувати ремонтні роботи з подальшим погодженням і затвердженням цих планів на рівні депо, залізниці та Укрзалізниці. Крім того, програма видає різну довідкову інформацію: про нормативних міжремонтних пробігах, собівартості планових ремонтів і т.д.

В АРМ “ТЧ Тех” заведено паспортні дані всього локомотивного парку, модернізації, виконані на кожному локомотиві. Видно, який із локомотивів уже знаходиться на технічному обслуговуванні, а який на нього очікує. Сьогодні АРМ активно використовують для оперативної роботи[6].

Одна з суттєвих переваг системи полягає у тому, що в ній оперативно відображається інформація про експлуатацію локомотива. Недоліком системи є відсутність адаптації до технічного стану локомотива.

Закордонний досвід в галузі керування організацією ТОР демонструє стійку тенденцію переходу від планово-попереджувальної системи до системи ТОР за станом. Безумовним лідером в цій галузі є американська компанія General Electric Transportation (GE) [7], в якій створена комплексна система моніторингу технічного стану тепловозів з ситуаційним Центром моніторингу, що знаходиться на території заводу-виробника локомотивів GE в місті Ері (США, штат Пенсільванія).

Діагностування відбувається за схемою, наведеною на рисунку 1. Під час експлуатації тепловозів бортовий мікропроцесорної системою управління BrightStar безперервно здійснюється аналіз 250 параметрів локомотива. При виявленні інциденту формується код відповідної помилки. Раз в секунду інформація передається по радіоканалу на сервер.

Число кодів проявів відмов перевищує 6 тисяч і постійно поповнюється. При надходженні повідомлення з тепловоза код виводиться на екран одного з вільних фахівців (диспетчерів) Центру Моніторингу для подальшого аналізу і прийняття рішень по готовим до рекомендацій, який формується в міру накопичення досвіду. При заході локомотива в депо і зчитуванні додаткової діагностичної інформації є можливість проаналізувати дані на стаціонарному комп'ютері. Система постійно вдосконалюється.

Таким чином, Центр моніторингу GE являє собою:

-ситуаційний центр, в якому працюють диспетчери, які беруть оперативні рішення за даними бортових МСУ;

-групу програмістів і технологів, супроводжуючих інформаційну систему, в т.ч. розвиваючи її діагностичну функціональність;

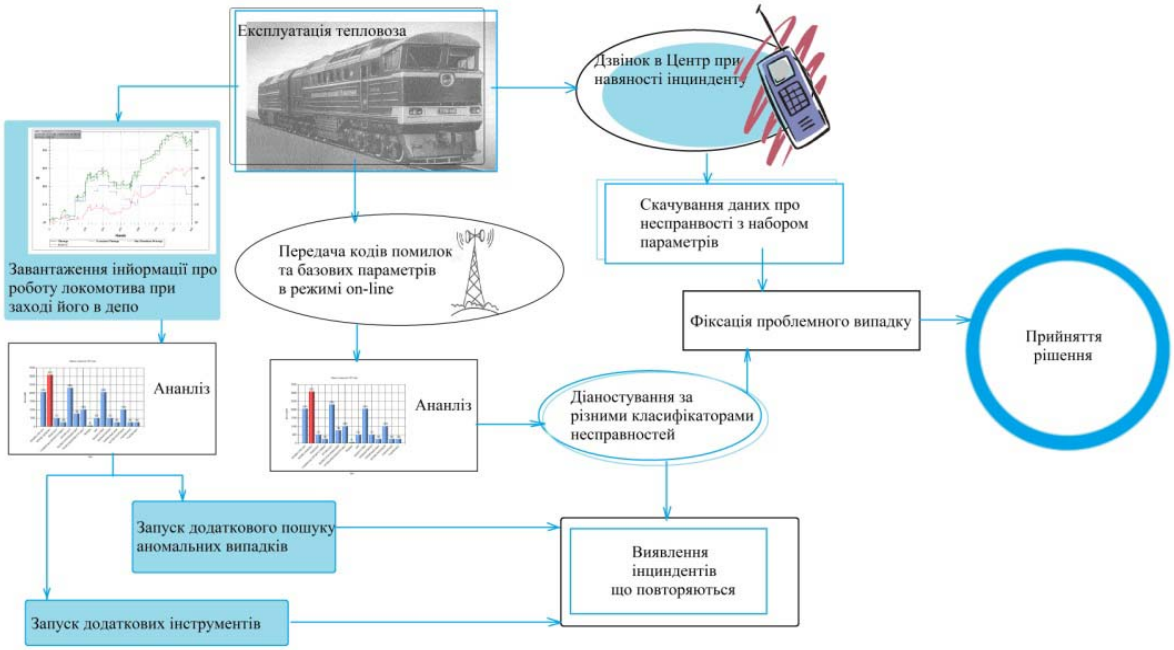


Рис. 1. Система моніторингу General Electric Transportation

-віртуальний центр компетенції, яка формує коригувальні дії за результатами обробки і аналізу діагностичної інформації.

Компанія GE позиціонує свою систему Моніторингу як високоефективну, що дає комплексний ефект 17 тис. доларів на рік (за даними на 2013 р) на локомотив (на контрольований парк в 15 тис. тепловозів – 238 млн. доларів в цінах 2012 року). Ефект від впровадження системи моніторингу в GE досягається комплексно за рахунок підвищення ефективності основних процесів за рахунок інтеграції, зменшення втрат, скорочення аварій і затримок. Повторні ремонти скорочуються на 50%, час пошуку несправності - на 25%, час непродуктивного простою – на 23%.

Аналогічні системи почали запроваджувати інші виробники локомотивів. Зокрема Alstom, Siemens і Bombardier. Запровадження систем керування ТОР виробниками локомотивів пов'язане з поступовим переходом до сервісного обслуговування локомотивів яке проводиться за допомогою виробників або спільних підприємств виробників та компаній, що експлуатують локомотиви.

Впровадження нового наукоємного складу з новими системами та вузлами, що недостатньо вивчені в умовах експлуатації на залізницях України необхідно проводити з веденням автоматизованих систем накопичення інформації. Основою такої системи може слугувати досвід закордонних фірм з урахуванням системи експлуатації ТРС України.

Вихідними даними для побудови є інформація про конструкцію та обладнання конкретної секції ТРС. Ці дані зберігаються у технічному паспорті локомотива. Цей документ призначений для того, щоб протягом тривалого життєвого циклу локомотива, що досягає часом 40 - 50 років, фіксувати всі події, що відбулися з ним за цей період, - дані про проведені ремонти, модернізації, заміну основного обладнання та ін., а також значення ключових технічних характеристик самого локомотива і його основного обладнання.

З часів паровозної тяги паспорт локомотива заповнювався вручну спеціально виділеними працівниками депо - паспортистами. При виконанні цих робіт часто негативно позначався людський фактор: допускалися помилки і неточності, не враховувалися всі зміни, що вносяться в конструкцію локомотива в процесі експлуатації. Таким чином, не забезпечувалися повнота даних і достовірність цього документа.

Зараз з урахуванням розвитку комп'ютерної техніки відбувається поступовий перехід до електронного паспорту. Досвід російських залізниць котрі розпочали впровадження електронного паспорту у 2002 році свідчить про доцільність такого кроку. Запровадження відбувалось у наступній послідовності. Спочатку був розроблений пілотний проект електронного паспорта для електровозів ЧС7, що проходили ремонт на Ярославському електровозоремонтному заводі, а потім до кінця 2002 р були розроблені проекти електронних паспортів, що охопили всі основні масові експлуатовані серії локомотивів. Ці проекти були впроваджені в вісімнадцяти базових локомотивних депо: Волховстрой, Орехово, Черняховськ, Горький-сортувальнний, Сольвичегодськ, Вологда, Тима-Шевська, Лиски, Поверни, Сарепта, Тюмень, Курган, Карасук, Барабинск, Нижнеудинск, Магдагачи, Хабаровськ, Свердловськ-Сортувальний.

У період з 2002 по 2005 рр. в 102 депо поставлені 112 комплектів електронного паспорта і здійснено переклад паперових паспортів всього приписного парку локомотивів цих депо (в секційних одиницях) на електронні носії.

Виконання цієї роботи вимагало значного часу, так як одним і тим же виконавцям довелося переносити великий обсяг даних, що містяться в існуючих паперових паспортах кожного локомотива, в електронний вигляд і одночасно продовжувати вести паперові паспорти.

Прискоренню впровадження електронного паспорта на всьому полігоні доріг сприяла низка організаційних заходів, вжитих ВАТ «РЖД». Були призначені відповідальні фахівці у всіх локомотивних службах і депо з приписним парком локомотивів. До їх навчання залучили розробників-фахівців ПКБ ЦТ. Крім того, робочі місця паспортистів оснастили необхідними засобами оргтехніки, підготували комп'ютери користувачів для роботи з електронним паспортом.

В результаті вже до кінця 2006 р електронний паспорт був поставлений на всі депо, що мають приписний парк. У локомотивному господарстві завершився етап первинного введення інформації з паперових носіїв в систему «Електронний паспорт локомотива».

У 2007 році ця система була впроваджена на локомотиворемонтних заводах ВАТ «Желдорремаш», ВАТ «Мілор» (Мічурінський тепловозоремонтний завод), а в 2011 р - на локомотивобудівних заводах ЗАТ «Трансмашхолдинг», ВАТ «Сінара - Транспортні машини».

В процесі експлуатації програми «Електронний паспорт локомотива» фахівцями були виявлені наступні проблеми ведення паспортів локомотивів і обладнання:

- розбіжності між відомостями про фактично встановленому на локомотиві обладнанні і зазначеним у паспортах;

- випадки застосування при ремонті комплектуючих з відсутніми паперовими паспортами;

- відсутність знаків ідентифікації на деякому обладнанні (нечитабельні клейма, відсутність табличок виробників і т.п.).

Розпорядженням ВАТ «РЖД» від 25.11.2008 № 2491 р був встановлений порядок усунення зазначених невідповідностей, а з 01.03.2009 р була повністю заборонена видача локомотивів і локомотивного обладнання з ремонту без знаків ідентифікації та з паспортами-дублікатами, в яких була відсутня будь-яка інформація про пристрій.

Рис. 2. Автоматизована система обліку та корегування ТОР локомотивів для УЗ

Крім того, необхідно відзначити, що ця програма має всі переваги автоматизованих систем обліку. В першу чергу, це можливість здійснення оперативного моніторингу стану тягового рухомого складу та обладнання, що дозволили вперше оцінити реальну вікову структуру обладнання, що знаходиться в експлуатації.

Електронний паспорт локомотива має також широкими можливостями для автоматичного формування звітності на підставі наявних даних. Так, в 2010 р. введений в експлуатацію автоматизований звіт (ТО-3) про результати використання технічних засобів лубрикації для зниження зносу бандажів колісних пар і збільшення ресурсу бандажів. Таким чином накопичення інформації про надійність вузлів та агрегатів локомотивного парку накопичується не по дослідним групам а по всьому паку одночасно. Завдяки встановленим даним було скоректовано розрахунок зносу бандажів колісних пар в частині, що не регламентована методикою розрахунку показників зносу поверхні кочення коліс РД 32.143-99.

Наступним етапом було створення автоматизована система про запас та стан запасних вузлів. Вона дозволяє в автоматичному режимі відслідковувати кількість справного і несправного обладнання, що вимагає різних видів ремонту, рух обладнання між ремонтними підприємствами локомотивного комплексу і ін.

На базі даних електронного паспорта розроблена автоматизована система «Облік і контроль пристроїв безпеки і мікропроцесорних систем управління», що дозволяє дорожнім центрам по ремонту приладів безпеки і локомотивним депо оперативно складати графіки повірки, забезпечувати виконання регламентних ТОР, своєчасно попереджати, прогнозувати і виключати настання можливих відмов пристроїв безпеки.

Для підвищення якості інформації, що зберігається і персоналізації відповідальності в електронний паспорт локомотива вводиться електронний цифровий підпис. Це дозволить юридично підтвердити внесені відомості і в подальшому перейти на безпаперову роботу.

Запровадження електронного паспорту та автоматичне його ведення разом з АРМ ТЧ Тех дозволить сформувати автоматизовану систему обліку та корегування ТОР локомотивів з урахуванням умов експлуатації та фактичного стану обладнання.

Схема такої системи для залізниць України приведена на рисунку 2.

Висновок. Враховуючи сучасні тенденції розвитку залізничного транспорту, що спрямовані на інтеграцію в систему транспорту Європи, варто звернути увагу на переваги використання автоматизованої системи організації ТОР тягового рухомого складу в локомотивних депо.

Література

1. Електронне “досьє” на локомотив / ЛЬВІВСЬКИЙ ЗАЛІЗНИЧНИК. — 15 березня 2013 р. – 2 с.
2. КоноваловД.Времяремонтаназначиткомпьютер. / газета "Магістраль". — 10.08.11.
3. Электронный паспорт локомотива: преимущества и перспективы. / журнал Локомотив. — 10.2012.
4. Лакин И.И.Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-програмных комплексов./[текст] // Дисертація. — М.2016. — С. 11-42, 175-178.
5. Лакин И.И.Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-програмных комплексов. / [текст] // Автореферат. — М.2016. — С. 3-6, 20-21.
6. Перминов В.А. К вопросу совершенствования планово-предупредительной СТОР / [текст] / Е.Е.Белова, Н.В. Атлетов, И.Э. Нестеров // журнал «Техника железных дорог». — №2 (18) май 2012. — С. 28-32.
7. Абрамов А.А. Современные системы автоматизированного управления перевозками (функциональные

возможности АРМ)./[текст] / Г.М.Биленко // учебное пособие. — М.2002. — С. 33-42, 110-123.
8. Sanjiv A. Patel Intelligent decision support system for diagnosis and maintenance of automated systems / [текст] / Sanjiv A. Patel, Ali K. Kamrani. // Computers & Industrial Engineering. — Volume 30, Issue 2, April 1996. — P. - 297-319.
9. Anil Varma ICARUS: design and deployment of a case-based reasoning system for locomotive diagnostics. / [текст] / Anil Varma', Nicholas Roddy // Engineering Applications of Artificial Intelligence. — Volume 12, Issue 6, December 1999. — P. - 681–690.
10. Y. Larroche. SEPIA: A real-time expert system that automates train route management / [текст] / Y. Larroche. R. Moulin. D. Gauyacq. // Control Engineering Practice. — Volume 4, Issue 1, January 1996. — P. - 27-34.

R e f e r e n c e s

1. Electronic "dossier" onthelocomotive. L'VIVS'KYY ZALIZNYCHNYK. / - 15 March 2013 – P. 2.
2. D. Konovalov .Time assign computer repair. / newspaper “Mahistral'". — 10.08.11.
3. Electroniclocomotivepassport: advantagesandprospects. / JournalLocomotive. — 10.2012.
4. I.I. Lakin.Monitoring of technical condition of locomotives according to onboard hardware-software systems. / [Text] // Dissertation. - M.2016. - P. 11-42, 175-178.
5. I.I. Lakin.Monitoring of technical condition of locomotives according to onboard hardware-software systems. / [Text] //Abstract. - M.2016. - P. 3-6, 20-21.
6. V.A.Perminov. On the issue of improving the preventive warning STOR / [text] /E.E.Belova, N.V. Atletov, I.Je. Nesterov //Journal«Tehnikazheleznyhdorog». — №2 (18) May 2012. — S. 28-32.
7. A.A. Abramov .Modern systems of automated transportation management (functional capabilities of workstations). / [Text] /G.M.Bilenko //Training manual. - M.2002. - P. 33-42, 110-123.
8. Sanjiv A. Patel Intelligent decision support system for diagnosis and maintenance of automated systems / [текст] / Sanjiv A. Patel, Ali K. Kamrani. // Computers & Industrial Engineering. — Volume 30, Issue 2, April 1996. — P. - 297-319.
9. Anil Varma ICARUS: design and deployment of a case-based reasoning system for locomotive diagnostics. / [текст] / Anil Varma', Nicholas Roddy // Engineering Applications of Artificial Intelligence. — Volume 12, Issue 6, December 1999. — P. - 681–690.
10. Y. Larroche. SEPIA: A real-time expert system that automates train route management / [текст] / Y. Larroche. R. Moulin. D. Gauyacq. // Control Engineering Practice. — Volume 4, Issue 1, January 1996. — P. - 27-34.

Гончаров А.Н., Вихопень И.Р. Автоматизированная система техническимобслужеванием и ремонтом локомотивов.

В статьепредставленыописаниеопытазарубежныхкомпанийпроизводителейлокомотивов и операторовжелезнодорожных перевозок по улучшениюорганизациитехническогообслуживания и ремонта тягового подвижного состава в депо, путемвведенияавтоматизированных систем мониторингаихтехническогосостояния, сбора и обработкиполученныхданных. Представленыструктурную схему возможноговариантапрограммыорганизации ТОР тягового подвижного состава адаптированной к реалиямжелезнодорожноготранспортаУкраины.

Ключевые слова:*электронный паспорт, техническоеобслуживание, ремонт, тяговыйподвижной состав.*

Honcharov O., Vykhopen' I. Automated control system for maintenance and repair of locomotives.

The article describes the experience of foreign companies engaged in building modern locomotives and companies of railway transport operators to improve the organization of maintenance and repair of traction vehicles in depot conditions by introducing automated monitoring systems for their technical condition. The main task of these systems is the collection, storage, accumulation and processing of data obtained as a result of repair work on the current types of repairs, diagnostics and performance of technical inspection. The end result of the operation of these systems is the presentation of conclusions regarding the terms in days, the amount of mileage of locomotives in kilometers, or the operating time in locomotive hours, until the next event of the locomotive in the depot for the purpose of routine maintenance or technical inspection. In addition, it is possible to predict the specific amount of work for future repairs.

The structural scheme of a possible variant of the program of organization of the TOR of traction rolling stock adapted to the realities of the railway transport of Ukraine is presented.

Keywords: *electronic passport, maintenance, repair, traction rolling stock.*

Гончаров О.М. – к.т.н., доцент, начальник науково-дослідного відділу рухомого складу філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».
Вихопень І.Р. – асп., кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail: crownwick@bigmir.net.

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

Стаття подана 28.03.2017

УДК 621.313

ПРИРОДА ВИБРАЦИИ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Губаревич О.В., Козынко А.С.

NATURE OF VIBRATION AND MODERN METHODS OF VIBRO DIAGNOSTICS OF ELECTRIC MACHINES

Gubarevych O.V., Kozynko A.S.

В статье рассмотрена природа возникновения и последствия вибрационного воздействия при работе электрических машин. Приведены современные методы вибродиагностики и диапазон среднеквадратических значений виброскорости для оценки и прогнозирования состояния агрегатов. Приведено описание и характеристики современных приборов для обеспечения постоянного вибромониторинга технического состояния работающего электромеханического оборудования.

Ключевые слова: *вибрация, вибромониторинг, диагностика, среднеквадратичное значение виброскорости, виброанализатор, электромагнитные колебания, механические биения.*

Введение. Одна из распространенных причин повышенной интенсивности отказов электродвигателей — вибрация агрегата, которая влечет за собой отказы подшипников, обмотки, коллектора, а иногда и трещины в чугунной оболочке электродвигателя и в лапах. Появление повышенной вибрации в основном является следствием возникновения различного рода неисправностей электрооборудования. Своевременное обнаружение и диагностика причин возникновения вибрации является современной важной и актуальной задачей.

Целью работы является проведение обзорного анализа вибрационных процессов различной природы, возникающих в электрических машинах, а также ознакомление с современными методами обнаружения неисправностей и оценки технического состояния электрооборудования по вибрационным параметрам.

Изложение основных материалов. Силы, вызывающие вибрацию электрической машины, подразделяются на силы электромагнитного, механического и аэродинамического происхождения.

Природа вибрации электромагнитного происхождения является общей для машин всех типов (среди которых асинхронные электродвигатели имеют наиболее сложный вид электромагнитного поля). Своеобразие процессов взаимного преобразования электрической и механической энергии, а также индивидуальные конструктивные особенности как типа, так и каждой конкретной машины могут оказывать существенное влияние на характер ее вибрации. Вследствие этого диагностические признаки дефектов цепей в различных типах машин могут существенно различаться.

В электрических машинах присутствуют два основных вида сил создания вибрации электромагнитного происхождения:

-радиальные силы, возникающие при временных и пространственных изменениях магнитного поля в воздушном зазоре между ротором и статором;

-тангенциальные силы, возникающие при взаимодействии магнитного поля с линейной токовой нагрузкой машины.

Характер этих сил определяется изменением МДС обмоток и магнитной проводимостью воздушного зазора машин, т.е. индукцией магнитного поля и линейной токовой нагрузкой в обмотках машины. Источники электромагнитных сил распределены в пространстве и не имеют конкретной точки приложения.

При проектировании электрических машин распределение электрических и магнитных сил и потоков по цепям стремятся создать пространственно симметричным. Их участие в общей вибрации машины в исправном состоянии в большинстве случаев незначительное.

Основное влияние на характер вибрации оказывают уровни технологии изготовления электрической машины, сборки (ремонта) и особенности эксплуатации. Низкое качество первых двух факторов может привести к асимметрии электрических и магнитных цепей, с переходом на нелинейные участки

кривой намагничивания в различных режимах работы машины, а также проявлением нелинейности сопротивления магнитных цепей. Например, отклонения формы статора и ротора, перекосы подшипников (опор) и другие дефекты изготовления и сборки, вызывающие статический и динамический эксцентриситет (т.е. неравномерность воздушного зазора), могут приводить к появлению значительной магнитной асимметрии и изменению характера вибрации. С другой стороны, параметры вибрации машины могут существенно зависеть от условий эксплуатации (например, числа пусков электродвигателя или качества питающей электроэнергии).

Основными источниками вибрации и шума механического происхождения являются: дисбаланс ротора, несоосность и перекос соединений с исполнительным механизмом, остаточная неуравновешенность вращающихся частей электрической машины и т.п. Неуравновешенность ротора образует значительные вибрации и шум, особенно в быстроходных машинах. Это также встречается у машины, некоторое время проработавшей нормально, при смещении обмотки ротора вследствие недостаточной опрессовки, слабого бандажирования (это наблюдается чаще у быстроходных машин), или в случае, не предусмотренного техническими условиями, значительного повышения частоты вращения. Механическая вибрация может быть вызвана и различного рода неисправностями: неправильно центрирован агрегат, состоящий из нескольких машин, неисправная соединительная муфта, неравномерно изношены или поражены коррозией кулачки или звездочки в кулачковых муфтах и т.п. [1, 2].

Среди виброобразующих сил механического происхождения следует отметить вибрацию, обусловленную подшипниками качения. Интенсивность этого источника вибрации и шума зависит от целого ряда факторов, связанных как технологическими допусками и отклонениями при изготовлении подшипникового узла так и с погрешностями изготовления самого подшипника, такими как повышенный зазор между телами качения и кольцами шарикоподшипника, искажением формы посадочных мест под установку подшипника, их несоосностью, овальностью колец сепараторов шарикоподшипников. Основными недостатками подшипников, в машинах с горизонтальным расположением вала, влияющими на уровень вибрации и шума, являются: недостаточная жесткость корпуса подшипника в продольном и поперечном направлениях, совпадение частоты собственных колебаний корпуса подшипника с частотой вращения ротора при различных режимах работы электрической машины, эксцентричная нагрузка на корпус подшипника, приводящая к изгибающему моменту в вертикальной плоскости [5].

При трении щеток о коллектор или контактные кольца в электрической машине также создается вибрация и шум, имеющие высокочастотные составляющие. Вибрации и шум, обусловленные коллекторно-щеточным узлом, характерны для крупных машин постоянного тока.

Задачу снижения вибрации от остаточной неуравновешенности ротора в настоящее время можно считать практически решенной. Качество современного оборудования для динамической балансировки позволяет выполнить эту задачу с заданной степенью точности, что является условием для получения вибрационных характеристик, удовлетворяющих заданным требованиям.

Все неуравновешенные силы, возникающие в электрических машинах, вызывают изменяющиеся во времени дополнительные нагрузки на подшипники, в результате чего происходит их некоторое виброперемещение. В совокупности с конструктивными недостатками подшипниковых узлов эти силы вызывают дополнительную вибрацию электрической машины в целом.

Силы аэродинамического происхождения вызывают вибрации и шум, уровень которых зависит от правильности выбора количества и формы лопаток, типа вентилятора, его аэродинамических свойств, числа и профиля вентиляционных каналов, правильности расположения вентиляторов относительно деталей и узлов электрической машины. Вибрационные воздействия аэродинамического характера в современных машинах снижены, практически, до технологического допустимого уровня.

При диагностике дефектов, сопровождающихся повышенной вибрацией электрических машин, в первую очередь необходимо установить, является ли ее причина электромагнитного происхождения или механического. Между указанными причинами не всегда можно провести четкую грань: трещина в стержне ротора асинхронного электродвигателя может привести к его местному нагреву и, как следствие, тепловому дисбалансу (в этом случае первопричина — дефект электрического происхождения). В электромеханических системах, особенно при наличии электромагнитных и механических дефектов, одновременное существование и взаимодействие различных вызывающих вибрацию сил может приводить к возникновению сложных сигналов вибрации: электромагнитной модуляции и механических биений.

Процессы электромагнитной модуляции колебаний и механического биения в электрических машинах по форме кривой сигнала вибрации, особенно полигармонической, весьма сложно дифференцировать по природе. Однако, в принципе, это не всегда и требуется: уточнение вида неисправности можно провести с применением спектрального и других видов анализа [6].

Кроме того, вибрация электромагнитного происхождения обладает общим свойством: ее уровень скачкообразно падает при отключении машины от сети в момент начала остановки, особенно остановки под нагрузкой. Величина скачка вибрации по отношению к ее исходной величине наглядно демонстрирует степень участия механических или элек-

тромагнитных дефектов в общей величине вибрации.

Установлено, что у машин в исправном техническом состоянии, в отличии от имеющих электрические дефекты, изменение величины электрического тока в обмотках при изменении нагрузки в основном не изменяет уровня электромагнитной вибрации.

Вибрационная диагностика электрооборудования является сравнительно молодой отраслью в ряду современных методов неразрушающего контроля. Она включает в себя теорию и способы организации процессов распознавания технических состояний машин и механизмов по исходной информации, содержащейся в виброакустическом сигнале. Вибрационная диагностика основана на измерении и анализе параметров вибрации диагностируемого оборудования и занимает особое место среди прочих видов диагностики.

Вибрационные процессы, возникающие при работе электромеханического оборудования, высокоинформативны и достаточно полно отражают техническое состояние многих узлов и привода в целом, а считывание и обработка вибрационных сигналов позволяет диагностировать и выявлять на ранних стадиях развитие различного рода неисправностей в эксплуатируемом оборудовании.

Самый простой способ вибромониторинга состояния электрической машины - это измерение простейшим контактным виброметром среднеквадратичного значения (СКЗ) вибрации и сравнение его с допустимыми нормами. Нормы вибрации определены рядом стандартов, либо указываются в документации на оборудование и приводятся в основном для виброскорости, поэтому в основном при оценке вибрационного состояния используется термин «СКЗ виброскорости». В стандартах определен метод измерения СКЗ виброскорости в частотном диапазоне от 10 до 1000 Гц и ряд значений виброскоростей, которые изменяются с шагом примерно в 1,6 раза, например: ... 4.5, 7.1, 11.2, ... Для разных по типу и мощности машин задаются свои значения норм из этого ряда.

Таким образом, при оценке вибрации агрегатов с вращающимся ротором, в качестве нормируемых

параметров в большинстве случаев устанавливается один из следующих:

• среднеквадратическое значение виброскорости, Ve, мм/с;

• среднеквадратическое значение виброскорости в октавной полосе частот, включающей в себя частоту вращения ротора, Veo, мм/с;

• среднеквадратическое значение виброскорости на элементах крепления агрегата к фундаменту на месте установки, Veф, мм/с;

• пиковое значение (размах) виброперемещения, S3,мкм.

В соответствии с одним из существующих международных стандартов оценка интенсивности вибрации при приемо - сдаточных, периодических, квалификационных, типовых и приемочных испытаниях электрических машин с частотой вращения ротора 3000 об/мин и массой ротора до 2000 кг должна соответствовать величинам, приведенным в таблице 1 [7, 8].

.

Таблица 1

Значения параметров вибрации

Нормируемые параметры вибрации	Срок эксплуатации не ограничен	Ограниченный срок эксплуатации	Эксплуатация недопустима
СКЗ виброскорости Ve, мм/с	до 4,5	4,5 — 7,1	свыше 7,1
СКЗ виброскорости Veo, мм/с	до 3,3	3,3 — 5,2	свыше 5,2
СКЗ виброскорости Veф, мм/с	—	—	свыше 2,0

Другой стандарт на машины электрические вращающиеся с высотой оси вращения свыше 355 мм при приемо-сдаточных, периодических, квалификационных, типовых и приемочных испытаниях регламентирует определять:

• для электрических машин с частотой вращения 600 об/мин и выше среднее квадратическое значение виброскорости опор подшипников,

• для электрических машин с частотой вращения менее 600 об/мин пиковое значение виброперемещения, допустимые значения которых приведены в таблице 2 [8].

Таблица 2

Среднеквадратические значения виброскорости

Частота вращения, об/мин	Среднее квадратическое значение виброскорости Ve ,мм/с	
	Способ установки	
	Упругая подвеска	Жесткое закрепление
От 600 до 1800	2,8	2,8
Свыше 1800 до 3600	4,5	2,8
Для осевой составляющей вибрации подшипников, не являющихся упорными	4,5	4,5
Допустимое значение виброскорости сердечника статора	4,5	4,5
	Пиковое значение виброперемещения опор подшипников, мкм	
Менее 600	50	50

Практически в каждой отрасли разработаны и применяются собственные нормативно - методические рекомендации по оценке и прогнозированию состояния агрегатов по вибрационным сигналам.

В настоящее время выпускаются и широко применяются следующие контактные приборы для вибродиагностики и оперативного мониторинга элементов электромеханического оборудования:

Виброметры – измеряют только одно интегральное значение вибрации. Самое распространенное – СКЗ виброскорости, так как существуют стандарты для определения состояния агрегата по значению СКЗ виброскорости;

Виброанализаторы (анализаторы вибрации) – дополнительно измеряют сигналы и спектры вибрации.

По количеству каналов измерения приборы делятся на:

- одноканальный – одновременно измеряет данные только по одному каналу. При этом может одновременно измерять виброускорение, виброскорость и виброперемещение;
- одноканальный с приставкой расширения на несколько каналов – измеряет данные с нескольких датчиков, но частота опроса каналов значительно уменьшается;
- многоканальный с параллельным опросом всех каналов – очень полезный прибор в сложных случаях, так как результат диагностики дефектов намного достовернее.

Таким образом, виброметры используются для оперативной оценки состояния оборудования. Максимальное значение вибрации, при котором состояние агрегата считается аварийным задаётся в паспорте на агрегат. Сравнение текущей вибрации с нормой позволяет наглядно оценить состояние оборудования. Кроме того, значение вибрации, измеренное виброметром можно использовать и для более подробной диагностики дефектов. Например, по СКЗ виброскорости диагностируется центровка и дисбаланс, состояние крепления оборудования к фундаменту, можно также использовать для оперативной балансировки ротора на месте.

Виброанализаторы измеряют сигнал вибрации с вибродатчика и с помощью вычислений преобразовывают полученное измерение в другие виды, например, в спектры. Современные анализаторы очень компактные, они позволяют просматривать данные на месте эксплуатации оборудования и оперативно проводить диагностику дефектов машины. Для более сложных случаев измеренные данные сохраняются в памяти прибора, а затем передаются на компьютер для последующего анализа. Во всех виброанализаторах также есть режим виброметра.

Главным преимуществом такого простого и достаточно информативного метода диагностики дефектов электрооборудования по общему уровню вибрации является то, что для его использования нет необходимости в дополнительном обучении обслуживающего персонала. Кроме того, стоимость технического оборудования, необходимого для данного метода диагностики, минимальная.

Ниже приведены более детальные характеристики некоторых распространенных моделей таких приборов : "Виброметр-К1", "Vibro Vision", "ViAna-1", "ДПК-Вибро" и другие [1].

"ДПК-Вибро" - компактный виброметр, регистратор вибрационных сигналов для оценки технического состояния подшипников непосредственно на месте их эксплуатации. Прибор измеряет интегральные параметры вибрации оборудования с помощью встроенного вибросенсора. Такие измерения могут проводиться в размерности виброускорения A ($м/с^2$), виброскорости V (мм/с) и длины S (мкм), измерения вибрации обычно производятся в стандартном диапазоне частот от 10 до 1000 Гц.

Оценка технического состояния подшипников проводится на основе двух методов:

- расчета и сравнения общего уровня вибрационного сигнала (СКЗ вибросигнала), измеренного на подшипнике, с нормативными значениями;
- анализа параметров ударных импульсов, которые всегда возникают при "обкатывании" разных дефектов на поверхности качения подшипников.

На основании математической обработки ударных импульсов в приборе предлагается оперативный вывод о техническом состоянии рабочих поверхностей контролируемого подшипника.

Для оперативной оценки параметров вибрации используется ViPen - виброметр-ручка, который имеет очень компактный размер и позволяет измерять среднеквадратичное значение СКЗ виброскорости и температуру подшипника. Оценка технического состояния осуществляется на основании трех измеряемых прибором параметров:

- СКЗ виброскорости в диапазоне 10 - 1000 Гц,
- амплитуда виброускорения,
- температура.

Для прогнозирования состояния по вибрации используются нормы на измеряемые параметры, принятые для данного оборудования стандартами предприятия (завода-производителя).

"ViAna-1" (Vibro Analyzer, 1 канал) - одноканальный прибор регистрации и анализа вибрационных сигналов для оперативной диагностики подшипников качения и "безразборной" балансировки роторов и других вращающихся частей различного оборудования. В приборе "ViAna-1" реализован стандартный набор математических функций, которые позволяют проводить различную обработку вибросигналов для оценки состояния подшипников:

- получение классических спектров вибрационных сигналов;
- получение спектров в полосе частот;
- анализ амплитудных и фазовых соотношений между разными гармониками.

Для проведения балансировки роторов и других специализированных работ по виброналадке вращающегося оборудования и механизмов, которые находятся на собственных опорах, прибор позволяет регистрировать вибросигналы с разными параметрами с помощью встроенного и внешнего датчиков. При использовании внешнего датчика вибрации марки "ВК-310А" могут быть зарегистрированы вибрационные сигналы в диапазоне частот от 5 Гц до 5 кГц. Кроме того, в устройстве реализована функция виброметра, которая дает быструю оценку состоянию вращающихся частей оборудования. На

каждую точку измерения получается только одно число СКЗ виброскорости.

Так же существуют бесконтактные методы измерения вибрации, т.е. не связанные с объектом механической связью. Эти методы основаны на зондировании объекта звуковыми, электромагнитными или световым волнами.

Одна из последних разработок - метод ультразвуковой фазометрии. Суть метода - измерение текущего значения разности фаз опорного сигнала ультразвуковой частоты и сигнала, отраженного от исследуемого объекта. В качестве чувствительных элементов используется пьезоэлектрическая керамика.

Большое распространение также получили оптические методы, основанные на зондировании объекта видимым светом и обладающие высокой разрешающей способностью [6].

Оптические методы бывают 2-х групп.

1) Методы, основанные на регистрации эффекта Допплера.

2) Голографические методы.

К общим недостаткам оптических методов можно отнести следующее: высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта, сложность, габаритность установки, высокую стоимость оборудования и большое энергопотребление.

Выводы. Приведенный в работе анализ использования современных методов вибродиагностики для контроля технического состояния электрооборудочания является перспективным диагностическим направлением. Вибромониторинг позволяет устанавливать причины вибрации и при возможности, оперативно устранять их, проверять центровку валов и состояние соединительных муфт, в случае надобности проводить балансировку ротора и других вращающихся частей машин, определять состояние подшипников и дефекты электрооборудования на ранних стадиях их развития, что в конечном итоге позволит свести к минимуму, а возможно и исключить отказы оборудования аварийного характера.

Литература

1. Губаревич О.В. Надійність і діагностика електрообладнання: Підручник / О.В. Губаревич. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.; табл. 6, іл. 20, бібліогр. 44 найм.
2. Кутін В.М. Діагностика електрообладнання: навчальний посібник /В. М. Кутін, М.О. Ілюхін, М.В. Кутіна. – Вінниця: ВНТУ, 2013. –161 с.
3. *Балицкий* Ф.Я., *Иванова* М.А. , Соколова А.Г., Хомяков Е.И. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов. – М.: Наука, 1984. –129с.
4. Черный А.П., Родькин Д.И., Калинов А.П., Воробейчик О.С. Мониторинг параметров электрических двигателей электромеханических систем: Монография. – Кременчуг: ЧП Щербатых А.В., 2008. – 246 с.
5. Гайдамака А.В. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення: навч. посіб. / А. В. Гайдамака. – Х.: НТУ «ХПІ», 2009. – 248с.
6. Руссов В. А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам / В. А. Русов. – Пермь, 2012. – 252 с.
7. Василевський О.М. Нормування показників надійності технічних засобів: навч. посіб. / О. М. Василевський, В.О. Поджаренко; Вінниц. нац. техн. ун-т. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 129 с.
8. Ширман А. Р., Соловьев А. Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. – М.: Машиностроение, 1996. – 276с.

References

1. Gubarevych O.V. Nadijnist' i diagnostyka elektroobladnannja: Pidruchnyk / O.V. Gubarevych. – Sjevjerodonec'k: vyd-vo SNU im. V. Dalja, 2016. – 248s.; tabl. 6, il. 20, bibliogr. 44 najm.
2. Kutin V.M. Diagnostyka elektroobladnannja: navchal'nyj posibnyk /V. M. Kutin, M.O. Iljuhin, M.V. Kutina. – Vinnycja: VNTU, 2013. –161s.
3. Balickij F.Ja., Ivanova M.A. , Sokolova A.G., Homjakov E.I. Vibroakusticheskaja diagnostika zarozhdajushhihsja defektov. – M.: Nauka, 1984. –129s.
4. Chernyj A.P., Rod'kin D.I., Kalinov A.P., Vorobejchik O.S. Monitoring parametrov jelektricheskih dvigatelej jelektromehanicheskih sistem: Monografija. – Kremenchug: ChP Shherbatyh A.V., 2008. – 246s.
5. Gajdamaka A.V. Pidshypnyky kochennja. Bazovi znannja ta naprjamky vdoskonalennja: navch. posib. / A. V. Gajdamaka. – H.: NTU «HPI», 2009. – 248s.
6. Russov V. A. Diagnostika defektov vrashhajushhegosja oborudovanija po vibracionnym signalam / V. A. Rusov. – Perm', 2012.
   – 252s.
7. Vasilevs'kyj O.M. Normuvannja pokaznykiv nadijnosti tehnichnyh zasobiv: navch. posib. / O. M. Vasilevs'kyj, V. O. Podzharenko ; Vinnyc. nac. tehn. un-t. – Vinnycja: VNTU, 2010. – 129 s.
8. Shirman A. R., Solov'ev A. B. Prakticheskaja vibrodiagnostika i monitoring sostojanija mehanicheskogo oborudovanija. – M.: Mashinostroenie, 1996. – 276s.

Губаревич О.В., Козинко О.С. Природа вібрації і сучасні методи вібродіагностики електричних машин

У статті розглянута природа виникнення і наслідку вібраційної дії при роботі електричних машин. Приведені сучасні методи вібродіагностики та діапазон середньоквадратичних значень віброшвидкості для оцінки і прогнозування стану агрегатів. Приведений опис і характеристики сучасних приладів для забезпечення постійного вібромоніторингу технічного стану працюючого електромеханічного устаткування.

Ключові слова: *вібрація, вібромоніторинг, діагностика, середньоквадратичне значення віброшвидкості, віброаналізатор, електромагнітні коливання, механічне биття.*

Gubarevych O.V., Kozynko A.S. Nature of vibration and modern methods of vibro-diagnostics of electric machines

In this article are considered the nature and consequence of vibration exposure occurrence during work of electric machines. Analyzed the sources of electromagnetic and mechanical vibration's origin and modern methods of contact and non-contact vibro-diagnostics. Given a range of vibrospeed RMS values for an estimation and prognostication

of the state of aggregates on oscillation signals. For a practical application of vibro-diagnostics, description and characteristics of modern devices are provided to maintain permanent vibromonitoring of the technical state of working electromechanics equipment.

Keywords: *vibration, vibro monitoring, diagnostics, vibrospeed rms values, vibroanalyzer, electromagnetic vibrations, mechanical beatings.*

Губаревич Олег Володимирович – к.т.н., доцент, доцент кафедри електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк), plasticcentrum@yandex.ua

Козинко Олександр Сергійович – магістр, гр. ЕСЕ-16дм, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк), akozynko1@gmail.com

Рецензент: д.т.н., професор ***Соколов В.І.***

Статья подана 27.01.2017

УДК 338.48

ІНТЕГРАЦІЯ УКРАЇНИ ДО РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ КРАЇН ЄС

Данільєва Ю.Г.

INTEGRATION OF UKRAINE TO THE TRANSPORT MARKET OF THE EU COUNTRIES

Danilieva J.

У статі висвітлено особливості співпраці України та ЄС у транспортній галузі, розглянуто основні шляхи інтеграції транспортної системи України до ЄС. Зазначено, що співробітництво між Україною та ЄС у сфері транспорту спрямоване на реконструкцію та модернізацію транспортних систем і мереж доріг в Україні, розвиток і забезпечення сумісності транспортних систем України та ЄС у контексті створення Транс'європейської транспортної мережі. Визначено пріоритетні напрями співробітництва України та ЄС у галузі транспорту, зокрема, розвиток транспортної інфраструктури України та її інтеграція до загальноєвропейської транспортної системи; підвищення рівня безпеки на транспорті та адаптація відповідного національного законодавства із залученням проекту ЄК TWINNING; модернізація та оновлення основних фондів і рухомого складу транспорту; створення Спільного авіаційного простору між Україною та ЄС. Розглянуто деякі регіональні ініціативи щодо співпраці України та ЄС. Наголошено на необхідності розробки спеціального механізму сертифікації з наданням державної підтримки та реалізації принципів міжнародного транспортного права в Україні.

***Ключові слова**: інтеграція, транспорт, послуги, система, інфраструктура, країни ЄС.*

Вступ. На початку 2017 року генеральний директор з питань мобільності та транспорту Європейської комісії Хенрік Хололей запропонував започаткувати регулярний, щорічний транспортний діалог між Україною та ЄС з питань, які формують порядок денний і принесуть у транспортну галузь країни як реалізацію нових інфраструктурних проектів, так і формування загальної транспортної стратегії ЄС та України [12].

Постановка проблеми. Останніми роками сфера послуг все більше починає займати стійкі позиції в світовій економіці. Її вплив на економіки країн настільки великий, що нерідко постіндустріальне суспільство називають суспільством послуг. У більшості країн збільшується не тільки їх частка у ВВП, а й істотно розвивається міжнародна торгівля послугами, що впливає на позитивне сальдо в платіжних балансах країн. Для України, економіка якої значною мірою залежить від ефективної участі в міжнародному поділі праці, особливого значення набуває проблема розвитку сфери транспортних послуг [2, с.9].

Сьогодні розвиток світової транспортної системи відбувається в тісній кореляції із зовнішніми глобальними процесами, які протікають у світовому господарстві.

Прагнення держави забезпечити розвиток експорту транспортних послуг, ефективніше використовувати транзитний потенціал, підвищувати конкурентоспроможність вітчизняного транспорту на міжнародному ринку транспортних послуг може бути реалізовано за рахунок інтеграції українських транспортників до ринку транспортних послуг країн ЄС. Україна задекларувала готовність здійснити все можливе для модернізації своєї транспортної системи шляхом підписання та ратифікації низки відповідних міжнародних конвенцій, а також участі в міжнародних організаціях, гармонізації внутрішніх норм і стандартів щодо роботи транспорту з вимогами європейських acquis communautaire. Зближення українського права з acquis communautaire ЄС є не тільки інструментом поглиблення економічної кооперації з ЄС, але також важливим засобом підвищення подальшого розвитку України в цілому [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблема інтеграційних процесів транспортної системи до ЄС набула широкого обговорення як у наукових, так і у професійних колах. Більшість наукових робіт присвячена питанням розвитку транспортних систем на національному, регіональному і світовому рівнях. У цьому сенсі слід відмітити праці Захарової О. [3], Кузьменко Ю. [5], Мандрик Л. [6], Погребицького М.[8], Прейгер Д.[9], Сирийчик Т. [10] та ін. Чимало праць зазначених авторів присвячено питанням формування та розвитку потенціалу транспортної системи. Особливості інтеграції Укра-

їни в світовий економічний простір досліджували у своїх наукових працях такі вітчизняні вчені економісти та практики як Дикань В. [2], Винников В. [1], Кислий В., Біловодська О., Олефіренко О., Соляник О. [4]. Проте питання інтеграції України до ринку транспортних послуг країн ЕС потребує подальших досліджень.

Метою дослідження є напрями співпраці України з транспортними системами країн ЄС в контексті інтеграційних процесів.

Виклад основного матеріалу. У сучасних умовах на розвиток транспортної галузі великий вплив має глобалізація світової економіки. Під її впливом визначаються нові тенденції розвитку міжнародних перевезень, серед яких виділяють: посилення ролі експедиторської та логістичної діяльності у транспортному процесі; формування мультимодальних логістичних центрів, розвиток контейнерних та контрейлерних систем транспортування. До того ж необхідна реструктуризація транспортного комплексу України, його поетапна інтеграція в загальноєвропейські та світові транспортні системи [1, с. 27].

Серед пріоритетних напрямів співробітництва України та ЄС у галузі транспорту виділимо наступні:

розвиток транспортної інфраструктури України та її інтеграція до загальноєвропейської транспортної системи;

підвищення рівня безпеки на транспорті та адаптація відповідного національного законодавства із залученням проекту ЄК TWINNING;

модернізація та оновлення основних фондів і рухомого складу транспорту;

створення Спільного авіаційного простору між Україною та ЄС [10, с.92].

Україна та ЄС також співпрацюють у рамках різних регіональних ініціатив, зокрема ТРАСЕКА, та на міжнародному рівні – в рамках міжнародних транспортних організацій, угод та конвенцій, ратифікованих сторонами.

Розглянемо сучасні заходи щодо співпраці України та ЄС у транспортній галузі.

Важливим кроком у напряму посилення інтеграції між ЄС та країнами Східного партнерства стало створення спільної транспортної мережі між ЄС та його східними сусідами у 2013 р. у Люксембурзі.

У 2015 році завершено проект Twinning «Надання інституційної підтримки Міністерству інфраструктури України з питань підвищення ефективності роботи та конкурентоспроможності залізничного транспорту в Україні». За підтримки проекту розроблено нову редакцію Закону України про залізничний транспорт [7].

У 2016 році стартував проект технічної допомоги Європейського Союзу «Підтримка імплементації Угоди про асоціацію та Національної транспортної стратегії», розрахований на два роки. Метою проекту є сприяння інтеграції та модернізації транспортного сектору України та окремих під секторів галузі транспорту відповідно до зобов'язань в рамках Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, а також оновлення Національної транспортної стратегії України відповідно до законодавства, стандартів і вимог ЄС та сприяння у її подальшій імплементації.

На початку 2016 року розпочато проект ЄС «Підтримка впровадження Угоди про асоціацію між Україною та ЄС», скорочено Association4U', що означає 'Асоціація для України й для тебе'. Головна мета Проекту – посилити спроможність та підвищити продуктивність державних установ України з метою забезпечення комплексного виконання ними зобов'язань України в рамках Угоди про асоціацію [6].

В жовтні 2016 року в рамках інструменту технічної допомоги Європейського Союзу Twinning було започатковано проект «Підтримка Міністерства інфраструктури у запровадженні умові для застосування європейської моделі ринку послуг залізничного транспорту в Україні» (продовження завершеного проекту). Мета проекту полягає у підвищенні ефективності державного управління в умовах реформування залізничного транспорту і розвитку конкуренції відповідно до положень Угоди про асоціацію між Україною та ЄС. Проект передбачає впровадження комплексу заходів для зміцнення потенціалу Міністерства інфраструктури України при розробці політики для створення конкурентного ринку залізничних послуг, встановлення вимог безпеки в залізничній галузі відповідно до європейських норм та стандартів та інтеграція української залізничної системи з транс'європейською транспортною мережею.

З метою імплементації Директиви ЄС 2010/65/ЄС та запровадження морського єдиного вікна розглядається можливість залучення експертної допомоги в рамках проекту AnNa – (Advanced National Networks for Administrations). Проект сприяє налагодженню узгодженого підходу до спрощення адміністративних процедур при здійсненні міжнародної торгівлі та обміну даними між національними системами морського єдиного вікна [11].

Очікується, у 2017 року розпочнеться новий регіональний проект з морської безпеки, безпеки і охорони морського середовища в регіонах Чорного і Каспійського морів. Метою проекту є подальше вдосконалення морської безпеки, а також підвищення рівня запобігання забруднення морського середовища, забезпечення готовності і реагування в регіоні [11].

У сфері автомобільного транспорту за участі експертів на основі проекту Типового положення про Систему управління безпекою руху на автомобільному транспорті доопрацьовано відповідно до європейських практик проект Положення про Систему управління безпекою.

Серед сучасних напрямків роботи України та ЄС у сфері автомобільного транспорту слід відмітити використання європейських практик розслідування ДТП в країнах ЄС, в тому числі із застосуванням сучасних технологій. Українським колегам на-

дають інформацію про функціонування баз даних ДТП в Європі та приклади відповідних шифрувальних книг.

Влітку 2016 року стартував проект Twinning «Гармонізація законодавства України в галузі льотної придатності повітряних суден авіації загального призначення та в галузі сертифікації аеропортів/аеродромів України з відповідними нормами та стандартами ЄС та їх впровадження». Загальною ціллю проекту є підтримка розвитку цивільної авіації України та інтеграції до європейської системи, шляхом гармонізації авіаційних правил України з відповідними актами ЄС та їхнє впровадження в сферах сертифікації аеродромів/аеропортів та льотної придатності повітряних суден і їхніх виробів, запчастин, бортового обладнання, а також сертифікації конструкторських бюро і виробничих об'єднань [7].

Актуальним інтеграційним напрямком співробітництва України та ЄС є співпраця з тематичними програмами та агентствами Європейського Союзу, зокрема,

з Європейським агентством з безпеки польотів (EASA);

з Європейською Залізничною Агенцією (ERA);

з Європейським агентством з питань морської безпеки (EMSA).

Важливим аспектом в ефективності транспортної галузі України є техніко-технологічна сумісність з європейською транспортною системою, тому необхідно розробити нормативно-правовий механізм, який би сприяв втіленню техніко-технічних вимог, які базуються на відповідних нормативах ЄС.

Тарифна політика досить важлива для транспортної галузі, оскільки від неї залежать прибутки та її розвиток. Але вона не повинна бути взаємопов'язаною з поліпшенням послуг, що надаються громадянам. Проголошена Урядом України лібералізація зовнішньоекономічної діяльності в державі повинна йти поруч з проведенням реформ у тарифній політиці в галузі залізничного транспорту. Саме тут необхідно запроваджувати принцип прозорості тарифу на послуги. Це особливо важливо робити у галузі, яка має монополію на ринку послуг. Якщо в авіації, морському чи автомобільному транспорті це робиться більш менш прозоро, оскільки громадяни мають можливість обирати послуги тієї чи іншої компанії, то в послугах залізниці така можливість відсутня [5,с.36].

Враховуючи той факт, що у транспортній галузі міжнародне співробітництво відіграє важливу роль, то саме тут проявляються найбільш яскраво ринкові механізми та відданість усім тим принципам, на яких ґрунтується робота цієї галузі в ЄС. Це найбільш проявляється у роботі морського та повітряного транспорту, де існують міжнародні вимоги до засобів перевезення вантажів та пасажирів. Внутрішні річкові перевезення, які виконуються теплоходами змішаного плавання також відповідають цим вимогам. Залізничний та автомобільний транспорт більше зорієнтовані на внутрішні перевезення і тому саме ці сфери вимагають значної уваги до впровадження вимог, які викладені у нормативних документах ЄС.

Природна монополія залізниці повинна пройти етапи реформування і запровадження принципу конкуренції та вільного доступу на ринок іноземних перевізників. Звичайно це може відбутися тільки за умови змін законодавства та бажання керівництва поліпшити роботу цієї галузі з метою підняття її до рівня європейських стандартів. Цей шлях непростий і вимагає значних фінансових витрат.

Важливим кроком у поліпшенні рівня стандартів та підходів є розробка спеціального механізму проведення сертифікації з наданням державної підтримки. Тому з метою наближення національних технічних, технологічних та екологічних стандартів і вимог, необхідно розробити організаційно нормативне та фінансове забезпечення запровадження систем ISO 9000 та 14000 у транспортній галузі [8, с.11].

Реалізація принципів міжнародного транспортного права в Україні значною мірою буде залежати від розробки та реалізації заходів щодо вступу до міжнародних транспортних організацій з визначенням пріоритетів, пов'язаних з інтеграцією транспортно-дорожнього комплексу України до транспортних систем ЄС і подальшим розвитком транзитних перевезень, та поетапного приєднання України до міжнародних конвенцій та багатосторонніх угод у галузі транспорту, у тому числі:

Конвенції про спільну транзитну процедуру (Женева); Міжнародної конвенції про спрощення та гармонізацію митних процедур (Кіото, у редакції 2000 р.);

Конвенції ООН з міжнародних та мультимодальних перевезень вантажів;

Конвенції про договір міжнародного дорожнього перевезення вантажів;

Угоди про міжнародні перевезення швидкопсувних продуктів та про спеціальні засоби, які призначені для таких перевезень [9,с.14].

Для забезпечення поступового входження транспортної галузі України в систему ринкових відносин з державами-членами ЄС необхідно:

підготувати та підписати угоду про партнерство в галузі транспорту та інтеграційну політику між ЄС та Україною;

розробити комплекс організаційно-правових заходів щодо розробки та укладення міжнародних угод в галузі транспортної політики з сусідніми державами-членами ЄС.

В процесі гармонізації законодавства України із законодавством ЄС здійснюється уніфікація європейської та національної юридичної термінології, а також часткове оновлення, доповнення чи перегляд відповідних кодексів чи законів, а в разі повної відсутності в Україні нормативних актів, необхідних для правового врегулювання певних проблем, якщо таке регулювання передбачене директивами ЄС, -

розробка та запровадження нових законодавчих актів.

Основні напрямки адаптації транспортного законодавства України до законодавства ЄС полягають у наступному:

розробка нормативних актів, що регулюють діяльність транспорту в Україні та відповідають директивам ЄС щодо транспорту, положенням Генеральної Угоди про тарифи і торгівлю (ГАТТ) і Світової організації торгівлі (СОТ), Угоди про партнерство та співробітництво між Україною та ЄС чи вдосконалення існуючої нормативно-правової бази України;

участь України у міжнародних та європейських транспортних організаціях, виконання резолюцій, рекомендацій, що приймаються в рамках цих організацій; вступ України до міжнародних/європейських транспортних організацій;

приєднання до Конвенцій, протоколів та договорів, укладених під егідою міжнародних та європейських організацій;

підготовка та укладення двосторонніх міжурядових угод у галузі транспорту між Україною та європейськими державами [8, с.12].

Кінцевою метою діяльності у цьому напрямку є розбудова в Україні ринково орієнтованого господарства, яке сприятиме повномасштабній інтеграції економіки України у єдиний економічний простір розвинутої Європи.

Висновки. Таким чином, співробітництво між Україною та ЄС у сфері транспорту спрямоване на реконструкцію та модернізацію транспортних систем і мереж доріг в Україні, розвиток і забезпечення сумісності транспортних систем України та ЄС у контексті створення Транс'європейської транспортної мережі. Пріоритетне значення надається підготовці України до імплементації законодавства ЄС, зафіксованого у відповідних додатках Угоди про асоціацію. Підготовка і реалізація поглибленої та всеохоплюючої Угоди про асоціацію з ЄС передбачає укладання та реалізацію двосторонніх угод між Україною та країнами Європейського Союзу про співробітництво, в тому числі у сфері транспорту, які мають готуватися із врахуванням умов постійної трансформації європейської транспортної політики під впливом інтенсивного розвитку світової торгівлі та міжнародного туризму.

Налагодження тісного міжнародного економічного співробітництва України з країнами ЄС у транспортній сфері дозволить забезпечити прискорення інтеграції видів українського транспорту до європейської та світової транспортної системи, впровадження принципів європейської транспортної політики в Україні. Транспорт як інфраструктурна галузь має розвиватися випереджальними темпами, що сприятиме укріпленню зовнішньоторговельних зв'язків України, її територіальному розвитку, залученню транзиту, збільшенню міжнародних туристичних потоків і, як слідство, обсягів валютних надходжень до країни.

Література

1. Винников В. В. Логистические мультимодальные транспортные технологии в системе транспортных коридоров // Вісник економіки транспорту та промисловості.-2013.- № 26 – С. 19.
2. Дикань В.Л. Актуальность улучшения системы комбинированных перевозок в международной транспортной сети// Вісник економіки транспорту та промисловості- 2009.- № 22 - С. 26
3. Захарова О. В. Особливості процесу інтеграції національних транспортних систем до світового господарства [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/prvs/2007_3/1294.pdf
4. Кислий В.М., Біловодська О.А., Олефіренко О.М., Соляник О.М. Логістика: теорія та практика Навч. посіб. — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 360 с.
5. Кузьменко Ю. А. Глобализационные процессы мировой экономики, влияющие на функционирование международной транспортной системы / Ю. А. Кузьменко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2010. – № 36. – С. 35–37.
6. Мандрик І. П., Маковецька Л. О. Перспективні напрями розвитку транспортної системи України в контексті процесів європейської інтеграції economies. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nvvnu/misnarod_vidnos/2009_4/R2/Mandryk.pdf
7. Офіційний сайт Міжнародного транспортного форуму. [Електронний ресурс].- Режим доступу: http://www.internationaltransportforum.org/
8. Погребицький М.Л. Державне регулювання ринку транспортних послуг: автореф. дис. канд. наук з держ. упр.: 25.00.02 / М.Л. Погребицький; Гуманітарний університет "Запорізький інститут державного та муніципального управління". – Запоріжжя, 2007. – 20 с.
9. Прейгер Д.К. Реалізація потенціалу транспортної інфраструктури України в стратегії посткризового економічного розвитку. – К.:НІСД, 2011. – 36 с.
10. Сирийчик Т., Фургальські А., Клімкевич Ч., Камола М., Дяченко Т., Пугачов М.,Філіпенко О. Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу / За редакцією Марчіна Свєнчіцкі. – К.: Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки, 2015. – 102 с.
11. Співробітництво Україна – ЄС в сфері транспорту [Електронний ресурс] // Україна в Європейському союзі. - Режим доступу: http://ukraine-eu.mfa.gov.ua/ua/ukraine-eu/sectoral-dialogue/transport
12. Україна і Європейський Союз започатковують транспортний діалог [Електронний ресурс] // Укрінформ. - Режим доступу: https://www.ukrinform.ua/rubric-economics/2157467-ukraina-i-es-zapocatkovuut-transportnij-dialog.html

Reference

1. Vinnikov V. V. Logistic multimodal transpore technologies in the system of transport corridors // News of the Economy and Transport. Promyslovost-2013.- No. 26 - P. 19.
2. Dikan V.L. The urgency of improving the system of combined transport in the international transport network // News of the Economy of Transport and Industrial Development 2009.- № 22 - P. 26
3. Zakharova, O. V (2007), "Features the process of integration national transport systems to the world economy", Problems of foreign economic relations development and

attraction of foreign investments: regional aspect, [online], avaliable at: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/prvs/2007_3/1294.pdf (accessed 25 Oct 2013).
4. Kisliy VM, Bilovodska OA, Olefirenko OM, Solyanik OM Logistic: theory and practice. Tutorial- K .: Center for Educational Literature, 2010. - 360 p.
5. Kuz'menko, Ju. A. (2010), "The globalization process of world economy, affecting the functioning of the international transport system", News of the Economy of Transport and Industrial Development, vol. 36, pp. 35–37.
6. Mandrik I. P., Makovecka L. O. Perspective on the development of the transport systems of Ukraine in the context of the process of the european integration economy. [Electronic Resource]. - Access mode: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nvvnu/misnarod_vidnos/2009_4/R2/Mandryk.pdf
7. OFFICIAL site of the International Transport Forum. [Electronic resource] .- Access mode: http://www.internationaltransportforum.org/
8. Pogrebitsky M.L. Держане регулювання ри-нку транспортных послуг: Abstract of the author. Dis. Cand. Sciences zhhold. Ex: 25.00.02 / M.L. Pogrebitsky; Gumanitarniy unyver-sitet "Zaporizhzhya Institute of State and Municipal Management." - Zaporizhia, 2007. - 20 p.
9. Prejger D.K. Realization of the potential for transport and innovation in Ukraine in the post-crisis eco-nomic development strategy. - Kyiv: HICД, 2011. - 36 p.
10. Syryychyk T. Furhalski A. Klimkevych Charles, Camogli M., T. Dyachenko, Pugachev M. Alexander Filipenko transport policy ka Ukraine and its convergence with European Union norms / edited by Marcin Święcicki. - Kyiv: Analytical and Advisory Center Blue Ribbon, 2015. - 102 p.
11. Ukraine and the European Union launch vehicle dialogue [electronic resource] // Ukrinform. - Access: https://www.ukrinform.ua/rubric-economics/2157467-ukraina-i-es-zapocatkovuut-transportnij-dialog.html
12. Cooperation Ukraine - EU in transport [electronic resource] // Ukraine in the European Union. - Access: http://ukraine-eu.mfa.gov.ua/ua/ukraine-eu/sectoral-dialogue/transport

Данильева Ю.Г. Интеграция Украины в рынок транспортных услуг стран ЕС.

В статье освещены особенности сотрудничества Украины и ЕС в транспортной отрасли, рассмотрены основные пути интеграции транспортной системы Украины в ЕС. Указано, что сотрудничество между Украиной и ЕС в сфере транспорта направлено на реконструкцию и модернизацию транспортных систем и сетей дорог в Украине, развития и обеспечения совместимости транспортных систем Украины и ЕС в контексте создания Трансъевропейской транспортной сети. Определены приоритетные направления сотрудничества Украины и ЕС в области транспорта, в частности, развитие транспортной инфраструктуры Украины и ее интеграция в общеевропейскую транспортную систему; повышение уровня безопасности на транспорте и адаптация соответствующего национального законодательства с привлечением проекта TWINNING; модернизация и обновление основных фондов и подвижного состава транспорта; создание совместного авиационного пространства между Украиной и ЕС. Рассмотрены некоторые региональные инициативы по сотрудничеству Украины и ЕС. Отмечена необходимость разработки специального механизма сертификации с предоставлением государственной поддержки и реализацией принципов международного транспортного права в Украине.

Ключевые слова: *интеграция, транспорт, услуги, система, инфраструктура, страны ЕС.*

Danilieva J.G. Integration of Ukraine to the transport market of the EU countries.

The article highlights the peculiarities of Ukraine-EU cooperation in the transport sector, the basic ways of transport integration of Ukraine into the EU. It is noted that cooperation between Ukraine and the EU in the transport sector aimed at reconstruction and modernization of transport systems and road networks in Ukraine, the development and interoperability of transport systems of Ukraine and the EU in the context of the creation of the Trans-European Transport Network. The priority areas of cooperation between Ukraine and the EU in the field of transport, including transport infrastructure development in Ukraine and its integration into the European transport system; improving transport safety and adaptation of relevant national legislation with the assistance of the EC TWINNING; modernization and replacement of fixed assets and rolling stock transportation; a Common Aviation Area between the EU and Ukraine. The article consideres some regional initiatives for cooperation between Ukraine and the EU. It emphasizes the need to develop a special mechanism for certification of state support and implementation of the principles of international transport law in Ukraine.

Keywords: *integration, transport, services, system infrastructure, the EU.*

Данільєва Ю.Г. – к.і.н., доцент кафедри туризму і готельного господарства Східноукраїнського національного університету імені В.Даля, e-mail: julija1227@rambler.ru

*Рецензент***:** д.е.н., ***Д'яченко Ю.Ю.***

Стаття подана 01.04.2017

УДК:629.4.027

ОЦІНКА КРИТЕРІЇВ ФОРМУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА З РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ

Дацун Ю.М.

EVALUATION OF CRITERIA OF THE FORMATION OF A VIRTUAL ENTERPRISE FOR THE REPAIR OF LOCOMOTIVES

Datsun. Y.

В статті сформульовано необхідність трансформування локомотиворемонтних виробництв залізниць України в сучасних умовах. Для розширення технологічних можливостей ремонтних виробництв, запропоновано застосування нових організаційно-виробничих форм – віртуальних підприємств. Проведено визначення та оцінка основних критеріїв при формуванні віртуального підприємства з ремонту локомотивів. В ході оцінки визначено, що вартість та термін ремонту, відповідність ремонтного виробництва відповідають вимогам до критеріїв та можуть бути застосовані при вирішенні такої задачі. Відстань між підприємством агентом та центром запропоновано враховувати як складову при оцінці вартості та часу ремонту.

Ключові слова: *локомотив, ремонт, критерій, віртуальне підприємство, витрати.*

Вступ. Сучасний стан ремонтного виробництва локомотивів залізниць України характеризується зношеністю основних фондів, високою собівартістю робіт та низькою продуктивністю. Довготривале недофінансування господарства, відсутність чіткої програми по оновленню основних фондів призвели до зниження технологічних можливостей ремонтних підприємств. Однією з причин цього є збереження громіздкої організаційної структури підприємств галузі зразку середини минулого століття.

Постановка проблеми. З метою збільшення прибутковості, ремонтні підприємства змушені розширяти номенклатуру ремонту типів рухомого складу за рахунок інших серій магістрального та промислового залізничного транспорту. При цьому ремонтні підприємства не завжди мають таку змогу, враховуючи високий рівень витрат на переналагодження виробничого процесу та складної і інерційної структури управління. Якісні зміни в такій ситуації можливі за рахунок кооперації підприємств, колективів та окремих людей задля вирішення поставлених задач. Розвиток інформаційних та мережевих технологій викликав появу нових організаційно-виробничих форм – віртуальних підприємств, що характеризуються динамічною, гнучкою та адаптивною структурою. Для впровадження концепції віртуальних підприємств з ремонту локомотивів, крім вирішення правових та фінансових питань, потребує визначення процес пошуку можливих виконавців і ресурсів, що оптимально відповідають поставленим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концепція віртуальних підприємств з'явилась на початку 90-х років XX століття у зв'язку з публікаціями [1, 2] як найбільш передова і ефективна форма організації підприємства з ряду «подумки можливих», найкраща з точки зору наявних технічних і економічних умов. Тобто віртуальне підприємство означає мережеву, комп'ютерно-інтегровану організаційну структуру, що об'єднує неоднорідні ресурси, розташовані в різних місцях. Нерідко акцент робиться на тимчасовий характер об'єднання ресурсів у віртуальній організації: тоді вона розуміється як міжорганізаційне гнучке підприємство, що створюється на обмежений період, головна мета якого - отримання вигоди завдяки розширенню асортименту товарів і послуг [3, 4, 5]. На основі результатів аналізу зарубіжних та вітчизняних праць в [6] пропонується удосконалити систему технічної експлуатації тягового рухомого складу за рахунок створення віртуальної системи управління технічною експлуатацією (ВСУТЕ) рухомого складу, як нового, так і модернізованого та існуючого з урахуванням його стану, виду, ремонтного рівня депо та системи його ремонту в комплексі. В запропонованому підході, під час формування ремонтної складової враховуються ремонтні виробництва локомотивних депо, що значно звужує можливості віртуального підприємства. Визначення оптимального розміщення по базам ремонту проводиться на рівні одиниць рухомого складу (тепловозів), з урахуванням кількості стійл та часу очікування в черзі. На даний момент

зниження обсягів роботи, чисельності експлуатованого парку локомотивів та програми їх ремонту, не призводить до появи черг локомотивів в очікуванні обслуговування чи ремонту. Сучасні реалії вимагають від підприємств можливості виконувати ремонт великої номенклатури рухомого складу різних років виготовлення, видів руху і навіть різних форм власності. Ремонт окремих вузлів та агрегатів локомотивів останнім часом може проводитись навіть невеликими спеціалізованими підприємствами. В таких умовах неабияку актуальність представляють методи формування віртуальних підприємств із визначенням оптимальної структури для повузлового ремонту локомотивів за рядом певних критеріїв.

Метою даної статті є визначення та оцінка критеріїв формування віртуального підприємства з ремонту локомотивів.

Основний зміст. Для ефективного виконання робіт в рамках віртуального підприємства, згідно [7] необхідно розробити систему відбору і об'єднання партнерів, що вирішує дві взаємопов'язані і взаємодоповнюючі задачі:

1. Залучення нових учасників динамічної мережі, що володіють ключовими компетенціями для ефективного виконання окремих завдань, можливих ринкових замовлень і для функціонування довгострокового віртуального підприємства в цілому.

2. Оптимальний відбір і об'єднання виконавців і партнерів, що володіють ключовими компетенціями для виконання конкретного ринкового замовлення, відповідно до цілей і завдань проекту.

Другу задачу умовно можна розбити на наступні етапи:

1. Визначення необхідних ключових компетенцій і ресурсів, потрібних для виконання завдань і вимог проекту.

2. Пошук серед учасників динамічної мережі потенційних виконавців і партнерів, що володіють необхідними ключовими компетенціями та ресурсами для виконання ринкового замовлення.

3. Оцінка ключових компетенцій і ресурсів потенційних виконавців і партнерів з метою відбору партнерів, які найкращим чином можуть виконати певні завдання.

4. У разі відсутності в динамічній мережі відповідних ключових компетенцій і ресурсів проводиться пошук і оцінка потенційних виконавців і партнерів поза динамічної мережі.

5. Залучення потенційних виконавців і партнерів.

6. Оптимальний відбір виконавців і партнерів відповідно до цілей і завдань проекту, обмеженнями за часом, вартості, якості виконання і т.п.

7. Об'єднання виконавців і партнерів для виконання ринкового замовлення або проекту.

Одним з основних етапів ефективного управління віртуальним підприємством є відбір і об'єднання виконавців і партнерів, що володіють ключовими компетенціями для виконання конкретного замовлення, відповідно до цілей і завдань проекту. При відборі і розподілі партнерів віртуального підприємства необхідно керуватись зменшенням витрат і часу на виконання замовлення, покращенням якості робіт. Тому, за критерії оптимальності можна прийняти наступні характеристики виконання замовлення:

- вартість виконання замовлення;
- час виконання замовлення;
- відстань партнера (агента) від центру;
- якість виконання замовлення.

В кожній проблемі, що пов'язана з прийняттям рішень, важливо, щоб набір критеріїв, що використовуються був [8]:

- повним – охоплював всі важливі аспекти проблеми;
- дієвим – міг бути з користю застосований в аналізі;
- розкладуваним – для можливості спрощення процесу оцінки шляхом розкладання його на частини;
- не надмірним – не дублювати вплив різних аспектів наслідків;
- мінімальним – щоб розмірність проблеми залишалась мінімальною.

Для цього необхідно провести оцінку означених критеріїв.

Вартість виконання замовлення є одним з основних критеріїв при виборі агентів. Визначається кожним підприємством-агентом та за необхідності може бути заявлена у вигляді бізнес-пропозиції. При нормуванні, вартість ремонту окремого вузла локомотива може бути виражена як відношення до вартості ремонту всього локомотива, чи будь-якого іншого значення, обумовленого центром (рис. 1).

Час виконання замовлення залежить від виробничих потужностей підприємства та оперативності поставок запасних частин і матеріалів. Визначається та декларується кожним підприємством-агентом. При нормуванні може бути виражений як відношення до часу, визначеного центром.

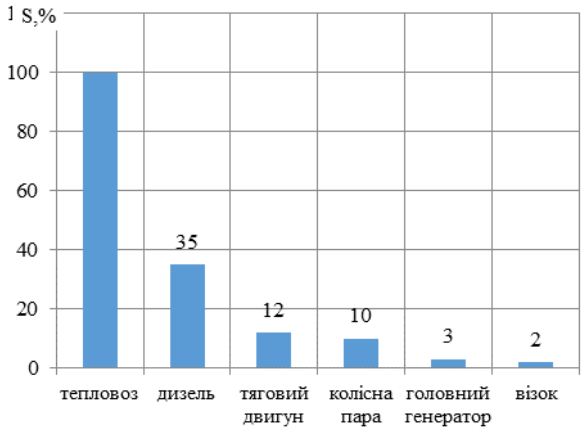


Рис. 1. Співвідношення вартості ремонту тепловоза та його основних вузлів в обсязі КР-1

Значні відстані між підприємствами, що пов'язані в технологічному процесі можуть викли-

кати затримки виконання робіт та збільшення їх вартості у зв'язку з логістичними процесами. Для невеликих обсягів ремонту, основні логістичні операції виконуються автомобільним транспортом. Переміщення вузлів локомотивів для ремонту на інше підприємство, як правило, здійснюється вантажними автомобілями вантажопідйомністю 1,5-8 т. Розрахунок вартості перевезень показує її пряму залежність від відстані. В середньому, переміщення лінійного обладнання для ремонту виконується в межах 2-3 областей. Як видно, з (рис. 2), відстань між агентом і центром у 400 км відповідає витратам на логістику у межах 6-8 тис. грн. за один рейс (загальний пробіг 800 км), що у відношенні до вартості ремонту основних вузлів локомотивів складає 5-10%.

Поряд із впливом на вартість, переміщення ремонтних вузлів між підприємствами мережі пов'язано із витратами часу. В результаті розрахунків було визначено, що переміщення вузлів в межах 400 км вантажним автомобілем потребує до 3 діб додаткового часу. Тобто критерій «відстань партнера від центру» доцільно розкласти на дві складових та враховувати їх вплив в критеріях вартості та терміну виконання замовлення.

Якість виконання замовлення підприємством - агентом залежить від цілого ряду факторів та не може бути однозначно формалізована [9]. Природно, що повна відповідність ремонтного виробництва певним вимогам буде обумовлювати необхідний рівень якості продукції. Найбільш простим шляхом в цьому напрямку є вимога до підприємства надавати підтверджуючий документ (атестат, сертифікат) про відповідність ремонтного виробництва.

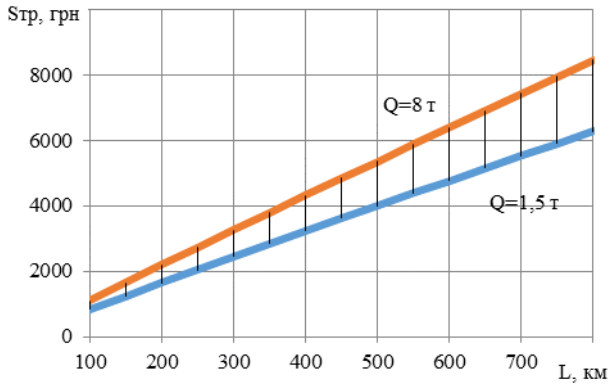


Рис. 2. Залежність вартості перевезень вузлів локомотивів від відстані автомобілями вантажопідйомністю 1,5 та 8 т

При більш відповідальному підході необхідно проводити оцінку відповідності виробництва з визначенням відповідних коефіцієнтів [10].

З огляду на проведену оцінку цілей та критеріїв при формуванні віртуального підприємства з ремонту локомотивів, задача оптимізації буде мати вигляд:

$$z(x) = \begin{pmatrix} z_1(x) \\ z_2(x) \\ z_3(x) \end{pmatrix} \to \min \qquad (1)$$
$$x \in Q$$

де: $z_1(x)$ – критерій вартості ремонту;

$z_2(x)$ – критерій часу ремонту;

$z_3(x)$ – критерій відповідності ремонтного виробництва;

Q – область допустимих рішень.

Задачі, такого типу необхідно розглядати в рамках методів багатокритеріальної або векторної оптимізації.

Висновки. В ході проведеного дослідження, в якості основних критеріїв при формуванні віртуального підприємства з ремонту локомотивів визначено вартість та термін ремонту, відповідність ремонтного виробництва. Відстань між підприємством агентом та центром доцільно не виділяти в окремий критерій, а враховувати її вплив як складову при оцінці вартості та терміну ремонту. З урахуванням визначених критеріїв, задача формування віртуального підприємства має розглядатись як задача багатокритеріальної або векторної оптимізації.

Література

1. Davidow W. The virtual corporation: Structuring and revitalizing the corporation for the 21st century / W. Davidow, M. Malone. – New York: Harper business, 1993. – 304 p.
2. Byrne J.A., Brandt R., Port O. The Virtual Corporation / J.A. Byrne, R. Brandt, O. Port // Business Week, 1993, 8 Feb., pp. 36-40.
3. Camarinha-Matos L.M., Afsarmanesh H. A Comprehensive Modeling Framework for Collaborative Networked Organizations / L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh // Journal of Intelligent Manufacturing, 2007, vol. 18, issue 5, pp. 529–542. doi:10.1007/s10845-007-0063-3.
4. Camarinha-Matos L.M., Afsarmanesh H. Ollus M. Methods and tools for Collaborative Networked Organizations / L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, M. Ollus. – New York: Springer Science+Business Media, LLC, 2008. – 535 p. doi: 10.1007/978-0-387-79424-2.
5. Zopounidis C., Pardalos P.M. (Eds.) Handbook of Multicriteria Analysis / C. Zopounidis, P.M. Pardalos (Eds.). – Berlin/Heidelberg: Springer, 2010. – 455 p. doi: 10.1007/978-3-540-92828-7.
6. Tartakovskyi E., Ustenko O., Puzyr V., Datsun Y. Systems Approach to the Organization of Locomotive Maintenance on Ukraine Railways / E. Tartakovskyi, O. Ustenko, V. Puzyr, Y. Datsun // Rail Transport — Systems Approach / Ed. A. Sładkowski. – Cham: Springer, 2017. pp. 217-239. doi: 10.1007/978-3-319-51502-1_5.
7. Катаев А.В. Виртуальные бизнес-организации / А.В. Катаев. – СПб.; Изд-во политехнического университета, 2009. – 120 с.
8. Keeney R.L., Raiffa H. Decisions with multiple objectives–preferences and value tradeoffs/ R.L. Keeney, H. Raiffa – New York: Cambridge University Press, 1993. – 569 p. doi:10.1002/bs.3830390206.
9. Тартаковский, Э. Пузырь В., Дацун Ю. Применение экспертных методов для оценки организационно-технического уровня локомотиворемонтных предприятий / Э. Тартаковский, В. Пузырь, Ю Дацун // Transport problems. – 2014. – С. 717-721.

10. Пузырь В., Дацун Ю. Определение показателя уровня несоответствия производства по ремонту локомотивов / В. Пузырь, Ю Дацун // Transport problems. – 2016. – С. 474-481.

R e f e r e n c e s

1. Davidow W. The virtual corporation: Structuring and revitalizing the corporation for the 21st century / W. Davidow, M. Malone. – New York: Harper business, 1993. – 304 p.
2. Byrne J.A., Brandt R., Port O. The Virtual Corporation / J.A. Byrne, R. Brandt, O. Port // Business Week, 1993, 8 Feb., pp. 36-40.
3. Camarinha-Matos L.M., Afsarmanesh H. A Comprehensive Modeling Framework for Collaborative Networked Organizations / L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh // Journal of Intelligent Manufacturing, 2007, vol. 18, issue 5, pp. 529–542. doi:10.1007/s10845-007-0063-3.
4. Camarinha-Matos L.M., Afsarmanesh H. Ollus M. Methods and tools for Collaborative Networked Organizations / L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, M. Ollus. – New York: Springer Science+Business Media, LLC, 2008. – 535 p. doi: 10.1007/978-0-387-79424-2.
5. Zopounidis C., Pardalos P.M. (Eds.) Handbook of Multicriteria Analysis / C. Zopounidis, P.M. Pardalos (Eds.). – Berlin/Heidelberg: Springer, 2010. – 455 p. doi: 10.1007/978-3-540-92828-7.
6. Tartakovskyi E., Ustenko O., Puzyr V., Datsun Y. Systems Approach to the Organization of Locomotive Maintenance on Ukraine Railways / E. Tartakovskyi, O. Ustenko, V. Puzyr, Y. Datsun // Rail Transport — Systems Approach / Ed. A. Sładkowski. – Cham: Springer, 2017. pp. 217-239. doi: 10.1007/978-3-319-51502-1_5.
7. Kataev A.V. Virtual'nye biznes-organizacii / A.V. Kataev. – SPb.; Izd-vo politehnicheskogo universiteta, 2009. – 120 s.
8. Keeney R.L., Raiffa H. Decisions with multiple objectives–preferences and value tradeoffs/ R.L. Keeney, H. Raiffa – New York: Cambridge University Press, 1993. – 569 p. doi:10.1002/bs.3830390206.
9. Tartakovskij, Je. Puzyr' V., Dacun Ju. Primenenie jekspertnyh metodov dlja ocenki organizacionnotehnicheskogo urovnja lokomotivoremontnyh predprijatij / Je. Tartakovskij, V. Puzyr', Ju Dacun // Transport problems. – 2014. – T. 4, № 1. – S. 717-721.
10. Puzyr' V., Dacun Ju. Opredelenie pokazatelja urovnja nesootvetstvija proizvodstva po remontu lokomotivov / V. Puzyr', Ju. Dacun // Transport problems. – 2016. – S. 474-481.

Дацун Ю.Н. Оценка критериев формирования виртуального предприятия по ремонту локомотивов.

В статье сформулирована необходимость трансформации локомотиворемонтных производств железных дорог Украины в современных условиях. Для расширения технологических возможностей ремонтных производств, предложено применение новых организационно-производственных форм - виртуальных предприятий. Проведено определение и оценка основных критериев при формировании виртуального предприятия по ремонту локомотивов. В ходе оценки определено, что стоимость и время ремонта, соответствие ремонтного производства соответствуют требованиям критериям и могут быть применены при решении такой задачи. Расстояние между предприятием агентом и центром предложено учитывать как составляющую при оценке стоимости и времени ремонта.

Ключевые слова: *локомотив, ремонт, критерий, виртуальное предприятие, расходы.*

Datsun Y. Evaluation of criteria of the formation of a virtual enterprise for the repair of locomotives

In the article the need to transform of repair production of locomotives of Ukrainian railways in modern conditions is formulated. To expand the technological capabilities of repair productions it is proposed to use new organizational and production forms - virtual enterprises. The main stages of the formation of virtual enterprises are given. The definition and evaluation of the main criteria in the formation of a virtual enterprise for the repair of locomotives are defined. These criteria are the cost and time of repair, conformity of repair productions. They match all the requirements for the criteria and can be applied to solve this problem. The distance between the enterprise agent and the center is suggested to be taken into account as a component in estimating the cost and time of repair. The objective function is represented as the minimization of criteria. The solution of the optimization problem must be carried out within the framework of multicriteria optimization.

Keywords: *locomotive, repair, criterion, virtual enterprise, expenses.*

Дацун Юрій Миколайович – к.т.н., доц. кафедри «Експлуатація і ремонт рухомого складу» УкрДУЗТ, м. Харків, e-mail: remlocomot@gmail.com

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

Стаття подана 20.03.2017

удк: 656.022.826

ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ОРГАНІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ СУДЕН НА ФІДЕРНИХ ЛІНІЯХ

Дрожжин О. Л.

MATTERS OF ORGANIZATION AND CONTAINER SHIP OPERATION ON FEEDER SHIPPING LINES

Drozhzhyn O. l.

В статті розглянуті питання співвідношення рівнів, елементів, і функцій практичних задач, пов'язаних з роботою фідерного флоту з точки зору теорії управління на морському транспорті в контексті вітчизняного і закордонного історичного розвитку наукової думки. Спроба систематизації завдань роботи флоту має на меті вточнити класи і характер завдань, і дає змогу визначитись з методами і інструментами з їх розв'язання. Така систематизація дає змогу знайти загальні завдання, що характерні як для організації так і для управління, визначити специфічні, а також і розуміння межі цих понять.

Ключові слова: *фідерна лінія, функції управління, організація судноплавства.*

Вступ. Спорідненість таких понять як «організація» і «управління» призвела до їх поєднання і фіксації в назвах великого числа підручників з підготовки спеціалістів морської галузі, дисертаційних робот, окремих наукових статей. Між тим, їх багатогранність і об'ємність, а також наявність достатнього числа авторських концепцій і інтерпретацій призводить до певної невизначеності в ступені і формах їх зв'язку.

Постановка проблеми. В науковій літературі поняття «організація» и «управління» застосовується у різноманітному змістовному значенні. Нажаль, в теорії управління немає єдиного розуміння про співвідношення організації і управління. Деякі автори вважають, що дефініція «організація» ширше ніж «управління», за думкою інших організація є функцією управління, треті встановлюють між цими поняттями різний рівень тотожності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Теоретичним питанням галузевого управління на морському транспорті присвячені роботи вчених Є. А. Бурсона, Є. М. Воєвудського Е. П. Громового, В. П. Капітанова, О. Т. Кондрашихіна, Н. О. Коневцевої, В. Д. Лєвого, Ю. К. Лехана, Г. С. Махуренко, П. Я. Панаріна, В. В. Статкевича, О. Г. Шибаєва та інш. Ця стаття має на меті розмежування зазначених понять в контексті розгляду роботи контейнерного тоннажу на фідерних лініях.

Концепція про управління і організацію, яка згодом стала класичною, вперше була сформульована А. Файолем [2]. За його теорією елементами управління є: передбачення, організація, адміністрування, координирування й контроль. При цьому, за Файолем «Организовати підприємство - є забезпечити його всім тим, що необхідно заради його функціонування: сировиною, обладнанням, грошима, персоналом» [6]. Тобто в його уяві все ж вже існує деяка початкова організація (структура) підприємства, яка вимагає такого забезпечення. Так чи інакше, наступні дослідники розглядали п'ять перелічених елементів в теорії управління, використовуючи поняття, які відмежувалися з зазначених в різноманітній композиції, а також відносно до різних об'єктів и органів управління («класична» школа управління в концепціях Ф. Тейлора, Г. Емерсона, Л. Урвіка, М. Вебера, Г. Форда та інш.)

У. Ешбі визначав організацію процесом «переходу від неорганізованої системи до організованої». Один з засновників теорії управління на морському транспорті, Е. П. Громовий, тлумачив поняття «організація» як головну задачу управління (не як її функцію). Така «організація» забезпечує узгодженість між елементами управлінського процесу і виконує загальні функції, які відносяться до роботи всієї системи, на відміну від складових її елементів. В контексті цієї інтерпретації, планування, оперативне регулювання, облік, аналіз і контроль називаються ним не функціями, а організаційними формами реалізації управління [7].

Акцент на значення організації зроблений в роботі [5], де галузеве управління морським транспортом віднесено до «організаційного управління».

В своїй роботі Г. С. Махуренко наголошує на ролі планування, як центрального ланцюга в управленні, а п’ять функцій реалізуються в виді діалектичного зв’язку, і спрямовані на досягнення народногосподарських результатів, а «организационная структура является как бы каркасом во всей системе управления» [13].

Деякі автори [12] відносять діяльність з організації до активних функцій управління. Тут організація подається як активна функція управління і складається в тім, щоб забезпечити створення і підтримку структури усієї системи управління. Процес цей спочатку передує іншим активним функціям управління, а потім доповнює їх, забеспечуючі пристосованість форми до змісту інших функцій. В наступній роботі О. Т. Кондрашихін розглядає організацію основою будь-якого іншого управлінського (організація обліку, контролю, аналізу та інш.) процесу, і взагалі виду діяльності. При цьому мається на увазі створення структури для відповідної діяльності і забезпечення її впорядкованості. Такий, правильний цілком, підхід приводить іноді до відмежування організації від управління і навіть до протиставлення цих понять. Між тим, організація являє собою таку частину управління, яка для більшості кібернетичних систем слугує її важливішою функцією. Це поперед всього відноситься до адаптивних систем управління. В процесі пристосування до змін навколишнього середовища вони здатні істотно змінювати власну структуру.

Інші автори, відносили елементи організації до активних функцій управління: планування чи регулювання [14]. Це пояснюється тим, що в умовах планової економіки, питання організації роботи флоту, у т. ч., контейнерних суден, передбачали ієрархічний розподіл активних і пасивних функцій процесу управління відносно органів управління різних рівнів Перспективне планування, що передбачало в тому числі експлуатаційно-економічне обґрунтування вантажних судноплавних ліній, розподіл капіталовкладень на розвиток технічної бази судноплавства відводилось профільному Міністерству морського флоту СРСР. Поточне і оперативне планування (розподіл суден на лініях руху, встановлення класу якості обслуговування, проектування розкладів, розподіл вантажних партій між судами) лягала на держ. госпрозрахункові об'єднання; оперативне регулювання (завдання виконання плану перевезень: рішення з оптимізації ротації портів, запровадження факультативних судноваходів, адаптація розкладів, питання раціоналізації використання ресурсів (вибір розмірів і типів суден, контейнерного обладнання, евакуація порожніх контейнерів), а також облік, аналіз, контроль закріплювалося за пароплавствами безпосередньо. [17].

Сьогодні такий принцип розподілу елементів організації до функцій планування або регулювання є досить умовним, хоча б тому, що органом управління виступає єдиний управлінський апарат судноплавної компанії чи компаній-партнерів.

З урахуванням викладеного вище, можна говорити про організацію:

1. як про первинну в часі, структуроутворюючу, що передує управлінню (орган первинної організації може не збігатися з органом управління);

2. як про ту, яка «супроводжує» функції управління.

3. як про форму, яка передбачає як створення нових, так і впорядкування вже функціонуючих структур управління, що забезпечують ефективну реалізацію планів.

4. за цільовим призначенням 1). покликану створити початкові сприятливі умови для прийняття плану; 2). спрямовану на забезпечення виконання плану.

5. як про єдину функції управління, що забезпечує взаємозв'язок і ефективність всіх інших функцій управління (рис. 1.).

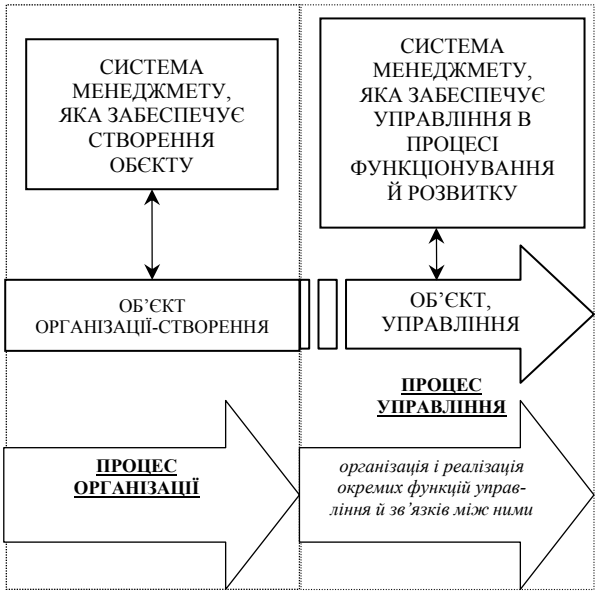


Рис. 1. Перетворення початкової організації в супутню процесу управління

Завдання, які реалізуються на рівні організації фідерних ліній пов'язані з обґрунтуванням їх окремих параметрів, з урахуванням вимог власної підсистеми «Флот», і суміжних підсистем «Вантаж» і «Порт», оскільки спеціалізований тоннаж обслуговує вантажі в контексті єдиної контейнерної транспортно-технологічної системи [18], [11].

Комплекс завдань з організації роботи флоту пов'язаний зі статусом органу організації. Фідерний сервіс може бути організований незалежним перевізником, орієнтованим на обслуговування однієї океанської (магістральної) лінії або декількох; або ж виступати допоміжним сервісом для однієї або декількох магістральних операторів з єдиною системою менеджменту для усього магістрально-фідерного сервісу. Форми кооперації незалежного фідерного оператора з магістральним перевізником закріплюються угодами, що фіксують обсяги і

відповідальності сторін, визначають склади завдань [8].

Існує думка, що «обґрунтування організації роботи флоту на лініях відноситься в рівній мірі до перспективного та поточного планування перевезень вантажів» [9], тобто лежить в площині «управління». Але нашу ж думку, така позиція пов'язана зі схожістю завдань з організації і з планування на зазначених рівнях. Різниця полягає в тому, що на «нульовому рівні» організації, до початку функціонування, неможливо скористатися аналізом чи звітною інформацією які коректують і регулюють планові завдання.

Структурно-функціональний аналіз КТТС, представлений в [10] розглядає п'ять підсистем: «Вантажовласник», «Судноплавна компанія», «Порт», «Суміжні види транспорту», «Посередницькі організації». На рис. 2. підсистеми названі відповідно до об'єкту організації: «Вантаж», «Флот», «Порт». «Суміжні види транспорту» тут виражені через вимогу «Вантаж» до «Порту», а підсистема «Посередницькі організації» може по виду послуг відноситься до будь-якої з трьох запропонованих підсистем. Пакет завдань організації роботи фідерного сервісу на стратегічному рівні характеризується високим ступенем невизначеності вхідної інформації. Для фідерного обслуговування такі завдання лежать в часовому горизонті1-3 роки, за винятком завдань, пов'язаних з композицією і розмірів флоту і вибором контейнерних терміналів [1], часовий горизонт для таких становить 5-10 років.

До стратегічних завдань відносять:

1. аналіз обсягів зовнішньої торгівлі країн окремих регіонів, географія наземних пунктів зародження і згасання вантажопотоків, їх обсягів і структури, нерівномірності, конкурентного середовища. Причому, якщо для фідерного перевізника, який працює з на умовах слот-чартерної угоди достатньо оцінки обсягів вантажопотоків на зовнішній, магістральній ділянці, то вантажопотоки всередині регіону вимагають деталізації за структурою для забезпечення відповідним контейнерним парком в оптимальних пропорціях. Підходи щодо оцінки обсягів вантажопотоків запропоновані в роботі [16], оцінка конкурентоспроможності лінійного флоту - в роботі [15].

2. обґрунтування сервісної стратегії полягає у визначенні хабу і набору фідерних портів заходу. На цьому рівні важливо оцінити не тільки обсяг і структуру вантажопотоків, які тяжіють до порту, але і умови і обсяги плат і зборів, набором послуг операторів контейнерних терміналів і інтенсивності вантажно-розвантажувальних робіт яку вони гарантують, можливості з перевалювання на суміжні види транспорту, пропускна здатність . Найважливішим параметром на цьому етапі є глибини біля причалів і на підходах.

3. наступним завданням є обґрунтування типу і композиції тоннажу (вантажопід'ємність, контейнерна вантажомісткість, швидкість ходу, головні розміри, тип СЕУ і палива, архітектурно-конструктивні особливості), і формі експлуатації флоту (власний або отфрахтований);

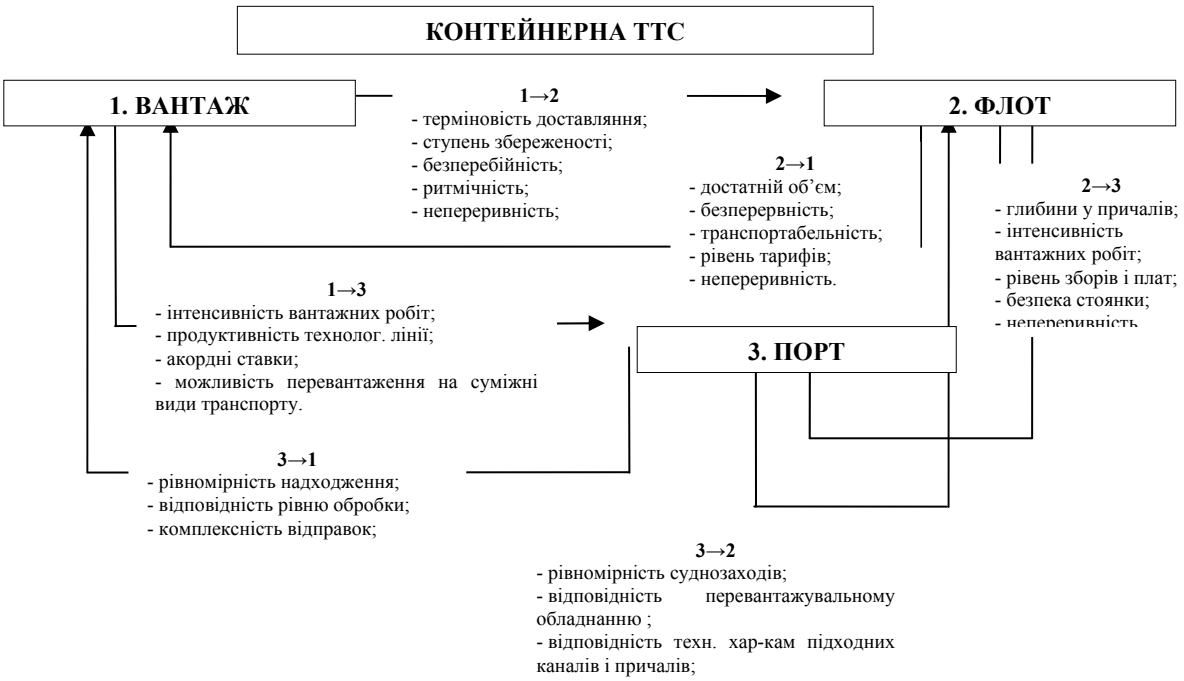


Рис. 2. Взаємні вимоги, що висуваються підсистемами КТТС

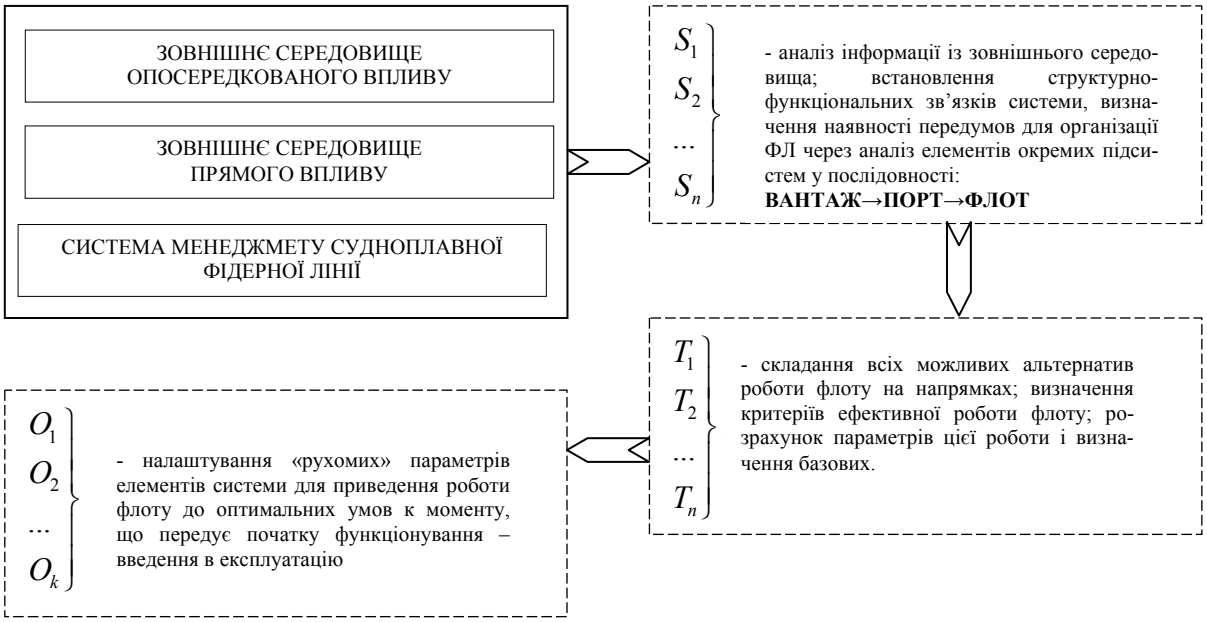


Рис. 3. Джерела інформації для організації роботи флоту і пакети завдань за рівнями

Часовий горизонт тактичного рівня для фідерної форми лінійного судноплавства становить від 2-3 місяців до року. Завданнями на тактичному рівні є наступні:

1. рішення з організації варіантів маршрутів руху фідерного судна певної архітектури: маятникового, кільцевого, і т.д. (регламент суднозаходів);

2. розподіл окремих типів (або окремих суден) за лініями (напрямками) за показниками порівняльної економічної ефективності: приведених витрат, інтенсивності валютних надходжень, прибуток і т. д;

3. розподіл за напрямками дає можливість розрахунку транзитного часу доставки (кругових рейсів, замкнутих на хаб) і уявлення про варіанти частоти обслуговування портів.

4. наступною на тактичному рівні лежить завдання складання розкладу, яка є визначальною умовою для лінійного судноплавства, і пов'язує конкретні судна, маршрути їх руху, час і порти суднозаходів. Розклад має будуватися з урахуванням граничних і припустимих девіацій суднозаходів.

Оперативний рівень з організації полягає на відрізку від декількох тижнів до декількох місяців. Склад завдань які вирішуються в цьому пакеті пов'язаний ієрархічно з вищими рішеннями на стратегічному або тактичному рівнях [4]. До них відносяться: вибір економічно доцільної швидкості ходу (так як зниження швидкості плавання суден на 30 % знижує витрати палива на 50 % і викид парникових газів на 30 % в розрахунку на одиницю часу), обґрунтування завантаження судна контейнерами (формування бей-плану) [11], [20], рішення з репозиції порожнього контейнерного обладнання, обумовленого дисбалансом експорту та імпорту [3].

Укрупнено задачі, що розподілені за рівнями організації надані на рис. 3.

Таким чином, вхідною інформацією для встановлення задач на стратегічному рівні організації є аналіз факторів зовнішнього середовища (в управлінні це аналіз на підставі обліку і контролю). Під «системою менеджменту судноплавної компанії» розуміються інвестори, власники, їх форми і обсяги кооперації і інтеграції (комплекс завдань на всіх рівнях для незалежного фідерного перевізника і фідерної лінії, яка утворена для обслуговування певного магістрального - різний). Послідовність розгляду підсистем вантаж→порт→флот на рівні стратегії обумовлена логікою того, що кожна передуюча підсистема робить доцільним розгляд наступної з врахуванням обмежуючих параметрів, які вона закладає. Всі рівні завдань є ієрархічно пов'язаними і завдання наступного базуються чи деталізують завдання, які вирішені на попередньому. Тактичний рівень завдань включає завдання з точки зору взаємодії підсистем, а оперативний рівень розглядає в основному задачі адаптації до початку функціонування – вводу флоту до експлуатації.

Висновки: В результаті проведеного аналізу теоретичних положень і авторських концепцій з галузевого управління морським транспортом, змістовного аналізу завдань організації роботи контейнерного флоту, граничним, на нашу думку, етапом переходу організації як виду діяльності в безпосереднє управління є етап запуску функціонування, тобто введення суден в експлуатацію. В управлінні організація виражається у вигляді організацій окремих функцій і зв'язків між ними. При цьому організація виступає як така, що забезпечує створення і підтримання структури всієї системи управління, і попередня всім іншим функціям управління. Організація роботи флоту (як вид діяльності) може включати в себе комплекс завдань, не пов'язаних з управлінням (неповно представлені функції управління), наприклад на етапі обґрунтування, до введення флоту в експлуатацію. В цьому випадку вхідною інформацією для організації є вимоги суміжних підсистем

(«порт», «вантаж») і аналіз зовнішніх факторів впливу. На етапі введеного в експлуатації флоту, навпаки, неможливо вписати деякі завдання тільки в організацію (завдання обґрунтування / поповнення флоту для лінії і обґрунтування самої лінії для наявного флоту). Вхідний інформацією для подібного класу задач є оцінки вже наявних ресурсів, їх резервів і звітна інформація з обліку і аналізу, отримана через контроль.

Література

1. Andersen M. W. Service Network Design and Management in Liner Container Shipping Applications. – DTU Transport, 2010.
2. Barrington, T. J. (1956). Management from the top: Henri Fayol. http://www.ipa.ie/pdf/Management_from_the_top_henri_fayol_Barrington.pdf
3. Drozhzhyn O. Containership Traffic Optimization on Feeder Shipping Line //Transport and Telecommunication Journal. – 2016. – Т. 17. – №. 4. – С. 314-321
4. Polat O., Günther H. O., Kulak O. The feeder network design problem: Application to container services in the Black Sea region //Maritime Economics & Logistics. – 2014. – Т. 16. – №. 3. – С. 343-369.
5. Бурсон Е. А. Совершенствование управления морским транспортом. М,, Рекламинформбюро ММФ, 1976. 56 с.
6. Вергилес Э. В. Анализ принципов управления Анри Файоля:./Моск. гос. ун-т экономики, статистики и информатики. - М., 2001. - 28 с.
7. Громовой Э. П., Воевудский Е. Н. Управление морским транспортом как экономической системой. М.: ЦБНТИ ММФ, 1970. С.25.
8. Дрожжин О. Л. Класифікаційні ознаки фідерних ліній з врахуванням укладеної практики організації роботи контейнерного флоту. Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку судноплавства. Частина 2.: монографія / [авт. кол. : Шибаєв О.Г., Михайлова Ю.В., Акімова О.В. та ін.]. – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2017. – 100 с., С. 49
9. Капитанов В. П. Исследование методов обоснования и организации работы морского грузового флота на линиях [Текст] : Дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. (22.19) / Одес. ин-т инженеров мор. флота. - Одесса, 1972.].
10. Кириллов Ю. И. Структурно-функциональный анализ контейнерной транспортно-технологической системы //Ю. И. Кириллов. – 2010. – с.99.
11. Кириллов, Ю. І. Організація та управління роботою суден в контейнерній транспортно-технологічній системі: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.01 /Юрій Іванович Кириллов,Одес. нац. морський ун-т.– Одеса, 2013.– 24 с.
12. Кондрашихин О. Т., Статкевич В. В. Состав и содержание функций управления на морском транспорте. – В кн.: Экономика и эксплуатация морского транспорта. М., ЦРИА «Морфлот», 1981, с. с. 25-28 (ОИИМФ).
13. Махуренко Г. С. Системный анализ в управлении морским транспортом. Методологические основы системного анализа. Тексты лекций. М., ЦРИА «Морфлот», 1981, 48 с
14. Панарин П. Я. Принципиальные вопросы организации линейного судоходства и управления им. – В кн.: Экономика и эксплуатация морского транспорта. М., ЦРИА «Морфлот», 1981, с. 25-28 (ОИИМФ).
15. Панарин П. Я., Березов П. Н. Количественная оценка конкурентоспособности советского линейного флота. Экономика, организация и управление на морском транспорте. М.: В/О «Мортехинформреклама», 1985., С.25-30.
16. Панарин П. Я. Организация работы линейного флота. — М.: Транспорт, 1980.— 192 с.
17. Положение о линейном судоходстве, утвержденное Министерством морского флота СССР 15 января 1974 г. и согласованное с Министерством внешней торговли СССР 22 января 1974 г.
18. Савельєва І.В, Дрожжин О. Л. Контейнерна транспортно-технологічна система як засіб реалізації интермодального перевезення. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2014 Nov 26(1 (68)).
19. Чистяков Г. А. Развитие организационной структуры и системы управления на морском транспорте. Тексты лекций, М., ЦРИА «Морфлот», 1980, 52 с.
20. Шибаев А. Г. Подготовка и обоснование решений по управлению перевозками и работой флота морской судоходной компании / А. Г. Шибаев; Одес. гос. мор. ун-т. - О. : Хорс, 1998. - 208 с.

References

1. Andersen M. W. Service Network Design and Management in Liner Container Shipping Applications. – DTU Transport, 2010.
2. Barrington, T. J. (1956). Management from the top: Henri Fayol. http://www.ipa.ie/pdf/Management_from_the_top_henri_fayol_Barrington.pdf
3. Drozhzhyn O. Containership Traffic Optimization on Feeder Shipping Line //Transport and Telecommunication Journal. – 2016. – T. 17. – №. 4. – p. 314-321
4. Polat O., Günther H. O., Kulak O. The feeder network design problem: Application to container services in the Black Sea region //Maritime Economics & Logistics. – 2014. – T. 16. – №. 3. – p. 343-369.
5. Burson E. A. Sovershenstvovanie upravleniya mors-kim transportom. M,, Reklaminformbyuro MMF, 1976. 56 s.
6. Vergiles E. V. Analiz principov upravleniya Anri Fajolya:./Mosk. gos. un-t e'konomiki, statistiki i informatiki. - M., 2001. - 28 p.
7. Gromovoj E. P., Voevudskij E. N. Upravlenie morskim transportom kak e'konomicheskoj sistemoj. M.: CBNTI MMF, 1970. p.25.
8. Drozhzhin O. L. Klasifikacijni oznaki fidernix linij z vraxuvannyam ukladenoї praktiki organizaciї roboti kontejnernogo flotu. Organizaciya transportnogo procesu ta upravlinnya robotoyu flotu na mizhnarodnomu rinku sudnoplavstva. Chastina 2.: monografiya / [avt. kol. : Shibaev O.G., Mixajlova Yu.V., Akimova O.V. ta in.]. – Odesa : KUPRIENKO SV, 2017. – 100 p.
9. Kapitanov V. P. Issledovanie metodov obosno-vaniya i organizacii raboty` morskogo gruzovogo flota na liniyax [Tekst] : Dis. na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. (22.19) / Odes. in-t inzhenerov mor. flota. - Odessa, 1972.].
10. Kirillov Yu. I. Strukturno-funkcional`ny`j ana-liz kontejnernoj transportno-texnologicheskoj sistemy` //Yu. I. Kirillov. – 2010. – p.99.

11. Kirillov, Yu. I. Organizaciya ta upravlinnya robotoyu suden v kontejnernij transportno-texnologichnij sistemi: avtoref. dis. kand. texn. nauk : 05.22.01 /Yurij Ivanovich Kirillov,Odes. nac. mors`kij un-t.– Odesa, 2013.– 24 p.
12. Kondrashixin O. T., Statkevich V. V. Sostav i soderzhanie funkcij upravleniya na morskom transporte. – V kn.: Ekonomika i ekspluataciya morskogo transporta. M., CRIA «Morflot», 1981, pp. 25-28 (OIIMF).
13. Maxurenko G. S. Sistemny`j analiz v upravlenii morskim transportom. Metodologicheskie osnovy` sistemnogo analiza. Teksty` lekcij. M., CRIA «Morflot», 1981, 48 p.
14. Panarin P. Ya. Principial`ny`e voprosy` organiza-cii linejnogo sudoxodstva i upravleniya im. – V kn.: E'konomika i e'kspluataciya morskogo transporta. M., CRIA «Morflot», 1981, pp. 25-28 (OIIMF).
15. Panarin P. Ya., Berezov P. N. Kolichestvennaya ocenka konkurentosposobnosti sovetskogo linejnogo flota. E'konomika, organizaciya i upravlenie na morskom transporte. M.: V/O «Mortexinformreklama», 1985., pp.25-30.
16. Panarin P. Ya. Organizaciya raboty` linejnogo flota. — M.: Transport, 1980.— 192 p.
17. Polozhenie o linejnom sudoxodstve, utverzhden-noe Ministerstvom morskogo flota SSSR 15 yanvarya 1974 g. i soglasovannoe s Ministerstvom vneshnej torgovli SSSR 22 yanvarya 1974 g.
18. Savelieva I.V, Drozhzhin O. L. Kontejnerna transportno-texnologichna sistema yak zasib realizacii intermodal`nogo perevezennya. Visnik Zhitomirs`kogo derzhavnogo texnologichnogo universitetu. Seriya: Texnichni nauki. 2014 Nov 26(1 (68)).
19. Chistyakov G. A. Razvitie organizacionnoj struk-tury` i sistemy` upravleniya na morskom transporte. Teksty` lekcij, M., CRIA «Morflot», 1980, 52 s.
20. Shibaev A. G. Podgotovka i obosnovanie reshenij po upravleniyu perevozkami i rabotoj flota mors-koj sudoxodnoj kompanii / A. G. Shibaev; Odes. gos. mor. un-t. - O. : Khors, 1998. – p. 208.

Дрожжин А. Л. Основні задачі організації і управління роботою суден на фідерних лініях.

В статье рассмотрены вопросы соотношения уровней, элементов и функций практических задач, связанных с работой фидерного флота с точки зрения теории управления на морском транспорте в контексте отечественного и зарубежного исторического развития научной мысли. Попытка систематизации задач имеет целью уточнить классы задач и позволяет определиться с методами и инструментами по их решению.

***Ключевые слова*:** фидерная линия, функции управления, органи-зация судоходства.

Drozhzhyn O.L. Matters of organization and container ship operation on feeder shipping lines.

The article deals with the issues of the correlation of levels, elements and functions of practical problems related to the operation of the feeder fleet from the point of view of the theory of management in maritime transport in the context of domestic and foreign historical development of scientific thought. An attempt to systemize tasks is intended to clarify the classes of tasks and allows you to determine the methods and tools for their solution. In the first stage, the work were discussed and analyzed sufficiently large number of presently known copyright concepts, approaches and definitions relating to the subject. In the second stage of the problem was constructed the elements of "Container transport and technological system" (Port-CargoFleet) with their main tasks. The third stage is defining set of the tasks of container shipping line on strategic and operational levels. As a result, was received complex of tasks that are concernedto organization-tasks or to management-tasks, or to both.

Keywords: Feeder line, management functions, organization of shipping.

Дрожжин О. Л. – старший викладач кафедри «Морські перевезення» Одеського національного морського університету, e-mail: alexey.drozhzhyn@ukr.net

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

Стаття надана 18.05.2017

УДК 338.48

МАРКЕТИНГОВО-ЛОГІСТИЧНА ІНФРАСТРУКТУРА ЯК АНТИКРИЗОВИЙ ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ТУРИСТИЧНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Зеленко О. О., Стеганець С. С.

MARKETING AND LOGISTICS INFRASTRUCTURE AS AN ANTI-CRISIS MANAGEMENT TOOL FOR TOURISM ENTERPRISES IN LUHANSK REGION

Zelenko O., Steganets S.

У статі висвітлено особливості формування маркетингово-логістичної інфраструктури для підвищення ефективності управління діяльністю туристичних підприємств Луганської області. Визначено, що маркетингово-логістична інфраструктура на туристичному підприємстві - це сукупність допоміжних інструментів, що забезпечують його безперебійне функціонування за рахунок акумуляції, зберігання та рух всіх різновидів матеріальних, грошових, інформаційних, трудових ресурсів з метою формування та реалізації якісного туристичного продукту. Запропоновано циклічний процес формування маркетингово-логістичної інфраструктури для туристичних підприємств Луганської області

***Ключові слова**: маркетинг, логістика, інфраструктура, криза, туризм, інновація, процес.*

Вступ. Згідно сучасних тенденцій розвитку економіки в світі все більш актуальним стає зростання вимог до ефективної діяльності підприємств. Для туристичних підприємств питання щодо підвищення ефективності управління потребує великої уваги через постійне підвищення рівня вимог споживачів до якості і комплексності послуг, зростаючу конкуренцію всередині галузі, підвищення ефективності процесів обслуговування споживачів, проблеми зниження витрат туристичних підприємств. Вирішення цих проблем потребує використання інструментів маркетингу та логістичного підходу до управління, що сприятиме підвищенню прибутковості, ефективності та конкурентоспроможності діяльності туристичних підприємств.

Постановка проблеми. Особливо ця проблема ефективного управління є актуальною для туристичних компаній, які працюють в Луганській області на території підконтрольній Україні. Керівництво таких підприємств стикається із зовнішніми проблемами, на рішення яких вони не можуть вплинути. Найголовніше – це негативний імідж небезпечної території, інформаційний вакуум щодо функціонування туристичних компаній та закладів гостинності на території області. Отже, в умовах соціально-економічної та політичної нестабільності, виникає гостра потреба у пошуках нових або удосконаленні існуючих інструментів антикризового управління підприємством використовуючи наявної маркетингово-логістичної інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В наш час багато українських та зарубіжних вчених приділяють достатньо уваги маркетингу в туризмі (серед них: Ф. Котлер, С. Бриггс, Ю. Карягін, Ю. Миронов, А, Дурович та ін.) та логістичним підходам до управління туристичними підприємствами (а саме: Є. Драгомирова, С. Микуланинець, Г. Михайличенко, Г. Широкова, І. Смирнов та ін.), але необхідно відзначити, що взагалі проблемою розвитку туризму та безпосередньо діяльністю туристичних підприємств Луганщини останні три роки не цікавиться майже ніхто. Певну спробу дослідити це проблемне питання ми робили наприкінці 2016 [1], висвітлюючи доступні інструменти туристичного маркетингу для розвитку туризму у Луганській області. Мова йшла про партизанський маркетинг [1, с. 103], який, з одного боку, є доступним, а з іншого – достатньо дієвим для популяризації регіонального туризму серед мешканців території.

Серед наукових публікацій, присвячених логістиці в туризмі велике значення мають дослідження А. Лукіна, С. Микуланинець, В. Проскура, які в своїх працях висвітили питання ефективності застосування та модернізації логістичних інформаційних систем на туристичному підприємстві. А. Лукін розкриває поняття «логістика» з точки зору туризму, стверджуючи, що це наука про планування, проведення контролю і менеджмент операцій, в процесі складання і формування туру, доведення кінцевої послуги і продукту до кінцевого споживача відпові-

дно з його інтересами, а також процес передачі, зберігання і обробки інформації [2]. Відповідно до результатів дослідження С. Микуланинець, В. Проскура, саме завдяки використанню інформаційних систем у туристичному бізнесі можливо отримати конкурентні переваги та зайняти позицію лідера на ринку [3].

В науковій праці Л. Забуранної проаналізовано особливості логістичних підходів до управління туристичними підприємствами і представлено характеристику елементів логістичної системи туристичних підприємств з визначенням їх специфіки у туристичній галузі. Автор у своїй праці приділяє велику увагу питанню використання інформаційних технологій в рекламі, які застосовуються в логістиці збуту туристичного продукту [4, с.177].

Особливу увагу потрібно приділити цікавим роботам таких науковців як Є. Арбатська [5] та І. Грішин, Р. Тіміргалієва [6], результати дослідження яких було представлено в минулому 2016 році. Автори обґрунтовують необхідність впровадження сучасних інформаційних логістичних систем в діяльність туристських підприємств з метою удосконалення процесу управління.

Підсумовуючи вище сказане, можна зробити висновок, що в сучасній науці приділено велику увагу маркетингу та логістиці в туризмі, особливостям управляння і застосування логістичного підходу та логістичних систем в управлінні туристичним підприємством. Але майже ніхто не торкається проблеми застосування допоміжних засобів маркетингу і логістики в умовах наявної кризи, особливо на депресивних територіях, до яких у першу чергу належить Луганська область.

Метою дослідження є аналіз і визначення особливостей процесу формування маркетингово-логістичної інфраструктури для виходу з кризи та підвищення ефективності управління діяльністю туристичних підприємств Луганської області.

Виклад основного матеріалу. В наш час туристична галузь входить до топ-5 галузей, які є найприбутковішими в світі. Розвиток туризму є важливою складовою економічного зростання, а також стимулює зростання в суміжних сферах економіки, що особливо важливо для регіонального розвитку України. Тому для здійснення більш ефективної координації роботи в цьому напрямку в Україні нещодавно було прийнято Стратегію розвитку туризму і курортів до 2026 року. Стратегія передбачає, що до 2026 року в Україні: кількість іноземних туристів збільшиться в 2,5 рази; кількість внутрішніх туристів збільшиться в 5 разів; кількість робочих місць в сфері туризму збільшиться в 5 разів, наповнення бюджетів усіх рівнів від здійснення туристичної діяльності збільшиться в 10 разів. Крім того, очікується, що стратегія допоможе збільшити кількість суб'єктів туристичної діяльності в 5 разів, а туристи будуть витрачати під час подорожей в Україні до 80 млрд. грн. [7]. При раціональному виконанні пунктів даної стратегії туристична галузь не тільки України, але насамперед і Луганської області, матиме перспективи на розбудову та розвиток в майбутньому.

На жаль, в наш час можна стверджувати, що Луганська область не лише ніколи не була розвиненою в туристичному напрямку, але така тенденція продовжується і сьогодні. Про це свідчать данні Головного управління статистики у Луганській області за період з 2011 по 2015 рр.(табл.).

Таблиця

Туристичні потоки в Луганській області за період 2011-2015 рр.

Роки	Кількість туристів, обслугованих суб'єктами туристичної діяльності України – усього	Із загальної кількості туристів:			Кількість екскурсантів
		іноземні туристи	туристи-громадяни України, які виїжджали за кордон	внутрішні туристи	
2011	15558	94	9284	6180	1854
2012	21981	120	12231	9360	6839
2013	34699	33	21709	12957	6684
2014	791	2	762	27	-
2015	939	-	872	67	-

Джерело: [8].

Аналіз даних туристичних потоків області, викликає занепокоєння той факт, адже упродовж останніх 5 років відбувається значне зниження за всіма показниками. І якщо до 2013 року була позитивна тенденція, то за 2014 рік, у зв'язку з подіями, які відбулися на території області, спостерігається спад майже на 97 % від загальної кількості туристів, обслугованих суб'єктами туристичної діяльності України. Незначні позитивні зміни за 2015 рік, лише підкреслюють і так «плачевну» ситуацію, в якій знаходиться туристична галузь регіону. І як показує практика, здійснення будь-яких позитивних змін в розвитку туризму регіону має бути покладено безпосередньо на керівництво туристичних підприємств.

З метою удосконалення управління і відповідно підвищення конкурентоспроможності підприємств туристичної галузі Луганської області можливе лише завдяки застосуванню інноваційних інформаційних інструментів маркетингу і логістики. Основна увага у логістичному підході управління належить процесу у формі потоку (матеріального, інформаційного, фінансового тощо) [9, с. 282, 10]. В туристичній діяльності, окрім туристичного потоку, провідне місце займає інформаційний потік, який забезпечує зв'язок між туристичними підприємствами, споживачами та виробниками послуг.

Якщо брати до уваги конкретно туристичні підприємства Луганської області, то для максимальної ефективності управління, потрібно використовувати

інноваційні інструментами логістики в поєднанні з інноваційними інструментами маркетингу.

Маркетингова логістика у туризмі - це діяльність з управління інформаційними потоками, а також потоками туристичних послуг та супутніх товарі при їхньому переміщенні від виробників до споживачів, орієнтована на запити покупців. В основі застосування маркетингово-логістичних інновацій лежить створення взаємодії нових послуг і організація нових сервісних, фінансових, інформаційних потоків з метою максимального задоволення клієнтів на тлі оптимізації витрат підприємства. Все це можливо за наявності відповідної інфраструктури.

Маркетингово-логістична інфраструктура на туристичному підприємстві - це сукупність допоміжних інструментів, що забезпечують його безперебійне функціонування за рахунок акумуляції, зберігання та рух всіх різновидів матеріальних, грошових, інформаційних, трудових ресурсів з метою формування та реалізації якісного туристичного продукту.

Впровадження доступних інноваційних інструментів логістики і маркетингу для удосконалення процесу управління діяльністю туристичної компанії допоможе правильно спланувати, організувати і контролювати діяльність підприємства в цілому. Але необхідно зауважити, що умови діяльності, у яких опинилися туристичні підприємства Луганської області, є специфічними, фактично кризовими: інформаційний вакуум щодо функціонування туристичної галузі та сфери гостинності на регіональному рівні; дефіцит власних фінансових ресурсів; значне погіршення якості життя населення регіону, тощо.

Враховуючи все вищезазначене, пропонуємо процес формування маркетингово-логістичної інфраструктури на туристичних підприємствах Луганської області, який складається з трьох послідовних етапів (рис.): 1 – етап підготовки; II – впровадження; III – аналіз отриманих результатів.

В ідеальному варіанті процес формування маркетингово-туристичної інфраструктури має бути безперервним та циклічним, але на рис. 1, представлено тільки перших три етапи. Розглянемо кожен з них більш детально.

Першочерговою здачею, яка стоїть перед кожним керівником підприємства, є аналіз і вибір сучасних інструментів маркетингу та логістики, які дозволять сформувати збалансовану інфраструктуру, що відповідає наявним умовам функціонування. Головна мета керівників туристичних компаній Луганщини – обрати бюджетні, але ефективні засоби, які дозволять оптимізувати процес комунікації у внутрішньому та зовнішньому середовищі.

До основних сучасних, а для Луганського регіону - інноваційних, інструментів логістики можна віднести інформаційні технології комунікації з власними клієнтами, а саме CRM-системи. На сьогоднішній день CRM-системи (від англ. Customer Relationship Management) якнайкраще допомагають організувати процес взаємодії з партнерами, постійними клієнтами та контролювати діяльність співробітників. Сучасна CRM-система – це комп'ютерна технологія, за допомогою якої можливо удосконалити управління підприємством завдяки автоматизації управлінням комунікаціями всередині організації, та поза її межами – власне з клієнтами.

Згідно рейтингу CRM-систем 2017 року за версією ISM, Nucleus Research, CRM Magazine було визначено десять найкращих: bpm'online sales, Бітрікс24, amoCRM, Мегаплан, Клієнтська база, Salesforce CRM, FreshOffice CRM, Zoho CRM, Простий Бізнес, Hamster CRM. Серед них є дорогі або безкоштовні, які працюють в режимі он-лайн або без підключення до мережі Інтернет [11].

Так, наприклад, існують CRM-системи, які розроблені спеціально для туристичних підприємств (TourControl, САМО-Софт та ін.), але майже всі

Рис 1. Процес формування маркетингово-логістичної інфраструктури на туристичних підприємствах Луганської області

Джерело: розроблено автором

вони дорогі в обслуговуванні [12, 13]. Але для першого етапу туристичним компаніям, що мають обмежені фінансові можливості, буде достатньо використовувати програмний продукт «Бітрікс24». Це свого роду соціальна мережа на роботі, яка дозволяє співробітникам легко і зручно спілкуватися між собою та з наявними і потенційними клієнтами - на сайті, електронною поштою, по відеозв'язку, по мобільним телефонам. Дана програма є найкращою безкоштовною CRM-системою, що має всі можливості контролю і аналізу процесу комунікації та продажів [11].

Окрім того великою проблемою залишається відсутність власних сайтів туристичних компаній регіону, хоча цей інструмент вже давно не належить до категорії вартісних. Сучасний потенційний споживач перш за все перед тим як здійснити покупку чи то товару чи будь-якої послуги обов'язково користується мережею Інтернет, а саме здійснює моніторинг веб-сайтів, з метою аналізу всіх можливостей та пропозицій, які є на сьогоднішній день. Тому одним із напрямів підвищення ефективності управління діяльністю та конкурентоспроможністю підприємств туристичної галузі є наявність зрозумілого, цікавого веб-сайту з релевантною інформацією щодо до можливостей як бюджетного так і елітного відпочинку всередині регіону і за його межами. Більшість туристичних агентств в Луганській області не мають навіть власного сайту. Такою «розкішшю» володіють лише деякі туристичні фірми, такі як: «Телемак», «Simon tour», «Лидер», «Наши путешествия», АГП «Таис» в (м. Сєвєродонецьк), а також філія туроператора «Отдых на все 100%» в (м. Лисичанськ) [14]. Звичайно, всі турагенства працюють з провідними туроператорами, на сайти яких завжди є можливість зайти, маючи лише доступ до мережі Інтернет, але на даних сайтах не має жодної інформації про туристичний потенціал та можливості відпочинку на Луганщині. Також, аналіз сайтів найпопулярніших готелів та інших закладів гостинності регіону, засвідчує відсутність жодної згадки про історико-культурні чи рекреаційні можливості області. Виключенням є сайт ТОВ Новопсковського санаторію «Перлина», на якому розміщена інформація і описаний істерико-культурний та рекреаційний потенціал Новопсковського району [15].

Виходячи з вищесказаного, можна стверджувати що керівники підприємств туристичної галузі можуть популяризувати туризм в регіоні та підвищити власні продажі за рахунок реалізації недорогих регіональних турів для внутрішнього споживача. Одним з таких інструментів привернення увагу потенційного споживача на сторінці веб-сайту компанії може виступити презентація рекламних маршрутів по Луганській області. Так, наприклад, для поширення інформації про наявний туристичний потенціал, формування у майбутніх споживачів уяви про регіон, можна розробити та запропонувати рекламний маршрут, який буде побудований через комп'ютерну програму IT-компанії «Vizicom» [16, с.64]. За допомогою цієї програми є можливість створити маршрут, в якому обрати цікаві місця для відвідування, точний кілометраж і навіть приблизний кошторис на транспортні послуги.

Іншим не менш ефективним маркетинговим інструментом залучення нових споживачів та поширення інформації про туристичний потенціал є віртуальні 3D-тури. Віртуальний тур це один з найефективніших і сучасних способів візуалізації навколишнього оточення, що дозволяє особливим чином показати будь-якій людині все що знаходиться навколо з максимальною деталізацією і зручністю [6]. Це стовідсотковий «ефект присутності» - яскраві, що запам'ятовуються, зорові образи і деталі інтер'єрів й екстер'єрів. В туризмі, наприклад, можна використовувати віртуальний тур по готелях, кафе, ресторанах, музеях, торгових і розважальних комплексах, парках, площах і просто красивих місцях). Елементами віртуального туру є сферичні панорами, з'єднані між собою точками переходу.

Найбільшою популярністю серед розробників 3D-турів користується Студія g360. Так, одним з прикладів їхньої роботи є 3D-тур ресторану PodWall, з можливістю прогулятися по ньому віртуально. Щоб побачити 3D-тур по ресторану, не потрібно заходити на сайт закладу. Вся інформація зберігається в Google, а результати її можна побачити не тільки в пошуковій системі, а й на Google-maps. Що стосується вартості послуги, можна тільки зауважити: за ціну одного барного стільця власник закладу отримав якісну візуалізацію простору і відмінний маркетинговий інструмент [17].

Всебічний аналіз та формування збалансованої маркетингово-логістичної інфраструктури: сприятиме автоматизації, інтенсифікації та прискоренню внутрішніх і зовнішніх комунікаційних процесів; дозволить залучити нових клієнтів, орієнтованих на внутрішній туристичний продукт; забезпечить стабілізацію фінансового становища підприємства та подолання кризи у всій туристичній галузі регіону.

Висновки. При комплексному та відповідальному підході до вибору складових маркетингово-логістичної інфраструктури кожен керівник туристичного підприємства має дотримуватися принципу відповідності витрати отриманим у подальшому результатам. Висвітлені заходи та програмні продукти не є дуже затратними, у деяких випадках взагалі безкоштовні, але дозволяють значно спростити та скоротити процес формування та реалізації туристичного продукту, збільшити власну долю на ринку туристичних послуг (за рахунок підвищення поінформованості потенційних клієнтів про діяльність компанії та про можливості відпочинку у регіоні), та врешті-решт подолати патову ситуацію, що склалася у туристичній галузі Луганщини протягом останніх трьох років.

Література

1. Зеленко О. О. Інноваційні інструменти туристичного маркетингу для розвитку туризму у Луганській області / О. О. Зеленко, С. С. Стеганець // Часопис економічних реформ – 2016 - № 3 – С. 98-103.
2. Лукин А.М. Модернизация логистической системы туристской фирмы в целях совершенствования управления туристическим потоком. [Электронный ресурс] / Лукин А.М. // Экономические науки. №57-1. 13.12.2016 – Режим доступа: http://novainfo.ru/article/9370
3. Микуланинець С.І. Ефективність застосування логістичних інформаційних систем у сфері туризму / С.І. Микуланинець, В.Ф. Проскура // Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія «Економіка і суспільство» - 2016 – Вип. 2. – С.408-411.
4. Забуранна Л. В. Сучасні логістичні підходи до управління туристичними підприємствами / Л. В. Забуранна //Формування ринкової економіки : зб. наук. Праць / М-во освіти і науки України, ДВНЗ «Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана». – К. : КНЕУ, 2012. – Спец. вип. : у 2 ч., Ч. 1. : Стратегічні імперативи сучасного менеджменту / [відп. за вип. С. М. Соболь]. – С. 169-178.
5. Арбатская Е.В. Применение современных информационных технологий в логистике туристических услуг [Электронный ресурс] / Е.В. Арбатская / Режим доступа: https://dekanat.unecon.ru/DOCS/stud_files/471663.doc - Название с экрана.
6. Гришин И. Ю. Современные информационные технологии как фактор повышения конкурентоспособности турпредприятий [Электронный ресурс] / И. Ю. Гришин, Тимиргалеева Р. Р. // Экономические науки. №50-1. 31.08.2016 – Режим доступа: http://novainfo.ru/article/7574
7. Минэкономразвития надеется, что туристы будут приносить Украине 80 млрд. грн. [Электронный ресурс] / Только ПРАВДА // - 2017 – 17 – марта – Режим доступа: http://t-pravda.net/economy/prognoses/200984-minekonomrazvitiya-nadeetsya-chto-turisty-budut-prinosit-ukraine-80-mlrd-grn.html?lang=ru
8. Офіційний сайт Головного управління статистики у Луганській області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.lg.ukrstat.gov.ua/sinf/turizm/turizm0510_1.php.htm
9. Антоненко І. Я. Логістична стратегія як управлінська інновація в індустрії туризму / І. Я. Антоненко, Г. І. Михайліченко // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2011. - № 714. - С. 281-290. - Бібліогр.: 10 назв. - укр.
10. Шимкова В.Є. Механізми інформаційного забезпечення туристичних підприємств на засадах логістики / В. Є. Шимкова // Вісник ДІТБ. Серія: Економіка, організація та управління підприємствами туристичної індустрії та туристичної галузі в цілому. - 2009. - №13. - С.273-278.
11. Рейтинг лучших CRM систем 2017 года [Электронный ресурс] // Basetop – 2017 – 9 января – Режим доступа: http://basetop.ru/reyting-luchshih-crm-sistem/
12. Официальный сайт компании «TourControl». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://tourcontrol.net/частые-вопросы/15-crm-система-для-турагентств
13. Официальный сайт компании «САМО Квантор». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://samo-kvantor.com.ua/
14. Интрнет портал «Северодонецк онлайн». [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://sd.ua/travel
15. Офіційний сайт ТОВ Новопсковського санаторію «Перлина». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.jemchyjina.lg.ua/
16. Дарчук В.Г. Рекламний маршрут «Кримські садиби сільського (зеленого) туризму/ В.Г. Дарчук, А.А. Лупач // Сучасні проблеми розвитку туризму та індустрії гостинності: Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених. – м. Донецьк.:2013 р. – с. 63-64
17. Свежий 3D-тур: ресторан PodWall [Электронный ресурс] // Блог G360 – 2016 – 31 мая – Режим доступа: https://blog.g360.com.ua

Reference

1. Zelenko O. O. Innovative tourism marketing tools for development of tourism in the Lugansk region / O.O. Zelenko, S.S. Steganets // Time description of economic reforms. – 2016 - № 3 – P. 98-103.
2. Lukin A.M. Modernization lohystycheskoy system turystskoy purposes in firm control Improvement of tourist flow. [Electronic resource] / Lukin A.M // Economic science. №57-1. 13/12/2016 - Retried from: http://novainfo.ru/article/9370
3. Mykulanynets S.I. The efficiency of logistics information systems in tourism / SI Mykulanynets, VF Proskura // Scientific Journal of Mukachevo State University. Series "Economy and Society" - 2016 - Vol. 2. - P.408-411.
4. Zaburannyi L.V. modern logistic approaches to the management of tourist enterprises / L.V. Zaburannyi // Formation of market economy: Coll. Science. Jobs / M Prospect Education and Science of Ukraine, SHEE "Kyiv. nat. Econ. University of them. Hetman ". - Kyiv: Kyiv National Economic University, 2012. - Spec. no. : 2 ch., Part 1: Strategic imperatives of modern management / [ed. by Vol. Sobol SM]. - P. 169-178.
5. Arbatskaya E.V. Application of modern information technologies in logistics of tourist services [Electronic resource] / E.V. Arbatskaya / Retried from: https://dekanat.unecon.ru/DOCS/stud_files/471663.doc - Name from the screen.
6. Grishin I.Y. Modern information technologies as a factor of increasing the competitiveness of tourist enterprises [Electronic resource] / I. Yu. Grishin, Timirgaleeva RR // Economic sciences. №50-1. 08/31/2016 - Retried from: http://novainfo.ru/article/7574
7. The Ministry of Economic Development hopes that tourists will bring Ukraine 80 billion UAH. [Electronic resource] / Only TRUE // - 2017 - March 17 - Retried from: http://t-pravda.net/economy/prognoses/200984-minekonomrazvitiya-nadeetsya-chto-turisty-budut-prinosit-ukraine-80-mlrd-grn.html?lang=ru
8. Official web-site of the Department of Statistics in Lugansk region. [Electronic resource]. - Retried from: http://www.lg.ukrstat.gov.ua/sinf/turizm/turizm0510_1.php.htm
9. Antonenko I.Y. Sourcing as a management innovation in the travel industry/ I. Antonenko, GI Mykhaylichenko // Visn. Nat. Univ "Lviv. Polytechnic". - 2011. - № 714. - P. 281-290. - Ref .: 10 titles. - thesis.
10. Shymkova V.E. Mechanisms of information support tourism enterprises on the basis of logistics / V.E. Shymkova // Bulletin DITB. Series: Economy, organization and management of enterprises of the tourism

industry and the tourism industry as a whole. - 2009. - №13. - P.273-278.
11. Rating of better CRM systems of the Year 2017 [Electronic resource] // Basetop - 2017 - 9 January- Retried from: http://basetop.ru/reyting-luchshih-crm-sistem/
12. The official site of company «TourControl». [Electronic resource] - Retried from: http://tourcontrol.net /частые-вопросы/15-crm-система-для-турагентств
13. The official site of company «SAMO Kvantor». [Electronic resource]. - Retried from: http://samo-kvantor.com.ua/
14. Intrnet portal «Severodonetsk online». [Electronic resource]. - Retried from: https://sd.ua/travel
15. Official website Ltd. «Novopskov sanatorium «Pearl». [Electronic resource]. - Retried from: http://www.jemchyjina.lg.ua/
16. Darchuk V.G. Advertising path "farmstead Crimean rural (green) tourism/ VG Darchuk, AA Lupach // Modern problems of tourism and hospitality industry: All-Ukrainian. nauk. and practical. Conf. Students and young scientists. - c. Donetsk.: 2013 - p. 63-64
17. Fresh 3D-round restaurant PodWall [Electronic resource] // Blog G360 - 2016 - 31 May - Retried from: https://blog.g360.com.ua

Зеленко Е. А., Стеганец С. С. Маркетингово-логистическая инфраструктура как антикризисный инструмент управления туристических предприятий Луганской области.

В статье освещены особенности формирования маркетингово-логистической инфраструктуры для повышения эффективности управления деятельностью туристических предприятий Луганской области. Определено, что маркетингово-логистическая инфраструктура на туристическом предприятии - это совокупность вспомогательных инструментов, обеспечивающих его бесперебойное функционирование за счет аккумуляции, хранения и движение всех видов материальных, денежных, информационных, трудовых ресурсов с целью формирования и реализации качественного туристического продукта. Предложено циклический процесс формирования маркетингово-логистической инфраструктуры для туристических предприятий Луганской области.

Ключевые слова: *маркетинг, логистика, инфраструктура, кризис, туризм, инновация, процесс.*

Zelenko O., Steganets S. Marketing and logistics infrastructure as an anti-crisis management tool for tourism enterprises in Luhansk region.

The article highlights the features of marketing and logistics infrastructure formation for management improve of tourism enterprises in Luhansk region. Determined that the marketing and logistics infrastructure o tourism enterprise considered as set of tools to ensure its smooth functioning by accumulation, storage and movement of all kinds of material, financial, information, human resources in order to develop and sale a quality tourism product. Also, it was proposed a cyclic of marketing and logistic infrastructure formation process for tourism enterprises in Luhansk region, which includes three stages. First stage provides analysis of marketing and logistics tools, including the identification of the most affordable and effective one. Second stage involves the implementation of selected innovative tools to create marketing and logistics infrastructure. Third stage provides final control results and identify long-term implementation effect of selected instruments.

Keywords: *marketing, logistics, infrastructure, crisis, tourism, innovation process.*

Зеленко О.О. – к.е.н., доцент кафедри туризму і готельного господарства Східноукраїнського національного університету імені В.Даля, e-mail: zelenko@i.ua
Стеганець С.С. – аспірант, асистент кафедри туризму і готельного господарства Східноукраїнського національного університету імені В.Даля,
e-mail: svetlana-steganets@mail.ru

Рецензент: докт. екон. наук, ***Заблодська І.В.***

Стаття подана 01.04.2017

УДК 629.463.122

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ВАНТАЖУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ В ІЗОТЕРМІЧНОМУ ВАГОНІ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Іщенко В.М., Брайковська Н.С., Осьмак В.Є.

RESEARCH TEMPERATURE CHANGE OF CARGO DURING TRANSPORTATION IN REFRIGERATOR CAR USING MATHEMATICAL MODELING

Ishchenko V., Braykovska N., Osmak V.

В статті розглянуто питання щодо математичного моделювання теплозахисних властивостей огородження кузова ізотермічного вагона. Вирішуючи різноманітні задачі пов'язані з експлуатацією ізотермічних вагонів, насамперед питання пов'язані зі зміною температури вантажу у вантажному приміщенні вагона за рахунок кількості теплоти, що надходить у вагон в літній період і кількості теплоти, що втрачається у зимовий період.
Ключові слова: *ізотермічний вагон, теплоізоляція, математична модель, алгоритм, коефіцієнт теплопередачі, бінарні графіки.*

Вступ. В сучасних умовах ринкової економіки з'явилась велика кількість відправників та вантажоотримувачів з невеликими об'ємами перевезень. Умови перевезення значної частини цих вантажів не вимагають при транспортуванні підтримання встановленого температурного режиму, а потребують лише захисту від атмосферного впливу та різких перепадів температур навколишнього середовища. В цьому випадку, перевагу мають одиночні ізотермічні вагони, які здатні забезпечити специфічні вимоги до умов зберігання більшої частини вантажів, що перевозяться залізницею. До таких вагонів належать криті вагони з теплоізоляцією. Сучасний парк критих вагонів з теплоізоляцією складається з вагонів термосів, вагонів з утепленим кузовом що переобладнані з рефрижераторних вагонів, а також заново збудованих критих вагонів з теплоізоляцією нового покоління.

Постановка проблеми. Відносна постійність температури в вантажному приміщенні критого вагона з теплоізоляцією досягається за рахунок теплозахисних властивостей огородження кузова вагона. Вирішуючи різноманітні задачі пов'язані з експлуатацією критих вагонів з теплоізоляцією, насамперед виникають питання зі зміною температури вантажу у вантажному приміщенні вагона за рахунок кількості теплоти, що надходить у вагон в літній період і втрачається у зимовий період.

Важливу роль в визначенні зміни температури вантажу при транспортуванні відіграє якість і ефективність оцінювання теплозахисних показників огородження кузова вагона в умовах експлуатації.

На теперішній час можливо говорити о цих або інших показниках і теплозахисних характеристиках вагона тільки на початковій стадії експлуатації після випуску з заводу-виробника. Це пояснюється тим, що новий рухомий склад підлягає ретельним випробуванням та дослідженням з визначення основних показників теплозахисних якостей вагона. Але вже після двох - трьох років експлуатації вагона в результаті дії динамічних та температурно - вологісних навантажень неможливо достатньо впевнено стверджувати про його показники і характеристики та теплозахисні властивості огородження кузова вагона. Ця науково-практичне завдання, ще більш ускладнюється після проходження деповського або капітального ремонту.

Для розв'язання питання пов'язаного зі зміною температури вантажу при транспортуванні доцільно в умовах вагоноремонтного підприємства за результатами випробувань складати теплотехнічний паспорт вагона який дозволяє в будь який час його експлуатації зробити висновок про теплозахисні властивості огородження кузова, рівень обмеження придатності, якість ремонту та визначити зміни температури вантажу на умови перевезення.

Мета статті. В статті представлено математичну модель теплотехнічної системи «навколишнє середовище – вантажне приміщення вагона – вантаж» яку доцільно використовувати для дослідження зміни температури вантажу та оцінки теплозахисних властивостей кузова вагона на умови перевезення.

Результати досліджень. Розроблена математична модель (ММ) з достатньою точністю описує

певні властивості об'єкта дослідження. В задачі, що розглядається об'єктом дослідження є теплотехнічна система «навколишнє середовище – вантажне приміщення вагона – вантаж» (НС – ВПВ – В). Для дослідження залежності зміни температури вантажу у вантажному приміщенні вагона від зміни температури навколишнього середовища в теплотехнічної системи «НС – ВПВ – В» використаємо аналітичний метод складання ММ. Цей метод ефективний на всіх стадіях розробки і єдиний можливий при дослідженні нової техніки.

Метод дає можливість без додаткових трудовитрат виявити вплив окремих факторів, встановити серед них найбільш вагомі і визначити можливості цілеспрямованого спрощення розрахунку. Така перевага метода складання ММ дає можливість отримання математичного описання дослідного об'єкта в широкому діапазоні зміни його параметрів.

Методика побудови ММ включає в себе наступні стадії:

- теоретичний аналіз процесів, що відбуваються в об'єкті;
- вибір процесів, на підставі попередніх досліджень які найбільш вагомо впливають на функціонування об'єкта;
- визначення параметрів, що характеризують кожен з процесів, вибраних в попередньому пункті, описання статистики і динаміки цих процесів;
- складання ММ в цілому для об'єкта, використовуючи опис процесів, що виділені.

За ієрархією рівнянь в даній задачі покладена аналогія поділу теплотехнічної системи на окремі елементи. Найвищим рівнем є розв'язок в цілому за теплотехнічною системою «НС – ВПВ – В». Наступні рівні – огородження кузова і вантажу, за котрими в теперішній час накопичено достатня кількість конкретних рішень.

Структура теплотехнічної системи «НС – ВПВ – В» зображена на рисунку 1.

ММ об'єкта представляє сукупність математичного описання структури системи, систему балансових рівнянь елементів системи, систему обмежень на параметри і функції цілі.

Вирішуючи різноманітні задачі пов'язані з експлуатацією ІВ, насамперед виникають питання пов'язані зі зміною температури вантажу у вантажному приміщенні вагона за рахунок кількості теплоти, що надходить у вагон в літній період і кількості теплоти, що втрачається у зимовий період [1].

Критеріями ефективності даної системи буде слугувати [2, 3]:

- площа поверхні теплопередачі кузова вагона, (Н)м^2;
- істинний коефіцієнт теплопередачі огородження кузова, ($\overline{K}$)Вт/м^{2}К;
- площа еквівалентного отвору фільтрації, ($F_{ек}$)м^2;
- тепловий еквівалент вантажу, ($W_{вт}$)Дж/К;
- температура навколишнього середовища, ($\theta_{нс}$)К;
- температура вантажу, ($\theta_{в}$)К.

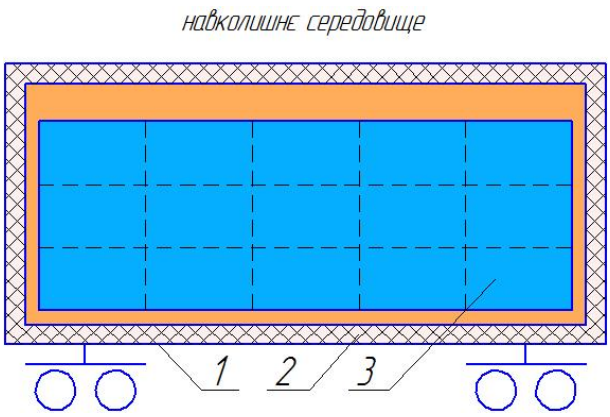


Рис.1. Структурна схема теплотехнічної системи «навколишнє середовище – вантажне приміщення вагона – вантаж»
1 – огородження кузова; 2 – теплоізоляція; 3 – вантаж

Якщо всю поверхню огородження кузова поділити на n теплопровідних ділянок, то основне рівняння теплообміну між атмосферним повітрям з вантажем і повітрям у вантажному приміщенні вагона можливо записати у наступному вигляді [4]:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i \,, \qquad (1)$$

де Q - сумарна кількість теплоти, Вт;

Q_i - кількість теплоти, що передається на і-ой ділянці, Вт.

Для випадку перевезень вантажу у літній період, теплота від навколишнього середовища проникає у вантажне приміщення в результаті дії процесів теплопередачі крізь огородження кузова внаслідок наявності різниці температур зовнішнього повітря і повітря в середині приміщення вагона, внаслідок повітрообміну крізь нещільності вантажного приміщення і поглинання зовнішньою поверхнею огородження теплоти сонячної радіації.

В якості основного математичного описання структури системи використовуємо рівняння теплового балансу:

$$Q_{сум} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \,, \qquad (2)$$

де $Q_{сум}$ - сумарна кількість теплоти, Вт;

Q_1 - кількість теплоти, що передається крізь огородження кузова в наслідок наявності різниці температур зовнішнього повітря і повітря в середині вантажного приміщення, Вт;

Q_2 - кількість теплоти, що проникає у вантажне приміщення вагона в наслідок повітрообміну крізь нещільності вантажного приміщення, Вт;

Q_3 - кількість теплоти, що поглинається зовнішньою поверхньою огородження від дії сонячної радіації, Вт [5].

Складаємо систему балансових рівнянь елементів системи:

$$\begin{cases} Q_1 = \overline{K} \cdot S \cdot (\theta_з - \theta_в) \\ Q_2 = F_{ек} \cdot \rho \cdot C(\theta_з - \theta_в) \cdot \sqrt{2C \cdot (\theta_з - \theta_в)} \\ Q_3 = \overline{K} \cdot S \cdot \Delta\theta_{ек} \end{cases}, \quad (3)$$

де $\overline{K}$ - істинний коефіцієнт теплопередачі, Вт/м^{2}К;

S - площа поверхні огородження кузова вагона, м^2;

$\theta_з$ - зовнішня температура повітря, К;

$\theta_в$ - температура повітря в середині приміщення, К;

$F_{ек}$ - площа еквівалентного отвору фільтрації, м^2;

ρ - щільність повітря, кг/м^3;

C - теплоємність повітря, Дж/кг К;

$\Delta\theta_{ек}$ - умовне еквівалентне підвищення температури зовнішнього повітря за рахунок дії сонячної радіації, град [5].

Введемо наступні функціональні зв'язки елементів системи:

$$\begin{cases} Q_1 = f(\overline{K}, S, \theta_з, \theta_в) \\ Q_2 = f(F_{ек}, C, \rho, \theta_з, \theta_в), \\ Q_3 = f(\overline{K}, S, \Delta\theta_{ек}) \end{cases} \quad (4)$$

Тоді сумарна кількість теплоти, що потрапляє у вантажне приміщення вагона залежить від значення наступних параметрів:

$$Q = f(\overline{K}, S, F_{ек}, C, \rho, \Delta\theta_{ек}, \theta_з, \theta_в), \quad (5)$$

Зміна температури вантажу, що перевозиться у вантажному приміщенні вагона зі зміною температури атмосферного повітря, визначається залежністю:

$$Q_{сум} = W_{вт} \cdot \Delta t \cdot \tau^{-1}, \quad (6)$$

де $W_{вт}$ - тепловий еквівалент вантажу, Дж/кг;

Δt - зміна температури вантажу, К;

τ - тривалість дії кількості теплоти, с.

Обмеження відображені у вигляді нерівностей сукупності параметрів [4]

$$\theta_з^{\min} \le \theta_з \le \theta_з^{\max}, \; W_{вт}^{\min} \le W_{вт} \le W_{вт}^{\max},$$
$$\Delta t^{\min} \le \Delta t \le \Delta t^{\max}.$$

Для випадку перевезення вантажу в зимовий період кількість теплоти, що втрачається з вагона, визначається дією процесів теплопередачі крізь огородження кузова внаслідок наявності різниці температур повітря всередині вантажного приміщення вагона і зовнішнього повітря та повітрообміном крізь нещільності кузова [6, 7]. Для визначення сумарної кількості теплоти, що втрачається із вагона в зимовий період, використовуємо рівняння щодо визначення кількості теплоти, яка проникає у вантажне приміщення в літній період з врахуванням зміни направлення потоку теплоти. Зміна температури вантажу у вантажному приміщенні визначається за формулою (6).

На підставі отриманої ММ розроблений узагальнений алгоритм зміни температури вантажу при транспортуванні в ІВ в залежності від зміни температури атмосферного повітря і теплового еквіваленту вантажу.

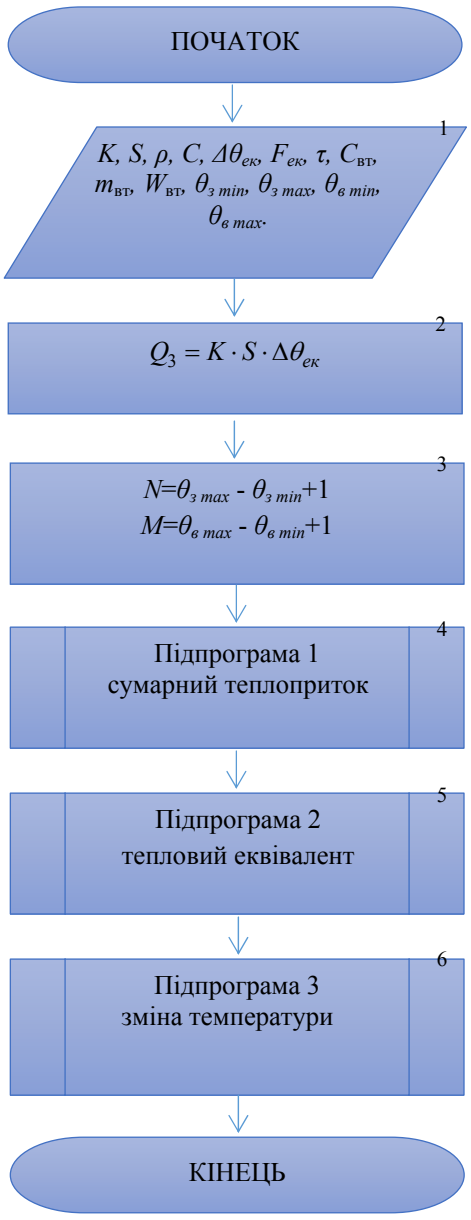


Рис. 2. Узагальнений алгоритм математичної моделі зміни температури вантажу при його транспортуванні

На підставі отриманої ММ та узагальненого алгоритму який наданий на рисунку 3 і реалізований засобами MS Excel, побудовані допоміжні графічні залежності зміни температури вантажу від умов транспортування в ІВ [8, 9, 10].

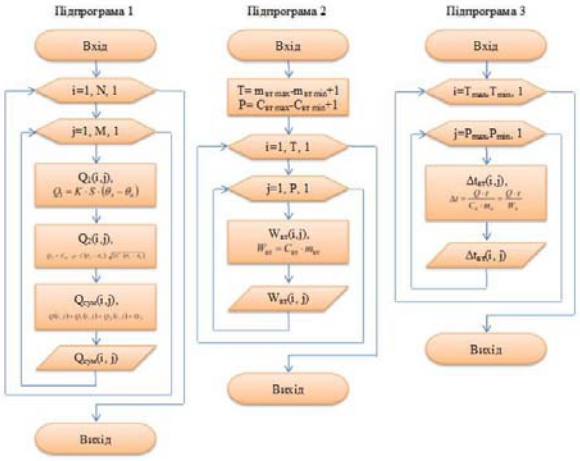


Рис. 3. Алгоритми підпрограм загального алгоритму математичної моделі зміни температури вантажу при його транспортуванні

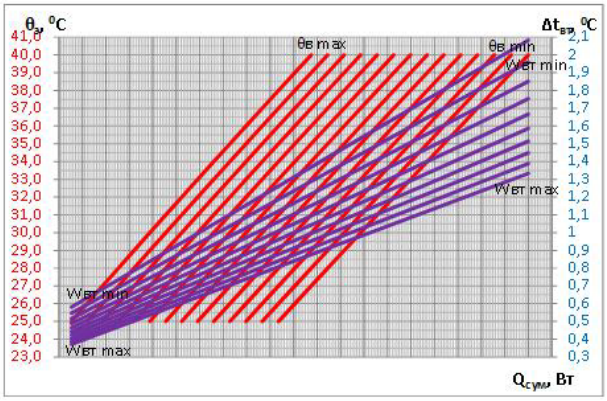


Рис. 4. Бінарні графічні зміни температури вантажу при перевезенні у літній період

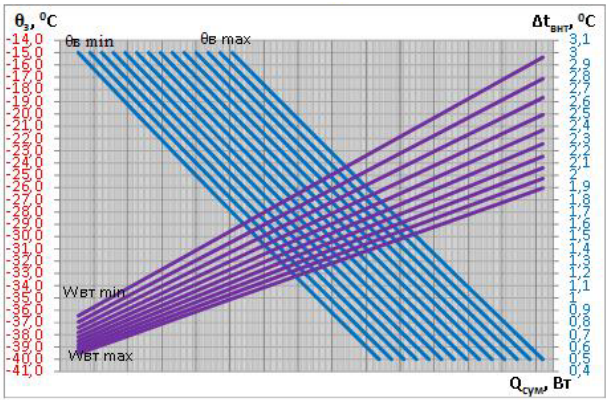


Рис. 5. Бінарні графічні зміни температури вантажу при перевезенні у зимовий період

Побудовані графічні залежності зміни температури вантажу при транспортуванні дозволяють прогнозувати теплотехнічний рівень захисту кузова вагона на умови транспортування вантажу та раціонально використовувати вагони в експлуатації згідно їх теплотехнічних якостей.

Висновок. Розроблена та представлена в статті математична модель є адекватною та ефективною. Для її чисельної реалізації обгрунтовано вибір графічних залежностей зміни температури вантажу при перевезенні в критих вагонах з теплоізоляцією у літній та зимовий періоди; складено алгоритми обробки дослідних даних для умов перевезення вантажу; розроблені алгоритми реалізовані у створеному програмному комплексі для побудови бінарних графічних залежностей.

Література

1. Бартош Е.Т. Энергетика изотермического подвижного состава / Е.Т. Бартош –М.: Транспорт, 1976. 304 с.
2. Osmak, V. Classification isothermal rolling stock with the main criteria thermal properties fence body [Text] / V. Osmak / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, No. 3 – P.265-267.
3. Ворон О.А. Аспекты совершенствования железнодорожных перевозок скоропортящихся грузов в составе непрерывной холодильной цепи / О.А. Ворон, И.Г. Морчиладзе // Транспорт РФ, 2014, №1 С. 40-45.
4. Іщенко, В.М. Теплотехнічна модель конструкції огородження кузова критого вагона з теплоізоляцією / Іщенко В.М., Фомін О.В., Осьмак В.Є. // Збірник наукових праць Українського Державного університету залізничного транспорту Випуск 157, Харків 2015. Стр.143-148.
5. Показатели теплоотдачи кузовов пассажирских вагонов. Die Wannedurchgangszahl von Reisezugnvagenkasten / Opel G. // Eisenbahningenieur МФИШ.-1999, 50, № 10, 21.- РЖ ВИНИТИ 2000 № 2 11В.66.
6. Китаев Б.Н. Тепловое воздействие солнечной радиации на вагоны / Б.Н. Китаев. - М.:Трансжелдориздат, 1962, 32 с.
7. Попырин Л.С. Исследование систем теплоснабжения / Л.С. Попырин, К.С. Светлов, Г.М. Беляева и др. - М.: Наука, 1989. - 215с.
8. Фомін О.В. Теорертичні основи програмного комплексу визначення та використання математичних моделей складових вантажних вагонів // Науковий журнал "Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, No. 6, 2013. pp. 87 - 91.
9. ДЧ-479. Инструкция по обслуживанию перевозок скоропортящихся грузов в рефрижераторных вагонах в международном сообщении между государствами - участниками Содружества, Латвийской Респ. 2006
10. Jamili, A.A Mathematical Model for Train Routingand Scheduling Problem with Fuzzy Approach [Text] / A. Jamili // Proceedins of the 2012 International Conference on Sndustrial Engineering and Operations Menegment Istanbul. – Turkey, july 3 – 6? 2012. –P. 90-99.

References

1. Bartosh E.T. Jenergetika izotermicheskogo podvizhnogo sostava / E.T. Bartosh –M.: Transport, 1976. 304 s.
2. Osmak, V. Classification isothermal rolling stock with the main criteria thermal properties fence body [Text] / V. Osmak / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, No. 3 – P.265-267.
3. Voron O.A. Aspekty sovershenstvovanija zheleznodorozhnyh perevozok skoroportjashhihsja gruzov v sostave nepreryvnoj holodil'noj cepi / O.A. Voron, I.G. Morchiladze // Transport RF, 2014, №1 S. 40-45.

4. Ishhenko, V.M. Teplotehnichna model' konstrukciї ogorodzhennja kuzova kritogo vagona z teploizoljacieju / Ishhenko V.M., Fomin O.V., Os'mak V.Є. // Zbirnik naukovih prac' Ukraïns'kogo Derzhavnogo universitetu zaliznichnogo transportu Vipusk 157, Harkiv 2015. Str.143-148.
5. Pokazateli teplootdachi kuzovov passazhirskih vagonov. Die Wannedurchgangszahl von Reisezugnvagenkasten / Opel G. // Eisenbahningenieur MFISh.-1999, 50, № 10, 21.- RZh VINITI 2000 № 2 11V.66.
6. Kitaev B.N. Teplovoe vozdejstvie solnechnoj radiacii na vagony / B.N. Kitaev. M.:Transzheldorizdat, 1962, 32s.
7. Popyrin L.S. Issledovanie sistem teplosnabzhenija / JI.C. Popyrin, K.S. Svetlov, G.M. Beljaeva i dr. M.: Nauka, 1989. 215s.
8. Fomin O.V. Teorertichni osnovi programnogo kompleksu viznachennja ta vikoristannja matematichnih modelej skladovih vantazhnih vagoniv // Naukovij zhurnal "Visnik Kremenchuc'kogo nacional'nogo universitetu imeni Mihajla Ostrograds'kogo, No. 6, 2013. pp. 87 - 91.
9. DCh-479. Instrukcija po obsluzhivaniju perevozok skoroportjashhihsja gruzov v refrizheratornyh vagonah v mezhdunarodnom soobshhenii mezhdu gosudarstvami - uchastnikami Sodruzhestva, Latvijskoj Resp. 2006.
10. Jamili, A.A Mathematical Model for Train Routingand Scheduling Problem with Fuzzy Approach [Text] / A. Jamili // Proceedins of the 2012 International Conference on Sndustrial Engineering and Operations Menegment Istanbul. – Turkey, july 3 – 6? 2012. –P. 90-99.

Ищенко В.Н., Брайковская Н.С., Осьмак В.Е., Исследование изменения температуры груза при транспортировке в изотермических вагонах с использованием математического моделирования.

В статье рассмотрены вопросы математического моделирования теплозащитных свойств ограждения кузова изотермического вагона. Решая различные задачи связанные с эксплуатацией изотермических вагонов, прежде всего вопросы, связанные с изменением температуры груза в грузовом помещении вагона за счет количества теплоты, поступающей в вагон в летний период и количества теплоты, которое теряется в зимний период.

Ключевые слова: *изотермический вагон, теплоизоляция, математическая модель, алгоритм, коэффициент теплопередачи, бинарные зависимости.*

Ishchenko V., Braikovskaya N., Osmak V. Investigation of the change in cargo temperature during transportation in insulated wagons using mathematical modeling.

In the article the question of mathematical modeling of heat-shielding properties protections Isothermal car. Solving the problem associated with the temperature of goods during transportation appropriate in terms of car-repair business for test results to make Thermotechnical passport that allows the car at any time of its operation to conclude shielding properties fence body of restricting availability, quality repairs and determine the temperature change of cargo the conditions of carriage.

Based on the performance and characteristics of heat passport for research and evaluation of thermal barrier properties of the car body, the mathematical model of heating system "environment - cargo space of the wagon - load", which with sufficient accuracy describes the thermal properties of the car body and cargo on traffic conditions. For a mathematical model used analytical method suitable for all stages of development and operation of means. This method enables relatively easy to identify the effect of individual factors on thermo system in question, set among them the most important and identify opportunities for targeted simplify the calculation and construction of thermal characteristics. This preferred method a mathematical model makes it possible to obtain mathematical description of heating system in a wide range of parameters.

Keywords: *refrigerator car, insulation, mathematical model, algorithm, heat transfer coefficient, binary dependencies.*

Іщенко В.М. – к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту.
Брайковська Н.С. – к.т.н., професор, В.о. ректора Державного економіко-технологічного університету транспорту.
Осьмак В.Є. – к.т.н., старший викладач кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту,
e-mail: vic5@ukr.net

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

Стаття подана 17.05.2017

УДК 629.4.066

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Клюєв С.О., Марченко М.І.

ANALYSIS OF IDENTIFICATION METHODS OF THE RAILWAY ROLLING STOCK

Kliuiev S., Marchenko M.

У статті наведено аналіз методів зчитування інформації з рухомого складу. Визначено особливості отримання інформації про рухомий рухомому складі. Показана доцільність і перспективи використання кожного методу зчитування інформації. Сформульовано вимоги до засобів ідентифікації рухомого складу. Запропоновано удосконалений спосіб автоматичної ідентифікації залізничного рухомого складу.

Ключові слова: *рухомий склад, зчитування інформації, кодовий бортовий датчик, система автоматичного зчитування, ідентифікація рухомого складу.*

Вступ. В умовах ринкової економіки найважливішою завданням збереження і посилення позицій залізничного транспорту України на внутрішньому і міжнародному транспортних ринках є впровадження сучасних технічних засобів автоматизації технологічних процесів і нових інформаційних технологій, що забезпечують створення орієнтованих на споживача гнучких і економічно обгрунтованих методів управління поїзної роботою. Для організації перспективних форм транспортного обслуговування процесу перевезень в цей час вже недостатньо відомостей, одержуваних від традиційних інформаційних систем, що функціонують на базі моделювання переміщень рухомого складу, оскільки існуючі методи реєстрації даних допускають значне відставання від реального процесу і не виключають помилок. Основним критерієм оцінки ефективності використання інформаційних технологій є дотримання технологічного процесу функціонування окремих підрозділів і залізниці в цілому. Фактичні ж моделі поїзної і вантажної роботи в дорожніх центрах оперативного управління перевезеннями не в повній мірі відображають поточний стан станцій, вузлів, ділянок з причин несвоєчасного надходження, помилковості або відсутності даних. Тому діючі системи не впливають належним чином на підбір і інформаційно-технологічні взаємодії з автоматизованими робочими місцями потенційних клієнтів залізниць, виконання договірних перевезень, поліпшення використання рухомого складу національного парку і парку інших держав – країн СНД, особливо по його дислокації, аналізу структури, технічного і комерційного стану [1].

Високі вимоги до повноти, достовірності і оперативності, використовуваних в управлінні рухомим складом вихідних даних припускають наявність інформації про вантажі, що перевозяться, поїздах, локомотивах і вагонах, їх дислокації в реальному масштабі часу, а також даних про використання та роботі кожної знаходиться в експлуатації рухомої одиниці.

Отримання інформації про місцезнаходження поїзда може здійснюватися за станом підлогових пристроїв без установки для цього будь-яких технічних засобів на рухомому складі, в той час як автоматична ідентифікація рухомого складу так чи інакше пов'язана з завданням зчитування інформації безпосередньо з рухомих одиниць складу.

Постановка проблеми. Для підвищення ефективності інформаційного забезпечення при прийнятті управлінських рішень на залізничному транспорті необхідно забезпечити необхідну оперативність збору даних про місцезнаходження залізничного рухомого складу.

Системи ідентифікації та позиціонування повинні забезпечувати: ідентифікацію контрольованих об'єктів, оптимальну точність позиціонування, оптимальну періодичність оновлення даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час на транспорті і в промисловості застосовується кілька систем ідентифікації, що використовують різні технології і розрізняються принципом роботи [2, 3].

Існують системи ідентифікації рухомих одиниць, які використовують засоби залізничної автоматики (точкові шляхові датчики, рейкові ланцюги та т.п.) встановлені на залізничному полотні і утворюють контрольну ділянку. Подібні системи дозволяють визначити кількість осей, осності і кількість рухомих одиниць, відстані між осями рухомих оди-

ниць і, як результат, тип рухливих одиниць. Результати ідентифікації таких систем сильно залежать від багатьох факторів, таких як швидкість і прискорення руху, точність фіксації колеса датчиком і т.д., що в свою чергу впливає на їх достовірність. Тому такі системи мають обмежене коло застосування [4, 5].

В останні десятиліття, як в Україні, так і в країнах ближнього зарубіжжя, багато уваги було приділено розвитку систем автоматичного зчитування інформації з рухомих одиниць з використанням спеціальних датчиків (переважно – пасивних радіодатчиків) [6, 7]. Впровадження таких систем дозволило б вирішити безліч завдань автоматизації процесів контролю і управління на залізничному транспорті. Однак дані системи виявилися занадто дорогими і трудомісткими, з точки зору їх впровадження і супроводу. На сьогоднішній день вони знаходяться в «замороженому» стані.

Останнім часом намітилася тенденція використання систем супутникової навігації для стеження за переміщенням рухомих одиниць залізничним транспортом в Україні і за кордоном [8, 9]. Однак, ідентифікація всіх рухомих одиниць, що входять до складу поїзда, вимагає установки навігаційних датчиків на кожну рухому одиницю.

Мета статті. Формулювання вимог до засобів ідентифікації рухомого складу. Пропозиція вдосконаленого способу автоматичної ідентифікації залізничного рухомого складу.

Результати досліджень. Системи автоматичного зчитування інформації (АЗІ) з залізничних рухомих одиниць засновані на різних фізичних явищах: оптичних, радіотехнічних, магнітних, індуктивних, ультразвукових, радіаційних.

Всі методи АЗІ в залежності від використовуваного фізичного явища можна розділити на основні групи з використанням [10]:

- магнетизму або електромагнетизму;
- радіоактивного випромінювання;
- світлового випромінювання;
- радиоволнового випромінювання.

Кодові бортові датчики (КБД) в залежності від технічних рішень, використовуваних при їх побудові, підрозділяються на активні і пасивні. Пасивний КБД перетворює енергію, що зчитує в повідомлення від рухомого об'єкту відповідно до зберігаються в пам'яті КБД кодом. В активному КБД для передачі інформації від рухомого об'єкту використовується енергія самого датчика, тобто КБД має власне вбудоване джерело живлення.

Системи АЗІ з використанням оптичного відображення дозволяють як одноразове, так і багаторазове зчитування інформації з КБД, що дозволяє автоматично виправляти помилково прийняті сигнали і підвищити достовірність лічених даних. До недоліків систем з оптичним методом зчитування можна віднести значне ослаблення і відображення променя при забрудненні КБД і при несприятливих атмосферних умовах, труднощі в установці і просвічуванні пластин [11].

В електромагнітних системах АЗІ генератор створює низькочастотні коливання, які з передавальних котушок надходять на розташовані під рухомий одиницею резонансні контури, настроєні на відповідні частоти. Збуджені в контурах коливання сприймаються зчитувальними пристроями і розшифровуються. Системи АЗІ з використанням статичних магнітних полів (постійних магнітів) і перемагнічується ферроматеріалов для носіїв інформації вимагають малих відстаней між зчитувальними пристроями і носієм інформації (датчиком). У таких системах АЗІ передається відносно невеликий обсяг інформації, причому зчитування обмежується швидкістю пересування 40…45 км / ч. Перевагою таких систем є стійка робота в несприятливих погодних умовах.

До недоліків електромагнітних систем АЗІ можна віднести:

- складність технічної реалізації пристроїв запису (записуючі магнітні "головки") і зчитування інформації (зчитувальна "лінійка" зі значною кількістю феррозондов);
- складність дешифрування і отримання достовірної інформації при зчитуванні сигналів з виходів магнітомодуляціонних датчиків при збільшенні розрядності, яка наноситься на колесо інформації;
- обмеження швидкості руху складу в зоні зчитування і, особливо, в зоні запису інформації.

У ряді систем АЗІ використовувалися телевізійні камери. У таких системах інформація на підвищеній швидкості записується на магнітні диски або стрічки в процесі руху поїзда в зоні контролю. Потім на відеомагнітофоні отримана запис відтворюється зі зниженою швидкістю (аж до зупинки). Труднощі експлуатації таких систем АЗІ викликані необхідністю частої профілактики телекамер, чищення об'єктивів, малу вірогідність даних через забруднення або пошкоджень поверхонь місць нанесення бортових інвентарних номерів на рухомі одиниці, складності фокусування камер і т.д. Роботи з автоматичного введення зчитаної інформації в комп'ютер через дисплей матричних способом помітного успіху не мають [12, 13].

Досить широкого поширення набули системи АЗІ з індуктивним зв'язком. Відмітна особливість цих систем – наявність в датчику на рухомій одиниці частотних генераторів. Системи цього типу працюють на несучих частотах нижче 200 кГц, що обмежує швидкість передачі інформації і, отже, максимально допустиму швидкість руху поїзда. Відстань між котушками індуктивності – критичний параметр систем. У деяких випадках сигнал від частотних генераторів, розташованих на рухомих одиницях, наводився безпосередньо в релейні ланцюги.

У ряді країн розроблялися мікрохвильові системи АЗІ з живленням від підлогових пристроїв. Недолік мікрохвильових систем АЗІ – конструктивна складність кодових відповідачів, велика кількість

радіоелектронних компонентів, що знижують надійність системи в цілому.

Проводилися спроби розробки пристрою АЗІ і її передачі по радіоканалах на основі використання поверхневих акустичних хвиль. Однак число сигналів, що надходять по каналах зв'язку від первинних джерел при використанні пристроїв обробки на поверхневих акустичних хвилях, для ефективної роботи не повинно було перевищувати 10.

У пристроях з акустичним відображенням використовується ультразвук. КБД на рухомій одиниці може не мати власного джерела, але тоді його розміри будуть значними. На роботу такої системи АЗІ помітно впливають сторонні шуми, тому практичного поширення вона не отримала.

До останнього часу жодна з відомих систем АЗІ з рухомих об'єктів як по частині підлогового обладнання, так, особливо, по частині КБД, не могла бути визнана як вдале і закінчене технічне рішення. Вибір найбільш ефективної системи АЗІ ще не зроблено, а збір вихідних даних, і заготівля носіїв інформації продовжують здійснюватися вручну, незважаючи на те, що цей процес є дорогим, негативно відбивається на оперативності і схильний до помилок і впливу "людського фактору".

Один з масштабних проектів автоматичної ідентифікації залізничного рухомого складу на основі ультрависокочастотного зворотного модулированного відображення був реалізований залізницями США, Канади і Мексики з розробок компанії Amtech Systems Division [14, 15].

На підставі проведеного аналізу для вирішення задач ідентифікації та позиціонування залізничного рухомого складу на залізничних шляхах найбільш ефективним інструментом є системи, засновані на використанні технології радіочастотної ідентифікації, а саме систем безконтактної прив'язки до шляху рухомих одиниць рухомого складу. З метою зниження витрат на впровадження засобів автоматичної ідентифікації рухомого складу, пропонується прогнозувати розташування вагонів на коліях станції на основі імітаційного моделювання технології її роботи з рухомим складом. Підвищення точності визначення місцеположення рухомого складу досягається спільним використанням навігаційних систем (супутникового та інерціального) [16].

Система безконтактної прив'язки до шляху рухомих одиниць рухомого складу є багатофункціональною і призначена для вирішення наступних завдань згідно з вимогами правил технічної експлуатації рухомого складу і технічного завдання на дані системи:

- сприяти виконанню графіка руху поїздів на лінії, що задається центральним пунктом комплексної автоматизованої системи диспетчерського управління;

- забезпечувати необхідною інформацією виконавчі пристрої для зупинки поїздів на станціях і на шляхах обороту з заданою точністю;

- забезпечувати необхідною інформацією виконавчі пристрої відкриття і закриття дверей вагонів поїздів на станціях при зупинці поїздів в встановлених місцях;

- забезпечувати необхідною інформацією виконавчі пристрої, які включають і відключають тягові двигуни моторних вагонів поїздів на станціях і перегонах і виконують пригальмовування на перегонах з метою виконання заданого режиму ведення поїздів;

- здійснювати точну прив'язку до точок шляху діагностичних та інших рухомих одиниць;

- забезпечувати інформаційне обслуговування пасажирів поїзда;

- здійснювати управління режимами роботи суміжній системи бортових пристроїв реєстрації;

- забезпечувати синхронізацію часу бортових пристроїв системи безконтактної прив'язки до шляху з системою єдиного часу диспетчерського управління;

- забезпечувати інформаційну підтримку машиністів поїздів за допомогою поїзних пристроїв індикації;

- стати основою для створення координатної системи інтервального регулювання руху поїздів на базі визначення поточних точних координат поїздів.

Економічний ефект від впровадження системи АЗІ рухомого складу:

- зменшення числа помилок в розрахунках оплати за перевезення;

- оперативна передача інформації клієнтам про місцезнаходження їх вантажів;

- зниження витрат на відшукання вагонів;

- завантаження вагонів точно за графіком;

- створення умов для точного регулювання парку рухомого складу;

- розширення послуг залізниць;

- наскрізна обробка даних і зростання якості перевезень.

Для зниження капітальних витрат на створення системи ідентифікації рухомого складу, пропонується схема розміщення пристроїв зчитування, заснована на комбінуванні технічного і технологічного способів відстеження рухомого складу [17].

Висновок. Для вирішення завдань ідентифікації та позиціонування залізничного рухомого складу на залізничних шляхах найбільш ефективним інструментом є системи, засновані на використанні технології радіочастотної ідентифікації.

Розгалуженість залізничних шляхів, наявність великої кількості вантажних фронтів, станційних колій значно збільшує обсяг капітальних витрат, необхідних для впровадження системи ідентифікації рухомого складу;

Одним з напрямків скорочення числа пристроїв зчитування даних з вагонів і витрат на створення системи ідентифікації рухомого складу на залізничному транспорті є комбінування технічного способу (установка пристроїв зчитування) з технологічним, що припускає прогнозування розташування вагонів

на коліях станції на основі імітаційного моделювання технології її роботи з рухомим складом, що належить потокам зі стабільними параметрами.

Література

1. Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н., Антонов А.Н., Мишкуров П.Н. Разработка концепции и программы усиления пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных станций и перегонов ОАО «ММК» на период до 2015 года // Научно-технический отчет по результатам НИР. Магнитогорск: МГТУ, 2011. 204 с.
2. Васин Н.Н., Мохонько В.П. Системы сбора информации на железнодорожном транспорте. Самара: СамИИТ, 2001. 120 с.
3. Крамаренко Е.Р. Системы сбора информации на железнодорожном транспорте. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. 66 с.
4. А. с. № 1652157 СССР, МКИ5 В 61 L 1/16. Устройство для распознавания типа подвижной единицы подвижного состава / Понов О. С., Унтилов В. И., Воронько В. А., Котелевец В. Н., Яценко В. И. (СССР). – 4671968/11; заявл. 03.04.89; опубл. 30.05.91, Бюл. № 20, 6 с.
5. А. с. № 1787845, МКИ5 В 61 L 1/16. Устройство для опознания типа вагонов / Захаров В. А., Черненко В. М. – 4721169/11; заявл.31.05.89; опубл. 15.01.93, Бюл. № 2, 3 с.
6. Система автоматической идентификации транспортных средств "Пальма" / В. В. Белов, В. А. Буянов, М. Д. Рабинович и др. // Железнодорожный трансп. – 2002. - № 8. – С. 54–59.
7. Филатов А. Система автоматической идентификации железнодорожного подвижного состава / А. Филатов // Железнодорожный трансп. – 1999. – № 9. – С. 68–70.
8. European Space Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.esa.int.
9. Информационно-аналитический центр контроля ГЛОНАСС и GPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.glonass-center.ru.
10. Кошевой С.В., Фетищев О.В. Технологии и средства повышения безопасности движения поездов на участках железных дорог // Довговічність, надійність, працездатність деталей рухомого складу залізниць та спеціальної залізничної техніки. Збірник наукових праць. – Харків, 2005, Випуск № 69. – С. 67–80.
11. Автоматическое считывание вагонов. Система Картрак (США). Экспресс-информация, № 9, 1980.
12. Бойник А.Б., Германенко О.А. Видеоконтроль опасной зоны железнодорожных переездов. Інформ. керуючі системи на залізн. транспорті. – 2001. – № 4. – С. 24–27.
13. Системы технического зрения /Под ред. А.Н. Писаревского, А.Ф. Чернявского. – Л.: Машиностроение, 1988. – 424 с.
14. Гапанович В.А. Система автоматической идентификации // Железнодорожный транспорт. – 2005. – №9. – С. 48–83.
15. Гершензон М.М., Котлецов Д.С. Внедрение системы автоматической идентификации подвижного состава на Российских железных дорогах // Железные дороги мира – 2003, №7. – С. 73–77.
16. Спирягин В.И. Выбор метода определения координат местонахождения локомотива при управляемом движении колесной пары в рельсовой колее / Спирягин В.И., Клюев С.А., Зубарь Е.В. // Вестник Восточноукр. ун-та. – Луганск: ВНУ им. В.Даля. – 2013. – Вып. №5 (194) Ч.2 – С. 144–146.
17. Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н., Антонов А.Н. Разработка технологической схемы прослеживаемости подвижного состава на железнодорожных путях ОАО «ММК» // Научно-технический отчет по результатам НИР. Магнитогорск: МГТУ, 2013. 152 с.

References

1. Rahmangulov A.N., Kornilov S.N., Antonov A.N., Mishkurov P.N. Razrabotka kontseptsii i programmyi usileniya propusknoy i pererabatyivayuschey sposobnosti zheleznodorozhnyih stantsiy i peregonov OAO «MMK» na period do 2015 goda // Nauchno-tehnicheskiy otchet po rezultatam NIR. Magnitogorsk: MGTU, 2011. 204 s.
2. Vasin N.N., Mohonko V.P. Sistemyi sbora informa-tsii na zheleznodorozhnom transporte. Samara: SamI-IT, 2001. 120 s.
3. Kramarenko E.R. Sistemyi sbora informatsii na zheleznodorozhnom transporte. Habarovsk: Izd-vo DVGUPS, 2003. 66 s.
4. A. s. # 1652157 SSSR, MKI5 V 61 L 1/16. Ustroystvo dlya raspoznavaniya tipa podvizhnoy edinitsyi podvizhnogo sostava / Ponov O. S., Untilov V. I., Voronko V. A., Kotelevets V. N., Yatsenko V. I. (SSSR). – 4671968/11; zayavl. 03.04.89; opubl. 30.05.91, Byul. # 20, 6 s.
5. A. s. # 1787845, MKI5 V 61 L 1/16. Ustroystvo dlya opoznaniya tipa vagonov / Zaharov V. A., Chernenko V. M. - 4721169/11; zayavl.31.05.89; opubl. 15.01.93, Byul. # 2, 3 s.
6. Sistema avtomaticheskoy identifikatsii transportnyih sredstv "Palma" / V. V. Belov, V. A. Buyanov, M. D. Rabinovich i dr. // Zheleznodorozhnyiy transp. - 2002. – # 8. – S. 54–59.
7. Filatov A. Sistema avtomaticheskoy identifikatsii zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava / A. Filatov // Zheleznodorozhnyiy transp. - 1999. – # 9. – S. 68–70.
8. European Space Agency [Elektronnyiy resurs]. - Rezhim dostupa: www.esa.int.
9. Informatsionno-analiticheskiy tsentr kontrolya GLONASS i GPS [Elektronnyiy resurs]. - Rezhim do-stupa: www.glonass-center.ru.
10. Koshevoy S.V., Fetischev O.V. Tehnologii i sredstva povyisheniya bezopasnosti dvizheniya poezdov na uchastkah zheleznyih dorog // DovgovIchnIst, nadIynIst, pratsezdatnIst detaley ruhomogo skladu zalIznits ta spetsIalnoYi zalIznichnoYi tehnIki. ZbIrnik naukovih prats. – HarkIv, 2005, Vipusk # 69. – S. 67–80.
11. Avtomaticheskoe schityivanie vagonov. Sistema Kartrak (SShA). Ekspress-informatsiya, # 9, 1980.
12. Boynik A.B., Germanenko O.A. Videokontrol opasnoy zonyi zheleznodorozhnyih pereezdov. Inform. keruyuchI sistemi na zalIzn. transportI. – 2001. – # 4. – S. 24–27.
13. Sistemyi tehnicheskogo zreniya /Pod red. A.N. Pisarevskogo, A.F. Chernyavskogo. – L.: Mashinostroenie, 1988. – 424 s.
14. Gapanovich V.A. Sistema avtomaticheskoy identifika-tsii // Zheleznodorozhnyiy transport. – 2005. – #9. – S. 48–83.
15. Gershenzon M.M., Kotletsov D.S. Vnedrenie sistemyi avtomaticheskoy identifikatsii podvizhnogo sostava na Rossiyskih zheleznyih dorogah // Zheleznyie dorogi mira – 2003, # 7. – S. 73–77.
16. Spiryagin V.I. Vyibor metoda opredeleniya koordinat mestonahozhdeniya lokomotiva pri upravlyaemom dvizhenii kolesnoy paryi v relsovoy kolee / Spiryagin V.I., Klyuev S.A., Zubar E.V. // Vestnik Vostochnoukr. un-ta. –

Lugansk: VNU im. V.Dalya. – 2013. – Vyip. # 5 (194) Ch.2 – C. 144–146.
17. Rahmangulov A.N., Kornilov S.N., Antonov A.N. Razrabotka tehnologicheskoy shemyi proslezhivaemosti podvizhnogo sostava na zheleznodorozhnyih putyah OAO «MMK» // Nauchno-tehnicheskiy otchet po rezultatam NIR. Magnitogorsk: MGTU, 2013. 152 s.

Клюев С.А., Марченко Н.И. Анализ методов идентификации железнодорожного подвижного состава.

В статье приведен анализ методов считывания информации с подвижного состава. Определены особенности получения информации о движущемся подвижном составе. Показана целесообразность и перспективы использования каждого метода считывания информации. Сформулированы требования к средствам идентификации подвижного состава. Предложен усовершенствованный способ автоматической идентификации железнодорожного подвижного состава.

Ключевые слова: *подвижной состав, считывание информации, кодовый бортовой датчик, система автоматического считывания, идентификация подвижного состава.*

Kliuiev S., Marchenko M. Analysis of identification methods of he railway rolling stock.

The article gives an analysis of methods of reading information from rolling stock. Specific features of obtaining information about moving rolling stock are determined. The expediency and prospects of using each method of reading information is shown. Formulated requirements for means of identification of rolling stock. An improved method for automatic identification of railway rolling stock.

To solve problems of identification and positioning of railway rolling stock on railway tracks, the most effective tool are systems based on the use of radio frequency identification technology.

One of the directions of reducing the number of devices for scanning data from bogies and the cost of creating a system for identifying the rolling stock in railway transport is the combination of a technical method (installation of scanners) with a technological (forecasting of wagon location on station tracks).

Keywords: *railway rolling stock, information scanning, code board sensor, automatic scanning system, rolling stock identification.*

Клюєв С.О. – к.т.н., доцент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, e-mail: sergistreet@gmail.com.
Марченко М.І. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 31.03.2017

УДК 005.8

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ТРАНСПОРТНОЇ БЕЗПЕКИ

Крамський С.О.

RISK-ORIENTED APPROACH MANAGEMENT SYSTEM OF TRANSPORT SAFETY

Kramskiy S.

У статті розкрито особливості імплементації ризик інструментів неоднорідних проектів транспортної безпеки, загальні закономірності їх функціонування в інфрастуктурних, технічних, і сферах транспорту. Таким чином, аналіз ризиків та безпеки є основою якого може слугувати для формалізованої оцінки безпеки і методи оцінки ризик менеджменту. У основі управління ризиком лежать закони порівняння витрат і отримуваних вигод від зниження ризиків. Обґрунтовано доцільність синтезу ризик-орієнтованих засобів та виявлення інноваційних сфер транспортних проектів, які можна отримати лише за умов гнучкого середовища. Отримали розиток комплексний підхід імплементації ризик-орієнтованого підходу управління системами транспортної безпеки, а також ризик методи, щодо інноваційних інфрастуктурних неоднорідних проектів.

Ключові слова: *ризик-орієнтованих засобів, управління системами транспортної безпеки, формалізована оцінка безпеки.*

Вступ. Сучасність організації транспортного процесу при перевезенні вантажів та пасажирів на транспорті вимагає забезпечення максимального рівня безпеки. Відповідно до цього слід зауважити, що перевезення/перевалка небезпечних вантажів вимагає імплементації організаційно-технічних заходів, оскільки саме небезпечні вантажі несуть у собі потенційну небезпеку, ризики.

Отже, наслідки від аварійних ситуацій техногеного характеру, можуть бути непередбачуваними для навколишнього середовища та життя людей. Тому нескінченно малий (нульовий) ризик свідчить про відсутність реальної небезпеки в системі, та навпаки, чим вищий ризик, тим вища реальність впливу небезпеки. Саме досягнення малого (нульового) ризику через імплементацію системи ідентифікації та оцінки ризиків, мотивація персоналу до безпечної праці протягом тривалого часу на об'єктах транспорту.

Постановка проблеми. Сьогодні про ризик говорять різні фахівці: соціологи, транспортники, екологи, атомники. Існують різні концепції і підходи до визначення поняття «ризик», його зв'язку з такими поняттями, як «небезпека», «невизначеність», «надійність». Недостатнє оновлення основних фондів портів:

– низький рівень міжгалузевої координації у розвитку транспортної інфраструктури;

– недостатня ефективність фінансово-економічних механізмів, що стимулюють надходження інвестицій у розвиток портів. При цьому головна причина аварій на об'єктах транспорту є людина, здатна робити необдумані дії, допускати помилки усю цю сукупність називають «людським фактором». У зв'язку з безперервними конфліктами і протистоянням в багатьох «гарячих» точках, активізацією терористичних дій проблема визначення ризику загроз для людей природного середовища і їх мінімізації стала вельми актуальною.

Актуальним є використання «технократичного» підходу: усе в системному інфраструктурному проекті має вимірюватися і плануватися з урахуванням врахованих і вимірних ресурсів та ризиків.

Недоліки у визначенні, управлінні і зменшенні ризиків в будь-якій частині цього «ланцюжка», безсумнівно, будуть проявлятися в іншому місці. Тому всі, хто задіяний на морському транспорті - від екіпажу на борту судна до директора судноплавної компанії і менеджменту національної адміністрації морських портів несуть відповідальність за безпеку мореплавства. Тому, всі вони повинні вживати необхідних заходів щодо мінімізації ризиків і загроз [1-4].

Аналіз публікацій та досліджень. Різним аспектам ризиків, методам його аналізу й оцінки, його застосування до технічних систем, діяльності людей присвячена величезна кількість публікацій: W. O'Neil, U. Jüttner, D. Waters, Н.С. Бушуєвої, Ю.Л. Воробйова, В.Д. Гогунського, С.В. Руденко, А.В. Шахова, В.В. Іванова та інших наукових розробок.

Діяльність транспортних організацій підпорядковується певним законам. Закон синергії [5] поля-

гає у тому, що потенціал і можливості організації, як єдиного цілого, перевищують суму потенціалу та можливостей її окремих елементів, що зумовлено їх взаємною підтримкою і доповненням (існує реальний виграш від об'єднання, який перекриває втрати, пов'язані з обмеженням самостійності). Сутність закону доповнення полягає у тому, що внутрішньоорганізаційні процеси і функції доповнюються протилежно спрямованими.

Закон пропорційності передбачає певне співвідношення між організацією та її елементами, а також вимагає її збереження при будь-яких можливих змінах. Закон композиції висуває такі вимоги: мета елемента організації (підсистеми) одночасно є однією з підцілей діяльності всієї організації. Закон самозбереження припускає, що будь-яка організація, так само як і її окремий елемент, прагне зберегти себе як цілісне утворення, що вимагає дотримання ряду умов. До них можна віднести недопущення серйозних потрясінь, які можуть призвести до втрати стійкості [6].

Закон необхідної різноманітності дозволяє забезпечувати стійкість і гнучкість організації, можливість адекватно відповідати на будь-які внутрішні та зовнішні впливи і відповідно в потрібний момент протидіяти їм [8]. Обгрунтування закону Ю.Л. Воробйова: "Управління проектами/програмами/портфелями проектів є складним видом діяльності в слабоструктурованих складних системах, що включають в себе проект, плановані процеси, безліч учасників, а також центри підтримки і гальмування проекту".

За твердженням акад. Ю.Л. Воробйова об'єднує в одну систему три укрупнених суті проектів: очікувані вигоди, реальні збитки та рівень ризику, який проявляється через безліч випадкових факторів турбулентного оточення, компетенцій команди, комунікацій проекту та ін. Твердження акад. Воробйова відноситься як до окремих фаз і робіт, так і до загальної оцінки успішності проекту: "Очікувані вигоди та реальні втрати в проектах пропорційні рівню ризику (авантюризму)" [7].

Мета публікації. Метою статті є обгрунтування імплементації ризик-орієнтованого підходу оцінки різного виду небезпек для суден, портів, людей, вантажів, навколишнього середовища та розробка на її основі проекту системи управління безпекою на об'єктах транспорту.

Виклад основного матеріалу дослідження. В даний час підвищуються ризики виникнення інцидентів в море, з огляду на тенденції старіння флоту, все більш актуальним стає забезпечення надійності на стадії експлуатації, так званої "експлуатаційної" надійності. Однак досягти це на практиці, як правило, не вдається і рівень надійності будь-якого судна безперервно знижується в процесі його експлуатації. Надійність і безпека експлуатуємого судна залежить, перш за все від двох основних чинників:

-забезпечення правильної експлуатації, що пов'язано в першу чергу з людським фактором команди проекту (екіпажу);

-забезпечення своєчасного визначення граничного стану судна за результатами наглядової діяльності. У 1997 році Міжнародна морська організація схвалила тимчасове керівництво з застосування формалізованої оцінки Безпеки (FSA - Formal Safety Assessment), в 2001 році розроблено посібник з ФОБ [9], спрямоване на підвищення безпеки морського судноплавства. Формалізована оцінка безпеки - це інструмент (припис) для розробки правил ІМО на основі оцінки ризику, пов'язаного із судноплавством. Формалізована оцінка безпеки - системний підхід до оцінки ризику, який виникає в морській практиці, а також до оцінки пов'язаних витрат і вигод від альтернативних рішень, які можуть розглядатися для зниження рівня ризику в конкретному проекті.

Згідно формалізованої оцінки безпеки передбачає наступні стадії:

- Ідентифікація небезпек;
- Аналіз ризику (ів) проекту;
- Способи управління ризиком;
- Оцінка вартості і економії при прийнятті способів управління ризиком;
- Рекомендації щодо прийняття рішень.

Формалізована оцінка безпеки - дозволяє удосконалювати рішення, що стосуються управління виявленими ризиками відмов для зниження частоти їх возникновени і тяжкості можливих наслідків. Формалізована оцінка безпеки дозволяє оптимізувати номенклатуру і обсяг ремонтних робіт за критерієм мінімуму експлуатаційних витрат з урахуванням фактичного стану судна на зміни експлуатаційних витрат виникнення аварійних ситуацій з судном.

Невизначеність припускає існування факторів, при яких результати дій не є детермінованими, а ступінь впливу цих факторів на результати невідома. Наприклад, неповнота або неточність інформації, якою володіє керівник при прийнятті рішення. На цій основі ризик можна охарактеризувати як ймовірність недоотримання планованих доходів в процесі зниження невизначеності, яка супроводжує діяльність підприємства (компанії). Головною метою технічного моніторінгу та нагляду є забезпечення безпечної експлуатації судна. При цьому кінцевим продуктом на кожній стадії технічного спостереження є інформація, на підставі якої проводиться прогноз зміни безпеки судна на певний проміжок часу [10]. Технологію технічного спостереження за судном в експлуатації можна розбити на наступні етапи:

- оцінка небезпеки судна проводиться шляхом аналізу аварійних випадків з однотипними судами або аналогічними плавучими об'єктами. Технічний стан судна визначається сукупністю його структурних параметрів:
- деталей і вузлів (діаметри труб, товщини стінок, зазори і т.п.);
- розмірів експлуатаційних ушкоджень (глибини і площі корозійних виразок, розміри тріщин, свищів, прогинів, випучин і т.п.);

-механічних характеристик міцності і пластичності матеріалів виробів (межі плинності і міцності, відносні подовження і звуження зразка, ударна в'язкість, твердість). Визначення швидкості деградації судна і прогнозування часу до досягнення критичного стану (визначення залишкового ресурсу). Таким чином, можна констатувати, що у запропонованій схемі технологія технічного спостереження за суднами, охоплює перший і другий етапи формалізованої оцінки безпеки. Відмінною особливістю технології технічного спостереження за суднами є не безпосередня оцінка ризику, а розрахунок залишкового ресурсу по конкретним обраним параметрам критично небезпечного об'єкта або оцінка ризику шляхом порівняння з іншими аналогічними суднами.

При цьому кінцевим продуктом на кожній стадії технічного спостереження є інформація, на підставі якої проводиться прогноз зміни безпеки судна на певний проміжок часу. Третій, четвертий і п'ятий етапи формалізованої оцінки безпеки проводяться спільно з судновласником, так як саме він повинен робити вибір між подальшою експлуатацією судна і виконанням вимог щодо забезпечення безпеки на основі оцінки економічної доцільності подальшої експлуатації судна [11]. Однак в більшості випадків, інцидент безпеки є наслідком комплексного впливу декількох чинників різних видів.

Необхідно відзначити, що оцінку ризику тих чи інших подій можна робити тільки при наявності достатніх статистичних даних. Практикується також якісний підхід до оцінки ризику при експлуатації судна і суднових пристроїв.

Міжнародною морською організацією рекомендовані наступні критерії індивідуального ризику:

- максимально допустимий річний ризик для члена екіпажу 10^{-3};
- максимально допустимий річний ризик для пасажирів 10^{-4};
- максимально допустимий річний ризик для людей на березі 10^{-4};
- пренебрежимий ризик (протягом рейсу) 10^{-6}.

Таблиця 1

Статистичні значення ризиків в галузях промисловості

Галузь виробництва	Річний індивідуальний ризик ($x\ 10^{-5}$)
Нафто- і газовидобувне виробництво	**100,0**
Сільське господарство	**7,9**
Лісове господарство	**15,0**
Океанічне рибальство	**84,0**
Енергетика	**2,5**
Хімічна промисловість	**2,1**
Залізничний транспорт	**9,6**
Сектор балкерних суден	**13,0**

Незважаючи на різноманіття видів, всі небезпеки можна класифікувати з причин їх виникнення наступним чином:

а) природні, що виникають в результаті геофізичних, кліматичних і космічних змін на планеті;

б) експлуатаційні, як наслідок помилкових дій операторів;

в) технічні, внаслідок виникнення відмов в роботі суднових систем або незадовільного стану елементів суднових технічних засобів (СТЗ) і суднових конструкцій (СК).

За допомогою матриці чутливості і передбачуваності виконано ранжування та встановлено, що в першу зону подальшого аналізу потрапили фактори: негативного результату – технічний виріб пошкоджений з вини замовника; неможливості встановити причину аварії, помилкового вибору ідеї.

До другої зони пильної уваги потрапили фактори: напрацьована ідея не може бути втілена, через свою вартість, технологічні обмеження; недостатній рівень кадрового забезпечення; недосягнення технічних параметрів, що були заплановані заздалегідь.

До третьої зони найбільшого благополуччя потрапили фактори: пошуки ідеї вийшли за встановлені терміни, недостатнього забезпечення проекту фінансуванням [13]. З метою розрахунку ризиків проекту використаємо рівняння, що зв’язує економічні показники проекту, вартість нового технічного виробу повинна перевищувати можливі збитки:

$$D - W = QN - (Z1 + Z2 + Z3) - S0 \quad (*),$$

де D – прибуток;
W – ризик;
QN – вартість нового технічного виробу;
Z1 – вартість робіт фази ідентифікації;
Z2 – вартість робіт фази трансформації;
Z3 – вартість робіт фази проектування та виготовлення;
S0 – залишкова вартість;
Необхідно зазначити, що для інжинірингових проектів мають виконуватись умови:

1 2 3 0 ( ) Z Z Z S Z + + ≤ + p ,

1 2 3 ( ) Z Z Z Z + + ,

$(Z1 + Z2 + Z3) \le S0 + Z_p$;

Отже, сумарна вартість робіт для усіх трьох фаз повинна бути меньш вартості нового технічного виробу ідентичного наявному технічного виробу $(Z1 + Z2 + Z3) < Z$,

де Zp – вартість ремонту,
Z – вартість придбання нового виробу ідентичного наявному.

Розрахункове значення ступеня ризику $\alpha = W/D$.

Загальний ризик проекту залежить від помилкових рішень по кожному з факторів ризику 1 2 ... ... W W W W W = + + + + i n .

При чому Wi= αi D, де Di – втрати прибутку,
αi – ймовірності прийняття помилкових рішень.

Розрахункове значення ступеня ризику 1 1 2 2 ... ... i i n n α α α α α = + + + + k k k k ,

де ki – вагові коефіцієнти (Di /D), що враховують вплив ризику кожного факторів на загальний ризик.

З урахуванням рівнів інфляції i1, i2....in,. 1 1 1 2 2 2 ... ... i i i n n n α α α α α = + + + + k i k i k i k i .

Фактори ризиків фаз ідентифікації та трансформації майже повністю визначаються ризиком творчого пошуку команди судна – α α → тв п. . . Ймовірність знаходження вірного рішення по завершенню фази трансформації . . 1 β α = – тв п , де βі – по кожному з факторів ризиків творчого пошуку команди судна, які залежить в першу чергу від часу, який відведено на прийняття рішення.

Ризики зазвичай поділяють на такі (рівні): верхній рівень - зона неприпустимого ризику і нижній - зона пренебрежимого ризику. Ризик фактор - одна з найважливіших категорій, що відображають заходи небезпеки ситуацій, в яких є потенційні фактори, здатні несприятливо впливати на людину, суспільство і природу. Ризики неприпустимі повинні бути знижені в будь-якому випадку, незважаючи на потрібні для цього витрати. Пренебрежимі ризики до уваги не беруться. Між цими крайніми рівнями знаходиться зона ризиків, в якій вони повинні бути знижені, але за схемою «зниження ризику - необхідні витрати» і чи правильно вибраний (розумний) спосіб зниження ризиків [12,14]. Невизначеність припускає існування факторів, при яких результати дій не є детермінованими, а ступінь впливу цих факторів на результати невідома. Наприклад, неповнота або неточність інформації, якою володіє менеджер при прийнятті рішення. На цій основі ризик можна охарактеризувати як ймовірність недоотримання планованих доходів в процесі зниження невизначеності, яка супроводжує діяльність підприємства (компанії).

В даному дослідженні слід виокремити вид ризику - інфраструктурний проект, і система управління безпекою на об'єктах транспорту. Тому специфіка діяльності на об'єктах транспорту, на погляд автора є джерелом виникнення ряду ризик образуючих факторів, відмінних для кожної окремо взятої галузі і сфери діяльності. У табл. 2 вказані шкали для оцінювання імовірності виникнення ризиків у проектах транспортної інфраструктури та оцінювання їх наслідків.

Таблиця 2

Шкала для оцінювання ймовірності виникнення ризиків

Оцінка (бал)	Ймовірність інфраструктурних ризиків
0,01 - 0,24	Дуже низька (ризик без різких змін не виявиться)
0,25 - 0,49	Низька (ризик, скоріше, не виявиться)
0,5	Ймовірності появи та не появи рівні
0,51- 0,75	Висока (ризик, скоріше, виявиться)
0,76 – 0,99	Дуже висока (ризик без різких змін виявиться)

Висновки. Дослідження дало змогу імплементувати ризик-орієнтовані підходи до розвитку системи безпеки морського транспорту, що дозволило формалізувати діяльність ризик-менеджерів з прийняття рішень, пов'язаних з управління проектами та програмами розвитку складних систем.

1. Встановлено фактори ризику інфраструктурного проекту відповідно до матриці чутливості та передбачуваності виконано їх ранжування та встановлено, що в першу зону подальшого аналізу потрапили фактори: негативного результату – технічний виріб пошкоджений з вини замовника; неможливості встановити причину аварії суден; помилкового вибору ідеї.

2. Встановлено, що витрати на реалізацію неоднорідного проекту мають бути меншими за витрати придбання нового виробу ідентичного наявному. Цінність нового виробу має бути більшою ніж залишкова вартість наявного виробу. Прибуток зменшений на ризик дорівнює вартості нового технічного виробу мінус витрати на реалізацію проекту та залишкову вартість.

Література

1. O'Neil, W. Why Risk Management in Shipping? Executive Session on Maritime Risk Management. / W. O'Neil. − Malmo, Sweden. − 9. X. – 2000 -200c.
2. ISO IEC 31010:2009 Risk management–Risk assessment techniques "ISO IEC 31010:2009 "Risk management". – 176c. DOI:org/10.3403/30183975.
3. Jüttner, U. "Supply chain risk management: Understanding the business requirements from a practitioner perspective" / U. Jüttner. The International Journal of Logistics Management, Vol. 16 Iss:1, 2005. 120–141c. DOI:org/10.1108/09574090510617385.
4. Waters, D. Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics./ D. Waters. 2ed.:Philadelphia, 2011 – 255c.
5. Бушуева, Н. С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития [Текст] / Н. С. Бушуева. – К.: Наук. світ, 2007. – 270 с.
6. Гогунский, В. Д. Основные законы проектного менеджмента [Текст] / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко // IV міжнар. конф.: «Управління проектами: стан та перспективи». – Миколаїв: НУК, 2008. – С.37 – 40.
7. Гогунский, В.Д. Обоснование закона о конкурентных свойствах проектов [Текст] / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко, П.А. Тесленко //Управління розвитком складних систем. – Вип. 8. – К.: КНУБА, 2012. – С.14 – 16.
8. Крамський С.О. Гібридні парадигми та закони ініціації функціонування проектно-орієнтованого управління / С.О. Крамський [Текст] // IV міжнар. наук.-практ. конф. "Інформаційні управляючі системи та технології": Мат. тез доповідей. - О.: ОНМУ, 2015. – С.322-325.
9. IMO Maritime Safety Committee: "Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment" (Временное руководство по применению Формализированной Оценки Безопасности), MSC Circular 829, London, 1997. - 45 с.
10. Boyko, V. Concept implementation of decision support software for the risk management of complex technical system / V. Boyko, N. Rudnichenko, S. Kramskoy, Y. Hrechukha, N. Shibaeva // Springer international publishing book, № 17.2017. С.255-269. DOI:org/10.1007/978-3-319-45991-2_17.
11. Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO Rule-making process. MSC/Circ.1023, MEPC/Circ.392 – London, 2002.- 54 с.

12. Крамський, С.О. Міжнародне співробітництво у вирішенні проблем соціально-економічного розвитку регіонів у аспектах управління ризиками / С.О. Крамський [Текст] // Мат. V наук.-практ. конф. "Європейська інтеграція в контексті світових глобалізаційних процесів": Наукове видання. Збірник мат. тез доповідей. - О.: ОРІДУ НАДУ, 2017.– С.202-204.
13. Іванов В.В. Моделі та евристичні методи управління проектами зворотного інжинірингу: Автореф. дис… докт.техн.наук: 05.13.22 / Іванов Віктор Володимирович. – О.:ОНМУ. – 2016.- 42с.
14. Verma V. Managing the project team. The human aspects of project management./ V. Verma – V.3, Pennsylvania, PA: PMI, 1997. – 296.

R e f e r e n c e s

1. O'Neil W.(2000) Why Risk Management in Shipping? Executive Session on Maritime Risk Management. / W. O'Neil. − Malmo, Sweden. − 9. X. − 200.
2. ISO IEC 31010:2009 Risk management–Risk assessment techniques "ISO IEC 31010:2009 "Risk management". – 176. DOI:org/10.3403/30183975.
3. Jüttner, U. (2005) "Supply chain risk management: Understanding the business requirements from a practitioner perspective",The International Journal of Logistics Management, Vol. 16 Iss:1. 120–141. DOI:org/10.1108/09574090510617385.
4. Waters, D. (2011) Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics. 2ed.:Philadelphia. - 255.
5. Bushueva, N.S. (2007). Models and methods for proactive management of organizational development programs. Kyiv, Science's world, 270.
6. Gogunsky, V.D., Rudenko, S.V., Teslenko, P.A. (2012). Justification law on competitive properties projects. Management of development of difficult systems. Kyiv, KNUCA, 8, 14 – 16.
7. Gogunsky, V.D., Rudenko, S.V. (2008). Basic laws of project management. IV International conference"Project management: status and prospects". Nikolaev, NUS, 37 – 40.
8. Kramskiy, S.O. (2015) Hybrid paradigm laws and initiating operation of project-oriented management. IV International conference «Information control systems and technologies» Odessa, ONMU, 322-325.
9. IMO Maritime Safety Committee (1997) "Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment", MSC Circular 829, -London, 45.
10. Boyko, V., Rudnichenko, N.,. Kramskoy, S., Hrechukha, Y., Shibaeva, N. (2017) Concept implementation of decision support software for the risk management of complex technical system / Springer international publishing book. 17, 255-269. DOI:org/10.1007/978-3-319-45991-2_17.
11. Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO Rule-making process (2002). MSC/Circ.1023, MEPC/Circ.392 – London, 54.
12. Krams′kiy, S.O. (2017) Mizhnarodne spivrobitnytstvo u vyrishenni problem sotsial′no-ekonomichnoho rozvytku rehioniv u aspektakh upravlinnya ryzykamy Mat. V nauk.-prakt. konf. "Evropeys′ka intehratsiya v konteksti svitovykh hlobalizatsiynykh protsesiv": Naukove vydannya. Zbirnyk mat. tez dopovidey. Odessa, ORIPA NAPA, – 202-204.
13. Ivanov V.V. (2016) Models and heuristic methods of management projects of reverse engineering: The manuscript DSc. (Eng.). 05.13.22. Odessa: ONMU. 42.
14. Verma V. (1997) Managing the project team. The human aspects of project management. – V.3, Pennsylvania, PA: PMI. – 296.

Крамской С.А. Риск-ориентированный подход управления системами транспортной безопасности.

В статье раскрыты особенности имплементации риск инструментов неоднородных проектов транспортной безопасности, общие закономерности их функционирования в инфрастуктурных, технических и сферах транспорта. Таким образом, анализ рисков и безопасности является основой которая может служить для формализованной оценки безопасности и оценки методами риск-менеджмента. В основе управления риском лежат законы сравнения затрат и получаемых выгод от снижения рисков. Обоснована целесообразность синтеза риск-ориентированных средств и выявления инновационных сфер транспортных проектов, которые можно получить только в условиях гибкой среды. Получили развитие комплексный подход имплементации риск-ориентированного подхода управления системами транспортной безопасности, а также риск методы инновационных инфрастуктурных неоднородных проектов.

Ключевые слова: *риск-ориентированных средств, управление системами транспортной безопасности, формализованная оценка безопасности.*

Kramskiy S. Risk-oriented approach management system of transport safety.

The article reveals the peculiarities of implementation of the risk of instruments of heterogeneous transport safety projects, general patterns of their functioning in infrastructure, technical and transport spheres. Thus, the analysis of risks and safety is the basis which can serve for a formal safety assessment and risk management methods. Risk management is based on the laws of comparison of costs and benefits obtained from risk reduction. The expediency of synthesis of risk-oriented means and identification of innovative spheres of transport projects that can be obtained only under conditions of a flexible environment is substantiated. The features of the implementation of the risk of innovative projects tools, the general laws of their functioning in a natural, technogenic and social spheres. Thus, risk and safety analysis can be used for formal safety assessment methods and risk management. The risk management is based on the technique of comparing costs and benefit from risk reduction. Substantiated synthesis of modern risk-oriented funds and the identification of innovation projects that can only be obtained with a flexible infrastructure projects. Formal safety assessment this method is relatively new to the innovative industry, has long been known and used in many types of manufacturing, in the field industrial risk management - systems for the analysis and selection of priority actions, assess their impact, benefits and costs. Definition of control steps is the selection of measures that help project team to reduce or eliminate the appropriate level of risk. The complex approach of implementing a risk-oriented approach to managing transport safety systems, as well as the risk methods, about innovative heterogeneous projects have been developed.

Keywords: *risk-oriented means, management of transport safety systems, formalized safety assessment.*

Крамський С.О. – к.т.н., доцент кафедри «Управління і адміністрування» Одеський інститут Міжрегіональної академії управління персоналом,
e-mail: morsubs@rambler.ru.

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

Стаття подана 16.03.2017

УДК 658.7:629.47(477)

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕМОНТНОГО ГОСПОДАРСТВА ДЕПО ОПТИМАЛЬНИМ РОЗМІРОМ ЗАПАСІВ

Крашенінін О.С., Пономаренко О.В., Яковлев С.С.

PROVISION OF THE MAINTENANCE SERVICE OF THE DEPOT WITH THE OPTIMAL SIZE OF REPAIR STOCKS

Krasheninin O., Ponomarenko O., Yakovlev S.

Традиційна система технічного обслуговування (ТО), поточного ремонту (ПР) рухомого складу (РС) передбачає обов'язкове забезпечення ремонтного господарства оборотним запасом вузлів і агрегатів. В сучасних умовах зв'язаний капітал у вигляді запасів економічно не завжди обгрунтований з урахуванням зниження обсягів перевезень і старінням локомотивного та вагонного парку. Відповідно до цього в статті розгядається новий підхід до формування і організації роботи системи забезпечення ремонтного господарства депо. Показано, що вирішення задачі розрахунку оптимального запасу агрегатів необхідно координувати з постачальниками готової продукції.

Ключові слова: *оптимальний розмір замовлення, питомі витрати на замовлення*

Вступ. В нашій країні і за кордоном стратегія утримання рухомого складу (локомотивів і вагонів) спрямована на зниження всіх витрат при ТО, ПР протягом всього життєвого циклу.

Так для забезпечення функціонування ремонтного господарства депо виконане розділення виробничої діяльності на експлуатаційну і ремонтну складові [1, 3, 4]. В свою чергу це передбачає, що ремонтні заводи поряд з виконанням «великих» ремонтів будуть забезпечувати запасними частинами локомотивні і вагонні депо. Разом з цим, як показує аналіз вітчизняного і світового досвіду, найбільш доцільною є модель, коли головну відповідальність за технічний стан локомотивів і вагонів за весь їх життєвий цикл повинен нести завод-виготовлювач [9-11]. Це дає можливість інвестувати зусилля на удосконалення їх конструкції, підвищення надійності, забезпечення сучасним ремонтним обладнанням, організувати гнучкий зв'язок між різними гілками ремонтного і виробничого господарства.

Постановка проблеми. Функціонування ремонтного господарства можна буде вважати ефективним, коли воно буде базуватися на сучасних наукових дослідженнях, а різні новації будуть застосовуватись в бізнесі. В цьому плані перспективним напрямком є створення бази даних щодо передових наукових досліджень, що зацікавлять бізнес, в тому числі, в плані ефективної організації роботи підрозділів залізничного господарства. Стратегія переходу від застарілих форм взаємодії постачальник – залізниця повинна враховувати функціональний принцип організації роботи господарств депо, що передбачає відокремлення ремонтних і експлуатаційних лінійних підприємств, створення сучасної системи управління ремонтними комплексами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В УкрДУЗТ і ряді науково-дослідних організацій і ВУЗів виконані дослідження щодо обґрунтування оптимальної роботи ТО, ПР рухомого складу [1, 2, 4, 7]. Аналіз напрямків, зокрема, показує спрямованість досліджень на врахування особливостей розвитку інфраструктури для формування системи утримання РС. Значна увага приділяється оптимізації системи експлуатації РС, впровадження в ТО, ПР діагностичного забезпечення, засобів автоматизації і інформаційних технологій, оптимізації життєвого циклу РС, в тому числі можливості його подовження в понаднормативний період.

В умовах формування ринкових відносин виникає необхідність збалансованого забезпечення роботи системи виробництва і експлуатації РС.

Мета статті полягає в коректуванні підходів щодо визначення оптимальної взаємодії ремонтних господарств депо, виробників і постачальників ремонтного фонду.

Основний зміст. Традиційно локомотивні і вагонні депо отримують комплектуючі до рухомого складу при виконанні ремонтів від підприємств, що спеціалізовані на виробництво або ремонт відповідного обладнання. За останній час, коли значно підвищилися ціни за надані послуги, постає питання щодо оптимізації обсягів цих послуг. З одного боку можна створювати запаси більші, ніж необхідно,

особливо на обладнання оригінальне та яке часто використовується. Однак може виникнути ситуація, коли не весь обсяг комплекту замовлень необхідний, і депо, звичайно, залишає його на складі, а, з іншого боку, поставлена продукція може в деякій мірі не повністю відповідати чи навіть виходити з ладу до початку експлуатації. В першому випадку при стабільній економічній ситуації витрати несе депо на збереження поставленого замовлення, що перевищило потребу. Однак можлива ситуація, коли надані надлишки замовлень можуть бути не потрібні, і спроби його повернути постачальнику або неможливі або будуть реалізовані за меншою ціною. В другому випадку в будь-якій економічній ситуації потрібне додаткове постачання комплекту обладнання, що потребує додаткових витрат. В цих умовах треба вибрати правильну стратегію для визначення розміру комплектуючих запасів [5, 6].

Формалізуємо поставлені задачі і введемо наступні позначення:

c – ціна одиниці замовленої продукції, що постачає даний постачальник;

v – ціна одиниці замовленої продукції, яка опинилася в надлишку (при цьому $0 \le v \le c$);

K – витрати, пов'язані з оформленням додаткового замовлення при виникненні такої необхідності;

$p_x(j)$ – ймовірність того, що з партії в x одиниць заказаної продукції j одиниць продукції виявляться непридатними для використання за результатами технічної перевірки ($p_x(j) < 1$).

Припустимо, що необхідне число справних (придатних для використання) одиниць продукції дорівнює N, а замовлення оформляється на x одиниць продукції ($x \ge N$). Якщо несправними виявляються j одиниць продукції, причому $j \le x - N$, то потреби депо будуть виконані, але $N - (x - j)$ одиниць продукції залишаються не використаними. Якщо $j > x - N$, то невиконані потреби депо складуть $N - (x - j)$ одиниць продукції.

Таким чином, при $j > x - N$ буде потрібне повторне замовлення. При цьому завдання прийняття рішення носить такий же характер, що і в попередньому варіанті. Різниця полягає лише в тому, що тепер потрібне менше число одиниць продукції. У будь-якому випадку для прийняття рішення необхідна інформація щодо попередньої партії одиниць продукції, яка дозволяє визначити, яка кількість справних одиниць продукції потрібна депо додатково. Таким чином, відповідною змінною, що характеризує задовільнення депо, є додаткове число справних одиниць продукції, в яких депо відчуває потребу.

Нехай оптимальною є стратегія, при якій мінімізуються очікувані сумарні витати на повне задоволення потреб депо в одиницях продукції. Позначимо через n необхідне число одиниць продукції і проаналізуємо, чому будуть дорівнювати витрати, якщо замовити x одиниць продукції. При цьому з повної вартості x одиниць продукції потрібно відняти математичне очікування вартості несправних одиниць продукції, так як вони повертаються заводу-постачальнику за умовами компенсації. Якщо ж число несправних одиниць продукції виявиться настільки незначним, що потреби депо будуть повністю задоволені і навіть залишаться надлишки справних одиниць продукції, слід врахувати скорочення очікуваних сумарних витрат на величину вартості невитрачених одиниць продукції. Якщо ж число несправних одиниць продукції виявиться занадто великим і тому доведеться робити додаткове замовлення, в сумарні очікувані витрати необхідно додати величину витрат при повному замовленні K, що помножена на ймовірність виникнення потреби в повторному замовленні. Аналогічно враховуються очікувані витрати при повторному виникненні потреб в справних одиницях продукції.

Таким чином, позначивши через $f(n)$ мінімальні очікувані витрати в разі, коли потрібно n справних одиниць продукції, матимемо [6]

$$f(n) = \min_{x>n} \left\{ c\left[x - \sum_{j=0}^{x} j p_x(j) \right] - v \sum_{j=0}^{x-n} (x-n-j) p_x(j) + \right.$$
$$\left. + \sum_{j=x-n+1}^{x} \left[K + f(n-x+j) \right] p_x(j) \right\}, \quad (1)$$

Значення $x(n)$, що визначає $f(n)$, представляє оптимальний розмір партії одиниць продукції. Послідовність $x(n)$, для $n = 1, 2, 3, ..., n$ представляє оптимальне правило для прийняття керуючого рішення. Якщо необхідно N одиниць продукції, то послідовно обчислюються $f(n)$ для $n = 1, 2, 3, ..., N$. Після спрощень співвідношення (1) приводиться до вигляду, зручного для отримання чисельного рішення

$$f(n) = \min_{x \ge n} \left[1 - p_x(x)\right]^{-1} \left\{ c\left[x - \sum_{j=0}^{x} j p_x(j) \right] - v \sum_{j=0}^{x-n} (x-n- \right.$$
$$\left. -j) p_x(j) + K \sum_{j=x-n+1}^{x} p_x(j) + \sum_{j=x-n+1}^{x-1} f(n-x+j) p_x(j) \right\}, \quad (2)$$

в якому виключений член, що дорівнює $n = 1$.

Приймемо біноміальний розподіл виявлення несправних одиниць продукції [5, 6]

$$p_x(j) = \frac{x!}{j!(x-j)!} p^j (1-p)^{x-j}, \quad j = 0,1,...,x,$$

де p представляє ймовірність виявлення несправної одиниці продукції. Тоді оптимальні розміри партії одиниць продукції $x(n)$, коли потрібно n одиниць продукції, наприклад, для випадків $p = \frac{1}{4}$, $p = \frac{1}{2}$,

$$p = \frac{3}{4}, K = 50 y.o. \text{і} K = 1000 y.o., C = 10 y.o., v = 0,$$

визначені в табл. 1.

Таблиця 1

Визначення партій одиниць продукції

		$p=\frac{1}{4}$			$p=\frac{1}{2}$			$p=\frac{3}{4}$		
K	*n*	*x(n)*	*f(n)*	*f(n)-cn*	*x(n)*	*f(n)*	*f(n)-cn*	*x(n)*	*f(n)*	*f(n)-cn*
50	1	2	19,3	9,3	3	24,3	14,3	8	27,8	17,18
	2	3	33,5	13,5	6	38,3	18,3	13	42,7	22,7
	3	5	44,9	14,9	8	51,3	21,3	17	56,1	26,1
	5	8	68,3	18,3	12	75,7	25,7	26	80,9	30,9
	10	15	123,8	23,8	23	132,4	32,4	46	138,8	38,8
1000	1	4	34,0	24,0	7	43,1	33,1	17	50,4	40,4
	2	6	49,8	29,8	11	61,1	41,1	24	69,5	49,5
	3	8	64,4	34,4	13	76,7	46,7	30	86,2	56,2
	5	11	90,3	40,3	19	105,1	55,1	41	116,5	66,5
	10	19	151,7	51,7	31	170,5	70,5	67	184,5	84,5

Наприклад, розрахунок *f(n)* при $K=50,\ p=\frac{1}{4},\ C=10,\ v=0,\ n=1,$ виконується таким чином

$$P_2(0)=\frac{2!}{0!2!}\left(\frac{1}{4}\right)^0\left(\frac{3}{4}\right)^2=\frac{9}{16}.$$

$$P_2(1)=\frac{2!}{1!}\cdot\frac{1}{4}\cdot\frac{3}{4}=\frac{3}{8}.$$

$$P_2(2)=\frac{2!}{2!0!}\cdot\frac{1}{4}\cdot\frac{3}{4}=\frac{1}{16}.$$

$$P_1(1)=\frac{1!}{1!0!}\cdot\frac{1}{4}\cdot\frac{3}{4}=\frac{1}{4}.$$

$$f\left(n=1\right)=\left[1-\frac{15}{16}\right]^{-1}\left[10\left[2-\sum_{j=0}^{x=2}0\cdot\frac{9}{16}+1\cdot\frac{3}{8}+2\cdot\frac{1}{16}\right]\right]+$$

$$+50\sum_{j=2}^{x=2}\frac{1}{16}+\sum_{j=1}^{x=1}(1-2+2)\cdot\frac{1}{4}=19,3.$$

Аналогічно виконані інші розрахунки для заповнення таблиці 1.

Наведені розрахунки представлені у вигляді графічних залежностей на рис. 1, 2.

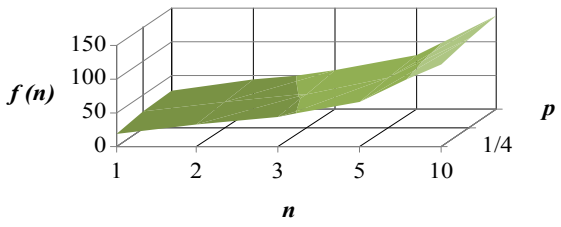


Рис. 1. Залежність функції витрат *f(n)* від *n*, *x(n)*, *p* при *K*=50 у.е.

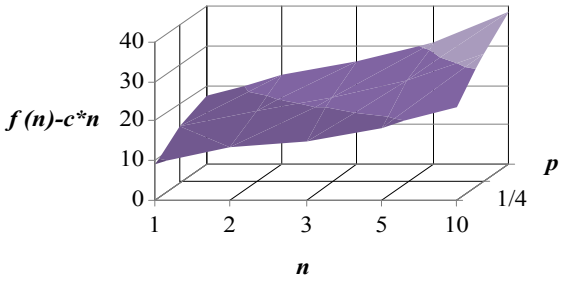


Рис. 2. Залежність гарантії постачальників *f(n)–cn* від *n*, *x(n)*, *p* при *K*=50 у.е.

При збільшенні значень *n*, *p*, *K* значення *x(n)* зростає. Зміна *x(n)* в залежності від значень *n* і *K* при $p=\frac{1}{2},$ наведена в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати зміни партій одиниць продукції в залежності від значень *n* та *K*

	K			
n	50	500	5000	50000
1	3	6	9	13
2	6	9	13	17
3	8	12	16	20
5	12	17	22	27
10	23	30	36	41

Якщо розмір замовленої партії продукції дорівнює $\bar{x}$, то очікувана кількість продукції придатної для використання, дорівнює $(1-p)\bar{x}$. Отже, при $\bar{x}=\frac{n}{1-p},$ очікувана кількість справних одиниць продукції збігається з необхідною кількістю *n*. У розглянутому прикладі значення *x(n)* завжди перевищує $\bar{x}$. Значення різниці *x(n)-x*, тобто гарантійної частки партії, наведені в таблиці 3. Як видно з розрахунку різниця *x(n)-x* зі збільшенням зростає *n*.

Таблиця 3

Визначення гарантійної частки партії

		$p=\frac{1}{4}$		$p=\frac{1}{2}$		$p=\frac{3}{4}$	
K	*n*	$\overline{x}$	*x(n)-x*	$\overline{x}$	*x(n)-x*	$\overline{x}$	*x(n)-x*
50	1	1,33	0,66	2	1	4	4
	5	6,66	1,33	10	2	20	6
	10	13,33	1,66	20	3	40	6
1000	1	1,33	2,66	2	5	4	13
	5	6,66	4,33	10	9	20	21
	10	13,33	5,66	20	11	40	27

Один із способів оцінити економічні наслідки невизначеності спираються на порівняння значень *f(n)* та *cn* (мінімальні затрати в разі придбання *n* справних деталей). Різниця *f(n)-cn* можна інтерпритувати як максимум того, що готове було заплатити депо за гарантію постачальника поставляти тільки справну продукцію значення *f(n)-c·n* для задачі, яка розглядається приведені в таблиці 1. Як видно, вказана різниця збільшується з ростом *n, K і p,* а відношення $\frac{[f(n)-c\cdot n]}{n}$ із ростом *n* зменшується.

Наведені розрахунки (табл. 2-3) представлені у вигляді графічних залежностей на рис. 3-4.

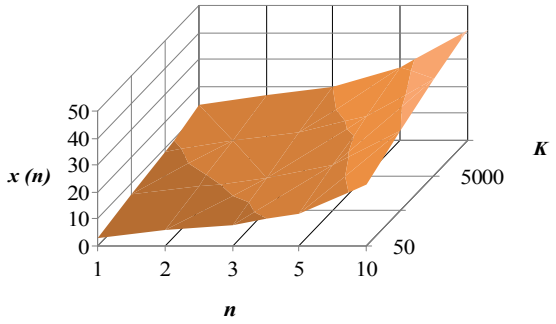


Рис. 3. Залежність величин замовлень *x(n)* від *n*, і *p* при *K*=50 у.е.

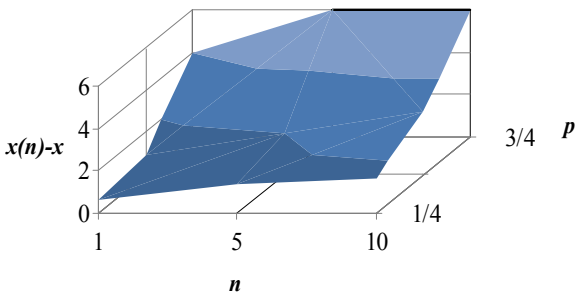


Рис. 4. Залежність гарантійної частки партії *x(n)–x* від *n*, і *p* при *K*=50 у.е.

Висновки. Досягнення мінімальних очікуваних витрат на замовлення в різному ступені залежить від таких чинників: імовірності виявлення несправної одиниці продукції, величини замовленої партії продукції і додаткових витрат при повторному оформленні замовником.

Найбільший вплив на витрати на замовлення оказує величина додаткових витрат на оформлення повторного замовлення *K*, що також впливає на величину замовлення *x* (*n*) (рис. 1, 2).

Величина гарантії виплат постачальнику за якісну продукцію також залежить від додаткових витрат на замовлення продукції і величини замовлення, що визначається зменшенням ймовірності виявлення однієї несправної одиниці продукції *p*.

В умовах переходу галузі на принципи сервісного обслуговування слід враховувати вплив наведених чинників на величину витрат на забезпечення ремонтного господарства депо необхідним комплектуючим фондом, управління якістю і є можливість забезпечення гнучкого впливу на оптимізацію роботи ремонтних підрозділів.

Література

1. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин [и др.].– Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2011. – 174 с.
2. Колегаев Р. Н. Определение оптимальной долговечности технических систем. – М.: Советское радио, 1967. – 112 с.
3. Оцінка показників ТО при подовженні терміну експлуатації ТРС по наробці / [Е. Д. Тартаковський, О. В. Устенко, О. С. Крашенінін та ін.] // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.– Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 132. – С. 5-11.
4. Крашенінін О. С., Харламов О. П. Оцінка ефективності системи подовження терміну служби ТРС більш нормативного і оновлення експлуатаційного парку / Вісник Східноукраїнського університету ім. Володимира Даля: наук. журнал. – Луганськ, 2012. – № 3(174). – С. 109-113.
5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). – М: Наука, 1978.– 832 с.
6. Вагнер С. Основы исследования операций. – том 3.– М: Мир, 1973. – 501 с.
7. Байнхельт Ф.,Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход. – М: Радио и связь, 1988. – 392 с.
8. Alinovi A., Bottani E., Montanari R. Reverse Logistics: A stochastic EOQ-based inventory control model for mixed manufacturing/remanufacturing systems with return policies / International Journal of Production Research. – 2012. – 50 (5), pp. 1243–1264.
9. Basten R.J.I., van Houtum G.J. System-oriented inventory models for spare parts / Surveys in Operations Research and Management Science. – 2014. – № 19 (1), pp. 34-55.
10. Cantos P., Pastor J., Serrano L. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways / J. of Transport and Statistics. – 2000. – № 3. – pp. 61–68.
11. Cohen M.A., Agrawal N., Agrawal V. Winning in the after market / Harvard Business Review. – 2006. – № 84(5), pp. 129-138.
12. DeCroix G.A., Zipkin P.H. Inventory management for an assembly system with product or component returns / Management Science. 2005. – № 51 (8), pp. 1250–1265.
13. Feng Y., Viswanathan S. Heuristics with guaranteed performance bounds for a manufacturing system with product

recovery / European Journal of Operational Research. – 2014. – № 232 (2), pp. 322–329.
14. Fleischmann M., Bloemhof-Ruwaard J.M., Dekker R., Van Der Laan E., Van Nunen, J.A.E.E., Van Wassenhove L.N. Quantitative models for reverse logistics: A review / European Journal of Operational Research. – 1997. –№ 103 (1), pp. 1–17.
15. Fleischmann M., Kuik R., Dekker R. Controlling inventories with stochastic item returns: A basic model / European Journal of Operational Research. – 2002. – № 138 (1), pp. 63–75.
16. Govindan K., Soleimani H., Kannan D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future / European Journal of Operational Research. – 2014. – № 240 (3), pp. 603-626.
17. Guide Jr. V.D.R., Srivastava, R. Repairable inventory theory: Models and applications / European Journal of Operational Research. – 1997. – № 102 (1), pp. 1-20.
18. Hughes M. Cost and capacity drive high speed train design/ Railway Gazette International. – 2010. – № 5. – pp. 37–39.
19. New technology center for temple mills train service Eurostar / Railway Gazette International. – 2008. – № 10.– pp. 820–821.
20. Rappold J.A., Van Roo B.D. Designing multi-echelon service parts networks with finite repair capacity/ European Journal of Operational Research. – 2009.– № 199 (3), pp. 781-792.
21. Turki S., Hennequin S., Sauer N. Perturbation analysis for continuous and discrete flow models: A study of the delivery time impact on the optimal buffer level / International Journal of Production Research. – 2013. – № 51(13), pp. 4011-4044.

R e f e r e n c e s

1. Metody otsenki zhiznennogo tsikla tyagovogo podvizhnogo sostava zheleznykh dorog: monografiya / E. D. Tartakovskiy, S. G. Grishchenko, YU. Ye. Kalabukhin [i dr.].– Lugansk: Izd-vo «Noulidzh», 2011. – 174 s.
2. Kolegayev R. N. Opredeleniye optimal'noy dolgovechnosti tekhnicheskikh sistem. – M.: Sovetskoye radio, 1967. – 112 s.
3. Otsinka pokaznykiv TO pry podovzhenni terminu ekspluatatsiyi TRS po narobtsi / [E. D. Tartakovs'kyy, O. V. Ustenko, O. S. Krasheninin ta in.] // Zb. nauk. prats Ukr. derzh. akad. zaliznych. transp.– Kharkiv: UkrDAZT, 2012. – Vyp. 132. – ss. 5-11.
4. Krasheninin O. S., Kharlamov O. P. Otsinka efektyvnosti systemy podovzhennya terminu sluzhby TRS bilsh normatyvnoho i onovlennya ekspluatatsiynoho parku / Visnyk Skhidnoukrayinskoho universytetu im. Volodymyra Dalya: nauk. zhurnal. – Luhansk, 2012. – № 3(174). – ss. 109-113.
5. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike (dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov). – M: Nauka, 1978.– 832 s.
6. Vagner S. Osnovy issledovaniya operatsiy. – tom 3.– M: Mir, 1973. – 501 s.
7. Baynkhel't F.,Franken P. Nadezhnost' i tekhnicheskoye obsluzhivaniye. Matematicheskiy podkhod. – M: Radio i svyaz', 1988. – 392 s.
8. Alinovi A., Bottani E., Montanari R. Reverse Logistics: A stochastic EOQ-based inventory control model for mixed manufacturing/remanufacturing systems with return policies / International Journal of Production Research. – 2012. – 50 (5), pp. 1243–1264.
9. Basten R.J.I., van Houtum G.J. System-oriented inventory models for spare parts / Surveys in Operations Research and Management Science. – 2014. – № 19 (1), pp. 34-55.
10. Cantos P., Pastor J., Serrano L. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways / J. of Transport and Statistics. – 2000. – № 3. – pp. 61–68.
11. Cohen M.A., Agrawal N., Agrawal V. Winning in the after market / Harvard Business Review. – 2006. – № 84(5), pp. 129-138.
12. DeCroix G.A., Zipkin P.H. Inventory management for an assembly system with product or component returns / Management Science. 2005. – № 51 (8), pp. 1250–1265.
13. Feng Y., Viswanathan S. Heuristics with guaranteed performance bounds for a manufacturing system with product recovery / European Journal of Operational Research. – 2014. – № 232 (2), pp. 322–329.
14. Fleischmann M., Bloemhof-Ruwaard J.M., Dekker R., Van Der Laan E., Van Nunen, J.A.E.E., Van Wassenhove L.N. Quantitative models for reverse logistics: A review / European Journal of Operational Research. – 1997. –№ 103 (1), pp. 1–17.
15. Fleischmann M., Kuik R., Dekker R. Controlling inventories with stochastic item returns: A basic model / European Journal of Operational Research. – 2002. – № 138 (1), P. 63–75.
16. Govindan K., Soleimani H., Kannan D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future / European Journal of Operational Research. – 2014. – № 240 (3), pp. 603-626.
17. Guide Jr. V.D.R., Srivastava, R. Repairable inventory theory: Models and applications / European Journal of Operational Research. – 1997. – № 102 (1), P. 1-20.
18. Hughes M. Cost and capacity drive high speed train design/ Railway Gazette International. – 2010. – № 5. – pp. 37–39.
19. New technology center for temple mills train service Eurostar / Railway Gazette International. – 2008. – № 10.– pp. 820–821.
20. Rappold J.A., Van Roo B.D. Designing multi-echelon service parts networks with finite repair capacity / (2009) European Journal of Operational Research. – 2009.– № 199 (3), pp. 781-792.
21. Turki S., Hennequin S., Sauer N. Perturbation analysis for continuous and discrete flow models: A study of the delivery time impact on the optimal buffer level / International Journal of Production Research. – 2013. – № 51(13), pp. 4011-4044.

Крашенинин А. С., Пономаренко Е. В., Яковлев С. С. Обеспечение ремонтного хозяйства депо оптимальным размером запасов.

Традиционная система технического обслуживания (ТО), текущего ремонта (ТР) подвижного состава (ПС) предусматривает обязательное обеспечение ремонтного хозяйства оборотным запасом узлов и агрегатов. В современных условиях связанный капитал в виде запасов не всегда экономически обоснован с учетом снижения объемов перевозок и старением локомотивного и вагонного парка. В соответствии с этим в статье рассматривается новый подход к формированию и организации работы системы обеспечения ремонтного хозяйства депо. Показано, что решение задачи расчета оптимального запаса агрегатов необходимо координировать с поставщиками готовой продукции.

Ключевые слова: *оптимальный размер заказа, удельные расходы на заказ*

Krasheninin O., Ponomarenko O., Yakovlev S. Provision of the maintenance service of the depot with the optimal size of repair stocks.

The traditional system of technical maintenance, current repairs of rolling stock provides for the mandatory provision of the maintenance service with turnover stock of nods and units. In the modern conditions, the linked capital in the form of stocks requires economic justification in terms of reduction in traffic volumes and aging of locomotives and rolling stock. Further operation of the maintenance service can be considered effective when it is based on up-to-date research, and various innovations will be used in business. Analysis of domestic and international experience shows that the most appropriate model is where the primary responsibility for the technical condition of locomotives and cars for the whole life cycle should be borne by the plant. This makes it possible to invest efforts in improving their design, increasing reliability, providing modern repair equipment, organizing a flexible connection between different branches of the repair and production services.

Keywords: *optimum size of the order, unit costs to order*

Крашенінін О.С. – д-р техн. наук, професор кафедри "Експлуатація та ремонт рухомого складу" Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків, e-mail: errs1@mail.ua.

Пономаренко О.В. – аспірант кафедри кафедри "Експлуатація та ремонт рухомого складу" Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків, e-mail: errs1@mail.ua.

Яковлев С.С. – аспірант кафедри кафедри "Експлуатація та ремонт рухомого складу" Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків, e-mail: errs1@mail.ua.

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

Стаття подана 22.03.2017

УДК 621.9

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КВАЗИГИПЕРБОЛОИДНЫХ ОБКАТНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И КВАЗИГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Кузьменко Н.Н.

THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURING HYPERBOLOID ROLLING TOOLS AND HYPERBOLOID GEARS

Kuzmenko N.

В статье рассмотрены экспериментальные исследования а также технология изготовления цилиндрического колеса цилиндро-гиперболоидной передачи с помощью гиперболоидной фрезы, совпадающей геометрически с основной гиперболоидной поверхность, что позволяет снизить трудоемкость на их изготовление в 2-3 раза и упрощает технологию изготовления гиперболоидных червяков и гиперболоидных зубчатых колес с улучшением точности, чистоты и волнистости обрабатываемых зубьев.
Ключевые слова: *гиперболоидное зубчатое колесо, станочное зацепление, эвольвентное колесо, квазиггиперболоидное зубчатое колесо, формообразование.*

Введение. В промышленности для нарезания зубьев цилиндрических колес в основном применяется метод обкатки в пространственном станочном зацеплении (оси скрещиваются) при помощи червячных фрез. Червячные фрезы с эвольвентным профилем из-за сложности затыловки, в настоящее время практически трудно осуществимы в промышленности, их заменяют на архимедовы и конволютные червячные фрезы. В результате нарезаемые зубья на цилиндрических заготовках получаются неэвольвентными, так как архимедовы и конволютные основные червяки являются несопряженными с эвольвентными поверхностями зубьев.

Постановка проблемы. Архимедовы и конволютные червячные фрезы заменены на квазигиперболоидные червячные фрезы, изготовленные на половине однополостного гиперболоида по второму способу Оливье. Так как основные поверхности совпадают с поверхностями на которых располагаются режущие кромки и имеют линейный контакт с нарезаемыми зубьями, то это значит, что передние грани фрезы затачиваются под углом, зависящим от обрабатываемого материала и материала фрезы и их твердостей. В результате усилия и мощность могут быть уменьшены в среднем в два раза, а точность нарезаемых эвольвентных зубьев будет зависеть только от величины подачи и точности механизмов станка и точности основного червяка

Анализ последних исследований и публикаций. Заготовки для инструментов и колес у которых передние режущие грани располагаются под углом, зависящим только от материалов и их твердостей как инструментов, так и квазигиперболоидного обрабатываемого инструмента (колеса). Такое положение объясняется тем, что инструменты не затылуются и остро не затачиваются. Материалом инструментов может быть технический алмаз или твердый сплав предлагаются Либукиным Л.Я. , Печенкиным В.Н. , Боголюбским К.А., Давыдовым Я.С., Ефименко А.Б., Матвеевым Г.А., Осиповой С.Д., фирмой “Рейсхауэр”, исследователями Японии и Германии. На таких заготовках из-за интерференции нельзя получить гиперболоидные инструменты и гиперболоидные зубчатые колеса.

Результаты исследований. Зуботочение квазигиперболоидных колес и обкатных инструментов можно осуществить по аналогии с зуботочением цилиндрических колес на зубофрезерных станках моделей 5К32, 5К328, шлицевых валов – на шлицефрезерных станках моделей МШ-300 и МШ-301Т. Обработку квазигиперболоидных колес и обкатных инструментов можно осуществить на модернизированных серийных зубофрезерных станках, а также зубофрезерных станках, имеющих малую характеристику порядка $\kappa = 4\text{-}6$. К таким станкам, например, относятся “Modul”, “Pfauter”.

Прежде чем нарезать зубья на квазигиперболоидном колесе и инструменте необходимо иметь квазигиперболоидную заготовку. Такие заготовки в настоящее время получают на токарных станках по копирам. Такой способ получения гиперболоидных заготовок малопроизводителен и самое главное неточен.

Квазигиперболоидные заготовки 1 могут быть изготовлены при помощи дискового резца 2 с тор-

цовой режущей поверхностью по схеме, приведенной на рис. 1. Вращение заготовки 1 и круглого резца 2 кинематически увязываются в зависимости от диаметров d_1 и d_2 (в горловом сечении) и угла наклона β по следующей зависимости $u_{21} = d_2 \cos\beta / d_1$. Вращения $\overrightarrow{\varpi_1}$ и $\overrightarrow{\varpi_2}$ направлены по стрелке часов, если смотреть с положительных направлений осей z_1 и z_2. Подача S резца по стрелке зависит только от режимов резания. Что касается диаметра d_1, то он равен диаметру впадин колеса или инструментального цилиндрического колеса, уменьшенному на удвоенный радиальный зазор в зацеплении этого колеса с квазигиперболоидным инструментом.

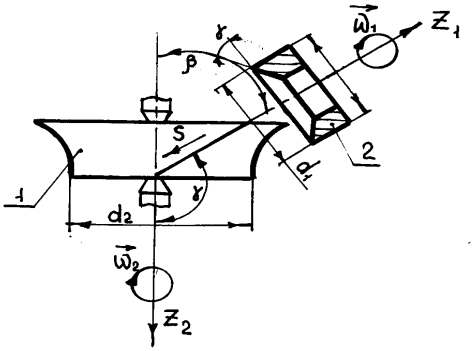


Рис. 1. Изготовление квазигиперболоидной заготовки

При уменьшении радиуса дискового резца, то есть цилиндра до нуля получают изделие в виде однополостного гиперболоида. На этом основании можно утверждать, что искомая поверхность, получаемая обкаткой цилиндра по своему виду должна напоминать однополостной гиперболоид.

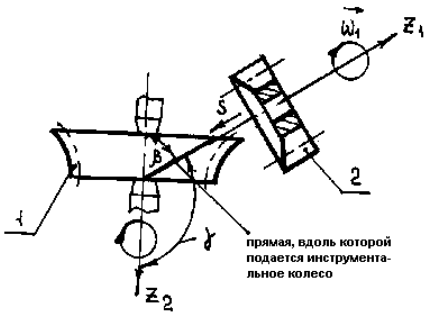


Рис. 2. Изготовление квазигиперболоидного колеса

Квазигиперболоидная заготовка 1 (Рис.2) может шлифоваться, если вместо резца 2 поставить шлифовальный круг и задать необходимые режимы резания.

После получения квазигиперболоидной заготовки производят нарезку зубьев методом обкатки при помощи цилиндрических обкаточных инструментов 2 (рис. 2).

Подача S в зависимости от станка, может задаваться квазигиперболоидной заготовке параллельно прямой, которая скрещивается с осью вращения однополостного квазигиперболоида.

Этот способ нарезания квазигиперболоидных зубьев может быть реализован на зубофрезерных станках с протяжным суппортом

На рис. 3 приведена схема изготовления и отделки квазигиперболоидного колеса (обкаточного инструмента 2).

Квазигиперболоидную заготовку 2 закрепляют на вращающемся шпинделе, который наклоняют на угол наклона зуба β по отношению к горизонтали. Производящее цилиндрическое колесо 1 закреплено на вращающемся столе так, чтобы его средняя плоскость проходила через диаметр стола.

Производящее цилиндрическое колесо 1, характеризующегося числом зубьев Z_1 и модулем m устанавливается, как показано на рис. 3.

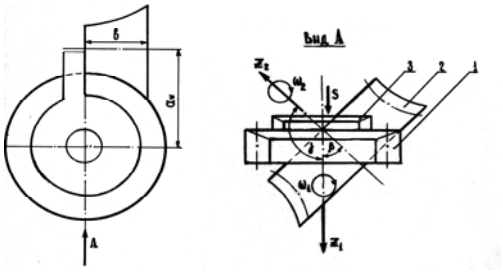


Рис. 3. Изготовление и отделка квазигиперболоидного колеса и обкаточного инструмента

На рис. 4 показано квазигиперболоидное колесо с геометрическими параметрами $z_2 = 40$; m=1,5 мм; $\beta = 60^\circ$, изготовленного при помощи цилиндрического колеса с параметрами z_1=50; $m = 1{,}5$ мм; $\beta = 0^\circ$.

Рис. 4. Квазигиперболоидное колесо с $z_2 = 40$; m=1,5 мм; $\beta = 60^\circ$

На рис. 5 изображена гиперболоидная передача с количеством зубьев z_1=50 и z_2=40, то есть передача, повторяющая станочное зацепление.

Рис. 5. Гиперболоидная передача с z_1=50 и z_2 =40

Вывод. Таким образом, впервые на практике квазигиперболоидный обкатной инструмент, полученный в пространственном станочном зацеплении, нарезает зубья цилиндрических колес в пространственном станочном зацеплении, когда ось нарезаемого цилиндрического колеса передвигается вдоль прямой, которая скрещивается с осью заготовки, что открывает новые направления в разработке различных машин и механизмов.

Литература

1. Журавлев В. Л. Технология изготовления глобоидных передач. – М.: Машиностроение, 1995.
2. Кириченко И.А. Гиперболоидная зубчатая передача, полученная цилиндрической производящей поверхностью: Зб. наукових праць.- Краматорськ: Вид-цтво ДДМА, вип.№11, 2001.- С.129-133.
3. Kuzmenko N., Кузьменко Н. Н., Кузьменко Н. М. Анализ станочного зацепления, в котором цилиндрическое колесо является эвольвентным. – 2016.
4. Патент № 1.980.237, кл. 74-427, автор Nikola Trobojevich.
5. Патент США № 1.972.544, кл. 90-4.
6. Кузьменко Н.Н. Экспериментальные исследования по изготовлению квазиглобоидных зубчатых колес // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2015. –Выпуск №34. – С. 75-79
7. Кузьменко Н.Н. Формообразование глобоидного станочного зацепления // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2014. –Выпуск №31. – С. 84-88
8. Litvin, F.L. Development of Gear Technology and Theory of Gearing. NASA RP-1406, 1998. – 113 p.
9. Pekrun:Hohleistungs.-Globoidschnecken-Getriebe/Maschinenfabrik Pekrun Getriebebau GMBH/s.n., 1983. Katalog G 303/ - 34 s. (ФРГ).
10. Olivier T. Theorie geometrical des enqrenages, Paris, 1842.- 111 p

References

1. Zhuravlev V.L. Technology of globo-idnyh gear. - M.: Mechanical Engineering, 1995.
2. Kirichenko I. A. Hyperboloid gear transmis-sion obtained producing cylindrical surface: SC. scientific works. - Crum-torsk: Type-tstvo DDMA, VIP. № 11, 2001. - P.129-133.
3. Kirichenko I.A., Vitrenko V. A., Vitrenko A.V., Gears on the shafts of mating // International collection of scientific papers "of progressive technologies and systems engineering industry." - Donetsk: DSTU. - 2002.-№ 19. - P. 83-88.
4. Patent № 1.980.237, кл. 74-427, author Nikola Trobojevich.
5. Patent of the USA № 1.972.544, кл. 90-4.
6. Kuzmenko N. Experimental studies on the production of quasi-globoid gears //Bulletin of NTU "KhPI"/ - Kharkiv/ - 2015. – 34 / P. 75-79
7. Kuzmenko N. Forming of the globoid machine tooling//Bulletin of NTU "KhPI"/ - Kharkiv/ - 2014. – 31 / P. 84-88
8. Litvin, F.L. Development of Gear Technology and Theory of Gearing. NASA RP-1406, 1998. – 113 p.
9. Pekrun:Hohleistungs.-Globoidschnecken-Getriebe/Maschinenfabrik Pekrun Getriebebau GMBH/s.n., 1983. Katalog G 303/ - 34 s. (ФРГ).
10. Olivier T. Theorie geometrical des enqrenages, Paris, 1842.- 111 p

Кузьменко Н.М. Технологія виготовлення квазігіперболоїдних обкатних інструментів і квазігіперболоїдних зубчастих коліс.

У статті розглянуті експериментальні дослідження а також технологія виготовлення циліндричного колеса циліндро-гіперболоїдної передачі циліндричних зубчастих коліс за допомогою гіперболоїдної фрези (виробляє поверхні), що збігається геометрично з основною гіперболоїдної поверхню, що дозволяє знизити трудомісткість на їх виготовлення в 2-3 рази і спрощує технологію виготовлення гіперболоїдних черв'яків і гіперболоїдних зубчастих коліс з поліпшенням точності, чистоти і хвилястості оброблюваних зубів.

Ключові слова: *гіперболоїдне зубчасте колесо, евольвентнее колесо, глобоїдноє зубчасте колесо, квазіглобоїдноє зубчасте колесо, формоутворення.*

Kuzmenko N. The technology of manufacturing hyperboloidrolling tools and hyperboloid gears.

In the article development of theory of receipt is considered in the analytical type of the machine-tool kvazigloboidnogo toothed hooking with a linear contact between a cylindrical evol'ventnym wheel and cut kvazigloboidnym neevol'ventnym wheel, at the offered chart of formoobrazovaniya of kvazigloboidnykh coils (points) a linear contact will turn out at any gear-ratio, that will allow to cut prime cost making of gear-wheels on 20%. Major geometric and kinematic parameters of produced globoid teeth wheels are as follows: relative sliding speed; total speed of contacting surfaces displacement; angle between vector of relative speed and direction of contact lines; transformed curvature of contacting surfaces; specific slides at the instrument tooth and teeth wheel being treated; the length of contact line. Analysis of these parameters allowed to increase precision of globoid teeth wheel due to perfection of their shape formation scheme.

Estimation of precision of globoid teeth wheels treatment by the suggested method of shape formation has been investigated in comparison with existing shape formation schemes.

Keywords: *kvazigloboidnoe gear-wheel, instrumental wheel, zubonarezanie, formoobrazovanie.*

Кузьменко Н.М. – к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії СНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 27.03.2017

УДК 622.278

АКТУАЛЬНІСТЬ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОЇ РОБОТИ НА ПРИКЛАДІ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ТА КОМЕРЦІЙНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Лаптінов О.С., Чернецька-Білецька Н.Б.

ACTUALITY OF TRANSPORT-FORWARDING WORK ON THE EXAMPLE OF LOGISTICS APPROACH TO PLANNING TRANSPORTATION AND COMMERCIAL OPERATIONS IN RAIL TRANSPORT

Laptinov O., Chernetska-Biletska N.

У статті розглядається актуальність транспортно-експедиторської роботи на прикладі логістичного підходу до планування вантажних та комерційних операцій на залізничному транспорті, наведені приклади переваг транспортно-експедиційних послуг. Основну увагу приділено актуальності та впровадженню логістики в транспортно-експедиторській роботі, при розробці ефективних транспортних маршрутів з метою підвищення рівня надання комерційних послуг потенційним клієнтам. Також розглянуті основні принципи логістичного підходу, які використовуються в транспортно-експедиторському обслуговуванні.

Ключові слова: *транспорт, експедиція, залізниця, актуальність, логістика, вантажооборот, аналіз, матеріальні потоки, оптимізація.*

Вступ. У сучасних ринкових умовах розвитку економіки, загострюється конкуренція на ринку транспортних послуг, і тому дуже актуальною стає проблема покращення якості і комплексності транспортного обслуговування підприємств, зниження транспортних витрат економіки. В цих умовах зростає роль спеціалізованих транспортно-логістичних і транспортно-експедиторських фірм та компаній, які беруть на себе функції оператора (координатора) логістичного процесу товароруху.

Транспорт - це фактор існування, дієздатності і розвитку різних галузей економіки та суспільства, який створює умови й можливості товарообміну і пересування людей на виробництво, навчання, відпочинок і т.д. Тільки збалансований і пропорційний розвиток всіх підсистем національної економіки, у т.ч. транспорту, робить її успішною і конкурентною на внутрішньому та світових ринках. Перевезення характеризуються ознаками, притаманними, з одного боку, послугам як соціально-економічній категорії, а з іншого боку, - властивих транспорту, як галузі матеріального виробництва. Тобто, ця послуга є результатом продуктивної суспільно-корисної і необхідної діяльності, носієм вартості.

Постановка проблеми. Взятий курс на інтеграцію України в європейську, світову транспортну системи потребує створення та використання міжнародних транспортних коридорів. На сьогодні Україна має великий потенціал для здійснення міждержавного транзиту, тому велика увага приділяється перевезенню вантажів різними видами транспорту і як ніколи постає питання фірм, компаній які будуть займатися транспортно-експедиторською роботою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах Д.В. Зеркалова, В.І. Копитко, О.В. Орловської, М. Залманова, А. Гаджинского та ін. розглядається транспортно-експедиторська робота та її діяльність як в загальному вигляді, так і з точки зору актуальності на сьогодення. А щодо логістики, то деякі вчені розглядають її, передусім, як науку, що дає змогу оптимізувати кооперативні зв'язки, інші вважають основним середовищем застосування логістики внутрішньовиробничі процеси з обов'язковим включенням у логістику питань планування завантаження обладнання, визначення розмірів партій випуску деталей. Однак, між транспортно-експедиційним обслуговуванням та логістичним управлінням можливо провести паралель, оскільки завдання логістики – це забезпечення отримання (доставки) продукції (товару) у потрібний час і місце при мінімальних можливих сукупних витратах та ресурсах, а це є основним принципом, який застосовується у ТЕО.

Мета статті. В роботі показана актуальність транспортно-експедиторської роботи та її переваги на залізниці в цілому.

Результати досліджень. Ефективність функціонування транспортної інфраструктури залежить від узгодженості дій транспортних систем різного рівня, а також від узгодження інтересів клієнтури і власників транспортних засобів. Але, узгодження інтересів клієнтів та власників засобів транспорту, з метою досягнення загального ефекту, можливо, у свою чергу, лише при об'єднанні транспортних систем різних рівнів складності в особливо великі. Широке використання логістики у господарській діяльності у наш час пояснюється необхідністю скорочення тимчасових інтервалів між пошуком сировинних джерел й постачанням товарів кінцевому споживачеві, скорочення часу реалізації товару, зменшення часу простоїв під вантажними та технічними операціями. Логістика дозволяє мінімізувати товарні запаси або взагалі відмовитись від їх використання, дає можливість скорочення часу доставки товарів від постачальника до споживача прямим шляхом, прискорює процес отримання інформації, підвищує рівень сервісу, а в кінцевому результаті – забезпечує економію витрат на здійснення перевізного процесу та роботи всієї інфраструктури.

Логістика, як молода наука, знаходиться сьогодні на стадії розвитку, але географія її застосування дедалі масштабніша. За її допомогою стає можливим вирішувати широке коло питань у різних галузях народного господарства, включаючи ТЕО, а також проблеми, що пов'язані із управлінням транспортом, складськими комплексами, запасами товарів, кадрами, інформаційними системами, комерційною діяльністю, сервісним обслуговуванням та дає можливість до продовження удосконалення взаємодії транспортної галузі з іншими галузями господарського сектору.

Принципова новизна логістичного підходу при вирішенні проблем транспортних галузей, який активно використовують молоді компанії у ТЕО, полягає в органічному взаємозв'язку та поєднанні інтеграційних процесів у цілісну матеріалопровідну схему. Логістичний підхід дає можливість до вирішення проблем та завдань у галузі технології, техніки, економіки та математики, виступає як наука, що поєднує у собі всі вищезгадані елементи. Логістичний підхід ґрунтується на ідеї наскрізного управління матеріальними потоками, сервісного обслуговування та функціонування складського господарства, що полягає в основі логістичної діяльності. Під поняттям логістичної діяльності слід розуміти інтеграцію процесу перевезень з виробничої сфери до споживача, що включає в себе вантажно-розвантажувальні операції, зберігання і транспортування товарів, а також необхідні інформаційні процеси, використовує процес планування, реалізації та контролю ефективних і економних з огляду на витрати переміщення та зберіганням матеріалів, напівфабрикатів та готової продукції, а також одержання інформації про постачання товарів від місця виробництва до місця споживання згідно з вимогами клієнтів [2]. Всі вищеназвані операції входять до спектру послуг транспортного обслуговування споживачів і створюють умови до розвитку активної комерційної діяльності. Наприклад, аналізуючи динаміку вантажообороту з 2002 по 2014 рр., можна відзначити, що в цілому за всіма видами транспорту цей показник залишився на одному рівні, хоча з 2004 по 2010рр. спостерігалось збільшення, а у 2011р. різке падіння. Однак, порівнюючи показники між різними видами транспорту (Таблиця 1) [7], можна констатувати, що, хоч і вантажообіг практично залишився на одному рівні, на залізничному транспорту він досягнув 237,7 млрд. ткм. у 2014р., проти 172,8 у 2002 році, що вимагає застосування логістичного підходу планування вантажних перевезень з метою зменшення транспортної складової у собівартості перевезеної продукції.

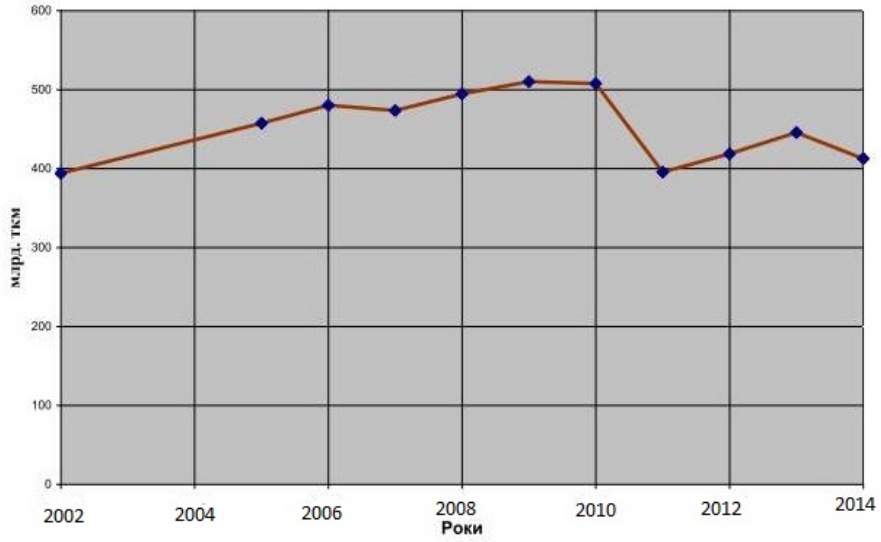


Рис. 1. Загальний вантажооборот за усіма видами транспорту

Таблиця 1

Вантажообіг за видами транспорту (млрд. т-км)

рік / Транспорт	2002	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Залізничний	474,0	195,8	172,8	225,3	196,2	218,1	243,9	237,7	224,4	212,1	219,5
Морський	265,6	123,1	18,6	9,9	12,9	11,3	5,1	3,6	4,0	4,9	5
Річковий	11,9	5,7	5,9	4,7	3,2	3,6	3,8	2,2	3,2	5	4,9
Автомобільний	79,7	34,5	19,3	24,5	27,7	31,1	33,0	42,6	54,3	61,0	62,3
Водний	277,5	128,8	14,5	14,6	15,6	20,1	41,7	70,2	71,6	90,2	93,3
Авіаційний	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	1,6	3,1	3,0	3,5	4,2	4,7
Трубопровідний	208,0	184,9	187,5	192,7	179,1	141,9	130,7	111,7	111,6	137,4	131,1

Таблиця 2

Вантажообіг залізничного транспорту по залізницях України (млрд.ткм)

Рік	2002	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Донецька	3,7	7,3	8,2	6,9	9,6	2,4	1,7	2,1	7,3	1,0	8,4
Львівська	9,7	3,0	4,2	2,5	4,1	5,0	3,1	5,6	8,6	0,8	9,8
Одеська	5,7	9,4	2,7	1,7	3,5	8,5	0,7	1,3	4,1	3,3	3,4
Придніпровська	9,8	0,4	1,4	8,1	1,1	5,7	3,5	1,!	5,4	1,8	6,9
Південно-Західна	0,8	1,2	4,2	2,3	8,2	4,3	2,8	7,8	2,4	5,9	7,4
Південна	3,1	4,0	3,3	2,6	4,3	6,6	5,2	8,3	0,3	1,1	1,8

Аналіз перевезень різними видами транспорту показує, що найбільш універсальними і популярними є автомобільний, трубопровідний та залізничний транспорт. Але статистика відзначає останнім часом значне зростання вантажообігу залізничного транспорту і спад вантажообігу автомобільного транспорту. Крім того, обсяг транспортування нафтопродуктів залізничним транспортом практично не поступається трубопровідному і, враховуючи якість кінцевої продукції, виводить залізничний транспорт на перше місце. З метою ефективної роботи галузі, застосування логістики, як комплексного управління матеріальними та інформаційними потоками в межах системи, повинно включати у себе наступні принципи:

1) розгляд руху матеріальних потоків, як єдиного процесу від первинного джерела до кінцевого споживача, що передбачає виконання таких видів діяльності, як транспортування, завантаження, розвантаження, переміщення, складування і зберігання матеріалів;

2) формування і застосовування організаційно-управлінського механізму координації дій спеціалістів різних служб, що беруть участь в управлінні матеріальними потоками. Результативність роботи буде залежати від успішного ув'язання в єдину систему здійснення комплексу заходів щодо раціоналізації тари, уніфікування вантажних одиниць, удосконалення складування, оптимізації розміру замовлень і рівня запасів, вибору найвигідніших маршрутів переміщення матеріалів тощо [2].

Дані принципи визначають основний підхід до створення єдиної системи використання логістичного підходу до планування комерційних перевезень. Однак, тут слід враховувати регіональні особливості, оскільки по шести залізницях цифри вантажообігу різні (Таблиця 2).

Розвиток зовнішньоекономічної діяльності країни вимагає від залізничної галузі розбудови міжнародних транспортних магістралей, перегляд існуючих законодавчих норм та законів щодо проведення міжнародної комерційної роботи. Для цього необхідно створити привабливі інвестиційні та партнерські умови, щоб залучити якомога більше іноземних інвесторів та партнерів, а також продовжувати їх роботу у перспективі.

Розвиток транспортної інфраструктури сприяє зростанню числа матеріальних потоків, що вимагають організації відповідного рівня управління та оптимізації. У центрі їх раціонального управління повинен знаходитися ефективно керований потік інформації, здатний тримати систему матеріального потоку відкритим, тобто здатний пристосовуватися до нових умов ринку. Для забезпечення гнучкої, орієнтованої на споживача логістичної системи необхідно, щоб фізична система функціонувала паралельно інформаційній системі. Логістична інформаційна система повинна функціонувати у відповідності з цілями і завданнями оптимального управління матеріальними та супутніми їм потоками, причому ці завдання мають бути об'єднані, як внутрішніми цілями організації товаропотоку, так і зовнішніми. Застосування принципів логістики при здійсненні комерційної діяльності є важливим етапом визначення основних шляхів впровадження даного механізму у роботу галузі, які повинні включати у себе:

а) оптимізацію матеріальних потоків на рівні галузі, підприємств та його підрозділів.

Головним на даному етапі є дотримання основних принципів логістики – процесу організації сис-

темного підходу у межах галузі, підприємства і його підрозділів. Щоб досягти максимального ефекту, всі ланки даного механізму повинні працювати як злагоджений організм на всіх рівнях управління;

б) використання обладнання, яке б відповідало конкретним завданням на об'єкті.

Дана стратегія можлива лише у разі випуску і масового використання широкої номенклатури різних засобів виробництва, а також при високому рівні науково-технічного розвитку і запровадження досягнень новітніх технологій;

в) залучення професійно-орієнтованого персоналу, який є важливим елементом в виробничому механізмі.

Запровадження логістичного підходу створює об'єктивні умови з метою залучення висококваліфікованих кадрів, що ефективно виконують свої обов'язки. Необхідним також є забезпечення безпечних умов праці, використання сучасних методів та знарядь праці. Ці підходи створюють мотивацію до ефективної роботи, що в кінцевому результаті, відобразиться на показниках праці;

г) можливість обліку та аналізу витрат на протязі усього логістичного ланцюга під час виробничої діяльності галузі. В основі вибору варіанта відповіді, при вирішенні транспортних завдань лежить пошук оптимального поєднання мінімізації втрат і витрат виробництва, а також аналіз обігу матеріальних потоків. Таким чином, визначальним принципом при виборі оптимальної схеми роботи, є мінімізація сукупних витрат на протязі всього логістичного ланцюга;

д) сервісне обслуговування клієнтів на відповідному європейському рівні.

Можливість до різкого підвищення якості продукції є сьогодні об'єктивно обмеженою через низку різних причин. Саме запровадження логістичного підходу у сферу сервісного обслуговування може позитивно вплинути на роботу підприємств та галузей в плані підвищення конкурентоздатності своєї продукції, тому підвищення рівня надання сервісних послуг при здійсненні комерційних операцій та вантажних процесів здатні вивести залізничну галузь у лідери на транспортному ринку;

е) здатність адаптування до умов ринку.

Даний принцип є надзвичайно важливим під час надання транспортних послуг і виконання умов договору при здійсненні комерційних операцій. Адаптація до факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, визначення проблемних сегментів галузі та оперативне їх вирішення, приведе галузь або компанію до опанування більшою долею транспортного ринку, ефективного залучення великої кількості партнерів до роботи, укладання вигідних комерційних контрактів.

З метою об'єктивної оцінки потенціалу транспортної галузі, доцільно проводити аналіз її сильних та слабких сторін – SWOT-аналіз. Він дає можливість до оцінки переваг та недоліків залізничної галузі, з метою використання переважаючих факторів, як інструменту, який здатен підвищити конкурентоздатність залізниці вище, ніж потенційні можливості його транспортних конкурентів.

У процесі розгляду можливостей транспортного засобу, для споживача проводиться дослідження на предмет вибору запропонованих варіантів доставки або перевезення вантажів різними видами транспорту. Таким чином, визначальними для клієнтів є 6 позицій переваг транспортного засобу [4]:

- вантаж (товар);
- ступінь якості вантажу (товару);
- кількість;
- час доставки вантажу (товару);
- місце доставки вантажу (товару);
- витрати на перевезення.

Згідно даного ранжирування, значна перевага належить залізничному транспорту, який задовольняє потреби клієнтів з мінімальними витратами при максимальній оптимізації роботи.

Комерційна діяльність залізниці, яка сьогодні ґрунтується на принципах логістики та менеджменту, розвивається відповідно вимогам ринку. Це потребує залучення теоретичних основ маркетингового аналізу. Наприклад, Львівською залізницею був запроваджений конкурентоспроможний транспортний сервіс із залученням до роботи висококваліфікованого персоналу, сучасного технічного та технологічного забезпечення транспортного процесу за новітніми технологіями. На вимогу клієнтів, Львівська залізниця запропонувала сервісне обслуговування у вигляді комплексу транспортно-експедиційних послуг, суть якого полягає в організації вантажних перевезень у поєднанні із комерційною роботою. Даний підхід був оцінений потенційними клієнтами як успішний.

Ця логістична концепція активно впроваджується транспортно-експедиційними компаніями та позитивно вплине на зменшення негативної взаємодії небезпечних вантажів з навколишнім середовищем, що призводить до значних фінансових втрат, дозволивши виробити ряд заходів щодо зниження ступеня негативного впливу товаропотоку з навколишнім середовищем:

• підвищення контролю за дотриманням правил транспортування вантажів;

• підвищення заходів безпеки при проведенні вантажно-розвантажувальних робіт;

• підвищення надійності рухомого складу від зовнішніх механічних впливів;

• підвищення надійності колії;

• підвищення рівня контролю проходження складу на перегоні.

З метою визначення доцільності програм та концепцій розвитку залізниці, важливим етапом є проведення дослідження основних принципів формування та оновлення господарських зв'язків території обслуговування, визначення потреби в об'ємах перевезень, встановлення найбільш економічно вигідних маршрутів. За допомогою логісти-

чного підходу, визначення послідовності проходження продукції через пункти складування із подальшим розміщенням його у складських приміщеннях, стає більш спрощеним, що є на користь галузі і її клієнтам. Залучення до роботи новітніх технологічних розробок та досягнень дають можливість до оперативного регулювання поставок та перевезень з найменшими втратами часу і матеріальних ресурсів, дають можливість до розвитку та модернізації складського господарства. Ефективні господарські зв'язки, які укладаються між контрагентами, розвиваються при умові надання галуззю комерційних та транспортно-експедиційних послуг і бажано одним пакетом. Це дозволяє використання досягнень логістики при наданні транспортно-експедиційних послуг, що є запорукою підвищення ефективності вітчизняного транспортного комплексу й активізації його інтеграції у світову транспортну систему. Для підприємств галузі, використання логістики в транспортуванні є засобом оптимізації транспортних витрат та раціоналізації товарообороту.

Під час здійснення процесу перевезень вантажів, важливим заходом є визначення альтернативних шляхів виконання комерційних договорів або планів перевезень на випадок неможливості досягнення поставленого завдання. Логістичний підхід дає можливість до розробки у даних ситуаціях варіантів розгалужених зв’язків між елементами системи з метою покращення роботи транспорту, а також виконання поставлених перед галуззю завдань [6].

При вирішенні проблем, пов'язаних із розвитком транспортної галузі в сучасних умовах господарювання, все частіше використовують проведення аналізу логістичних систем, що включає в себе процес дослідження та формування даних систем будь-якого економічного об'єкта. Суть методу аналізу полягає у максимально можливому спрощенні складної проблеми, що необхідно вирішити. Такі завдання аналізують і перетворюють на серію простих завдань, що мають аналоги рішення у більш успішних галузях. При цьому, відбувається пошук ефективних важелів управління складними логістичними об'єктами галузі. Механізм застосування даного підходу при плануванні вантажних перевезень, з метою спрощення вироблення управлінського рішення або вирішення складних задач, повинен полягати в наступному:

1. Поставлене завдання можливо розкласти на прості складові, які можна буде легко вирішити.

2. Проводиться підбір і застосування у плануванні найбільш підходящих спеціальних методів логістики для вирішення окремих завдань.

3. Конкретні рішення окремих завдань складаються у єдину систему, яка окреслює пошук вирішення глобальної проблеми.

Також, у цій статті, вважаємо за необхідне сказати декілька слів про переваги транспортно-експедиційних послуг. Як вже зазначено вище, одним з найважливіших завдань логістики є надання транспортно-експедиційних послуг. Такими є послуги, які надаються клієнтам з перевезення вантажу, його експедиції різними організаціями посередників (як українських, так і зарубіжних). Цьому в Україні, в останні роки, приділяється особлива увага.

За способом організації вантажні перевезення поділяються на децентралізовані й централізовані, що бувають прямими, змішаними та комбінованими, а також контейнерними і пакетними. При децентралізованій організації перевезень, доставку вантажів здійснює одержувач, який замовляє транспорт, виконує навантаження, експедирування та розвантаження вантажу. При цьому, постачальник не зацікавлений у механізації вантажних робіт, скороченні простоїв рухомого составу та ефективному його використанні.

Централізовані перевезення є прогресивним способом виконання транспортного процесу та експлуатації рухомого составу. Перевезення вантажів цим способом дає змогу поліпшити використання рухомого составу, підвищити продуктивність праці на всіх стадіях переміщення вантажів, звільнити вантажовідправників та вантажоодержувачів від турбот стосовно транспортування вантажів. При централізованих перевезеннях істотно скорочуються невиробничі простої транспортних засобів. Більші простої за умов «самовивозу» пояснюються такими причинами: вантаж не готовий до перевезення; не готові товарно-транспортні документи; відсутній чіткий графік, внаслідок чого виникають стихійні черги під завантаження.

Організація централізованих перевезень дає змогу вчасно підготувати вантаж і документи на нього для перевезення, а також скласти графік черговості подання та навантаження транспортних засобів. Скорочення приблизно утричі простоїв забезпечує зростання у 3 рази кількості їздок за один день.

Усі перелічені вище чинники роблять рухомий состав більш продуктивним при централізованих перевезеннях у тоннах за годину приблизно в 4 рази, а в тонно-кілометрах за годину - більш ніж у 6 разів, що сприяє зниженню собівартості перевезень у 2,5 рази. При децентралізованому перевезенні вантажів споживачі для навантаження автомобілів користуються послугами вантажників та експедиторів. Тому виникають не тільки додаткові транспортні витрати споживачів, а й витрати, пов'язані з непродуктивними витратами часу вантажників та експедиторів.

Існують також інші чинники більш ефективного і якісного перевезення вантажів. Централізоване перевезення дає змогу широко використовувати контейнери й пакети, забезпечуючи цим такі переваги: скорочення кількості перевантажувальних операцій за рахунок поєднання дрібних вантажних місць в одне; спрощення приймання, сортування та видачі вантажів; механізація вантажно-розвантажувальних робіт. При цьому, скорочується час на навантаження і розвантаження, а отже, зменшуються простої

транспортних засобів, підвищується їх продуктивність, знижуються втрати вантажів при транспортуванні. Важливою організаційною перевагою централізованих перевезень є чіткий розподіл зобов'язань та відповідальності між вантажовідправником, вантажоодержувачем та автотранспортною організацією. Це є передумовою організації ефективного технологічного процесу, у якому кожен з учасників доставки спеціалізується на конкретних видах робіт, несе за них матеріальну відповідальність, а отже, зацікавлений у підвищенні якості та ефективності кожної операції. Все це зменшує сумарні витрати на переміщення вантажів від виробників до споживачів.

Висновок. У статті було розглянуто актуальність транспортно-експедиційних робіт на прикладі логістичного підходу щодо планування вантажних перевезень і комерційних операцій на залізничному транспорті та переваги транспортно-експедиційних послуг. Наприкінці, хотілося би додати, що застосовуючи логістичний підхід до планування вантажних перевезень та комерційних операцій слід відзначити, що за допомогою цього підходу, визначення послідовності проходження продукції через пункти складування із подальшим розміщенням його у складських приміщеннях, стає більш спрощеним, що є на користь галузі і її клієнтам та позитивно вплине на зменшення негативної взаємодії небезпечних вантажів з навколишнім середовищем. Залучення новітніх технологічних розробок та досягнень дають можливість до оперативного регулювання поставок та перевезень з найменшими втратами часу і матеріальних ресурсів, дають можливість до розвитку та модернізації складського господарства, адже у залізничній галузі існує потреба у пошуку шляхів досягнення зниження витрат, оскільки засоби та ресурси для досягнення цілей галузі є обмеженими, що позитивно вплине на планування та розробку маршрутів перевезень, формування рухомого складу із вантажних вагонів, а також поліпшення комерційної діяльності на транспорті. Розвиток транспортної інфраструктури сприяє зростанню числа матеріальних потоків, у центрі їх раціонального управління повинен знаходитися ефективно керований потік інформації. Сучасні методи підвищення ефективності управління матеріальними потоками мають практичний інтерес для української економіки, їх використання дасть можливість підприємствам нашої країни ефективно діяти як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, підвищити рівень сервісного обслуговування та конкурентоздатності вітчизняної продукції. Таким чином, транспортно-експедиторська діяльність є одним з найбільш важливих аспектів в процесі пересування вантажу від вантажовідправника до вантажоодержувача і включає широкий спектр супутніх цьому процесу робіт і послуг.

Література

1. Державний комітет статистики. – Режим доступу : http://www.ukrstat.gov.ua
2. Горяїнов О.М. Практика вантажних перевезень і логістики: Навчальний посібник. Харків: Видавництво «Кортес-2001», 2008. - 323с.
3. Логістика - нова філософія управління / Є. Крикавська // Податкове планування. - 2002.- № 5. С. 28-31
4. Основи економіки транспорту: Підручник / Щелкунов В. І., Кулаєв Ю. Ф., Зайончик Л. Г., Загорулько В. М. та ін. — К.: Кондор, 2011. —392 с..:
5. Орловська О.В. Комплексний розвиток продуктивних сил Карпатського регіону (на прикладі Львівської залізниці) / Дисертаційне дослідження, - Київ, - 2007, - 148 с.
6. Таньков К.М., Тридід О.М., Колодязєва Т.О. Виробнича логістика: Навч. посіб. — Х.: ВД "ІНЖЕК", 2004.
7. Николаева М.А. Товароведение потребительских товаров. Теоретические основы: Учеб. для вузов. — М.: НОРМА, 2000. — 283 с.
8. Транспорт і зв'язок України - 2012 (Статистичний збірник), Київ – 2013
9. Співаковський С. Позиції України на міжнародному ринку транспортно-експедиційних послуг / С. Співаковський // Економіка України. – 2009. – № 1. – С. 75-78.
10. Маселко Т. Є. Проблеми управління транспортно-логістичними системами України та перспективи розвитку в контексті європейської інтеграції / Т. Є. Маселко, С. Г. Шевченко. – Режим доступу : http://www.nbuv.gov.ua/portal/chem_biol/nvnltu/17_2/301_Maselko_17_2.pdf

References

1. Derzhavniy komítet statistiki. - Rezhim dostupu: http://www.ukrstat.gov.ua
2. Horyayinov O.M. Praktyka vantazhnykh perevezen′ i lohistyky: Navchal′nyy posibnyk. Kharkiv: Vyda-vnytstvo «Kortes-2001», 2008. - 323s.
3. Lohistyka - nova filosofiya upravlinnya / YE. Kry-kavs′ka // Podatkove planuvannya. - 2002.- № 5. S. 28-31
4. Osnovy ekonomiky transportu: Pidruchnyk / Shchelkunov V. I., Kulayev YU. F., Zayonchyk L. H., Zahorul′ko V. M. ta in. — K.: Kondor, 2011. —392 s..:
5. Orlovs′ka O.V. Kompleksnyy rozvytok produk-tyvnykh syl Karpat·s′koho rehionu (na prykladi L′vivs′koyi zaliznytsi) / Dysertatsiyne doslidzhennya, - Kyyiv, - 2007, - 148 s.
6. Tan′kov K.M., Trydid O.M., Kolodyazyeva T.O. Vyrobnycha lohistyka: Navch. posib. — X.: VD "INZHEK", 2004.
7. Nykolaeva M.A. Tovarovedenye potrebytel′skykh tovarov. Teoretycheskye osnovy: Ucheb. dlya vu-zov. — M.: NORMA, 2000. — 283 s.
8. Transport i zv'yazok Ukrayiny - 2012 (Statystychnyy zbirnyk), Kyyiv – 2013
9. Spivakovs'kiy S. Pozitsíí Ukraí̈ni na mízhnarod-nomu rinku transportno-yekspeditsíynikh poslug / S. Spívakovs'kiy // Yekonomíka Ukraí̈ni. - 2009. - № 1. - S. 75-78.
10. Maselko T. Ê. Problemi upravleni transportom-rtnologístichnimi sistemami Ukraí̈ni i per-spektivna rozvitku v kontekst êvropeyskaya ínte-gratsíí / T. Ê. Maselko, S. G. Shevchenko. - Rezhim dostupu: http://www.nbuv.gov.ua/portal/chem_biol/nvnltu/17_2/301_Maselko_17_2.pdf

Лаптинов А.С., Чернецкая-Белецкая Н.Б. Актуальность транспортно-экспедиторской работы на примере логистического подхода к планированию грузовых и коммерческих операций на железнодорожном транспорте.

В статье рассмотрена актуальность транспортно-экспедиторской работы на примере логистического подхода к планированию грузовых и коммерческих операций на железнодорожном транспорте, приведены примеры преимуществ транспортно-экспедиционных услуг. Основное внимание уделено актуальности и внедрению логистики в транспортно-экспедиторской работе, при разработке эффективных транспортных маршрутов с целью повышения уровня предоставления коммерческих услуг потенциальным клиентам. Так же рассмотрены основные принципы логистического подхода, которые используются в транспортно-экспедиторском обслуживании.

Ключевые слова: *транспорт, экспедиция, железная дорога, актуальность, логистика, грузооборот, анализ, материальные потоки, оптимизация.*

Laptinov A., Chernetskaya-Beletskaya N. Actuality of transport-forwarding work on the example of logistics approach to planning transportation and commercial operations on pailway transport.

The article discusses the relevance of transport and forwarding work using the example of a logistics approach to the planning of freight and commercial operations in rail transport, and gives examples of the advantages of transport and forwarding services. The main attention is given to the relevance and implementation of logistics in freight forwarding, in the development of efficient transport routes to improve the level of provision of commercial services to potential customers. Also, using logistic approach to planning transportation and commercial operations should be noted that with this approach, sequencing passage of products through points of storage with further placing it in a warehouse, it becomes more simplified, which is in favor of the industry and its customers and positively impact the reducing negative interactions dangerous goods with the environment. And the basic principles of the logistics approach, which are used in transport and forwarding services, are also considered. The purpose of the article is in uncovering the role, functions and principles of logistics in the planning of freight by rail. Results focuses on the implementation of logistics in the development of efficient transport routes in order to improve the provision of commercial services to potential clients.

Keywords: *transport, expedition, railway, relevance, logistics, freight turnover, analysis, material flows, optimization*

Лаптінов О.С. – студент 4-ого курсу групи ТЛ-231, кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» СНУ ім. В. Даля.
Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 25.03.2017

УДК 656.13

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ПШЕНИЦІ

Лебідь І.Г., Медведєв Є.П.

THEORETICAL ASPECTS OF THE DEFINITION FOR TRANSPORT SUPPORT DURING WHEAT HARVESTING

Lebid I., Medvediev Ie.

У статті досліджено та узагальнено основні теоретичні положення різних тлумачень транспортного забезпечення та сформовано авторське визначення терміну «транспортне забезпечення». Зроблена спроба розкрити термін «транспортне забезпечення» з урахуванням впливу погодних та кліматичних факторів, які мають суттєвий вплив на організацію та планування роботи транспорту сільськогосподарських підприємств. Цілісна оцінка взаємозв'язків транспортного забезпечення, з урахуванням динаміки погодних умов, структурно-функціональної організації, проблем і перспектив розвитку визначили актуальність дослідження.

Ключові слова: *транспорт, транспортне забезпечення, сільське господарство, погодні умови, кліматичні умови, врожай.*

Вступ. Транспорт є важливою складовою матеріально-технічної бази сільського господарства та головним системоутворюючим фактором, який визначає темп збирання врожаю. Його значення у виробничому процесі визначається тим, що переміщення різних видів вантажів є складовою частиною процесу виробництва того чи іншого виду сільськогосподарської продукції. За допомогою транспорту до процесу виробництва залучаються необхідні ресурси, забезпечується тісний зв'язок між окремими стадіями виробничого процесу, різними галузями, підрозділами та підприємствами. Ефективна система транспортного забезпечення скорочує час на створення та реалізацію сільськогосподарської продукції, підвищує продуктивність праці, знижує собівартість продукції.

У загальному комплексі сільськогосподарських робіт транспортні процеси займають до 35% витрат праці на вирощування сільськогосподарських культур, а за витратами енергії – до 40%. Транспортні витрати складають близько 20 ... 25% витрат, що визначають собівартість найважливіших видів сільськогосподарської продукції [1].

Постановка проблеми. Особливістю організації та планування транспортного забезпечення є те, що на сьогодні не приділяється достатньої уваги врахуванню погодних та кліматичних умов, що на нашу думку є суттєвим недоліком.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботах Петрика А.В., Люльчака З.С., Ізьо О.О., Смиронова І.Г, Косаревої Т.В., Стельмащука А.М., Родащука Г.Ю, Яцківського Л.Ю., Зеркалова Д.В. неодноразово наголошувалося на необхідності організації якісного транспортного забезпечення, приділялася увага його ефективному плануванню та функціонуванню. Однак, не дивлячись на багаточисельність наукових праць, єдиного підходу до визначення терміну «транспортне забезпечення» при збиранні врожаю пшениці не існує.

Петрик А.В. у [2] розглядає транспортне забезпечення як систему, аналізує ефективність роботи даної системи, а критерієм ефективності вважає забезпечення встановленого рівня надійності транспортного обслуговування, яке полягає у перевезенні певного обсягу кінцевої продукції сільськогосподарського виробництва за визначений термін.

Автори Люльчак З.С. та Ізьо О.О. вважають, що транспортне забезпечення – діяльність, пов'язана з наявністю транспортних засобів, процесом переміщення вантажів і пасажирів, експедиторів у просторі та часі, а також наданням супутніх до цієї діяльності транспортних послуг [3].

Смирнов І.Г., Косарева Т.В. у [4] визначають, що транспортне забезпечення, як вид діяльності, пов'язаний з процесом переміщення вантажів у просторі та часі з наданням транспортних, вантажорозвантажувальних послуг і послуг зберігання.

Стельмащук А.М., Смоленюк Р.П., Чайківський І.А. вважають, що транспортне забезпечення виробничих формувань сільських територій – це сукупність організаційно-економічних відносин і зв'язків, які виникають при задоволенні потреб сіль-

ськогосподарського виробництва у ритмічних, узгоджених і якісних перевезеннях вантажів та існують як всередині господарств, так і між відповідними підприємствами й організаціями [5].

Родащук Г.Ю. у [6], вважає, що транспортне забезпечення в аграрній сфері – це сукупність організаційно-економічних відносин і зв'язків, які виникають при задоволенні потреб сільськогосподарського виробництва у ритмічних, узгоджених і якісних перевезеннях вантажів та існують як всередині господарств, так і між відповідними підприємствами й організаціями (автотранспортні парки, автоколони, лізингові компанії, машино-технологічні станції, виробники техніки тощо).

Яцківський Л.Ю. та Зеркалов Д.В. у роботі [7] визначають, що транспортне забезпечення варто розглядати як систему, що є сукупністю технічних, технологічних елементів, економічних, комерційно-правових, організаційних впливів, форм і методів керування транспортними операціями і процесами на всіх етапах і рівнях виробництва, споживання і звертання продукції, що забезпечує суспільне відтворення і раціональне функціонування економіки.

Тітов Б.О. у роботі [8] вважає, що транспортне забезпечення – це діяльність, пов'язана з процесом переміщення вантажів і пасажирів в просторі та часі з наданням перевізних, навантажувально-розвантажувальних послуг і послуг зберігання.

Сапіга Р.І. говорить, що транспортне забезпечення – це сукупність організаційно-технічних заходів, зв'язаних з реалізацією військових перевезень, вантажні роботи, які їх супроводжують, а також заходи з підготовки і утримання транспортної мережі та керування рухом військ. Передусім, йдеться про заходи, зв'язані із реалізацією військових перевезень, із плануванням транспортних послуг при комплексному використанні різних видів власного транспорту, а також інших перевізників та їх реалізацією [9].

Надійне транспортне забезпечення й оптимальне транспортне обслуговування (у сенсі вибору виду транспорту) є однією з обов'язкових умов успішного функціонування та комплексного розвитку регіональної економіки та загальної євроінтеграції країни. Потрібно поступово переходити до норм європейських країн, які вони висувають до якості доріг, екологічності транспортних засобів, термінів, графіків та умов перевезення вантажів [10].

Мета статті. Метою статті є узагальнення теоретичних аспектів транспортного забезпечення. У роботі зроблена спроба розкрити термін «транспортне забезпечення» з урахуванням впливу погодних та кліматичних факторів, які мають суттєвий вплив на організацію та планування роботи транспорту сільськогосподарських підприємств.

Результати досліджень. В період збору врожаю зернових культур виникає суттєва потреба в залученні великої кількості транспортних засобів для забезпечення своєчасного вивозу зазначеної групи сільськогосподарських вантажів з полів до тимчасових місць зберігання. Окрім цього, сам процес збору врожаю характеризується наявністю деяких труднощів, що постають перед аграріями та безпосередньо впливають на технологію перевезення: відсутність необхідної кількості сільськогосподарської техніки, не завжди сприятливі погодні умови, недостатні провізні можливості власного парку транспортних засобів, суттєве обмеження в часі при зборі врожаю та інше [11].

Потреба у вантажних автомобілях у період збирання врожаю збільшується у 2–2,5 рази. Здійснити процес збирання та вивезення врожаю у найкоротший термін вдається тільки при виключно інтенсивній та злагодженій роботі збиральної та транспортної техніки. Серйозна увага має приділятися раціональній організації збирально-транспортних процесів і оперативному керівництву та контролю за перебігом перевезень врожаю. Обсяг перевезень і потреба в транспорті повинні уточнюватися по мірі дозрівання врожаю [12].

Співвідношення між окремими видами транспорту і розподіл обсягу перевезень за видами транспортних засобів установлюються у кожному аграрному формуванні з урахуванням таких факторів, як клас вантажу, дорожні умови, відстань перевезень, терміновість, погодні умови, спосіб виконання вантажно-розвантажувальних робіт, технологія виробництва сільськогосподарської продукції [13].

Під час збирання врожаю навантаження на транспортні засоби зростають. Нерівномірність і сезонність використання у часі також залежність від стану доріг і погодних умов – характерні особливості роботи транспорту в сільськогосподарському виробництві [14].

Результати виробничо-господарської діяльності сільськогосподарських товаровиробників багато в чому залежать від правильного врахування кліматичних, погодних, природних та біологічних факторів, раціонального використання природних ресурсів, їх заощадження й забезпечення відтворення [15].

Особливістю вищенаведених визначень є те, що жоден з авторів-дослідників не приділяє достатньої уваги погодно-кліматичним умовам у контексті транспортного забезпечення, що на нашу думку є суттєвим недоліком.

Через нестачу транспортних засобів на збиральних роботах простій збиральних машин може сягати 30-40% змінного часу, тому необхідна правильна організація збиральних робіт, що залежить від основних та другорядних чинників.

До основних належать: продуктивність зернозбиральної машини; вантажопідйомність транспортного засобу; врожайність зерна культури, збирання якої проводиться; радіус перевезень (відстань від поля до місця вивантаження зерна); швидкість транспортного засобу з вантажем та без нього; спосіб виконання вантажно-розвантажувальних робіт. З-поміж другорядних можна виділити такі чинники: стан доріг; погодні умови; кваліфікація механізатора та водія тощо [16].

Через нераціональне планування та організацію транспортного забезпечення виникають простої комбайнів. За даними у роботі [17] простої комбайнів в очікуванні транспорту звичайно досягають 20% часу зміни.

Через нестачу транспортних засобів на збиральних роботах простій збиральних машин може сягати 30-40% змінного часу [16].

Виходячи з цього, пропануємо наступне визначення транспортного забезпечення. Транспортне забезпечення – це система, що представляє собою сукупність технічних, технологічних елементів; економічних, правових, організаційних, погодних та кліматичних (природних) впливів; форм і методів керування транспортними процесами та операціями.

Важливість урахування погодних та кліматичних факторів обумовлюється [18], де відзначається, що низькі темпи техніко-технологічного оновлення сільськогосподарського виробництва у структурі собівартості виробництва вітчизняної сільськогосподарської продукції мають наслідком збільшення вартості невідновних природних ресурсів, зростання залежності виробництва від природно-кліматичних умов, обмеження доступу товаровиробників до фінансових ресурсів.

Згідно Концепції Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року основними причинами виникнення проблем в аграрному секторі є:

− низький рівень забезпечення сільськогосподарською технікою;

− недостатній рівень розвитку системи логістики в сільському господарстві та інфраструктурі аграрного ринку;

− недостатній рівень розвитку агротехнологій, що не забезпечує отримання екологічно безпечних та економічно ефективних результатів сільськогосподарської діяльності [18].

Згідно з аналізом, проведеним експертами Асоціації Аграрних перевізників України, крупні агровиробники в кризовий період сьогодення, зіткнулися з проблемами, які стали типовими для всіх сільськогосподарських районів України:

1) дефіцит автомобільного і залізничного транспорту в пікові періоди сільгоспкампаній;

2) неякісне та несвоєчасне надання послуг з боку агроперевізників;

3) несвоєчасність доставки продукції;

4) зриви подачі автотранспорту під завантаження в узгоджені дати;

4) непрогнозовані ризики, пов'язані зі зміною кліматичних умов;

5) відсутність єдиного реєстру транспортних засобів (на практиці призводить до того, що один і той же автомобіль може бути одночасно заброньовано на різні маршрути різними диспетчерами) [19].

Примак І.Д. вважає, що високий рівень технічної оснащеності землеробства дозволяє більш оперативно маневрувати агротехнічними і меліоративними заходами відповідно до метеорологічних умов, особливо екстремальних, що склалися чи передбачаються, з метою послаблення або навіть уникнення негативного впливу несприятливої погоди і найбільш раціонально використовувати її сприятливі сторони [20].

Висновки. В результаті проведеної роботи було з’ясовано, що транспортне забезпечення у сільському господарстві має суттєву залежність від погодних та кліматичних умов.

Запропонований нами термін дозволяє враховувати складову погодних та кліматичних умов, що дозволить більш ретельно організовувати та планувати транспортне забезпечення під час збиральної кампанії пшениці.

Література

1. Придюк В.М. Особливості організації перевезень сільськогосподарських вантажів автомобільним транспортом [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://agrmash.info/zb/28/12.pdf.
2. Петрик А.В. Формування транспортних систем в агропромисловому виробництві / А.В. Петрик; Нац. транспорт. ун-т. – К.: Політехніка, 2004. – 316 с.
3. Люльчак З. С. Ізьо О. О. Транспортне забезпечення та обслуговування на підприємствах роздрібної торгівлі [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://visnyk-onu.od.ua/journal/2013_18_3_2/25.pdf.
4. Смирнов І.Г., Косарева Т.В. Транспортна логістика: Навч. пос. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 224 с.
5. Стельмащук А.М., Смоленюк Р.П., Чайківськіий І.А. Транспортно-логістична система підприємств сільських територій [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://visnyk.iful.edu.ua/wp-content/uploads/2015/10/32-11-15.pdf.
6. Родащук Г.Ю. Місце і роль транспорту в аграрному виробництві [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Innovastijna-ekonomika/IE-3(41)-2013/InnEco_3-41-2013_183-186.pdf.
7. Яцківський Л.Ю., Зеркалов Д.В. Транспортне забезпечення виробництва. Навчальний посібник – К.: Арістей, 2007. – 456с.
8. Титов Б.А. Транспортная логистика [Электронный ресурс] – Режим доступа http://www.ssau.ru/files/education/uch_posob/Транспортная%20логистика-Титов%20БА.pdf.
9. Сапіга Р.І. Структуризація системи логістичного забезпечення Збройних Сил України [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/2731/1/47.pdf.
10. Залізко В.Д. Розвиток транспортної системи сільських територій як один з факторів зростання економіки України. Збірник наукових праць Міжрегіональної фінансово-юридичної академії (економіка, право), 1(1) 2011. – с. 16-20.
11. Музильов Д.О., Стебаков О.Є. Основні проблеми вибору раціональної транспортно-технологічної схеми перевезення зернових культур. Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Підвищення надійності машин і обладнання». – Кіровоград: КНТУ, 2014. – с. 241.
12. Курносов А.П. Оптимизация состава грузового автомобильного транспорта и его использование в сель-

скохозяйственных предприятиях: монография / А.П. Курносов, А.В. Улезько, С.А. Кулев, А.Н. Черных, С.В. Ломакин, А.А. Казанцев. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 218 с.
13. Єрмаков О.Ю. Підприємництво в аграрних формуваннях: навч.-метод. пос. для студ. аграних вузів. – К.: НУБіПУ, 2008. – 271 с.
14. Керничний Б.Я. Інноваційні шляхи підвищення ефективності використання автомобільного важковагового транспорту (на прикладі організації сезонних перевезень сільськогосподарських вантажів). Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту», 2016, вип. 11. – с. 31-36.
15. Погрібний О.О. Аграрне право України: Підручник / За ред. О. О. Погрібного. – К.: Істина , 2007. – 448 с.
16. Тихоненко О. Транспортування зібраного зерна [Електронний ресурс] / О. Тихоненко // Агробізнес сьогодні : газета підприємців АПК. – Режим доступу: http://www.agro-business.com.ua/2010-06-11-12-53-22/87-2010-08-30-13-26-40.html.
17. Измайлов А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.
18. Концепція Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року. Кабінет Міністрів України Розпорядження від 30 грудня 2015 р. № 1437-р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1437-2015-p.
19. Кучерова Я. Логистика сезона-2014: новый уровень эффективности [Електронний ресурс] / Я. Кучерова – Режим доступа: http://www.zerno-ua.com/?p=15045.
20. Примак І. Д. Введення до спеціальності: навч. посіб. / за ред. Примака І. Д., Примак О. І. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 392 с.

References

1. Prydiuk V.M. Osoblyvosti orhanizatsii perevezen silskohospodarskykh vantazhiv avtomobilnym transportom. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://agrmash.info/zb/28/12.pdf.
2. Petryk A.V. Formuvannia transportnykh system v ahropromyslovomu vyrobnytstvi / A.V. Petryk; Nats. transport. un-t. – K.: Politekhnika, 2004. – 316 s.
3. Liulchak Z. S. Izo O. O. Transportne zabezpechennia ta obsluhovuvannia na pidpryiemstvakh rozdribnoi torhivli [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://visnyk-onu.od.ua/journal/2013_18_3_2/25.pdf.
4. Smyrnov I.H., Kosareva T.V. Transportna lohistyka: Navch. pos. – K.: Tsentr uchbovoi literatury, 2008. – 224 s.
5. Stelmashchuk A.M., Smoleniuk R.P., Chaikivskiyi I.A. Transportno-lohistychna systema pidpryyemstv silskykh terytorii [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://visnyk.iful.edu.ua/wp-content/uploads/2015/10/32-11-15.pdf.
6. Rodashchuk H.Iu. Mistse i rol transportu v ahrarnomu vyrobnytstvi [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Innovastijna-ekonomika/IE-3(41)-2013/InnEco_3-41-2013_183-186.pdf.
7. Iatskivskyi L.Iu., Zerkalov D.V. Transportne zabezpechennia vyrobnytstva. Navchalnyi posibnyk – K.: Aristei, 2007. – 456s.
8. Titov B.A. Transportnaya logistika [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: http://www.ssau.ru/files/education/uch_posob/Транспортная%20логистика-Титов%20БА.pdf.
9. Sapiha R.I. Strukturyzatsiia systemy lohistychnoho zabezpechennia Zbroinykh Syl Ukrainy [Elektro-nnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/2731/1/47.pdf.
10. Zalizko V.D. Rozvytok transportnoi systemy silskykh terytorii yak odyn z faktoriv zrostannia ekonomiky Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats Mizhrehionalnoi finansovo-yurydychnoi akademii (ekonomika, pravo), 1(1) 2011. – s. 16-20.
11. Muzylov D.O., Stebakov O.Ie. Osnovni problemy vyboru ratsionalnoi transportno-tekhnolohichnoi skhemy perevezennia zernovykh kultur. Zbirnyk tez dopovidei VIII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv ta aspirantiv «Pidvyshchennia nadiinosti mashyn i obladnannia». – Kirovohrad: KNTU, 2014. – s. 241.
12. Kurnosov A.P. Optimizatsiya sostava gruzovogo avtomobilnogo transporta i ego ispolzovanie v selskohozyaystvennyh predpriyatiyah: monografiya / A.P. Kurnosov, A.V. Ulezko, S.A. Kulev, A.N. Chernyh, S.V. Lomakin, A.A. Kazantsev. – Voronezh: FGOU VPO Voronezhskiy GAU, 2009. – 218 c
13. Iermakov O.Iu. Pidpryiemnytstvo v ahrarnykh formuvanniakh: navch.-metod. pos. dlia stud. ahranykh vuziv. – K.: NUBiPU, 2008. – 271 s.
14. Kernychnyi B.Ia. Innovatsiini shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia avtomobilnoho vazhkovahovoho transportu (na prykladi orhanizatsii sezonnykh perevezen silskohospodarskykh vantazhiv). Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovs-koho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana «Pro-blemy ekonomiky transportu», 2016, vyp. 11. – s. 31-36.
15. Pohribnyi O.O. Ahrarne pravo Ukrainy: Pidruchnyk / Za red. O. O. Pohribnoho. – K.: Istyna , 2007. – 448 s.
16. Tykhonenko O. Transportuvannia zibranoho zerna [Elektronnyi resurs] / O. Tykhonenko // Ahrobiznes sohodni : hazeta pidpryiemtsiv APK. – Rezhym dostupu: http://www.agro-business.com.ua/2010-06-11-12-53-22/87-2010-08-30-13-26-40.html
17. Izmaylov A. Yu. Tehnologii i tehnicheskie resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnyh sistem APK. – M.: FGNU «Rosinfor-magroteh», 2007. – 200 s.
18. Kontseptsiia Derzhavnoi tsilovoi prohramy rozvytku ahrarnoho sektoru ekonomiky na period do 2020 roku. Kabinet Ministriv Ukrainy Rozporiadzhennia vid 30 hrudnia 2015 r. № 1437-r. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1437-2015-p.
19. Kucherova Ya. Logistika sezona-2014: novyy uroven effektivnosti [Elektronniy resurs] / Ya. Kucherova – Rezhim dostupa: http://www.zerno-ua.com/?p=15045.
20. Prymak I. D. Vvedennia do spetsialnosti: navch. posib. / za red. Prymaka I. D., Prymak O. I. – K.: Tsentr uchbovoi literatury, 2009. – 392 s.

Лебедь И.Г., Медведев Е.П. Теоретические аспекты определения транспортного обеспечения при уборке урожая пшеницы.

В статье исследованы и обобщены основные теоретические положения различных толкований транспортного обеспечения и сформировано авторское определение термина «транспортное обеспечение» с учетом погодных и климатических условий. Сделана попытка раскрыть термин «транспортное обеспечение» с учетом влияния погодных и климатических факторов, которые имеют существенное влияние на организацию и планирование работы транспорта сельскохозяйственных предприятий. Целостная оценка взаимосвязей транспортного обеспечения с учетом динамики погодных условий, структурно-функциональной организации, проблем и перспектив развития определили актуальность исследования.

Ключевые слова: *транспорт, транспортное обеспечение, сельское хозяйство, погодные условия, климатические условия, урожай.*

Iryna Lebid, Ievgen Medvediev. Theoretical aspects of the definition for transport support during wheat harvestingf.

The article studied and summarized the main theoretical positions of various interpretations of transport support and formed the author's definition of the term "transport support" taking into account weather and climate conditions. An attempt was made to disclose the term "transport support", taking into account the influence of the weather and climate factors that had a significant impact on the organization and planning of agricultural enterprises' transport operation. As a result of the work, it was found that the transportation support in the agricultural sector had a significant dependence on weather and climatic conditions. A holistic assessment of the interrelationships of transport provision, taking into account the dynamics of weather conditions, structural and functional organization, problems and development prospects, determined the relevance of the study.

Keywords: *transport, transport support, agriculture, weather conditions, climate conditions, harvest.*

Лебідь І.Г. – кандидат технічних наук., доцент кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль» Національного транспортного університету (м. Київ),
e-mail: i_lebed@list.ru.
Медведєв Є.П. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, e-mail: medvedev.ep@gmail.com.

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

Стаття подана 01.04.2017

УДК 629.4.05

АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ НА МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ ПРИ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ВАНТАЖУ

Марченко Д.М., Сиднєв В.Р., Максимов Д.Г., Сиднєв І.В.

ANALYSIS ORGANIZATION TRAINS ON NETWORK OF RAILWAYS INTERNATIONAL CARGO TRANSPORTATIONS

Marchenko D., Sydnyev V., Maksimov D., Sydnyev I.

При виконанні досліджень питань організації вагонопотоків на мережі залізниць була застосована теорія масового обслуговування, яка використовується при моделюванні імовірнісних систем на залізничному транспорті. В роботі було встановлено, що дослідження, розробка та реалізація методів удосконалення та технології обслуговування вантажних вагонопотоків у міжнародному сполученні мають науково-практичну цінність. Аналіз наведених даних свідчить про те, що залізничний транспорт займає лідируюче місце на транспортному ринку України, але конкуренція з боку інших видів транспорту помітно підсилюється. Встановлені основні причини коливань вагонопотоків на мережі залізниць. Доведено, що значна частина транспортних потоків задовільно описується законами розподілу Пуассона, Ерланга, біноминальним та нормальним.

Ключові слова: *вагонопотік, міжнародні перевезення, залізничний транспорт, станція, організація, обслуговування, система.*

Вступ. Динаміка розвитку процесів в Україні така, що зростає товарообіг України з прикордонними країнами та обсяги експорту транспортних послуг. На сьогоднішній день прогнозувати ситуацію на транспортному ринку дуже важко, проте оптимістичні прогнози припускають зростання економіки, а слідом за цим і збільшення потоків вантажів.

Через територію України проходить шість міжнародних транспортних коридорів (МТК) для пропуску та обслуговування міжнародних вагонопотоків.

Існуюча тенденція збільшення обсягу вантажних перевезень у міжнародному сполученні на залізницях України вносить зміни до організації перевезень і управління на залізничному транспорті.

Ефективна організація вагонопотоків при міжнародних та інтермодальних перевезеннях вантажів надасть Україні можливість глибокої інтеграції у структури європейської співдружності, збільшення надходжень до державного бюджету валютних коштів, закріплення на міжнародному транспортному ринку за Україною солідного сектору вантажопотоку, що надходять із країн Азії в Європу та навпаки.

Постановка проблеми. Аналіз наведених даних свідчить про те, що залізничний транспорт займає поки лідируюче місце на транспортному ринку України, але конкуренція з боку інших видів транспорту помітно підсилюється. Із застосуванням нової технології та необхідністю забезпечення конкурентно спроможності залізничних транзитних напрямків, які проходять територією України, виникає потреба в перегляді критеріїв оптимізації та вдосконалення організації вагонопотоків на залізничних станціях у міжнародному сполученні на основі оптимального розподілу ресурсів та введення пріоритетності при обслуговуванні. Реалізація цієї науково-прикладної задачі забезпечена зниженням експлуатаційних витрат від необґрунтованого перебування вагонопотоків міжнародного сполучення під простоями на станціях та своєчасного обслуговування поїздів у міждержавному та міжнародному сполученні.

Таким чином, дослідження, розробка та реалізація методів удосконалення та технології обслуговування вантажних вагонопотоків у міжнародному сполученні мають науково-практичну цінність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При виконанні досліджень питань організації вагонопотоків на мережі залізниць застосовується теорія масового обслуговування, яка використовується при моделюванні імовірнісних систем, із введенням кореляційних залежностей. По цьому питанню проводилися дослідження багатьма вченими (проф.. В.М. Акулиничев, Н.Н. Шабалин, Н.И. Федотов, И.Б. Сотников, Е.А. Сотников) [1,2].

Системотехнічне моделювання застосовується при проектуванні технічних систем великого масштабу, побудова макро- і мікроструктур, виконує оцінку функціонування й прогнозування розвитку си-

туації, ґрунтується на знанні технології об'єкта, який моделюється, його схем, і характеру взаємодії з потоком будь-якої заданої структури. Дані методики пропонувалися такими вченими, як В.А. Персианов, Гуд К. і Маккой В [3].

Мета статті. Метою статті є аналіз організації вагонопотоків на мережі залізниць при міжнародних перевезеннях вантажу з урахуванням пріоритетності в обслуговуванні додаткового міжнародного вагонопотоку.

Результати досліджень. Залізничні станції є найважливішими ланками організації експортно-імпортних перевезень. Від чіткості їхньої роботи залежить рівномірність і ритмічність роботи обслуговування міжнародних напрямків, строки доставки вантажів, ступінь використання технічних коштів транспорту.

У свою чергу станції складаються з ряду підсистем з окремими лініями загального конвеєра, що забезпечують його результативну потужність - пропускну й переробну спроможності.

Технологія роботи цих ліній базується на постійних режимах, що дозволяють заздалегідь визначати загальний хід процесу обслуговування експортно-імпортного вагонопотоку. Прогнозування поводження складної системи, якою є станція, необхідно для правильного прийняття управлінських рішень на мікро та макрорівнях. Однак ці режими не завжди є постійними й можуть визначатися лише послідовним набором окремих подій, характеристика яких проявляється тільки в ході виконання операцій, а на існуючих станціях на кожен даний момент не може бути визначена. Це залежить від тривалості виконуваних операцій, що у свою чергу залежить від цілого ряду об'єктивних і суб'єктивних факторів і має імовірнісний характер. При цьому мережа зміни випадкової величини обмежена припустимими межами, оскільки транспортний процес не може бути чисто випадковим. Встановлення цих меж можливе за допомогою статистичних досліджень роботи передавально-прикордонних станцій та внутрішніх сортувальних станцій.

Відомо, що функціонування будь-якої сортувальної станції інтерпретується за допомогою мережі масового обслуговування [4].

Одержання достовірних результатів для планування оперативної роботи станцій залежить від прийнятої для розрахунків математичної моделі або математичного апарату рішення завдання в цілому, залежить від аналізу інтервалів входу поїздів на станцію та потоків обслуговування в кожній станційній підсистемі.

Для приведення обраної системи масового обслуговування у відповідність із існуючими розмірами вагонопотоків, а також враховуючі динаміку моделі, що задає вхідні потоки та потоки обслуговування, проведені аналіз структури й оцінка параметрів обслуговування вагонопотоків.

Випадковий характер надходження призводить до того, що в певні моменти на вході в систему масового обслуговування утворюється черга, а в інші періоди часу частина каналів простоюють.

Статистичні дані зібрані за період 2014-2016 роки являють собою одномірні масиви розмірністю 600 спостережень.

Оброблені статистичні дані дозволили побудувати гістограму випадкових інтервалів часу між двома поїздами, що прибувають на станцію послідовно, й перевірити отриманий емпіричний закон розподілу на відповідність експонентному закону розподілу або закону Ерланга за допомогою критерію χ^2 – *Пірсона* [5,6].

Спостереження показують, що розподіл вхідних інтервалів на сортувальну станцію вагонопотоку, незалежно від сезону, підлягає експонентному закону.

$$f(t)=0{,}28\exp(-0.28t).$$

Результати досліджень показали, що розподіл підкоряється експонентному закону або закону Ерланга 2-го порядку

$$f(t)=(2\lambda)^2 t\exp(-2\lambda t).$$

Дослідження вихідного вагонопотоку зі станцій також підкоряється експонентному закону [23]

$$f(t)=\lambda\exp(-\lambda t).$$

Таким чином, в основному вхідним потоком поїздів є найпростіший пуассонівський потік, що володіє властивостями стаціонарності, ординарності та відсутності післямови [7,8].

Межі зміни інтенсивності обслуговування для кожної технологічної лінії становлять:

- лінія переробки вагонів;
- лінія інформаційного забезпечення;
- лінія обробки документів.

Причинами коливань є:

- недостатньо умов і технічних коштів для виконання необхідних операцій, пов'язаних з митними, технічними та перевантажувальними операціями;
- не в повній мірі досягається максимальна паралельність виконання операцій з обробки документів на кожен поїзд і спостерігаються дублюючі операції;
- не всі місця обладнані АРМ, у результаті спостерігаються збої в інформаційному забезпеченні, що призводить до збільшення тривалості обробки інформації [9,10].

Дослідженнями, проведеними різними вченими, доведено, що значна частина транспортних потоків задовільно описується законами розподілу Пуассона, Ерланга, біноминальним та нормальним [11,12].

Цей висновок у значній мірі застосовується в дійсних умовах для залізничних станцій при міжнародних перевезеннях, у зв'язку зі сформованою ситуацією, коли наявні вагонопотоки вже встановилися та пропускні спроможності станційних пристроїв мають резерв для їхнього обслуговування.

Якщо розподіл вихідного потоку визначається трьома факторами: вхідним потоком, тривалістю обслуговування й ступенем завантаження апарату обслуговування, то для станцій з низьким ступенем завантаження обслуговуючих пристроїв характерний випадок, коли при пуассонівському вхідному потоці та пуассонівському або ерлангівському розподілі часу обслуговування на виході із системи може бути отриманий довільний закон розподілу інтервалів між поїздами.

Висновки. В роботі було встановлено, що дослідження, розробка та реалізація методів удосконалення та технології обслуговування вантажних вагонопотоків у міжнародному сполученні мають науково-практичну цінність. Аналіз наведених даних свідчить про те, що залізничний транспорт займає лідируюче місце на транспортному ринку України, але конкуренція з боку інших видів транспорту помітно підсилюється.

Оброблені в роботі статистичні дані дозволяють побудувати гістограму випадкових інтервалів часу між двома поїздами, що прибувають на станцію послідовно, й перевірити отриманий емпіричний закон розподілу на відповідність експонентному закону розподілу або закону Ерланга за допомогою обраного критерію. Встановлено основні причини коливань вагонопотоків на мережі залізниць. На підставі виконаних досліджень доведено, що значна частина транспортних потоків задовільно описується законами розподілу Пуассона, Ерланга, біноміальним та нормальним.

Література

1. Вагнер Г. Основи досліджень операцій. М.: Мир. 1973. - 450 с.
2. Колмогоров А.Н. Основне поняття теорії ймовірностей. ОНТИ НКТП СРСР. 1986. – 294 с.
3. Алёшинский Е.С., Павленко О.В. Теоретические основы для разработки унифицированной технологии грузодвижения в транспортных узлах. «Автомобильный транспорт» № 6 – Харьков: ХНАДУ. – 2002. – С. 17-21
4. Нагорний Є.В., Альошинський Є.С., Павленко О.В. Методика вибору варіанта інтенсивної технології вантажоруху в транспортному вузлі з домінуючим сектором залізничного транспорту. «Автомобильный транспорт» № 12 – Харків: ХНАДУ. – 2003. – с. 15-19.
5. Di Febbraro A., Recagno V. and S. Sacone (1996). “INTRANET: A New Simulation Tool for IntermodaTransportation Systems”, Simulation Practice and Theory, vol. 4, pp. 47 – 64.
6. EUROPEAN Agreement on Important International Combined Transport Lines and Related Installations (AGTC) // United Nations Economic Commissions for Europe Inland Transport Committee. – Done in Geneva on 1 February 1991. – 33 p.
7. Ferreira, L., and J. Sigut (1993) “Measuring the Performance of Intermodal Freight Terminals”, Transportation Planning and Technology, vol. 17, pp. 269-280.
8. Berenyi J. Nas status on terminal technologies and challenges (the evaluation and development of the intermodal transport in Hungary) / Institute for Transport Sciences Ltd (Budapest) / EUTP 3rd Clustering Meeting Rotterdam, 12th December 2002.
9. Boile M. P., Spasovic L. N. and Bladikas A. K. (1995). “Modeling Intermodal Auto-Rail Commuter Networks”, Transportation Research Record, no. 1516, pp. 38-47.
10. Tulecki A. Przyszlasciowe technologie przewozowe w korytarzach transportowych Europe - Azja // Konfererencja “Multimodalne korytarze Transportowe Europa - Azja”. - Pozna, 1997. - S. 45-48.
11. Itermodal Transport Services To The Interior Project. Part F: Container Railway As MTO Industry Structure And Practices. – China. - October 2004.
12. Jennings, B., and M. C. Holcomb (1996). “Beyond Containerization: The Broader Concept of Intermodalism”, Transportation Journal, pp. 5-13.

References

1. Vagner G. Osnovi doslidzhen operacij. M.: Mir. 1973. - 450 s.
2. Kolmogorov A.N. Osnovne ponjattja teorії jmovirnostej. ONTI NKTP SRSR. 1986. – 294 s.
3. Aljoshinskij E.S., Pavlenko O.V. Teoreticheskie osnovy dlja razrabotki unificirovannoj tehnologii gruzodvizhenija v transportnyh uzlah. «Avtomobil'nyj transport» № 6 – Har'kov: HNADU. – 2002. – S. 17-21
4. Nagornij E.V., Aljoshinskij E.S., Pavlenko O.V. Metodika viboru varianta intensivnoї tehnologiї van-tazhoruhu v transportnomu vuzli z dominujuchim sekto-rom zaliznichnogo transportu. «Avtomobil'nyj transport» № 12 – Harkiv: HNADU. – 2003. – s. 15-19.
5. Di Febbraro A., Recagno V. and S. Sacone (1996). “INTRANET: A New Simulation Tool for IntermodaTransportation Systems”, Simulation Practice and Theory, vol. 4, pp. 47 – 64.
6. EUROPEAN Agreement on Important International Combined Transport Lines and Related Installations (AGTC) // United Nations Economic Commissions for Europe Inland Transport Committee. – Done in Geneva on 1 February 1991. – 33 p.
7. Ferreira, L., and J. Sigut (1993) “Measuring the Performance of Intermodal Freight Terminals”, Transportation Planning and Technology, vol. 17, pp. 269-280.
8. Berenyi J. Nas status on terminal technologies and challenges (the evaluation and development of the intermodal transport in Hungary) / Institute for Transport Sciences Ltd (Budapest) / EUTP 3rd Clustering Meeting Rotterdam, 12th December 2002.
9. Boile M. P., Spasovic L. N. and Bladikas A. K. (1995). “Modeling Intermodal Auto-Rail Commuter Networks”, Transportation Research Record, no. 1516, pp. 38-47.
10. Tulecki A. Przyszlasciowe technologie przewozowe w korytarzach transportowych Europe - Azja // Konfererencja “Multimodalne korytarze Transportowe Europa - Azja”. - Pozna, 1997. - S. 45-48.
11. Itermodal Transport Services To The Interior Project. Part F: Container Railway As MTO Industry Structure And Practices. – China. - October 2004.
12. Jennings, B., and M. C. Holcomb (1996). “Beyond Containerization: The Broader Concept of Intermodalism”, Transportation Journal, pp. 5-13.

Марченко Д.М., Сиднєв В.Р., Максимов Д.Г., Сиднєв І.В. Аналіз організації вагонопотоків на мережі залізниць при міжнародних перевезеннях вантажу.

При виконанні досліджень питань організації вагонопотоків на мережі залізниць була застосована теорія масового обслуговування, яка використовується при моделюванні імовірнісних систем на залізничному транспорті. В роботі було встановлено, що дослідження, розробка та реалізація методів удосконалення та технології обслуговування вантажних вагонопотоків у міжнародному сполученні мають науково-практичну цінність. Аналіз наведених даних свідчить про те, що залізничний транспорт займає лідируюче місце на транспортному ринку України, але конкуренція з боку інших видів транспорту помітно підсилюється. Встановлені основні причини коливань вагонопотоків на мережі залізниць. Доведено, що значна частина транспортних потоків задовільно описується законами розподілу Пуассона, Ерланга, біноминальним та нормальним.

Ключові слова: *вагонопотік, міжнародні перевезення, залізничний транспорт, станція, організація, обслуговування, система.*

Marchenko D., Sydnyev V., Maksimov D., Sydnyev I. Analysis organization trains on network of railways international cargo transportations.

The current trend increase in freight traffic international traffic on railways of Ukraine makes changes organization and management traffic on railway. Obtaining reliable results for planning operational stations depends adopted for calculation mathematical model or mathematical tools solving problem as a whole depends on the gap analysis log train station and flows in each service station subsystem. When doing research on organization car traffic on rail network was applied queuing theory used in modeling probabilistic systems for rail transport. The paper found that research, development and implementation methods for improvement and technology services freight car traffic in international traffic with scientific and practical value. Analysis data shows that rail transport has a leading position in transport market of Ukraine, but competition from other modes transport significantly increases. The basic causes vibrations car traffic on railway network. It is proved that much traffic laws satisfactorily described by Poisson distribution, Erlang, and binomynalnym normal.

Keywords: *vahonopotik, international transportation, rail station, organization, maintenance, system.*

Марченко Д.М. – перший проректор СНУ ім. В. Даля, доктор технічних наук, професор кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті».

Сиднєв В.Р. – начальник "Лиманського Центру професійного розвитку персоналу" РФ "Донецька Залізниця" ПАТ "Укрзалізниця" м. Лиман.

Максимов Д.Г. – начальник відділу "Головне управління Держпраці у Донецькій області" Державна служба України з питань праці м. Краматорськ.

Сиднєв І.В. – головний спеціаліст - юрисконсульт відділу юридичного забезпечення "Головне управління Держпраці у Донецькій області" Державна служба України з питань праці м. Краматорськ.

Рецензент: д.т.н., проф. ***Соколов В.І.***

Стаття подана 28.03.2017

УДК 629.4.027

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО СХОДУ С РЕЛЬСА КОЛЕСА ПЕРСПЕКТИВНОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ

Михайлов Е.В., Семенов С.А., Полупан Е.В.

ESTIMATION SAFETY OF MOTION ON THE DERAILMENT WHEEL OF PERSPECTIVE STRUCTURAL SCHEME

Mikhaylov E., Semenov S., Polupan E.V.

В статье рассмотрены вопросы оценки безопасности движения по вкатыванию на головку рельса гребня колеса перспективной конструктивной схемы в сравнении с традиционным колесом рельсовых транспортных средств. Под перспективной конструктивной схемой (ПКС) колеса понимается такая, которая позволяет независимое вращение поверхности катания колеса и гребня вокруг их общей оси. Установлено, что условия реализации начала процесса схода колеса с рельса при вкатывании гребня практически идентичны для колес обоих конструктивных схем. В то же время, вкатывание на головку рельса с отрывом поверхности катания колеса от поверхности катания головки рельса при углах набегания колеса ПКС более 0,1 градусов становится практически невозможным, так как под воздействием системы приложенных силовых факторов его гребень стремится повернуться в противоположную качению колеса сторону.

Ключевые слова: *рельсовый экипаж, колесо, перспективная конструктивная схема, коэффициент трения, гребневой контакт, направляющее усилие, устойчивость, вкатывание, безопасность.*

Введение. Одной из важнейших характеристик рельсовых транспортных средств является уровень сопротивления их движению, который определяется, помимо прочего, рациональным выбором конструктивных схем экипажной части на стадии проектирования. Значительную долю общего сопротивления движению рельсовых экипажей составляет сопротивление, возникающее вследствие фрикционного взаимодействия в точках контакта колес с рельсами.

Постановка проблемы. Анализ известной научной литературы показал, что известные попытки снижения энергетических затрат при прохождении рельсовыми экипажами кривых участков пути за счет лубрикации зон контакта колес с рельсами, радиальной установки колес и тележек и т.п. пока не позволяют полностью решить указанную проблему. Без изменения традиционной конструктивной схемы колеса (с монолитным выполнением его поверхности катания и гребня) полностью избежать дифференциального паразитного проскальзывания гребней не представляется возможным. Поэтому, необходимо исследовать потенциальные преимущества принципиального изменения конструктивной схемы колеса, например, допускающей поворот гребня относительно колеса вокруг их общей оси [2-3]. Это позволит разорвать замкнутый силовой контур в системе «колесо – рельс» и существенно снизить уровень фрикционного взаимодействия в гребневом контакте колеса с рельсом.

Анализ последних исследований и публикаций. При движении колеса рельсового транспортного средства по рельсу в случае двухточечного их контактирования в гребневом контакте возникает паразитное дифференциальное проскальзывание, связанное с кинематическим несоответствием геометрических параметров поверхностей катания колес и кинематических параметров движения [1]. Мощность сил трения при указанном проскальзывании во многом определяет величину дополнительного сопротивления движению при прохождении кривых участков пути.

Потенциальные преимущества принципиального изменения конструктивной схемы колеса, допускающей поворот гребня относительно колеса вокруг их общей оси, рассмотрены в работах [4, 5]. Установлено, что применение такой конструктивной схемы колеса позволит разорвать замкнутый силовой контур «боковая грань головки рельса – гребень колеса – поверхность катания колеса – поверхность катания головки рельса» и существенно снизить уровень дифференциальных паразитных проскальзываний гребней по рельсам.

Одной из важнейших характеристик любой конструкции экипажа рельсового транспортного средства является запас устойчивости от схода с рельса при вкатывании гребней колес на головки

рельсов [6-12]. Поэтому следует оценить запас устойчивости от схода с рельса колеса перспективной конструктивной схемы (ПКС) в сравнении с колесом традиционной конструктивной схемы (ТКС).

Цель статьи. В работе предпринята попытка оценить устойчивость от вкатывания на рельс гребня колеса ПКС в сравнении с колесом ТКС.

Результаты исследований. Рассмотрим расчетную схему на рис.1, на которой представлены внешние силы и реакции, действующие в в вертикальной поперечной плоскости в гребневом контакте колеса с рельсом в момент начала выхода колеса на этот контакт. Модуль и направление общей реакции рельса на колесо R определяются величиной приложенных в гребневом контакте вертикальных P_Z и горизонтальных Y_Z сил и их соотношением.

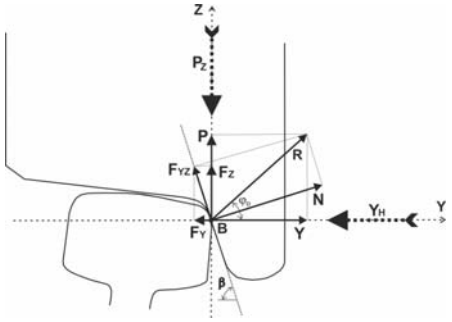


Рис. 1. Расчетная схема внешних сил и реакций, действующих контакте колеса с рельсом при вкатывании гребня

Зависимости, определяющие величины действующих в гребневом контакте реакций могут быть записаны следующим образом

$$R = \sqrt{P^2 + Y^2}\,, \tag{1}$$

$$N = R \cdot \sin(\pi - \beta - \varphi_0) = R \cdot \sin(\beta + \varphi_0)\,, \tag{2}$$

$$\varphi_0 = arctg(P/Y)\,. \tag{3}$$

Возможность независимого вращения поверхности катания колеса и его гребня в направлении координаты φ (вокруг их общей оси вращения $o-y$) в колесе ПКС определяет необходимость проверки условий безопасности от вкатывания гребня на головку рельса по двум координатам одновременно [12]. При этом моменты действующих на колесо и гребень сил приводятся к точке гребневого контакта B и составляются уравнения равновесия сил и моментов для координат Z и φ (см. расчетную схему на рис.2) в виде

$$\sum F_i^Z = 0\,, \quad \sum M_i^B = 0\,. \tag{4}$$

Здесь $\sum F_i^Z$ - сумма сил, действующих на колесо вдоль оси OZ,

$\sum M_i^B$ - сумма моментов приложенных сил относительно точки гребневого контакта B.

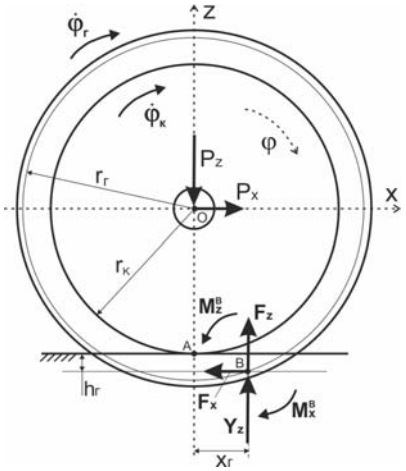


Рис. 2. Расчетная схема для проверки безопасности от вкатывания гребня на головку рельса колеса ПКС по координатам Z и φ

$$\sum F_i^Z = Y_Z + F_Z - P_Z = 0\,, \tag{5}$$

где Y_Z - вертикальная составляющая реакции от направляющей силы Y_H;

F_Z - вертикальная составляющая силы трения в гребневом контакте;

P_Z - суммарная сила веса самого колеса и вертикальной нагрузки на него от надрессорного строения экипажа.

Начало процесса схода колеса с рельса определяется отрывом поверхности катания колеса (точка А на рис.2) от рельса, переходом мгновенного центра поворота колеса в точку B центра гребневого контакта [11] и скольжением этой точки вверх вдоль оси OZ под воздействием вертикальной составляющей реакции Y_Z от направляющей силы при достижении следующего соотношения приведенных к этой точке сил

$$Y_Z > P_Z - F_Z\,, \tag{6}$$

Здесь

$$Y_Z = Y_H / tg\beta\,, \tag{7}$$

С учетом того, что

$$F_Z = F_1^B \cdot \cos\delta \cdot \sin\chi = \mu \cdot N \cdot \cos\delta \cdot \sin\chi = \\ = \mu \cdot \sqrt{P_Z^2 + Y_H^2} \cdot \sin(\beta + \\ + arctg(P_Z / Y_H)) \cdot \cos\delta \cdot \sin\chi, \tag{8}$$

условие (6) может быть записано в виде

$$Y_H / tg\beta > P_Z - \mu \cdot \sqrt{P_Z^2 + Y_H^2} \cdot \sin(\beta + \\ + arctg(P_Z / Y_H)) \cdot \cos\delta \cdot \sin\chi \tag{9}$$

Охарактеризуем запас устойчивости колеса на рельсе от вкатывания гребня коэффициентом $K_{УС}$

$$K_{УС} = (D - \mu \cdot \sqrt{D^2 + 1} \cdot \sin(\beta + \\ + arctg(D)) \cdot \cos\delta \cdot \sin\chi) \cdot tg\beta, \quad (10)$$

где $D = P_Z / Y_H$.

Процесс вкатывания гребня на рельс может начинаться при значениях $K_{УС} < 1$.

Результаты расчета значений коэффициента $K_{УС}$ в зависимости от величины направляющей силы в гребневом контакте при $P_Z = 125$ кН, $\psi = 0{,}015$ и $K_W = 1{,}021$ для колес обоих конструктивных схем приведены на рис.3.

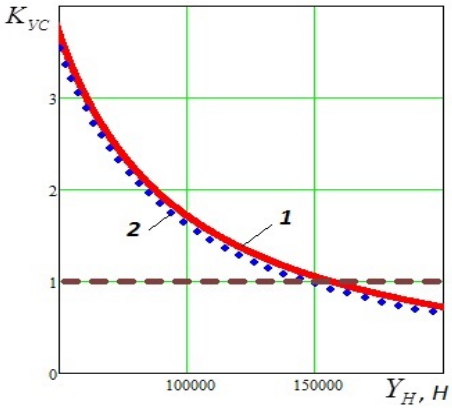


Рис. 3. Графики зависимостей $K_{УС} = f(Y_H)$:
1 – колесо ТКС, 2 – колесо ПКС

Анализ представленных на рис.3 графиков показывает, что величина коэффициента $K_{УС}$, характеризующего запас устойчивости колес от схода с рельса при вкатывании гребня на этапе зарождения этого процесса, в зависимости от величины направляющего усилия Y_H, практически одинакова для колес обоих конструктивных схем. Незначительные различия в величинах $K_{УС}$ определяются влиянием конструктивной схемы колеса на распределение составляющих полной силы трения в гребневом контакте, а именно – на величину вертикальной составляющей этой силы [4].

Графики зависимостей $K_{УС} = f(\psi, K_W)$ при $P_Z = 125$ кН, Y_H =90 кН, μ =0,25; $r_K = 0{,}475$ м; $h_\Gamma = 0{,}01$ м для колес обоих конструктивных схем приведены на рис.4, где $K_W = \dot{\varphi}_k / \dot{\varphi}_{\tilde{A}}$ – отношение угловых скоростей гребня и колеса ПКС.

Для сравнения там же приведен график зависимости $K_{УС} = f(\psi, K_W) = 1$ - предельного значения принятого коэффициента устойчивости.

Заметно, что величины коэффициента $K_{УС}$ для колеса ПКС превышают соответствующие значения для колеса ТКС практически во всем диапазоне варьируемых переменных. Незначительное снижение величин $K_{УС}$ для колеса ПКС имеет место в диапазоне значений K_W =[0,97…1,025], со средним значением K_W =1,021 для принятых радиуса колеса $r_K = 0{,}475$ м и вертикального смещения гребневого контакта от плоскости катания колеса $h_\Gamma = 0{,}01$ м.

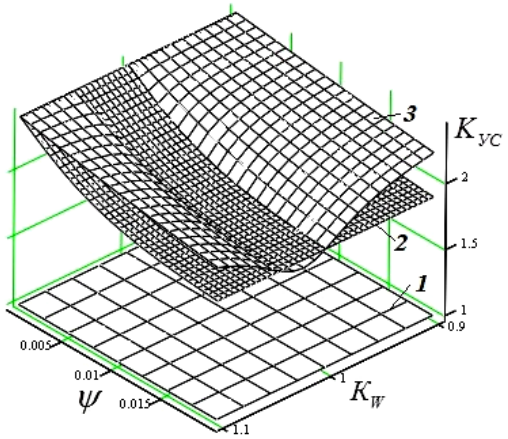


Рис. 4. Графики зависимостей $K_{УС} = f(\psi, K_W)$:
1 – график $K_{УС} = 1$; 2 – колесо ТКС;
3 – колесо ПКС

Величины коэффициента $K_{УС}$ для колес обоих конструктивных схем превышают предельное значение коэффициента устойчивости $K_{УС}$=1 для заданных параметров колес.

Рассмотрим условия равновесия колеса ПКС на рельсе в направлении координаты φ.

$$\sum M_i^B = M_X^B + M_Z^B = 0, \quad (11)$$

где M_X^B и M_Z^B - суммарные моменты соответственно продольных и вертикальных сил относительно центра гребневого контакта.

Из расчетной схемы на рис.2 следует, что

$$M_X^B = P_X \cdot (r_K + h_\Gamma). \quad (12)$$

M_X является моментом от продольной силы P_X, приложенной в центре вращения колеса *O*. Причем $P_X = F_X$, где $F_X = \mu_X \cdot N$ – продольная составляющая силы трения в гребневом контакте.

Величина момента M_Z определяется суммой веса самого колеса и вертикальной нагрузки на колесо от надрессорного строения P_Z, а также величиной x_Γ «забега» точки гребневого контакта

$$M_Z = P_Z \cdot x_\Gamma. \quad (13)$$

Очевидно, что величина M_Z для примерно одинакового веса колес не зависит от их конструктивных особенностей.

Вращение подвижного гребня колеса ПКС в направлении обратном движению возможно при выполнении условия $M_Z > M_X$.

На рис.5 - 6 приведены результаты расчета величин соответствующих моментов, выполненные для обоих рассматриваемых вариантов конструктивного исполнения колес при следующих исходных данных : $P_Z = 125$ кН; $Y = 50$ кН; $K_W = 1{,}021$; $\mu = 0{,}25$; $r_K = 0{,}475$ м; $h_\Gamma = 0{,}01$ м.

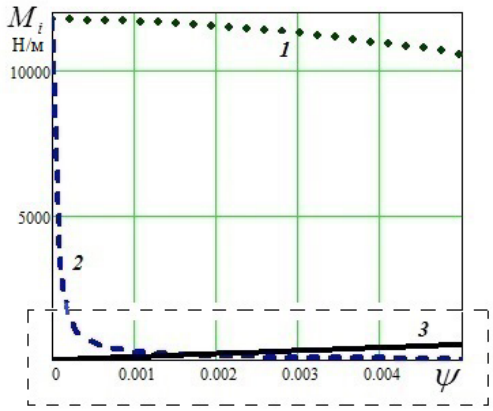


Рис. 5. Графики зависимостей $M_{Xi} = f(\psi)$:
1 – $M_{X1} = f(\psi)$ (колесо ТКС);
2 – $M_{X2} = f(\psi)$ (колесо ПКС); 3 – $M_Z = f(\psi)$

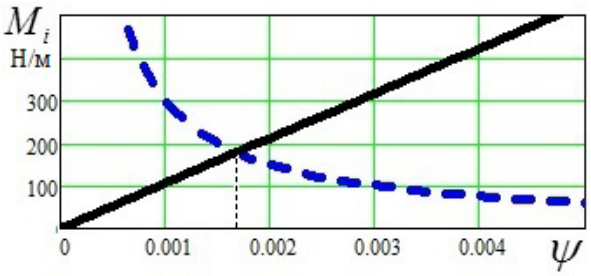


Рис. 6. Увеличенный выделенный фрагмент графика рис.5

Анализ графиков на рис. 5, 6 показывает, что для колеса ПКС при заданных исходных значениях, величина момента M_Z уже при небольших углах набегания ($\psi > 0{,}0017$ рад. или около 0,1 град.) будет превышать величину M_X. В этих условиях вкатывание колеса на головку рельса с отрывом поверхности катания колеса от поверхности катания головки рельса практически невозможно, так как его гребень будет стремиться повернуться в противоположную движению колеса сторону.

Графики зависимостей $M_i = f(\psi, K_W)$, рассчитанных для тех же исходных данных, представлены на рис.7.

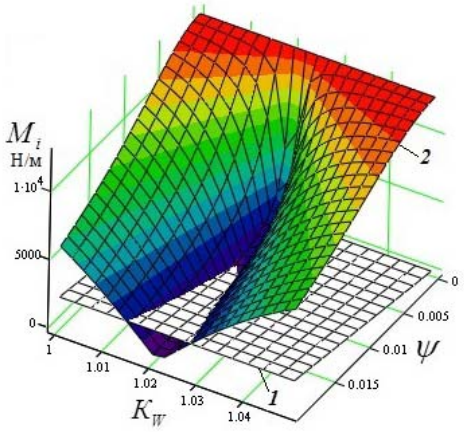


Рис. 7. Графики зависимостей $M_i = f(\psi, K_W)$:
1 – $M_Z = f(\psi, K_W)$; 2 – $M_X = f(\psi, K_W)$

Анализ графиков на рис.7 показывает, что отмеченная особенность движения колеса ПКС при вкатывании гребня на головку рельса характерна для диапазона значений K_W, близкого к оптимальному значению $K_W = 1{,}021$ для заданных параметров колес.

Вывод. Таким образом, проведенный анализ позволил установить, что условия реализации начала процесса схода колеса с рельса при вкатывании гребня практически идентичны для колес обоих конструктивных схем.

Установлено, что вкатывание колеса ПКС на головку рельса с отрывом поверхности катания колеса от поверхности катания головки рельса при углах набегания колеса более 0,1 градусов становится практически невозможным, так как под воздействием системы приложенных силовых факторов его гребень стремится повернуться в противоположную качению колеса сторону.

Литература

1. Ткаченко В.П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей.- Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996.- 200 с.
2. Михайлов Є.В., Слащов В.А., Горбунов М.І., Щербаков В.П., Семенов С.О. Колесо рейкового транспортного засобу. Деклараційний патент на корисну модель 75279. Опубл. 26.11.2012, бюл. № 22/2012.
3. Михайлов Є.В., Слащов В.А., Горбунов М.І., Семенов С.О. Колісна пара рейкового транспортного засобу. Деклараційний патент на корисну модель 78070. Опубл. 11.03.2013, бюл. № 5/2013.
4. Mihaylov E., Semenov S., Panchenko E. The possibility of reducing kinematic slip with two-point contacting with rail wheel railway vehicle.// TEKA. Commision of motorization and energetics in agriculture, 2013. Vol. 13, №3, 03-08, pp. 139-145.
5. Михайлов Е.В. Снижение кинематического проскальзывания по рельсу колеса рельсового экипажа с подвижным гребнем / Е.В. Михайлов, В.А. Слащев, С.А. Семенов// Вестник ВНУ им.В.Даля. – 2013. – № 18 (207), (Ч. 1). – С.28-34.

6. Вериго М.Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава// М.Ф. Вериго, А.Я. Коган.– М.: Транспорт, 1986.–559 с.
7. Маслиев В.Г. Динамика локомотивов с устройствами, уменьшающими износ бандажей колес. –Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 288 с.
8. Лысюк В.С. Причины и механизм схода колеса с рельса // Проблема износа колес и рельсов. - М: Транспорт, 2002. - 216 с.
9. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ - ВНИИЖТ, 1996.-346 с.
10. Вершинский С.В. Динамика вагона: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. Изд. 2-е, перераб. и доп./ С.В. Вершинский, В.Н. Данилов, И.И. Челноков – М.: Транспорт, 1978.- 352с.
11. Исследование вкатывания гребня колеса на рельс / В.П. Ткаченко, А.Н. Воронько, Д.М. Диденко, С.Ю. Сапронова // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2005.–№5(87).– С. 255-260.
12. Шиллер В.В. Контактирующая поверхность дискового гребня гибкой колесной пары / В.В. Шиллер П.А. Шипилов, А.В. Плосков // Вестник РГУПС.- № 4, 2009. – с.47-52.

References

1. Tkachenko V.P. Kinematicheskoe soprotivlenie dvizheniju rel'sovyh jekipazhej.- Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996.- 200 s.
2. Mihajlov Є.V., Slashhov V.A., Gorbunov M.I., Shherbakov V.P., Semenov S.O. Koleso rejkovogo transportnogo zasobu. Deklaracijnij patent na korisnu model' 75279. Opubl.26.11.2012, bjul. № 22/2012.
3. Mihajlov Є.V., Slashhov V.A., Gorbunov M.I., Semenov S.O. Kolisna para rejkovogo transportnogo zasobu. Deklaracijnij patent na korisnu model' 78070. Opubl.11.03.2013, bjul. № 5/2013.
4. Mihaylov E., Semenov S., Panchenko E. The possibility of reducing kinematic slip with two-point contacting with rail wheel railway vehicle.// TEKA. Commision of motorization and energetics in agriculture, 2013. Vol. 13, №3, 03-08, pp. 139-145.
5. Mihajlov E.V., Slashhev V.A., Semenov S.A. Snizhenie kinematicheskogo proskal'zyvanija po rel'su kolesa rel'sovogo jekipazha s podvizhnym grebnem // Vestnik VNU im.V.Dalja. – 2013. – № 18 (207), (Ch. 1). – S.28-34.
6. Verigo M.F. Vzaimodejstvie puti i podvizhnogo sostava//M.F.Verigo, A.Ja.Kogan.– M.:Transport,1986.-559 s.
7. (6) Masliev V.G. Dinamika lokomotivov s ustrojstvami, umen'shajushhimi iznos bandazhej koles. –Har'kov: NTU «HPI», 2008. – 288 s.
8. Lysjuk V.S. Prichiny i mehanizm shoda kolesa s rel'sa // Problema iznosa koles i rel'sov. - M: Transport, 2002.-216 s.
9. Normy dlja rascheta i proektirovanija vagonov zheleznyh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnyh). M.: GosNIIV - VNIIZhT, 1996.-346 s.
10. Vershinskij S.V., Danilov V.N., Chelnokov I.I. Dinamika vagona: Uchebnik dlja vuzov zh.-d. transporta. Izd. 2-e, pererab. i dop. – M.: Transport, 1978.- 352s.
11. Tkachenko V.P., Voron'ko A.N., Didenko D.M., Sapronova S.Ju. Issledovanie vkatyvanija grebnja kolesa na rel's // Visnik Shidnoukr. nac. un-tu im. V. Dalja. – Lugans'k: SNU im. V.Dalja, 2005.–№5(87).– S. 255-260.
12. Shiller V.V., Shipilov P.A., Ploskov A.V. Kontaktirujushhaja poverhnost' diskovogo grebnja gibkoj kolesnoj pary. Vestnik RGUPS.- № 4, 2009. – s.47-52.

Михайлов Є.В., Семенов С.О., Полупан Є.В. Оцінка безпеки руху по сходу з рейки колеса перспективної конструктивної схеми.

У статті розглянуті питання оцінки безпеки руху по вкочуванню на головку рейки гребеня колеса перспективної конструктивної схеми порівняно з традиційним колесом рейкових транспортних засобів. Під перспективною конструктивною схемою (ПКС) колеса розуміється така схема, яка дозволяє незалежне обертання поверхні кочення колеса та гребеня навколо їх спільної осі. Встановлено, що умови реалізації початку процесу сходу колеса з рейки при вкочуванні гребеня практично ідентичні для коліс обох конструктивних схем. В той же час, вкочування на головку рейки з відривом поверхні кочення колеса від головки рейки при кутах набігання колеса ПКС більше 0,1 градусів стає практично неможливим, оскільки під впливом системи прикладених силових чинників його гребінь прагне обернутися в протилежну коченню колеса сторону.

Ключові слова: *рейковий екіпаж, колесо, перспективна конструктивна схема, коефіцієнт тертя, гребеневий контакт, направляючі зусилля, стійкість, вкочування, безпека.*

Mikhaylov E.V., Semenov S.O., Polupan E.V. Estimation safety of motion on the derailment wheel of perspective structural scheme.

In the article the questions estimation safety of motion are considered on rolling into on the head of rail flanges wheel of perspective structural scheme by comparison to the traditional wheel of railway transport vehicles. Under the perspective structural scheme (PSC) of wheel such is understood, which allows the independent rotation surface rolling of wheel and flange about their general axis. It is set that terms of realization beginning of process tails of wheel from a rail at rolling into flanges are practically identical for the wheels of both structural schemes. At the same time, rolling into on the head of rail with tearing away surface rolling of wheel from the railhead at the corners running-on of wheel PSC more than 0,1 degrees become impossible practically, because under act the system of attached power factors his comb aims to turn in opposite wobbling of wheel side.

Keywords: *railway vehicle, wheel, perspective structural scheme, coefficient of friction, comb contact, directing effort, stability, rolling into, safety.*

Михайлов Є.В. – к.т.н., доцент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, e-mail: evgmi@yandex.ua.
Семенов С.О. – ст.викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, e-mail: semen_opugt@mail.ru
Полупан Є.В. – к.т.н., доцент кафедри "Залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин" СНУ ім.В.Даля, e-mail: iiscienceii@gmail.com

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

Стаття подана 12.03.2017

УДК 621.75

УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГВИНТОВОЇ МІКРОМЕТРИЧНОЇ ПАРИ

Морнева М.О., Голубєва С.М.

RESEARCH OF SCREW MICROMETRIC PAIRS

Morneva M., Golubeva S.

У статті викладено результати дослідження точності мікрометричних гвинтових пар на спеціальній установці, де визначено їх похибки, які перевищують допустимі. Показано, що для використання в точних механізмах потрібно здійснювати їх попередню атестацію.

Ключові слова: точність, похибка, мікрометрична пара, вимірювальні пристрої.

Вступ. Різьбові з'єднання є найпоширенішим видом з'єднань взагалі і роз'ємних зокрема. У сучасних машинах деталі, що мають різьбу, складають понад 60% від загальної кількості деталей.

Широке застосування різьбових з'єднань в машинобудуванні пояснюється їх перевагами: універсальністю, високою надійністю, малими габаритами і вагою кріпильних різьбових деталей, здатністю створювати і сприймати великі осьові сили, технологічністю і можливістю точного виготовлення.

Жодна сучасна машина не може бути виготовлена без використання різьбових з'єднань як одного з основних конструктивних елементів. До різьбових з'єднань, які працюють в самих різних умовах, висуваються жорсткі вимоги щодо міцності, надійності і якості. Від міцності і надійності різьбових з'єднань багато в чому залежить довговічність і надійність роботи виробу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питанням міцності і надійності різьбових з'єднань присвятили свої роботи багато радянських і зарубіжних вчених. Великий внесок у вивчення міцності різьбових з'єднань вніс І.А.Біргер. Ним розроблені основи розрахунку різьбових з'єднань на міцність, розвинене вчення Н.Є.Жуковського про розподіл навантаження по витків нарізного сполучення. Дослідження І.А.Біргера доповнюють дослідження, проведені радянськими вченими М. А.Саверина, С.В.Серенсеном і Д.Н.Решетовим. Великий обсяг досліджень щодо впливу технології виготовлення різьби і її основних параметрів на міцність різьбових з'єднань провів А.І.Якушев. З більш пізніх досліджень слід зазначити роботи С.Н.Захарова, Г.Б.Іосілевіча, Н.Л.Клячкіна і ін.

Результати досліджень. Мікрометричні вимірювальні інструменти засновані на використанні точної гвинтової пари (гвинт-гайка), яка перетворює обертальні рух мікрогвинта в поступальні. До мікрометричним інструментів відносяться: мікрометри, мікрометричні глибиноміри, мікрометричні нутроміри. Мікрометричні інструменти призначені для абсолютного контактного методу вимірювання. Ціна поділки приладу 0.01 мм. Похибка вимірювання залежить від меж вимірювання мікрометра і становить: від 3 мкм для мікрометрів 0-25 мм до 50 мкм для мікрометрів з межами вимірювання 400-500 мм.

Мікрометрична гвинтова пара широко застосовується в різних механічних вимірювальних приладах, мікроподачі столів пристосувань елементів точного встановлення виконавчих пристроїв верстатів і інших параметрів. Оцінка їх точності показала, що одним з основних джерел похибок мікрометричних інструментів є похибка кроку різьблення мікрометричною пари, що перевищує величину 0,005 мм [3]. Для цього була розроблена установка і проведені дослідження точності гвинтової мікрометричної пари мікрометрів.

Експериментальні дослідження гвинтової пари мікрометрів полягали в тому, що по заданому з достатньою точністю куту повороту φ барабана визначалося осьове переміщення L шпинделя мікрометра, тобто досліджувалася залежність $L = f(\varphi)$. Принципова схема установки представлена на рис.

У стійці 1 в необхідному положенні кріпився за допомогою спеціального кронштейна 3 досліджуваний мікрометр. Для точного вимірювання переміщень шпинделя використовувався блок кінцевих мір 4 і частці мікронна вимірювальна головка 5 з ціною поділки 0,0002 мм. Переміщення шпинделя з блоком кінцевих мір передавалися на сферичний наконечник 6 спеціального перехідника 9. Плоский наконечник перехідника 8 упирався в вимірювальний наконечник головки 5.

Розмір блоку кінцевих мір складався відповідно до початковим положенням мікрометра від 25 мм на початку випробування до 0 в кінці випробування.

Для точного завдання кута повороту шпинделя на барабані мікрометра був встановлений диск 10 з поділами. До стійки кріпився покажчик 11 для відліку повороту диска, який мав 500 поділок, тобто ціна ділення диска, наведена до осьового переміщення шпинделя склала 0,001 мм.

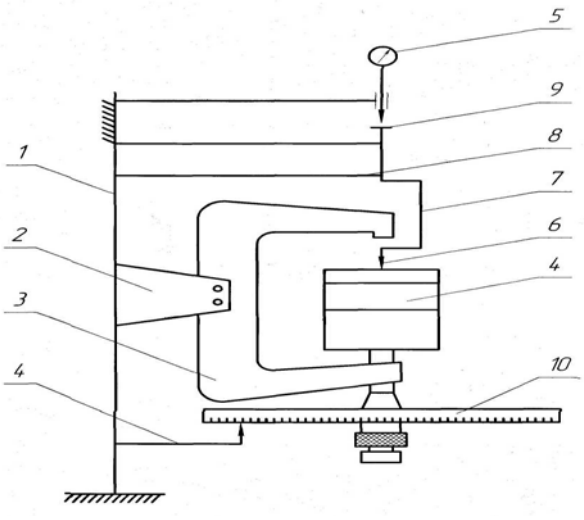


Рис. Принципова схема установки для дослідження гвинтовий мікрометричної пари

Перевірялися мікрометри з межами вимірювання 25-50 мм по ГОСТ 6507-60 в кількості 50 штук. Вимірювання відхилень переміщення шпинделя здійснювалося через один оборот барабана, тобто через 0,5 мм. Таким чином, число контрольних точок 50. У цьому випадку відносна помилка завдання повороту барабана буде дорівнювати [1]

$$\Delta_1 = \frac{0{,}001 \cdot 100}{0{,}5} = 0{,}2\%,$$

а відносна похибка визначення переміщення складе

$$\Delta_2 = \frac{0{,}0001}{0{,}5} \cdot 100 = 0{,}002\%$$

(приймається похибка головки 0,5 ціни поділки).

Похибка атестації плиток 4 розряду [2] Δ_3=0,2 мкм. Сумарна похибка експерименту склала

$$\Delta_e = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2} = \sqrt{0{,}2^2 + 0{,}02^2 + 0{,}2^2} = 0{,}282\%,$$

що цілком допустимо.

Висновок. Дослідження показали, що 34% досліджуваних мікрометрів мали граничну похибку, що перевищує нормовану стандартом (Δ_{lim}=7,5 мкм). Ці дані доводять, що використання мікрометричних гвинтових пар без попередньої атестації та подальшого відбору недоцільно.

Література

1. Бичківський Р.В. та ін. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація / Р.В.Бичківський. – Львів, 2004. – 560 с.
2. Карцев Е.А., Коротков В.П. и др. Кинематическая точность винтовых передач / Е.А.Карцев. – М.: ЦНИИТЭ. Легпищепром, 1970 – 165 с.
3. Марков Н.Н. и др. Погрешность и выбор средств при линейных измерениях /Н.Н.Марков. – М.: Машиностроение, 1967. – 392с.

References

1. Bichkivsky R.V. Ta in. Metrology, standardization, management and documentation / RV Bichkovsky. - Lviv, 2004. - 560 p.
2. Kartsev EA, Korotkov VP Kinematic accuracy of helical gears / EA Kartsev. - Moscow: TSNIITE. Legpischeprom, 1970 – 165 p.
3. Markov N.N. And others. The error and the choice of means for linear measurements / N.N.Markov. - M .: Mechanical Engineering, 1967. – 392 p.

Морнева М.О., Голубева С.М. Исследование точности винтовых микрометрических пар

В статье изложены результаты исследования точности микрометрических винтовых пар на специальной установке, где определены их погрешности, которые превышают допустимые. Показано, что для использования в точных механизмах нужно осуществлять их предварительную аттестацию.

Ключевые слова: *точность, погрешность, микрометрическая пара, измерительные устройства.*

Morneva M., Golubeva S. Research of screw micrometric pairs.

The results of the investigation of the accuracy of micrometric screw pairs on a special installation are described, where their errors are determined to exceed the permissible errors. It is shown that for use in precise mechanisms it is required to carry out their preliminary certification.

Keywords: *accuracy, error, micrometric pair, measuring devices.*

Морнева М.О. – к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії СНУ ім. В. Даля, e-mail: morneva@gmail.com
Голубева С.М. – старший викладач кафедри електричної інженерії СНУ ім. В. Даля, e-mail: glbvnu@rambler.ru

Резензент: д.т.н., проф. ***Соколов В.І.***

Стаття подана 27.03.2017

УДК 656.02

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ЛОГИСТИКИ

Нестеренко Г.И., Кузьменко А.И.

IMPROVEMENT OF THE TRANSPORT COMPLEX OF UKRAINE BY USING THE LOGISTICS PRINCIPLES

Nesterenko H., Kuzmenko A.

Данная работа посвящена поиску путей совершенствования транспортного комплекса Украины на основе использования принципов логистики и нацелена на обеспечение минимальных затрат времени обслуживания и увеличение пропускной способности национальных транспортных систем. Для разработки концепции формирования и развития транспортно-логистической системы предлагается использовать такой показатель, как транспортно-логистический потенциал, характеризующий потенциальные возможности исследуемого объекта.

Ключевые слова: *транспортные системы, транспортно-логистический кластер, транспортно-логистический потенциал, мультимодальные транспортно-логистические центры.*

Введение. Анализ показателей состояния и динамики инновационной деятельности в Украине свидетельствует о том, что ситуация, которая сложилась в этой сфере, является неудовлетворительной и требует экстренных мер для активизации. Среди основных приоритетных направлений инновационной деятельности в Украине определены также «транспортные системы: строительство и реконструкция» [1]. Потенциал геополитического и геоэкономического положения Украины в значительной мере реализуется путем предоставления транспортных услуг. За последние десять лет транзит стал важнейшей составляющей экспорта услуг. Экспорт транспортных услуг – реальный ресурс, который имеет Украина для достижения экономического роста. Таким образом, развитие транспортной инфраструктуры является не отраслевым, а национальным приоритетом.

Украине необходима своя инвестиционная стратегия привлечения средств в транспортно-логистическую систему за счет эффективного сочетания рыночного механизма и государственного регулирования в рамках транспортно-логистических кластеров. Источниками инвестирования транспортно-логистической инфраструктуры могут выступать: бюджет, целевые займы, частный капитал при создании платных дорог, концессии на разработку прилегающих к дороге полезных ископаемых и лесных участков и другие.

Постановка проблемы. Анализ показателей состояния и динамики инновационной деятельности в Украине свидетельствует о том, что ситуация, которая сложилась в этой сфере, является неудовлетворительной. Модель рыночной экономики, которая внедрялась в Украине в последние годы, не соответствовала фундаментальным требованиям современной экономики – органичному ее сочетанию с рынком на основе всемерного использования научных знаний и новых технологий. Необходимость внедрения принципов логистики в процесс организации международных грузопотоков вызвана также тем, что в последнее время существенно изменились организационно-экономические, а также правовые взаимоотношения между участниками транспортного процесса, в результате чего возникают проблемы совместимости национальной транспортной системы с международной системой [2]. Таким образом, новые реформы не могут претендовать на большой успех, если они не будут соответствовать национальной транспортной доктрине в сфере трансформации экономической системы Украины.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблемами транспорта и транспортной логистики занимается достаточно большое количество зарубежных и отечественных ученых. Среди них можно назвать Д.Дж. Бауэрсокса, М.Р. Линдерса, А.М. Гаджинского, А.М. Зевакова, Е. Дахмена, Й. Йохансона, А.А. Кизима, Д.Д. Костоглодова, Г.А. Левикова, О.М. Лопаткина, Л.Б. Миротина, И.В. Найденова, А.Г. Некрасова, О.А. Новикова, К.И. Плужникова, Т.А. Прокофьеву, В.И. Сергеева, А.Д. Уварова, Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько и многих

других. Однако вопрос рационального использования транспортного потенциала Украины на основе использования принципов логистики до сих пор остается открытым.

Цель статьи. Работа посвящена разработке концепции формирования и развития транспортно-логистической системы с использованием такого показателя, как транспортно-логистический потенциал, характеризующий потенциальные возможности транспортной системы Украины.

Результаты исследований. Концепция управления процессом доставки товара от изготовителя к потребителю с использованием различных методов и способов ее организации и осуществления определяется понятием логистики. В наиболее широком плане логистика трактуется как управление предприятием во взаимосвязи с поставщиками и потребителями его продукции. Один из основоположников разработки этой концепции, профессор Высшей коммерческой школы г. Бордо (Франция) Пьер Казабан, определяет ее как "совокупность способов и методов эффективного управления товарными потоками с обеспечением наименьших издержек и высокого уровня организации и осуществления процессов снабжения, управления товарным рынком, производства и сбыта, включая и послепродажное обслуживание" [3]. Важное место в приведенной концепции отводится вопросам организации и осуществления транспортировки грузов (имеется в виду не только сам процесс перевозки, но и все сопутствующие ему операции). Существует также противоположное мнение, трактующее понятие логистики как совокупность операций по "сокращению затрат на упаковку, погрузочно-разгрузочные работы, транспортировку, таможенную очистку, складирование, снижение да минимума расходов, связанных с посредническо-транспортной деятельностью" [4]. Иными словами, термин увязывается почти исключительно с вопросами совершенствования транспортного процесса и связанных с ним операций.

В Соединенных Штатах Америки под логистикой понимается "процесс планирования и организации доставки необходимых для производства материалов, доставка продукции предприятия на торговые склады или в розничную сеть, а также должный контроль над этими операциями". В частности, данный смысл придается логистике бизнеса двумя американскими экономистами: Стайнером и Макэдхинейем [5,6].

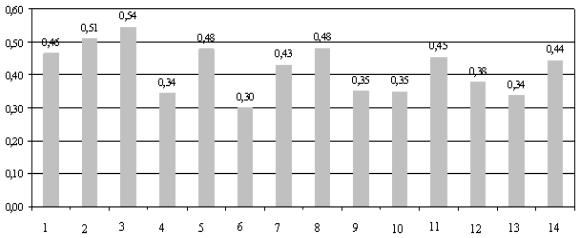
В данной работе предложена общая модель синтезируемых составляющих частей логистического потенциала Украины и для каждой из них на основании единого критерия оптимизации и глобальной цели определены свои целевые функции, имеющие согласованные локальные цели и критерии.

В соответствии с синтезированным подходом транспортно-логистический потенциал был рассмотрен как интегрированная функция, состоящая из следующих групп факторов: общеэкономического показателя $I_{эп}$; показателя деятельности транспортно-логистического комплекса $I_{тлк}$; показателя транспортной инфраструктуры $I_{ти}$; показателя логистической инфраструктуры $I_{ли}$ и показателя институциональной обеспеченности отрасли $I_{ио}$.

Интегральный показатель транспортно-логистического потенциала каждой из областей Украины определяется по формуле:

$$I_{инт} = \sqrt[5]{I_{эп} \cdot I_{тлк} \cdot I_{ти} \cdot I_{ли} \cdot I_{ио}}$$

Средневзвешенный результат за исследуемый период по каждой из областей Украины показан на диаграмме (рис. 1).



1- Днепропетровская область;
2- Харьковская область;
3- Киевская область;
4- Львовская область;
5- Одесская область;
6- Черкасская область;
7- Кировоградская область;
8- Черниговская область;
9- Закарпатская область;
10- Сумская область;
11- Ровенская область;
12- Запорожская область;
13- Винницкая область;
14- Черновицкая область.

Рис. 1. Состояние транспортно-логистического потенциала областей Украины

Определение транспортно-логистического потенциала отдельных областей позволяет сделать следующие выводы:

1) подтверждается предположение о высокой степени готовности к внедрению логистических технологий и инновационных преобразований регионов как развитых, так и с депрессивным состоянием экономики, т.к. через многие приграничные регионы проходят международные транспортные коридоры (большой поток грузов), что стимулирует развитие отрасли;

2) регионы, обладающие наибольшим транспортно-логистическим потенциалом, имеют большую активность к внедрению логистических технологий по сравнению с регионами, потенциалы инновационной логистической инфраструктуры и инновационной обеспеченности которых незначительны.

Для дальнейших исследований были выделены два наиболее перспективных типа транспортно-логистических объектов:

1) многофункциональные терминальные комплексы, включающие контейнерный терминал для приема и переработки большегрузных контейнеров,

а также автомобильный терминал с таможенной обработкой грузов и блоком сервисного обслуживания;

2) международные транспортно-логистические центры с участием автомобильного, железнодорожного, морского и воздушного транспорта при совмещении технологии грузопереработки и предоставлении клиентуре полного комплекса транспортно-логистических услуг.

Значение суммарных затрат на содержание и развитие этих объектов для каждого исследования были рассчитаны при помощи программно-реализованного класса LogisticChain [2]. Во время моделирования процесса перевозок грузов в международном сообщении были учтены разные факторы, влияющие на эффективность работы грузовых терминалов Для проверки нормального закона распределения пилотной выборки был использован программный продукт Statistica 8. Результаты проверки показаны на рисунке 2.

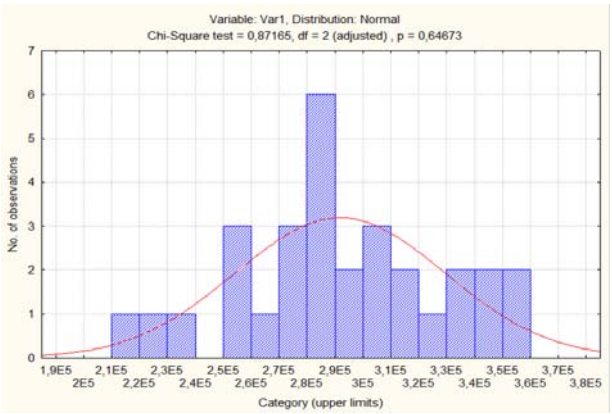


Рис. 2. Проверка нормального закона распределения для 1 серии суммарных затрат

Анализ современного состояния организации международных перевозок показал, что повышение эффективности и качества их выполнения возможно за счет использования перспективных технологий, одной из которых является использование терминалов в системе доставки грузов.

При оценке эффективности систем доставки внешнеторговых грузов необходимо учитывать конкурентоспособность мультимодальных услуг. Конкурентоспособность определяется отношением полезного результата к суммарным затратам:

$$E_U = \frac{U_{ЛТТС}}{Ц_П + З_{ДОП}} = \frac{P_{ЛТТС} \cdot \varphi \cdot \sum a_i u_i}{Ц_П + З_{ДОП}},$$

где $U_{ЛТТС}$ - интегральный показатель, отражающий результативность работы логистической транспортно-технологической системы доставки внешнеторговых грузов (ЛТТС) с учетом совокупного экономико-технологического потенциала и качества транспортной продукции; $P_{ЛТТС}$ - совокупный экономико-технологический потенциал ЛТТС; φ - коэффициент интенсивности использования экономико-технологического или иного потенциала; u_i - показатели качества профильных услуг, оказываемых пользователям транспортных услуг; a_i - удельный вес (ранг) каждого из показателей качества (Σa_i =1); $Ц_п$ - цена перевозки; $З_{доп}$ - дополнительные затраты, зависящие от качества транспортного обслуживания в ЛТТС.

Используя критерии оценки и показатели, факторы совокупного эффекта функционирования транспортно-логистической инфраструктуры и перспективы ее развития в условиях рыночной экономики [7, 8], можно принять решение о формировании транспортно-логистических центров, что позволит в итоге максимизировать прибыль и минимизировать расходы всех видов ресурсов каждого участника процесса товародвижения. Необходимо также уделить внимание вопросам рационализации выбора модели логистических систем применительно к процессу доставки для транспортно-экспедиционной компании [9] на основе анализа существующих методов моделирования и определения наиболее устойчивого из них для создания модели функционирования транспортно-логистической системы.

Для разработки концепции формирования и развития транспортно-логистической системы предлагается использовать такой показатель, как транспортно-логистический потенциал, характеризующий потенциальные возможности исследуемого объекта [10,11].

Опыт формирования логистических систем в развитых странах показывает, что транспортные расходы при этом сокращаются на 7-20%, расходы на погрузочно-разгрузочные работы и хранение уменьшаются на 15- 30%, а общие логистические издержки - на 12-35%. Передача функций снабжения и сбыта своей продукции от фирм-производителей логистическим посредникам позволяет почти в 3 раза сократить собственные расходы фирм на эти цели, ускорить оборачиваемость ресурсов на 20-40%, снизить запасы материальных ресурсов и готовой продукции на 50-200%.

Таким образом, все функции и операции должны планироваться, управляться и координироваться оператором международной перевозки. Все процессы, протекающие в рамках отдельных функций, согласовываются друг с другом и создают, таким образом, резервы снижения общих издержек. Основу интегрированной системы логистики образуют такие важнейшие сферы бизнеса, как закупка сырья и материалов, производство, сбыт, потоки материалов, транспорт, информация, финансы, а также системы управление запасом, качеством, планирование потребности в материалах и т.п. в данном случае под транспортно-логистическим потенциалом региона (области) понимается совокупность показателей или факторов, характеризующих его силу, источники, возможности, средства, способности и другие резервы, которые могут быть использованы в экономической деятельности транспортно-логистического комплекса. При этом транспортная система Украины рассматрива-

лась как часть мировой транспортной системы. Так же принималось во внимании, что важным инфраструктурным ее элементом являются мультимодальные транспортно-логистические центры [12], создаваемые на базе общесетевых транспортных узлов и функционирующие, как правило, на коммерческой корпоративной основе.

Вывод. Таким образом, важным критерием, определяющим подход к формированию транспортно-логистических узлов, является их принадлежность к опорным транспортным магистралям. Каждый из таких узлов предлагается рассматривать как многофункциональный терминальный товаропроводящий комплекс, в котором соединяются транспортные, промышленные, торговые, финансовые и информационные потоки, а также идет переработка грузов с приращением стоимости, взаимодействие различных видов транспорта. Такой подход к совершенствованию транспортного комплекса Украины позволит обеспечить минимальные затраты времени обслуживания и увеличение пропускной способности национальных транспортных систем.

Литература

1. Гриценко, С.И. Стратегия развития транспортно-логистических кластеров в Украине / Автореф. дис. на соиск. уч. ст. доктора эк. наук // Санкт-Петерб. гос. универс. экономики и финансов, Санкт-Петербург. – 2009. - 41 стр.
2. Кузьменко, А.І, Нестеренко, Г.І. Підвищення ефективності роботи системи обслуговування міжнародних вантажопотоків / А.І. Кузьменко, Г.І. Нестеренко // Системи та технології: збірник наукових праць. – Дніпро, 2016. – Вип. №1.
3. Kazaban P. La logistique industrialle. Cours de lecture. Bordeaux, 1990. P. 6-9.
4. Gobeman S. Fundamentals of International Business Management. Englewood Cliffs. NJ., 1986. P. 335.
5. Steiner H.M. Reading in Comprehensive Logistics. Texas. Austin. 1989. P. 4.
6. McEthiney P.T. Transport Alternatives in Business Logistics. Phoenix, Arigona. 1985. P. 1. 11.
7. Купавых, С. С. Транспортно-логистическая инфраструктура: критерии оценки, проблемы и перспективы развития / С. С. Купавых // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – Воронеж, 2016. - Т. 3. №. 1. - С. 427-429.
8. Drewello H. The Consideration of Local Preferences in Transport Infrastructure De-velopment: Lessons from the Economics of Federalism // University of Applied Sciences Kehl, Kinzigallee 1, Kehl am Rhein, Germany, Volume 207, 19 September 2016, Pages 291-304.
9. Жевтун, И. Ф. Анализ моделей логистических систем и исследование устойчивости их функционирования / И. Ф. Жевтун, В. О. Зубкова // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – Воронеж, 2016. - Т. 3. №. 1. - С. 394-399.
10. Сыздыкбаева, Б. У. Методология формирования и развития интегрированной транспортно-логистической системы Казахстана. / Автореф. дис. на соиск. уч. ст. доктора эк. наук // Междунар. казахско-турец. универс. им. А.Ясави, – Туркестан, 2010. - 48 стр.
11. Сыздыкбаева, Б. У. Оценка эффективности реализации программ формирования региональной транспортно-логистической системы / Б. У. Сыздыкбаева // Вестн. МКТУ. –2010. - №1-2. - С. 155-164.
12. Шпак, А.В. Проблемы и перспективы формирования транспортно-логистических систем на Севере. / А.В. Шпак // Функционирование основных видов экономической деятельности и производственных комплексов. – Апатиты, 2010. - №. 32 (89). - С. 72-76.

References

1. Gritsenko, S. I. The strategy of development for transport and logistic clusters in Ukraine / Avtoref. yew. on соиск. уч. Art. of the doctor эк. sciences//Sankt-Peterb. state. универс. economy and finance, St. Petersburg. –2009. - 41 p.
2. Kuzmenko, A.I, Nesterenko G.I. Increase in overall performance of system of service of the international freght traffics / A.I. Kuzmenko. G.I. Nesterenko //Systems and technologies: collection of scientific works. - Dnieper, 2016. - VIP. No. 1.
3. Kazaban P. La logistique industrialle. Cours de lecture. Bordeaux, 1990. P. 6-9.
4. Gobeman S. Fundamentals of International Business Management. Englewood Cliffs. NJ., 1986. P. 335.
5. Steiner H.M. Reading in Comprehensive Logistics. Texas. Austin. 1989. P. 4.
6. McEthiney P.T. Transport Alternatives in Business Logistics. Phoenix, Arigona. 1985. P. 1. 11.
7. Kupavykh, S. S. Transport and logistic infrastructure: evaluation criteria, problems and the prospects of development / S. S. Kupavykh//Alternative energy sources in a transport and technological complex: problems and prospects of rational use. – Voronezh, 2016. - T. 3. No. 1. - C. 427-429.
8. Drewello H. The Consideration of Local Preferences in Transport Infrastructure De-velopment: Lessons from the Economics of Federalism // University of Applied Sciences Kehl, Kinzigallee 1, Kehl am Rhein, Germany, Volume 207, 19 September 2016, Pages 291-304.
9. Zhevtun, I. F. The analysis of models of logistic systems and a research of stability of their functioning / I. F. Zhevtun, V. O. Zubkova//Alternative energy sources in a transport and technological complex: problems and prospects of rational use. – Voronezh, 2016. - T. 3. No. 1. - C. 394-399.
10. Syzdykbayeva, B. U. Metodologiya of formation and development of the integrated transport and logistic system of Kazakhstan. / Avtoref. yew. on соиск. уч. Art. of the doctor эк. sciences//Mezhdunar. Kazakh турец. универс. of A. Yasavi, – Turkestan, 2010. - 48 p.
11. Syzdykbayeva, B. U. Otsenk of efficiency of implementation of programs of formation of regional transport and logistic system / B. U. Syzdykbayeva//Vestn. MKTU. – 2010. - No. 1-2. - Page 155-164.
12. Shpak, A.V. Problems and prospects of formation of transport and logistic systems in the north. / A. V. Shpak//Functioning of main types of economic activity and industrial complexes. – Apatity, 2010. - No. 32 (89). - C. 72-76.

Нестеренко Г.І., Кузьменко А.І. Удосконалення транспортного комплексу України на підставі використання принципів логістики.

Дана робота присвячена пошуку шляхів удосконалення транспортного комплексу України на підставі використання принципів логістики та націлена на забезпечення мінімальних витрат часу обслуговування та збільшення пропускної спроможності національних транспортних систем. Для розробки концепції формування та розвитку транспортно-логістичної системи пропонується використовувати такий показник, як транспортно-логістичний потенціал, що характеризує потенційні можливості транспортного об'єкту.

Ключові слова: *транспортні системи, транспортно-логістичний кластер, транспортно-логістичний потенціал, мультимодальні транспортно-логістичні центри.*

Kuzmenko A., Nesterenko H. Improvement of the transport complex of Ukraine by using the logistics principles.

This work devoted to the search for ways to improve the transport complex of Ukraine by using the logistics principles and aimed at ensuring minimum service time consumption and increasing the capacity of national transport systems. Analysis of indicators of the innovative activity state and dynamics in Ukraine demonstrates that the situation that has developed in this area is unsatisfactory and requires urgent measures for revitalization. To de-velop the concept of the formation and development of the transport and logistics system, it is proposed to use such an indicator as the transport and logistics potential characterizing the potential capabilities of the target facility. The transport and logistics potential of the region is a set of indicators or factors characterizing its power, sources, capabilities, funds and other reserves that can be used in the economic activities of the transport and logistics complex. Thus, this work, devoted to the search for ways to improve the transport complex of Ukraine by using the logistics principles, is relevant and aimed at ensuring minimum service time consumption and increasing the capacity of national transport systems.

Keywords: *transport systems, transport-logistic cluster, transport and logistics potential, multimodal transport and logistics centres.*

Нестеренко Г.І. – к.т.н., доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ ім.ак В. Лазаряна, e-mail: galinamuzykina@rambler.ru
Кузьменко А.І. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи та технології» УМСФ, e-mail: alia1971@i.ua.

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

Стаття подана 30.03.2017

УДК 622.278

ЗНАЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО МАРКЕТИНГА В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Новак Г.Л., Григоренко Т.Г., Григоренко Е.И.

IMPORTANCE OF TRANSPORT MARKETING IN RAILWAY FUNCTIONING

Novak G., Grigorenko T., Grigorenko E.

В статье рассмотрены значение транспорта в экономике, его особенности в современных условиях постоянно растущего спроса на качественные услуги железнодорожного транспорта и создание инфраструктуры высокоскоростного сообщения, направления в сфере финансов железнодорожного транспорта. Маркетинг для железной дороги — это система рыночного управления деятельностью предприятий и обеспечения реализации их товаров и услуг. Система, основанная на тщательном комплексном изучении рынка и запросов покупателей для создания оптимальных экономических условий протекания всего производственного процесса как единого целого. Особое внимание уделяется тому, что эффективное функционирование транспортной сферы немыслимо без применения современных технологий маркетинга и реализации маркетинговой политики.

Ключевые слова: *экономическое значение транспорта, транспортные услуги, финансы железнодорожного транспорта, маркетинг, транспортный маркетинг, эффект от реализации маркетинговых мероприятий.*

Постановка проблемы. Маркетинг на железной дороге можно определить как комплексную систему организации перевозочного процесса, ориентированную на более полное удовлетворение спроса на транспортные услуги и повышение рентабельности отрасли при оптимизации грузопотоков и транспортной составляющей в структуре валового национального продукта. Маркетинговое планирование становится сегодня одним из важнейших элементов концепции управления предприятием. Оно используется для повышения эффективности, существующей в фирмах управленческой системы, позволяет составлять более реальные программы производства и реализации, быстрее реагировать на изменения, происходящие на рынке, и создает существенные преимущества в конкурентной борьбе.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах Липсица И.В., Макаренко М.В., Верлока В.С. , Зоріна О.І. , Горєлов Д.О., Лаврова Ю.В., и др. неоднократно говорилось о том, что отрасль, как общесистемная специализированная структура монопольного типа, требует обязательного государственного регулирования и соответствующих организационных форм управления.

Существующие публикации в основном посвящены проблемам управления финансово-экономической деятельностью железнодорожного транспорту, формирования и рационального использования финансовых ресурсов, повышению инвестиционной активности в отрасли и др. Однако в условиях рыночной экономики реформирования железнодорожного транспорта, развития транспортного рынка происходят изменения и в содержании отраслевых финансов, формируются новые формы денежных отношений.

Поэтому изучение транспортного маркетинга на железнодорожном транспорте является актуальным.

Цель статьи. В работе показана роль маркетинга на железной дороге, его основные задачи, функции и основные принципы транспортного маркетинга. Современные требования, предъявляемые к перевозочному процессу и условиям рыночной среды, в которых работает железнодорожной транспорт, повышают роль маркетинга для успешной коммерческой деятельности предприятий железной дороги.

Рассмотрены направления и основные факторы в сфере финансов железнодорожного транспорта, цели, принципы, задачи и функции транспортного маркетинга.

Результаты исследований. Транспорт представляет собой важнейшую составляющую экономики государства, обеспечивающую ее эффективное функционирование, которая способствует динамичному развитию общественного производства.

Однако вопрос маркетинга на железнодорожном транспорте в настоящее время вызывает много вопросов. Более детальное их рассмотрение должно способствовать повышению эффективности управ-

ления железнодорожным транспортом и комплексного подхода к его планированию.

Современное состояние рынка транспортных услуг и тенденции его развития, являются одним из показателей эффективности функционирования государства. Экономическое значение транспорта в жизни общества заключается в обеспечении развития, связи и координации работы всех отраслей экономики.

Основной особенностью железнодорожного транспорта является его специфическая роль в экономике: транспорт является её неотъемлемым звеном, которым как начинается, так и завершается процесс производства продукции в процессе обращения.

Транспорт обеспечивает экономические взаимосвязи между различными отраслями, непрерывность процессов производства и обращения продукции С помощью транспортной инфраструктуры перемещается то, из чего будет произведено и что было произведено, и будет потреблено в национальной экономике. Таким образом, структура и объёмы грузовых потоков, их распределение по территории страны, по направлениям и по сезонам, а также связанных с ними денежных потоков, определяются не самими транспортными предприятиями или отраслью, а предприятиями и организациями, которым принадлежат грузы. Это также справедливо и для перевозок пассажиров и их багажа. В то же время уровень развития транспорта оказывает влияние на скорость обращения продукции, её сохранность и конечную стоимость.

Железнодорожный транспорт – ведущий в транспортной системе Украины. Его ведущее значение обусловлено двумя факторами:

- технико-экономическими преимуществами над большинством других видов транспорта;
- совпадением направления и мощности, основных транспортно-экономических межрайонных и межгосударственных связей Украины с пропускной и провозной способностью железнодорожных магистралей.

Продукция транспорта представляет собой транспортные услуги по перевозке грузов и пассажиров и не является новым продуктом. Транспортная продукция выступает в виде полезного эффекта от работы транспорта. Этот товар не существует как отличный от этого процесса предмет потребления и его можно потреблять только во время производственного процесса. Поэтому продукция транспорта измеряется обычно натуральными показателями, которые характеризуют конечный экономический эффект и отражают количество перевезенных грузов или пассажиров на определенное расстояние.

Также эффективное функционирование транспортной сферы немыслимо без применения современных технологий маркетинга и реализации маркетинговой политики. Качественно новые подходы в управлении транспортной сферой требуют широкого применения современных приемов и методов, позволяющих обеспечить удовлетворение потребностей потребителей, в условиях рационального использования имеющихся ресурсов.

В современных условиях идет процесс активного формирования конкурентной среды в сфере эксплуатационной деятельности, что соответствует требованиям пакета директив ЕС по железнодорожному транспорту. При этом предполагается, что инфраструктура железнодорожного транспорта останется природной монополией, управление которой будет основываться на государственном управлении.

В сфере финансов железнодорожного транспорта, можно выделить следующие их направления:

1) изменения, связанные с необходимостью уточнения содержания и роли финансов в управлении производственной и финансово-экономической деятельности отрасли с учётом основных направлений её реформирования;

2) изменения содержания денежных отношений железнодорожного транспорта вследствие развития транспортного рынка и появления частных компаний, занимающихся грузовыми и, в перспективе, пассажирскими перевозками.

Основным фактором, который обуславливает изменения, происходящие в сфере финансов отрасли, является коренные изменения во внешней и внутренней среде железнодорожного транспорта Украины. Поэтому, чтобы не допустить возникновения кризисных ситуаций процесс реформирования отрасли должен быть целенаправленным, систематическим и предсказуемым. Это позволит разрабатывать своевременные воздействия для обеспечения эффективного управления финансовой деятельностью железнодорожного транспорта.

Транспортные услуги рассматриваются в качестве средства реализации различных торговых сделок. Широкий ассортимент транспортных услуг имеет свои характерные особенности и специфику маркетинговой деятельности.

Транспортный маркетинг — система организации и управления производственно-сбытовой деятельностью транспортных предприятий, компаний и фирм:

- по оказанию транспортных услуг пользователям на основе комплексного изучения транспортного рынка и спроса потребителей транспортной продукции;
- по создания наилучших условий его удовлетворения с целью получения организацией приемлемой прибыли.

Транспортный маркетинг представляет собой совокупность мероприятий направленных на эффективное удовлетворение потребностей потребителей в транспортных услугах. Это деятельность, направленная на продвижение транспортной продукции на рынок услуг.

С точки зрения маркетинга, стратегия развития транспортной сферы должна разрабатываться как по

отраслям, так и по отдельным предприятиям транспорта.

Основными принципами транспортного маркетинга являются ориентация на интересы пользователей, на конечный результат, постоянное обновление технических средств и повышение качества транспортного обслуживания.

Основными задачами маркетинга на железнодорожном транспорте являются:

- анализ транспортной составляющей в конечной цене продукта;
- оценка реальных объемов перевозок по направлениям и грузам в зависимости от качества продукции, уровня платежеспособности и набора услуг;
- определение условий по изменению объемов перевозок с целью создания новых транспортно-экономических связей;
- выявление неудовлетворенного спроса по сегментам транспортного рынка и разработка комплексных мероприятий по его освоению;
- разработка достоверных прогнозов перевозок, повышение на их основе качества текущего и стратегического планирования.

Главные цели маркетинга на железнодорожном транспорте: привлечение дополнительных объемов перевозок; создание условий, при которых у потенциальных пассажиров и грузоотправителей отсутствовали бы проблемы с заказом транспортных услуг нужного им качества; обеспечение финансово-экономической стабильности железной дороги.

В функции транспортного маркетинга входят:

- комплексное изучение транспортного рынка и спроса на транспортные услуги и проблем, связанных с качеством транспортного обслуживания и конкуренцией на транспорте;
- планирование и прогнозирование ассортимента продукции, работ и услуг транспортных организаций с учетом имеющихся перспективных ресурсов;
- определение наиболее эффективных путей товародвижения и транспортного обслуживания, разработка тарифной политики, анализ собственных издержек, ценовой политики пользователей и конкурентов;
- продвижение транспортной продукции на рынок с помощью рекламы на транспорте на основе системы формирования спроса и стимулирования сбыта транспортных услуг и работ, скидок, льгот, повышения качества обслуживания и т. п.;
- управление маркетинговой деятельностью транспортных предприятий, оценка ее эффективности, контроль и реагирование на изменение конъюнктуры рынка.

Необходимо учитывать два вида эффекта от реализации маркетинговых мероприятий: транспортный и внетранспортный (иногда в несколько раз выше первого). Так, ускорение доставки грузов и введение скидок к тарифам способствуют к снижению стоимости оборотных средств грузоотправителей и повышению конкурентоспособности перевозимой продукции. Сооружение транспортной линии увеличивает стоимость земли, хозяйственных объектов и жилья пропорционально их близости к транспортным коммуникациям.

К мероприятиям, значительно улучшающим работу предприятий и жизнь населения, относятся введение новой транспортной техники, более удобного расписания движения транспортных средств, согласованного с подходом другого вида транспорта в пунктах пересадки, ускорения поездов, технологических маршрутов и другие.

Изучение транспортного рынка осуществляется с помощью наблюдений, анкетных исследований, анализа отчетных и прогнозных материалов, телефонных интервью и т. д.

Основную работу по реализации стратегии маркетинга на железнодорожном транспорте в части грузовых перевозок выполняет отраслевая система транспортного обслуживания. Создаются структуры маркетинга по пассажирским перевозкам и другим видам деятельности железнодорожного транспорта.

Вывод. Таким образом, транспортный маркетинг представляет собой систему организации и управления деятельностью транспортных предприятий, фирм и компаний на основе комплексного изучения рынка транспортных услуг и спроса потребителей с целью создания наилучших экономических условий реализации своей продукции. Железнодорожный транспорт обеспечивает экономические взаимосвязи между различными отраслями и непрерывность процессов производства и обращения продукции. Таким образом, структура и объёмы грузовых потоков, их распределение по территории страны, по направлениям и по сезонам, а также связанных с ними денежных потоков, определяются не отраслью или самими транспортными предприятиями, а предприятиями и организациями, которым принадлежат грузы. Это также справедливо и для перевозок пассажиров и их багажа. В то же время уровень развития транспорта оказывает влияние на скорость обращения продукции, её сохранность и конечную стоимость.

Литература

1. Макаренко М.В. Основи управління економічними процесами на залізничному транспорті України: [монографія] / М.В. Макаренко – К.: КУЕТТ, 2006. – 232с.
2. Верлока В.С. Маркетинг на залізничному транспорті: шляхи розвитку та проблеми / В.С. Верлока // Вагонный парк. – 2009. – № 2-3. – с. 40-41.
3. Зоріна О.І. Основні напрями розвитку маркетингу підприємств залізничного транспорту в сфері пасажирських перевезень / О.І. Зоріна, О.Е. Наумова // Маркетинг та логістика в системі менеджменту : тези доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 8-10 листопада 2012 р.). – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012.–с.155-156.
4. Горєлов Д.О., Лаврова Ю.В. Формування циклу бізнес-процесів управління маркетинговою діяльністю транспортного підприємства // Бізнес Інформ. – № 2, 2014. – с. 176-181.

5. Абрамов А.П., Галабурда В.Г., Иванова Е.А. Маркетинг на транспорте. Под. Общей редакцией д-ра экон. наук, проф. В.Г. Галабурды. М.:Желдориздат. 2001. – 329 с.
6. Анненков А.В. Управление транспортной компанией: Монография. М.: ВИНИТИ РАН, 2003. – 280 с.
7. Божук С.Г., Маслова Т.Д. Маркетинговая деятельность.Субъекты. Функции. Виды организации.-С.-Пб.: СПбГИЭА, 1997.- 140 с.
8. Железнодорожный транспорт:Энциклопедия /Гл. ред. Н.С. Конарев. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994.
9. Липсиц И.В. Marketing Mismanagement, или зачем фирме служба маркетинга?// Маркетинг и маркетинговые исследования. – 2005. - №6.
10. Медведев П.М. Как оценивать работу специалистов по маркетингу?// Маркетинг и маркетинговые исследования. – 2005. - №5.
11. Трусина А.Ю. Операционная эффективность маркетинга: взгляд CEO// Маркетинг и маркетинговые исследования. – 2006. - №1.
12. Тарасова О.А. Маркетинг в железнодорожной операторской компании в условиях демонополизации транспортного рынка. Дисс. На соиск. уч. ст. к.э.н. ГУУ. М., 2005г.
13. Тарасова О.А., Федоров Л.С. Концепция маркетинга железнодорожной операторской компании // Железнодорожный транспорт, №5, 2006.
14. Экономика железнодорожного транспорта/ И.В. Белов, Н.П. Терешина, В.Г. Галабурда и др., Под ред. Н.П.
15. Терешиной, Б.М. Лапидуса, М.Ф. Трихункова. – М.: УМК МПС России, 2001. – 600с.:

References

1. M.V. Makarenko A basis of economic process management in the railway of Ukraine [monograph] / M.V. Makarenko – K.: KUETT, 2006. – 232p.
2. V.S. Verloka Marketing of rail transport: the development and challenges / V.S. Verloka // Vagonny park. – 2009. – № 2-3. – p. 40-41.
3. Zorina O.I. The basis development trends of marketing enterprises of railway in the passenger transportation sphere / //Marketing and logistics in the management system: report theses of the IX International Scientific Conference (8-10 nov. 2012 Lviv). - Lviv: Publishing center of Lviv Politechnika, 2012.–p.155-156.
4. D.O.Gorelov,Y.V.Lavrova formation of the cycle of business processes of management of marketing activity of a transport enterprise // Business Inform.– № 2,2014– p.176-181.
5. Abramov A.P., Galaburda V.G., Ivanova E.A. Marketing in the transport sphere. Edited by the Doctor of economic science, prof. V.G. Galaburdy. M.: Zheldorizdat. 2001. – 329 p.
6. Annenkov A.V. Transport company management. Monograph. M.: VINITY RAN, 2003. – 280 p.
7. Bozhuk S.G., Maslova T.D. The marketing activity. Subjects. Functions. Types of organizations.- S.- Pb.: SPbGIEA, 1997.- 140 p.
8. Railways transport: Encyclopedia//. Chief editor N. S. Konarev. – M.: The Great Russion encyclopedia, 1994
9. Lipsic I.V. Marketing Mismanagement, or for what needed marketing service?// Marketing and marketing research. – 2005. - №6.
10. Medvedev P.M. How to estimate a marketing specialist work?// Marketing and marketing research. – 2005. - №5.
11. Trusina A.Y. Operational efficiency of marketing: the CEO view // Marketing and marketing research. – 2006. - №1.
12. Tarasova O.A. Marketing in the rail operator company in the demonopolization conditions of transport market. Ph. D. theses submitted to the GUU. M., 2005.
13. Tarasova O.A., Fedorov L.S. The marketing concept of operator rail company// Rail transport, №5, 2006.
14. The economics of rail transport// I.V. Belov, N.P. Tereshyna, V.G. Galaburda and others, Editors: N.P. Tereshyna, B.M. Lapidus, M.F. trihunkova. – M.: UMK MPS of Russia, 2001. – 600p.:

Новак Г.Л., Григоренко Т.Г., Григоренко К.І. Значення транспортного маркетингу у функціонуванні залізничного транспорту.

У статті розглянуто значення транспорту в економіці, його особливості в сучасних умовах постійно зростаючого попиту на якісні послуги залізничного транспорту і створення інфраструктури високошвидкісного сполучення, напрямки в сфері фінансів залізничного транспорту. Особлива увага приділяється тому, що ефективне функціонування транспортної сфери немислимо без застосування сучасних технологій маркетингу і реалізації маркетингової політики.

Ключові слова: *економічне значення транспорту, транспортні послуги, фінанси залізничний транспорт, маркетинг, транспортний маркетинг, ефект від реалізації маркетингових заходів.*

Nowak G., Grigorenko T., Grigorenko E. Importance of transport marketing in railway functioning.

This article deals with importance of transport in economics, its features in modern conditions of steadily growing demand for railway services of high-quality and creation of infrastructure of high-speed communication, trends in financial sphere of rail transport. The marketing of railway is a system of the market management of the company´s activity and providing the realization of products and services. A system is based on a detailed complex study of market and customs´ needs for development of optimal economic conditions for the all production process. Special attention is given to impossibility of effective functioning of the sphere of transport without modern technologies of marketing and implementation of marketing policy.

Keywords: *economic importance of transport, transport services, finances of rail, marketing, transport marketing, an effect of implementation of the marketing enterprises.*

Новак Г.Л. – викладач вищої категорії, голова циклової комісії транспортних дисциплін Маріупольського механіко-металургійного коледжу державного вищого навчального закладу «Приазовський технічний державний університет», e-mail: nikolay74i@mail.ru.
Григоренко Т.Г. – викладач вищої категорії, голова комісії економічних дисциплін Маріупольського механіко-металургійного коледжу державного вищого навчального закладу «Приазовський технічний державний університет», e-mail: tussik08@rambler.ru.
Григоренко Е.И. – студентка 5 курсу енергетичного факультету державного вищого навчального закладу «Приазовський технічний державний університет» e-mail: grigorenko-katya@rambler.ru

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

Стаття подана 31.03.2017

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ ШЛЯХОМ ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ

Панченко С.В., Бутько Т.В., Прохоров В.М., Пархоменко Л.О.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF ARRANGEMENT OF CAR TRAFFIC BY FORMING THE AUTOMATED SYSTEM OF CALCULATION AND MAINTENANCE OF PLAN FOR THE FORMATION OF TRAINS

Panchenko S., Butko T., Prokhorov V., Parkhomenko L.

У статті досліджено передумови і сформовано вимоги до побудови автоматизованої системи розрахунку і забезпечення виконання плану формування поїздів, яка допоможе впровадити більш досконалу технологію організації вагонопотоків, яка зможе покращити показники перевізного процесу і зменшити собівартість перевезень в умовах швидкої мінливості вагонопотоків. У якості основи такої системи запропоновано новий метод розрахунку плану формування поїздів (ПФП), який використовує математичний апарат генетичних алгоритмів, і який було розроблено авторами статті. Для забезпечення виконання ПФП запропоновано використати оптимізаційну модель для оперативного планування роботи сортувальних станцій.

Ключові слова: *технологія організації вагонопотоків, план формування поїздів, оперативний план роботи сортувальної станції, генетичний алгоритм.*

Вступ. Значна зношеність залізничної транспортної системи України призвела до вичерпання резервів пропускної і провізної спроможності магістральних ліній. Зношеність вагонного парку призводить до збільшення витрат на відновлення вагонів, збільшення часу що витрачається на ремонт. Це у свою чергу призводить до постійної нестачі вагонів для забезпечення перевезень. Для виведення галузі із кризи і забезпечення можливості розвитку і успішної конкуренції з іншими видами транспорту необхідні значні капіталовкладення.

Покращення фінансових результатів залізничного транспорту України прямо залежить від ефективності його операційної діяльності. Одним із напрямків досягнення цієї мети є розробка і впровадження ефективної сучасної системи управління вагонопотоками, яка б мала високий рівень автоматизації.

В основі системи управління вагонопотоками лежить нормативний документ – Порядок організації вагонопотоків у поїзди на залізницях України – План формування поїздів (ПФП). Розробка ПФП передбачає вирішення складної комбінаторної задачі для пошуку оптимального варіанту об'єднання струменів вагонопотоків.

Постановка проблеми. Організація вантажних перевезень на залізницях України виконується відповідно з ПФП в умовах відхилення фактичних вагонопотоків від планових та змін загальної оперативної ситуації на мережі, що суттєво впливає на завантаження залізничних напрямків, яке залежить від їхньої пропускної спроможності [1].

ПФП розраховується на сталі обсяги вантажопотоків, однак в умовах ринкової економіки, обсяги перевезень мають властивість до різких коливань, які ще посилюються у часи економічної кризи, що свідчить про необхідність врахування даних умов при управлінні вагонопотоками. Це засвідчує динаміка нерівномірності добових обсягів навантаження в середньому за рік, що наведений на рисунку 1.2.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [2] розглядається метод поступового покращення ПФП. Основною перевагою метода є його пристосованість для виконання автоматизованого розрахунку ПФП, але він не дозволяє врахувати обмеження по пропускній спроможності ліній і переробній спроможності технічних станцій. На північноамериканському континенті задачею, яка є ключовою у галузі організації вагонопотоків є задача компонування вагонів у блоки і закріплення їх за поїздами, з одночасним вирішенням задачі планування роботи локомотивів і локомотивних бригад. В роботі [3] пропонується спеціально розроблений метаевристичний метод, але невелика розмірність задачі, що наведена у якості приклада його реалізації свід-

чить про його недосконаліть. В роботі [4] запропоноване формулювання задачі маршрутизації вагонопотоків, як задачі визначення структури графа, в якій залізничні станції представляють вершини а блоки вагонів – дуги, для вирішення задачі запропоновано алгоритм створений на основі алгоритму гілок та границь, який генерує маршрут для кожного блоку, вирішуючи задачу пошуку найкоротшого шляху. Як недолік даної розробки слід зазначити недотримання нормативної кількості вагонів у поїздах, а також складність застосування для реальних залізничних полігонів, тому що при одночасному оперуванні вагонами і блоками на всьому полігоні задача маршрутизації вагонопотоків переходить до класу задач великої і надвеликої розмірності. У роботі [5] запропонована математична модель розрахунку плану формування одногрупних наскрізних поїздів з використанням теорії множин. У статті у якості методу розрахунку запропонований метод множників Лагранжа, а для побудови системи рівнянь використовується теорія функцій над множинами. Булеві змінні пропонується замінити мірою як функцією по множині, що дозволить здійснювати над ними операцію диференціювання, що є досить сумнівним математичним прийомом. Задача розрахунку плану формування поїздів є комбінаторною задачею, але метод множників Лагранжу взагалі не є методом вирішення комбінаторних задач.

Мета статті. Мета статті – виявити причини зниження ефективності системи організації вагонопотоків, яка використовує план формування поїздів, що розраховується на середньорічні обсяги вагонопотоків, а також привернути увагу до необхідності створення нової автоматизованої системи, яка, використовуючи сучасні оптимізаційні технології, дозволить вивести процес управління вагонопотоками на новий технологічний рівень.

Результати досліджень. Одними з основних показників, які комплексно відображають ефективність організації перевізного процесу, зокрема управління вагонопотоками, є середній простій на одній технічній станції і час обігу вантажного вагона. На рис. 1 наведена динаміка по роках цих двох показників.

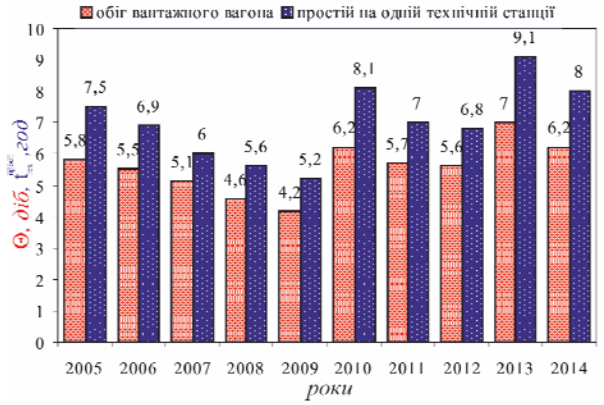


Рис. 1. Динаміка обігу вантажного вагона і часу простою на одній технічній станції по роках

Коефіцієнт кореляції між ними складає 0.9879 при p-значенні 6.3960·10-7, що свідчить про пряму залежність одного з найважливіших якісних показників роботи залізничного транспорту, такого як обіг вагона, від якості роботи технічних станцій і системи організації вантажних залізничних перевезень в цілому.

Коефіцієнт кореляції між такими показниками як обіг вантажного вагона і кількість навантажених вагонів складає 0.0618 при p-значенні 0.8746, що навпаки свідчить про дуже низку ступінь кореляції між цими двома показниками. Тобто навіть при зменшенні обсягів перевезень коли залізнична система працює у режимі, параметри якого дуже далекі від граничних параметрів повного завантаження, навіть тоді обіг вагона маючи значні резерви до зменшення все одно не зменшується. Для того щоб зменшити величину обігу вагона необхідні якісні зміни у системах управління технічними станціями і у системі організації вагонопотоків в цілому на мережі. Покращення основних показників функціонування системи вантажних залізничних перевезень дало б змогу створити резерви для майбутнього збільшення обсягів перевезень і значного збільшення прибутків залізниць. Вирішення цієї проблеми залежить від швидкості і якості переходу на оптимізаційні і логістичні моделі управління, такі що максимально використовують сучасні досягнення у комп'ютерній галузі і галузі інформаційних технологій

Україна є країною з експорто-орієнтованою економікою і тому значну долю перевезень залізницею складають перевезення експортних вантажів. І якщо у 2015 році загальний об'єм вантажів, що були відправлені залізницею склав 294301,2 тис.тонн, то об'єм експортних вантажів, що були перевезені за той же період склав 127770 тис. тонн [6]. Таким чином доля об'єму перевезень експортних вантажів у 2015 році склала 43,4% і це є дуже суттєвий показник. 95 відсотків експортних вантажів, що перевозяться залізницею складають сировинні матеріали і лише менше 5 відсотків складає промислова продукція [6].

Перше місце у номенклатурі експортних вантажів займають залізні і марганцеві руди, обсяг перевезень яких у 2015 році склав 46 млн. тонн. На рис. 2 наведені дані часового ряду, що представляє обсяги перевезень залізної і марганцевої руди за 36 місяців [6]. Щорічний приріст обсягів перевезень представлений лінійним трендом. Також можна бачити значні різкі коливання обсягів перевезень на протязі всіх 36 місяців спостережень. Хоча залізна руда не вважається сезонним вантажем, але все ж таки присутні деякі ознаки сезонності. Наприклад, як у 2013 році так і у 2015 році від мінімальних обсягів у січні починається різкий зріст, який зупиняється у березні, потім у квітні відбувається різкий обвал, після чого у травні знову відбувається різкий зріст при якому досягається річний максимум як 2013 так і 2015 років, далі у червні знову відбува-

ється обвал, який продовжується до вересня 2013 року і до жовтня 2015 року, після чого знову починається різкий зріст протягом двох місяців. Але з іншого боку якщо на вересень 2013 року припадає річний мінімум, тоді на вересень 2014 року припадає річний максимум, значення ряду з серпня по грудень 2014 року знаходяться в протифазі з даними 2015 і 2013 років.

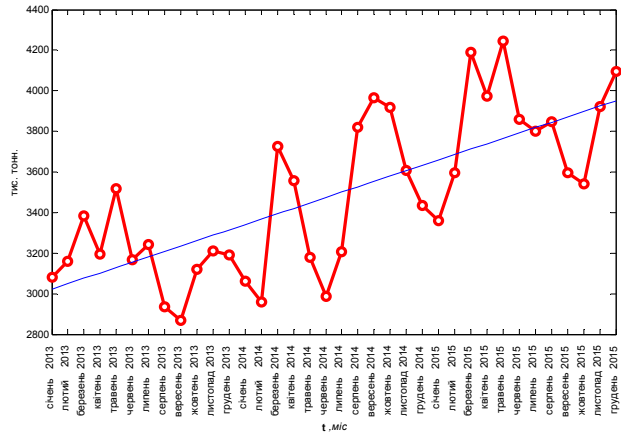


Рис. 2. Часовий ряд обсягів відправлених українськими залізницями залізних і марганцевих руд для здійснення експорту по місяцях за період 2013-2015 років

За показником Херста часові ряди класифікуються як рожевий шум (H<0,4), білий шум (H<0,5), чорний шум (H>0,6), сірий шум (0,5<H<0,6) [7,8]. Величина показника Херста для даного часового ряду становить H=0,5526, що відносить його до категорії сірого шуму. Це означає, що даний часовий ряд має слабко виражену персистентність і знаходиться на межі між хаотичністю і стохастичністю. На рис. 3 наведені результати RS-аналізу часового ряду. Графік RS-траєкторії демонструє відносну плавність, що характеризує досить високу персистентність на інтервалах, які відповідають даним 2013 і 2015 років, а також демонструє провали, що відповідають зривам з тренду, які відбувалися протягом 2014 року. Різка зміна ухилу RS-траєкторії після даних 2014 року також є свідченням стохастичності часового ряду. Хаотичність – це детермінована аперіодична поведінка, а стохастичність – це поведінка абсолютно випадкова і непередбачувана, тому прогнозувати наступні значення такого часового ряду є практично неможливо навіть зважаючи на наявність ознак присутності тренду. Такий часовий ряд може у будь який момент зірватися з тренду, але повернення до середніх значень також не відбувається тому, що це є характерною ознакою лише для білого шуму.

Дані часового ряду представляють собою обсяги перевезень залізних і марганцевих руд залізницями України і виражені у тисячах тон у прямій залежності від яких знаходяться дані про кількість навантажених вагонів і сформованих поїздів. Вони демонструють різкі коливання протягом року, які практично неможливо передбачити і на які дуже важко своєчасно відреагувати враховуючи нестачу вантажних вагонів і локомотивів, перевантаження і зношеність залізничної інфраструктури, яка одночасно використовується і для вантажного і для пасажирського руху.

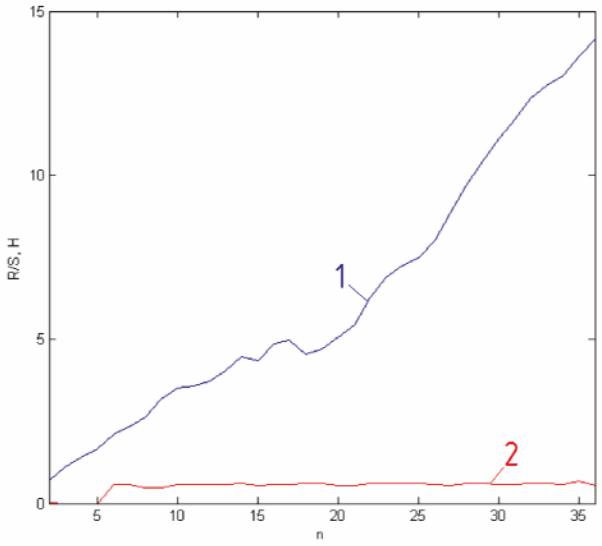


Рис. 3. R/S-траєкторія (1) і H-траєкторія (2) часового ряду щомісячних обсягів експортних перевезень залізної руди залізницями України

Для виходу з даного становища пропонується побудувати ефективну систему управління вагонопотоками, яка б могла швидко адаптуватись до таких різких змін у обсягах перевезень. Вирішення цієї задачі повинно бути комплексним, але ключовим моментом є створення підсистеми управління планом формування поїздів, яка була б здатна відслідковувати зміни у обсягах вагонопотоків і здійснювати перерахування плану формування і яка б стала основою для створення економічної, ефективної і гнучкої системи організації вагонопотоків і сучасної технології організації вантажних залізничних перевезень.

Таким чином, з часів запровадження концепції ПФП і успішного застосування на її основі системи організації вагонопотоків ситуація кардинально змінилася. Від сталих вагонопотоків за часів СРСР з добре прогнозованими сезонними коливаннями і незначними середньорічними відхиленнями ми прийшли до ситуації коли вагонопотоки є майже стохастичними, практично непрогонозованими, середньомісячні обсяги яких можуть коливатись на декілька десятків відсотків, а тижневі і добові коливання можуть бути ще більшими. Причиною таких різких коливань в умовах орієнтованої на експорт ринкової економіки та глобалізації можуть ставати будь які комбінації зовнішніх та внутрішніх факторів, як економічних, політичних і навіть соціальних. Це і банкрутство або відкриття підприємств, обвал або різке зростання цін на сировину, політичні заборони експорту або імпорту продукції, перекриття кордонів, військові дії, або, наприклад, святкування протягом місяця у Китаї Нового року за Місячним ка-

лендарем, коли спостерігається значне зменшення обсягів імпорту до Китаю сировини. До речі, Україна також експортує залізну руду до Китаю.

За таких умов останніми роками спостерігається тенденція до погіршення якісних показників, що характеризують роботу підсистеми вантажних залізничних перевезень, зокрема обіг вантажного вагона збільшився майже до 7 діб. І тому, щоб вистояти у жорсткій конкурентній боротьбі із автомобільним транспортом, Укрзалізниці необхідно змінити або вдосконалити систему організації вагонопотоків, яка є ключовою ланкою підсистеми вантажних залізничних перевезень.

Але відмовлятися від концепції ПФП все ж не варто. Як показав аналіз досвіду зарубіжних країн, зокрема США, де підсистема вантажних перевезень фактично взагалі не має стратегічного рівня керування, відсутність такого рівня змушує вирішувати надскладні задачі планування в оперативному режимі. Але якщо на північноамериканських залізницях такі задачі на рівні операторських компаній вирішувати вдається, то в масштабі такої великої системи, яку представляє собою українська залізнична система, де Укрзалізниця є єдиним оператором, це буде практично неможливо.

А тому єдиний шлях розвитку системи організації вагонопотоків це шлях її удосконалення. Необхідно модернізувати концепцію ПФП таким чином, щоб вона знову стала тією міцною основою, яка забезпечить ефективну роботу системи вантажних залізничних перевезень і посилення системного ефекту в ній.

Прототип автоматизованої системи розрахунку ПФП був створений ще у 80ті роки XX століття, коли ЕОМ доволі ефективно застосовувались для розрахунку мережевого ПФП для полігону СРСР. Але існуючі тоді методи розрахунку ПФП не дозволяли враховувати необхідні обмеження по пропускній і переробній спроможності станцій, по пропускній спроможності залізничних ліній. Точність розрахунку для задач великої розмірності теж була не надто високою. Зараз ситуація лише погіршилася, мережевий ПФП фактично будується експертним шляхом, з використанням фрагментарних розрахунків.

Пропонується створити нову автоматизовану систему організації вагонопотоків, основою якої стане автоматизована система розрахунку ПФП, яка буде у повній мірі використовувати сучасні досягнення у галузях інформаційних технологій, обчислювальних систем і математики. Застосування сучасних інформаційних технологій обумовлено необхідністю якомога більш точного збору і обробки інформації про обсяги вагонопотоків для формування вихідних даних задачі розрахунку ПФП.

У якості основи такої системи пропонується використати новий метод розрахунку ПФП [9], який використовує математичний апарат генетичних алгоритмів (ГА) у якості методу оптимізації. Метод в багатьох випадках демонструє кращий результат, ніж класичні методи розрахунку ПФП, зокрема метод суміщених аналітичних зіставлень [9]. Даний метод дозволяє врахувати всі необхідні обмеження, можливість відхилення вагонопотоків від найкоротшого маршруту, виконувати розрахунки для полігонів з розгалуженою мережевою топологією. Крім того даний метод, враховуючи можливість впливу на параметр накопичення у межах ±10%, використовуючи параметр накопичення у якості стохастичної змінної дає змогу відшукати ще більш вигідний варіант плану формування поїздів. Виконання такого плану потребуватиме здійснення додаткових організаційних заходів на технічних станціях для утримання значень параметрів накопичення у визначених межах, таких як, наприклад, зміна черговості обробки і розформування поїздів. Але в цілому для системи ці заходи повинні призвести до поглиблення системного ефекту, покращення якісних показників перевезень і, як результат, зменшення собівартості перевезень. На рис. 4 наведений приклад результату розрахунку ПФП за допомогою нового методу для полігону, який налічує 20 технічних станцій і має розгалужену мережеву структуру.

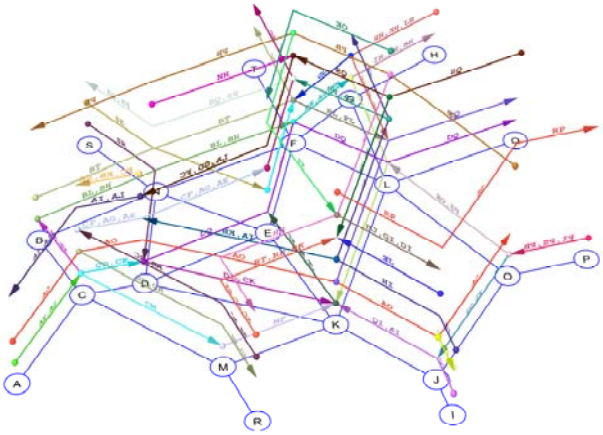


Рис. 4. Тривимірна графічна інтерпретація результату розрахунку ПФП, що був виконаний за допомогою нового методу

Впровадження засобів автоматизації планування оперативної роботи сортувальних станцій у вигляді систем підтримки прийняття рішень (СППР) надасть станційним і маневровим диспетчерам потужний інструмент, що забезпечить ритмічну роботу станцій, утримання параметрів накопичення у необхідних межах, які були визначені при розрахунку ПФП, що забезпечить ефективне його виконання. У [10] представлена математична модель, яка використовує теорію розкладу і запропонований метод оптимізації цієї моделі, який використовує також використовує математичний апарат ГА. На рис. 5 представлений фрагмент оперативного плану роботи сортувальної станції, який був розрахований за допомогою програмного забезпечення, що було створене на основі запропонованої моделі.

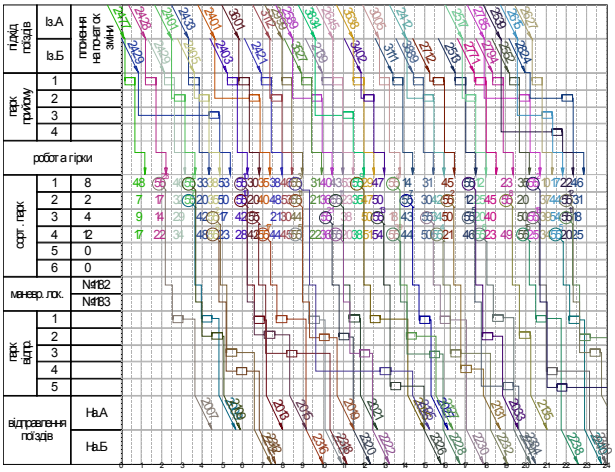


Рис. 5. Фрагмент оптимального плану роботи сортувальної станції, який було побудовано з використанням запропонованої моделі

На рис. 6 наведені діаграми накопичення і оптимальні значення параметрів накопичення, що були отримані у результаті роботи програми, що використовує запропоновану модель і генетичний алгоритм комбінаторного типу у якості методу оптимізації.

Таким чином, використання нового методу розрахунку ПФП, оптимізаційної моделі планування оперативної роботи сортувальних станцій а також сучасних досягнень в галузі інформаційних і обчислювальних технологій дають підстави стверджувати що маються всі ключові необхідні технології для створення нової автоматизованої системи розрахунку і забезпечення виконання плану формування поїздів, яка реалізує технологію організації вагонопотоків, що основана на ПФП. Така система дозволить не відмовляючись від концепції ПФП поглибити синергетичний ефект у системі управління перевізним процесом посиливши зв'язки між всіма її ланками.

На рис. 7 наведений контур управління запропонованої автоматизованої системи розрахунку і забезпечення виконання ПФП. Система має три рівні управління: мережевий рівень, на якому вирішуються задачі стратегічного планування – розрахунок мережевого ПФП, стратегічний контроль за показниками виконання ПФП і прийняття рішення про його перерахунок, рівень регіональних центрів управління, на якому виконується оперативне планування роботи сортувальних станцій, оперативне корегування ПФП, оперативний контроль за показниками виконання ПФП, збір і обробка інформації для формування вихідних даних для побудови оперативних планів роботи сортувальних станцій і розрахунку ПФП, аналіз причин невиконання планів. На лінійному рівні безпосередньо здійснюється управління процесом формування і відправлення поїздів згідно з розробленими на вищих рівнях планами, здійснюється оперативне корегування оперативних планів роботи, збір і введення оперативної інформації, яка буде використовуватись на вищих рівнях системи.

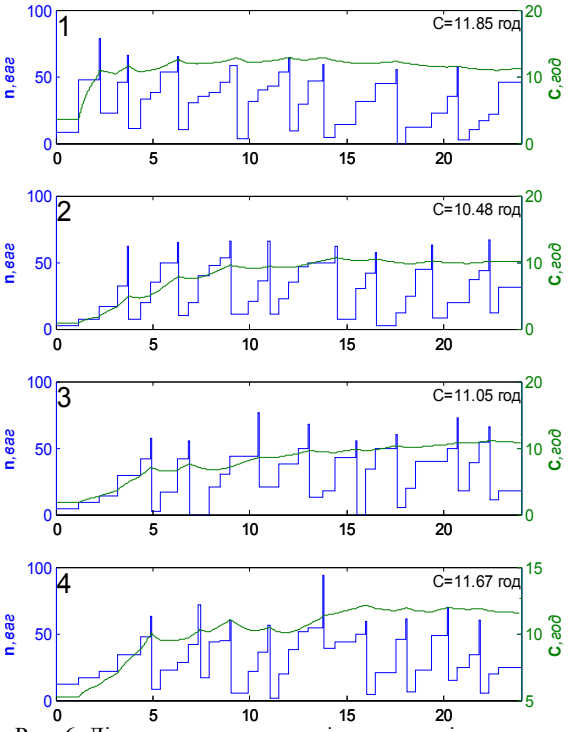


Рис. 6. Діаграми накопичення і оптимальні значення параметрів накопичення, що були отримані у результаті роботи програми, що використовує запропоновану модель

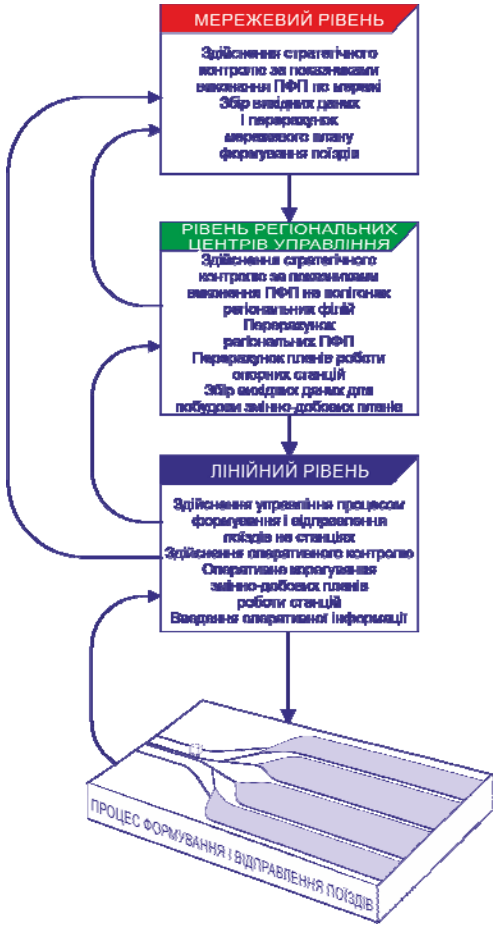


Рис. 7. Контур управління запропонованої автоматизованої системи розрахунку і виконання плану формування поїздів на залізницях України

Висновок. Запропонована концепція розвитку системи організації вагонопотоків спрямована на підвищення рівня автоматизації при вирішенні складних задач стратегічного і оперативного планування із залученням сучасних розробок у галузі управління експлуатаційною роботою залізниць. Використання таких розробок як метод розрахунку ПФП на основі стохастичної комбінаторної оптимізації а також оптимізаційної моделі оперативного планування роботи сортувальних станцій на основі використання генетичних алгоритмів у складі комплексної трирівневої автоматизованої системи управління вагонопотоками дасть змогу вивести технологію управління вантажними залізничними перевезеннями на новий рівень якості і дозволить організувати ефективну роботи підсистеми вантажних перевезень в умовах постійної мінливості вагонопотоків.

Література

1. Panchenko, S. V. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises [Text] / S. V. Panchenko, T. V. Butko, A. V. Prokhorchenko, L. O. Parkhomenko // Natsional'nyi Hirnychyi Universytet. Naukovyi Visnyk. – 2016. – Issue 2. – P. 93–98.
2. Дувалян, С. В. Расчет плана формирования одногруппных поездов при переменных нормативах и ограничениях размеров переработки вагонов на станциях [Текст] / С. В. Дувалян, А. Е. Гарслян // ВНИИЖТ. – 1988. – № 6. – С. 14.
3. Yaghini, M. A population-based algorithm for the railroad blocking problem [Text] / M. Yaghini, M. Seyedabadi, M. M. Khoshraftar // Journal of Industrial Engineering International. – 2012. – Vol. 8, Issue 1. – P. 8. doi: 10.1186/2251712x-8-8
4. Newton, H. N. Constructing railroad blocking plans to minimize handling costs [Text] / H. N. Newton, C. Barnhart, P. H. Vance // Transportation Science. – 1998 – Vol. 32, Issue 4. – P. 330–345. doi: 10.1287/trsc.32.4.330 8
5. Папахов, А. Ю. Математическая модель расчета плана формирования одногруппных сквозных поездов с использованием теории множеств / А. Ю. Папахов, Н. А. Логвинова // Електрифікація транспорту. – 2016. – № 11. – С. 93–99.
6. Експортні перевезення вантажів залізницями України у 2015 році [Електронний ресурс]: Офіційний сайт Міністерства закордонних справ України. – Електрон. дан. (1 файл). – 2016. – Режим доступу: http://mfa.gov.ua/mediafiles/sites/rei/files/1802/Ukrzaliznytsia_18.02.16.pdf
7. Mandelbrot, B. Fractional Brownian Motions, Fractional Noises and Applications [Text] / B. Mandelbrot, J. W. Van Ness. // SIAM Review. – 1968. – Vol. 10, No. 4. – pp. 422-437. doi:10.2307/2027184.
8. Найман Э. Как покупать дешево и продавать дорого: Пособие для разумного инвестора / Эрик Найман. – Москва: Альпина Паблишерз, 2011. – 552 с.
9. Butko, T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms [Text] / T. Butko, V. Prokhorov, D. Chekhunov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 1, Issue 3 (85). – P. 55–61. doi: 10.15587/1729-4061.2017.93276
10. Прохорченко А. В. Розроблення моделі формування плану роботи сортувальної станції на основі теорії розкладу [Текст] / А. В. Прохорченко, В. М. Прохоров, А. Ю. Постоленко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2011. – Вип. 120. – С. 38-43. – Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/old_jrn/natural/Znpudazt/2011_120/n120-38.pdf

References

1. Panchenko, S. V. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises [Text] / S. V. Panchenko, T. V. Butko, A. V. Prokhorchenko, L. O. Parkhomenko // Natsional'nyi Hirnychyi Universytet. Naukovyi Visnyk. – 2016. – Issue 2. – P. 93–98.
2. Duvaljan, S. V. Raschet plana formirovanija odnogruppnyh poezdov pri peremennyh normativah i ogranichenijah razmerov pererabotki vagonov na stancijah [Tekst] / S. V. Duvaljan, A. E. Garsljan // VNIIZhT. – 1988. – № 6. – S. 14.
3. Yaghini, M. A population-based algorithm for the railroad blocking problem [Text] / M. Yaghini, M. Seyedabadi, M. M. Khoshraftar // Journal of Industrial Engineering International. – 2012. – Vol. 8, Issue 1. – P. 8. doi: 10.1186/2251712x-8-8
4. Newton, H. N. Constructing railroad blocking plans to minimize handling costs [Text] / H. N. Newton, C. Barnhart, P. H. Vance // Transportation Science. – 1998 – Vol. 32, Issue 4. – P. 330–345. doi: 10.1287/trsc.32.4.330 8
5. Papahov, A. Ju. Matematicheskaja model' rascheta plana formirovanija odnogruppnyh skvoznyh poezdov s ispol'zovaniem teorii mnozhestv / A. Ju. Papahov, N. A. Logvinova // Elektrifikacija transportu. – 2016. – № 11. – S. 93–99.
6. Eksportni perevezennja vantazhiv zaliznicjami Ukraïni u 2015 roci [Elektronnij resurs]: Oficijnij sajt Ministerstva zakordonnih sprav Ukraïni. – Elektron. dan. (1 fajl). – 2016. – Rezhim dostupu: http://mfa.gov.ua/mediafiles/sites/rei/files/1802/Ukrzaliznytsia_18.02.16.pdf
7. Mandelbrot, B. Fractional Brownian Motions, Fractional Noises and Applications [Text] / B. Mandelbrot, J. W. Van Ness. // SIAM Review. – 1968. – Vol. 10, No. 4. – pp. 422-437. doi:10.2307/2027184.
8. Najman Je. Kak pokupat' deshevo i prodavat' dorogo: Posobie dlja razumnogo investora / Jerik Najman. – Moskva: Al'pina Pablisherz, 2011. – 552 s.
9. Butko, T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms [Text] / T. Butko, V. Prokhorov, D. Chekhunov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 1, Issue 3 (85). – P. 55–61. doi: 10.15587/1729-4061.2017.93276
10. Prohorchenko A. V. Rozroblennja modeli formuvannja planu roboti sortuval'noï stanciï na osnovi teoriï rozkladu [Tekst] / A. V. Prohorchenko, V. M. Prohorov, A. Ju. Postolenko // Zbirnik naukovih prac' Ukraïns'koï derzhavnoï akademiï zaliznichnogo transportu. – 2011. – Vip. 120. – S. 38-43. – Rezhim dostupu: http://www.nbuv.gov.ua/old_jrn/natural/Znpudazt/2011_120/n120-38.pdf

Панченко С.В., Бутько Т.В., Прохоров В.Н., Пархоменко Л.А. Совершенствование технологии организации вагонопотоков путем формирования автоматизированной системы расчета и обеспечения выполнения плана формирования поездов.

В статье исследованы предпосылки и сформированы требования к построению автоматизированной системы расчета и обеспечения выполнения плана формирования поездов, которая поможет внедрить более совершенную технологию организации вагонопотоков, которая сможет улучшить показатели перевозочного процесса и снизить себестоимость перевозок в условиях быстрой изменчивости вагонопотоков. В качестве основы такой системы предложен новый метод расчета плана формирования поездов (ПФП), который использует математический аппарат генетических алгоритмов, и который был разработан авторами статьи. Для обеспечения выполнения ПФП предложено использовать оптимизационные модели для оперативного планирования работы сортировочных станций.

Ключевые слова: *технология организации вагонопотоков, план формирования поездов, оперативный план работы сортировочной станции, генетический алгоритм.*

Panchenko S., Butko T., Prokhorov V., Parkhomenko L. Improvement of technology of arrangement of car traffic by forming the automated system of calculation and maintenance of plan for the formation of trains.

The article explores the prerequisites and requirements for the construction of an automated system for calculating and ensuring the implementation of the train formation plan that will help to introduce a more advanced technology for the organization of railways traffic that can improve the performance of the transportation process and reduce the cost of transportation in conditions of rapid variability of traffic flows, which was proved on the basis of the conducted research of the time series of volumes of iron ore transportation using the RS-analysis method. As the basis of such a system, a new method for calculating the plan for the formation of trains (PFT) is proposed, which uses the mathematical apparatus of genetic algorithms, which was developed by the authors of the article. For the maintenance of implementation of the PFT, it was suggested to use optimization models for the operational planning of the marshalling yards. To provide an integrated approach to optimizing the calculation of the PFT and its implementation, a three-level automated control system is proposed.

Keywords: *technology of arrangement of railcar flows, plan for the formation of trains, operational plan of the marshalling yard, genetic algorithm.*

Панченко С.В. – д.т.н., професор, ректор Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ).
Бутько Т.В. – д.т.н., професор кафедри «Управління експлуатаційною роботою» УкрДУЗТ, uermp@ukr.net.
Прохоров В.М. – асистент кафедри «Управління експлуатаційною роботою» УкрДУЗТ, vicmmx@gmail.com.
Пархоменко Л.О. – к.т.н., доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою» УкрДУЗТ.

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

Стаття подана 21.03.17

УДК 656. 1/.5: 669.013

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Парунакян В.Э., Маслак А.В.

INHFNCING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT-AND-PTODUCTION SYSTEM OPERATION AT METALLURGICAL ENTERPRISES

Parunakjan V., Maslak A.

Проанализирован процесс материалодвижения металлургических предприятий, включающий в свою структуру транспортные звенья, в которых перевозки выполняются железнодорожным транспортом. На этой основе сформирована производственно-транспортная система (ПТС) предприятия, которая структурно разделена на ведущую и обслуживающую подсистемы. Установлено, что в настоящее время формы и способы взаимодействия производства и транспорта неэффективны, а управление процессом материалодвижения основано на односторонем и неоправданном расходовании ресурсов транспорта. Это приводит к значительным транспортным издержкам и производственным потерям. Для решения проблемы необходим новый подход, основанный на разработке оптимизационных моделей работы подсистем ПТС с использованием ресурсов производства с их интеграцией в единую систему, что обеспечит логистическое управление процессом материалодвижения.

Ключевые слова: *процесс материалодвижения, производственно-транспортная система, взаимодействие производства и транспорта, ресурсы транспорта, логистическое управление, ведущая подсистема, обслуживающая подсистема.*

Постановка проблемы. Современные металлургические комбинаты характеризуются сложной технологией производства, большими объёмами и сортаментом продукции и, как следствие, значительной потребностью в железосодержащем и других видах сырье. Характерной особенностью продвижения материальных потоков таких предприятий является то, что по всей своей траектории от поступления сырья до отгрузки готовой продукции, они обязательно включают в свою структуру транспортные звенья. В этой связи в потоковом процессе имеет место многоточечное, многофакторное функциональное взаимодействие производства и транспорта, требующее эффективного системного управления.

По аналогии с термином макрологистики «цепь поставок», для внутризаводской логистики вводим понятие «процесс материалодвижения предприятий», что позволит установить пункты, анализировать вид и характер, а также идентифицировать показатели взаимодействия производства и транспорта.

Ведущая роль в этом процессе и, следовательно, в транспортном обслуживании предприятий, принадлежит железнодорожному транспорту. Он взаимодействует с магистральными железными дорогами на приеме сырья и отгрузке продукции, а также обеспечивает технологические перевозки в производственном процессе. На этой основе формируется и функционирует производственно-транспортная система (ПТС) предприятия.

Рыночные отношения радикально изменили на металлургических предприятиях производственную среду и, как следствие, требования производства и эксплуатационные условия работы железнодорожного транспорта. Значительные колебания объема выпуска металлопродукции отдельных цехов (от 30 – 50 до 200 – 250 тыс. т в месяц), изменение и расширение сортамента прокатной продукции, а также ее поставка на экспорт в страны дальнего зарубежья, обусловили постоянную аритмию производственного процесса. С другой стороны, значительно увеличилась динамика входящего поездопотока с сырьем, возросло число и усложнились требования операторов-перевозчиков.

Совместное влияние этих факторов привело к постоянному рассогласованию ритмов работы производственных цехов и транспорта. В этой связи по всей цепи процесса материалодвижения грузовые комплексы цехов, а также железнодорожные станции, обслуживающие этот процесс, стали объектами волнообразного увеличения (аритмии) объемов транспортной работы, роста продолжительности

межоперационных ожиданий, простоя вагонов и, как следствие, транспортных затрат.

Стало очевидным, что в новых условиях в рамках ПТС при транспортном обслуживании производства, акценты в управлении процессами материалодвижения начали смещаться с железнодорожных перевозок на грузовые комплексы цехов, то есть на пункты приема компонентов сырья и отгрузки металлопродукции, погрузки-выгрузки промежуточной продукции, а также отходов производственных цехов.

Однако практика показала, что в новой производственной среде управление ПТС предприятий, ограниченное перевозочным процессом и основанное на использовании ресурсов транспорта, оказалось недостаточно эффективным. Результатом создавшегося положения являются значительный рост транспортных издержек и производственных потерь.

Так, для обеспечения конкурентности выпускаемой продукции, стал вопрос перехода на управление ПТС по принципу «снижение затрат путём исключения потерь».

Поэтому на первом этапе важной задачей становятся анализ состояния и определения путей повышения эффективности управления процессом материалодвижения металлургических предприятий.

Анализ последних исследований и публикаций. Системная оценка функционирования ПТС металлургического предприятия впервые была дана в работе [1]. В ней отмечается, что одностороннее понимание взаимодействия, когда транспорт лишь подстраивается под функционирование производства, уже исчерпало себя. Указывается также, что, в условиях хронического отставания перерабатывающих мощностей транспорта, необходим перенос акцента в решении проблемы на активизацию возможностей и ресурсов производства, поскольку это позволит добиться более значимых экономических результатов.

В работах [2, 3] данный подход получил дальнейшее развитие. Совершенствование взаимодействия производства и транспорта в этих трудах предложено осуществлять за счет применения адаптационных решений по изменению параметров или дополнительному вводу средств производства.

В публикации [4] рассматриваются эксплуатационно-технические показатели выполнения технологических перевозок по организационным (контактным) графикам и обосновывается необходимость перехода на более эффективные формы взаимодействия производства и транспорта.

В последние годы в ряде публикаций [5, 6, 7] вопросы повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта предприятий связываются с необходимостью перехода на логистические принципы управления процессом материалодвижения.

Таким образом, рассматриваемый вопрос приобрел для металлургических предприятий весьма важное и актуальное значение, поскольку его решение позволит в значительной мере исключить потери производства.

Целью статьи является оценка состояния и определение путей перехода на системное управление процессом материалодвижения металлургических предприятий, обеспечивающее эффективное взаимодействие производства и транспорта.

Изложение основного материала. Функциональная схема процесса материалодвижения металлургического комбината полного цикла в общем нестрогом виде представлена на схеме (рис. 1). Она характеризует основные транспортные функции, выполняемые ПТС по всей траектории процесса материалодвижения предприятий, а также ее структуру, включающую две подсистемы: ведущую (ВТП) и обслуживающую (ОТП) [8].

Ведущая транспортная подсистема (ключевой актив) ПТС непосредственно обеспечивает ход производственного процесса, а ее важнейшими функциями являются:

– выгрузка из вагонов внешнего парка (ВП) массового железосодержащего и другого сырья, прибывающего с внешней сети (трансформация вагонопотока в грузопоток);

– поэтапное продвижение в заданных производственной последовательности и технологическом регламенте первичного сырья и промежуточной продукции до прокатных цехов, выпускающих готовую продукцию;

– погрузка в вагоны ВП готовой продукции и отправка её потребителю (трансформация грузопотока в вагонопоток).

Обращает на себя внимание расширение номенклатуры и значительное увеличение объемов непосредственной отгрузки потребителю промежуточной продукции (агломерата, передельного чугуна в чушках и литых заготовок, гранулированного шлака).

Таким образом, процесс материалодвижения, реализуемый ведущей подсистемой ПТС, требует эффективного системного взаимодействия производства и транспорта и подсистем между собой. Обозначим наиболее существенные её недостатки на примере одного из наиболее крупных металлургических комбинатов Украины.

Функционирование ПТС начинается с приема массового сырья в грузовом комплексе аглофабрики, перерабатывающая способность которого была принята в соответствии с производительностью обслуживаемой аглофабрики и резервов не предусматривает. Грузовой комплекс принимает до 800 – 1000 вагонов и включает четыре вагоноопрокидывателя: два роторных – на выгрузке основного железосодержащего сырья; роторный – на утилизации отходов и башенный – на выгрузке флюсов и топлива, а также специализированные путевые емкости грузовой станции для приема маршрутов с внешней сети.

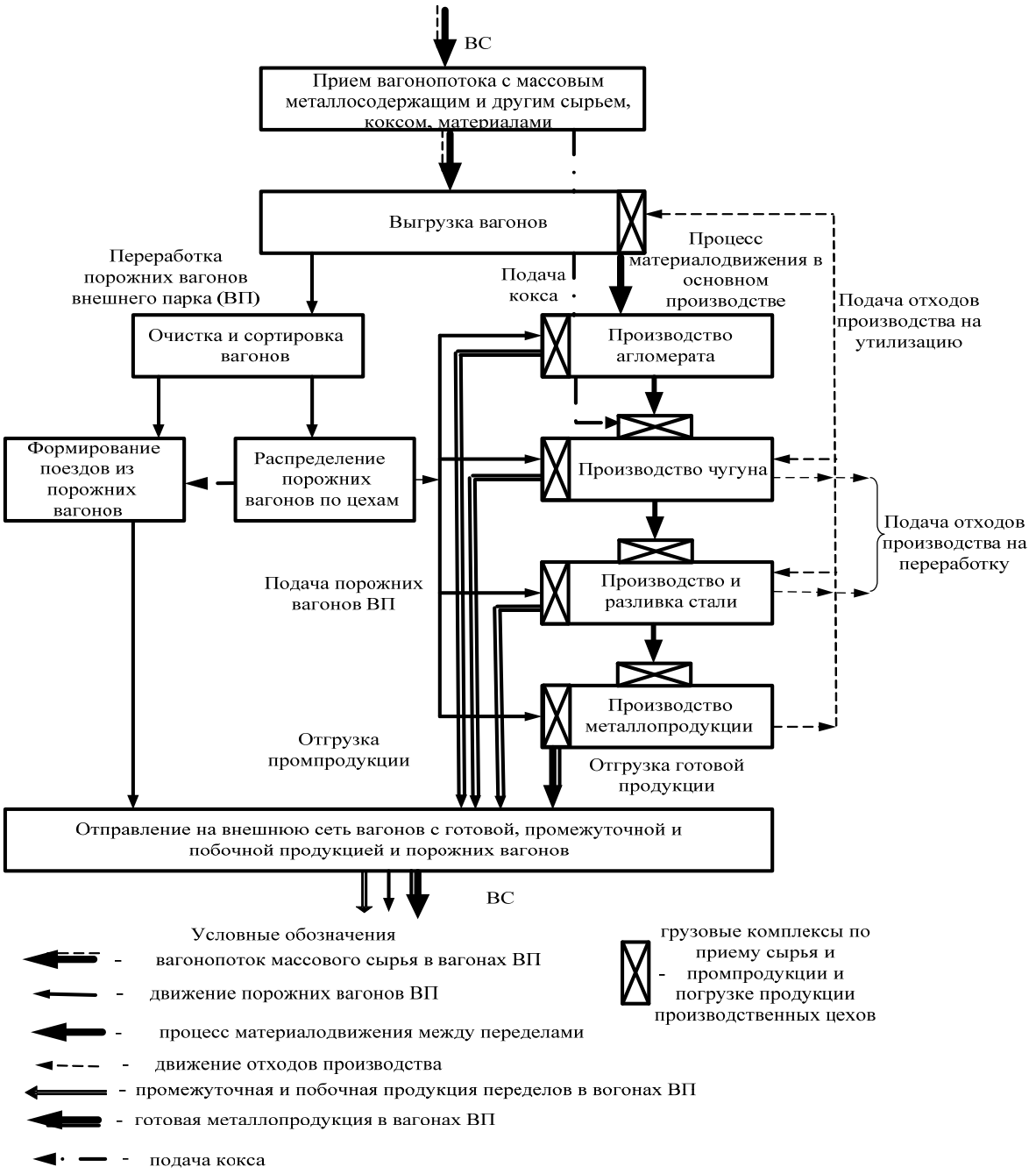


Рис. Функциональная схема процесса материалодвижения металлургического комбината

Поступление маршрутов характеризуется крайней неравномерностью (от 5 – 6 до 12 – 15 в сутки). В период сгущения интервалов технология переработки нарушается и происходят длительные простои (до 10 – 12 час) поездов в ожидании выгрузки. В такие периоды блокируется работа всей станции, и она не выполняет других своих функций, а фактическая продолжительность выгрузки маршрутов достигает 20 – 22 час и в 1,8 – 2 раза превышает плановую. Статистика показывает, что с длительными простоями выгружается уже до 65 % маршрутов и этот показатель растет.

Учитывая значительный суточный вагонопоток прибывающего сырья, выгрузочный комплекс является, в настоящее время, очагом концентрации значительных простоев вагонов ВП. В то же время у выгрузочного комплекса имеются ресурсы, которые практически не используются.

Главной задачей ведущей подсистемы в грузовом комплексе аглофабрики является обеспечение функционирования производственного процесса в рамках установленных объемных, технологических, организационных и экономических показателей.

Специфической особенностью внутризаводских технологических перевозок металлургических предприятий является их непосредственная связь с процессом работы основных производственных цехов и агрегатов.

В настоящее время основной формой организации их транспортного обслуживания являются контактные и нормативные графики. В их основу положены показатели устойчивости грузопотоков металлургического агрегата, которые характеризуются заданными объемами и адресностью каждого грузопотока, а также регламентированным временем начала и окончания операций погрузки, перевозки и выгрузки его продукции, обеспечивающим бесперебойность процесса материалодвижения. Грузопотоки, отвечающие указанным требованиям (отходы производства, идущие на утилизацию), переводятся на контактные графики, а для их выполнения формируются вертушки из специализированных вагонов.

Основные технологические грузопотоки доменного и конвертерного цехов (жидкий чугун и шлак) формируются непосредственно в ходе производственного процесса. Они устойчивы по объёмам и адресности, однако не регламентируются по началу и окончанию грузовых и транспортных операций. В связи с указанным, выполнение этих грузопотоков регулируется нормативными графиками, т.е. поопераційными нормами времени. Для выполнения рассматриваемых грузопотоков также формируются вертушки из технологического подвижного состава (чугуновозы, шлаковозы). При управлении перевозочным процессом продвижению технологических и специализированных вертушек отдаётся приоритетное значение.

Следует особо отметить, что рассматриваемые технологические перевозки металлургического производства составляют до 60% общего объёма перевозок предприятий. В то же время принятая система этих перевозок, в первую очередь, по нормативным графикам, уже не отвечает современным требования производства. Для их выполнения резервируется значительная инфраструктура железнодорожного транспорта (ряд технологических станций и дополнительных путей, парк технологического и специализированного подвижного состава, обусловленный неравномерностью перевозок и достигающий 800 – 1000 ед, а также до 55 % локомотивного парка предприятия).

Между тем, как показывает практика, фактическое выполнение контактных графиков не превышает на предприятиях 50 – 60 %, что приводит к значительным транспортным издержкам.

Процесс материалодвижения завершает погрузка металлопродукции (готовой и промежуточной) в вагоны ВП для отправки потребителям. Она осуществляется в грузовых комплексах практически во всех основных цехах предприятий.

В последнее время начинает преобладать бескладская погрузка продукции в прокатных цехах. Это предъявляет особые требования к организации погрузочных работ, поскольку металлопродукция сопровождается сертификатом качества и другой товаросопроводительной документацией, и необходимо обеспечение синхронного движения материального и информационного (документального) потоков при выполнении погрузочных работ.

Однако, производственные цехи к такой технологии и организации работы не готовы, поэтому это требование нарушается практически постоянно. В грузовых комплексах, осуществляющих погрузку, имеют место значительные неоправданные простои вагонов ВП, связанные с несвоевременной подготовкой заданного количества металлопродукции, незавершенностью ее упаковки, формированием грузовых мест и, что особенно важно отметить, систематическими задержками сопроводительной документации.

В результате сложившегося положения продолжительность погрузки вагонов при норме 2,0 – 2,5 час составляет до 3 – 4,5 часов и более. Учитывая, что металлопродукцию ежесуточно отгружает до 5 – 6 производственных цехов, а объем отгрузки достигает 300 – 350 вагонов, рассматриваемые грузовые комплексы также являются постоянным источником значительных транспортных издержек.

Таким образом, ведущая подсистема ПТС на всех своих этапах характеризуется крайне высокими и неоправданными затратами ресурсов и издержками транспорта, и производственными потерями.

Обслуживающая транспортная подсистема ПТС осуществляет переработку и подготовку вагонов ВП, в которых поступает массовое сырье для повторного использования при отгрузке продукции, а также возвращения излишков порожняка на внешнюю сеть.

Она выполняет весь комплекс операций, включающий прием и подачу на выгрузку групп вагонов с массовым сырьем, очистку и подбор вагонов в соответствии с коммерческими и техническими требованиями и их передачу в установленный срок в производственные цехи под погрузку заявленного объема металлопродукции, а излишки порожних вагонов формирует в поезда по операторам-перевозчикам и возвращает на внешнюю сеть. Транспортные функции завершаются отправкой груженых вагонов потребителям.

Для обеспечения производственного процесса предприятий, обслуживающая транспортная подсистема ПТС должна перерабатывать до 1000 – 1200 вагонов ВП в сутки.

Инфраструктура обслуживающей транспортной подсистемы (железнодорожные пути, станции, локомотивный и вагонный парк, устройства ЭЦ и др.), определяющая ее перерабатывающую способность, введена в эксплуатацию более полувека тому назад. При вводе в действие новых производственных объектов она подвергалась локальной реконструкции. Однако ее существенное отставание от новых требований производства становится все более ощутимым.

В сложившихся эксплуатационных условиях периодическое воздействие фактора «волнового эффекта», когда на определенный период вагонопоток возрастает в 1,3 – 1,5 раза, в наибольшей степени

отражается на основных станциях предприятия, значительно увеличивая объем станционной работы. Их перерабатывающая способность, которая определяется принятой компановочной схемой, конструкцией горловин, наличием путевых емкостей и др., уже не обеспечивает в эти периоды выполнение всех своих функций и переработку возросшего вагонопотока. Это приводит к росту продолжительности межоперационных ожиданий и общего времени переработки вагонов ВП. Так, в указанные периоды по данным базового предприятия, планируемая и фактическая продолжительность их переработки составляют соответственно: по грузовой станции, – 10 и 18 – 20 час, по сортировочной, – 5 и 7 – 8 час, по районным, – 2 и 3 – 3,5 час.

На станциях имеет место постоянная нехватка локомотивов для обслуживания грузовых комплексов, а также выполнения местных перевозок и маневровой работы. Так, из-за несвоевременной уборки на районную станцию, группы вагонов с металлопродукцией простаивают в цехах до 1,5 – 2 час.

В этой связи необходимо отметить, что в последнее время все очевиднее становится несоответствие структуры и численности рабочего парка тепловозов производственным условиям. Его основу составляют локомотивы повышенной мощности (750 – 1200 л.с.), однако, на большинстве участков работы эта мощность используется только на 60 – 65 %, а на ряде производственно-складских объектов – лишь на 10 – 20 %.

Работа обслуживающей транспортной подсистемы все более осложняется необходимостью выполнения также значительного дополнительного объема перевозок сырья и промпродукции (агломерата, кокса, литых заготовок и др.). Они связаны с принятым размещением новых производственных объектов при реконструкции предприятий. В настоящее время объем этих перевозок достигает на базовом предприятии 15 – 16 млн. т в год, что существенно увеличивает загрузку основных станций и перегонов.

Весьма затратными являются эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт достаточно развитой инфраструктуры железнодорожного транспорта, в большинстве своем отжившая свой ресурс.

Приведенные данные показывают, что и обслуживающая транспортная подсистема работает с целым рядом недостатков и характеризуется существенными издержками.

Таким образом, в настоящее время ПТС предприятий в целом функционирует на уровне, который уже не соответствует усложнившимся требованиям производственной среды. В первую очередь это касается ведущей подсистемы ПТС, где транспорт непосредственно взаимодействует с металлургическими агрегатами. Указанное положение обусловлено, главным образом, тем, что управление процессами взаимодействия на всех этапах производства осуществляется исключительно за счет использования ресурсов транспорта. Поэтому именно здесь концентрируются основные транспортные издержки ПТС (до 65 – 70 % общих затрат предприятий) и имеют место наибольшие производственные потери.

Кроме того, на нее приходится также около двух третей общей суммы платы за пользование вагонами ВП (достигающей на базовом предприятии 85 – 90 млн. грн. в год), которая образуется в грузовых комплексах производственных цехов при приеме сырья и отгрузке металлопродукции.

Обслуживающая подсистема ПТС функционирует в условиях хронического отставания перерабатывающих мощностей от фактических объемов станционной и перевозочной работы, вызванных рассогласованием требований производства и возможностей транспорта и обусловленных динамикой производственной среды. Такое положение приводит к значительному увеличению продолжительности использования вагонов ВП. Так, по данным ряда металлургических комбинатов при плановой продолжительности, составляющей 30 – 35 час, фактическая достигает 50 – 56 час. При этом в общей сумме платы за пользование вагонами ВП ее доля достигает 30 – 35 %.

В сложившихся эксплуатационных условиях на обслуживающую транспортную подсистему приходится около 30 – 35 % общих транспортных затрат ПТС предприятий.

Рассматривая функционирование ПТС металлургических предприятий в целом, имеются все основания считать, что существующая система управления не обеспечивает потребности производства на уровне современных требований. Однако традиционный подход продолжает иметь место, и реальных мер по изменению сложившегося положения не предпринимается вопреки прогрессивным техническим решениям, применяемым в мировой практике.

Проведенный анализ позволил установить, что в изменившейся производственной среде при функционировании производственно-транспортной системы металлургических предприятий, принятые формы и способы взаимодействия производства и транспорта неэффективны, а управление процессом материалодвижения основано на одностороннем подходе, при котором транспорт лишь подстраивается под нужды производства. Такой подход практически исключает участие в процессе материалодвижения производственных ресурсов и обусловливает неоправданное расходование ресурсов транспорта.

Между тем, имеются все основания считать, что процесс материалодвижения рассматриваемых предприятий в рамках ПТС требует глубокой функциональной интеграцией производства и транспорта на основе единой технологии их работы, поскольку образует цепь общей стоимости по всей его траектории от приема массового сырья до отправки металлопродукции потребителям.

Вышеизложенное в полной мере подтверждает, что в новых условиях приоритетным для предприя-

тий становится переход с управления перевозками на управление процессом материалодвижения.

В ближайшей перспективе для рассматриваемых предприятий необходимо создание действенного механизма управления, обеспечивающего на всех этапах высокую эффективность взаимодействия производства и транспорта с переносом акцента на активизацию ресурсов производства и создающего основу для максимального исключения производственных потерь. При этом объединяющей экономической основой является процессное представление оборотного капитала.

Поставленная проблема может быть решена только с переходом на логистические принципы управление процессом материалодвижения предприятий. Основой для такого подхода является общность производственных интересов и работа участников процесса на единый экономический результат.

Решение поставленной задачи связано с необходимостью дифференцирования процесса материалодвижения и разработки методов и моделей оптимизации работы ведущей и обслуживающей подсистем. Они должны обеспечивать: в первом случае, – технологическое сопряжение при взаимодействии производственных и транспортных операций в едином цикле: погрузка – транспортирование – выгрузка промпродукции; во втором, – развитие перерабатывающих мощностей транспортной инфраструктуры. Принятые оптимизационные решения интегрируются в единую систему логистического управления процессом материалодвижения предприятия. При этом важнейшим условием оптимизации является перенос акцента на использование ресурсов производства.

Выводы. 1. В связи с радикальным изменением производственной среды существующая производственно-транспортная система металлургических предприятий, базирующаяся исключительно на ресурсах транспорта, уже не отвечает современным требованиям производства. Указанное приводит к значительным издержкам транспорта и производственным потерям.

2. Решение поставленной задачи связано с необходимостью разработки оптимизационных моделей работы ведущей и обслуживающей подсистем с использованием ресурсов производства и их интеграцию в единую систему логистического управления процессом материалодвижения предприятия. Основой для такого подхода является общность производственных интересов и работа участников на единый экономический результат – обеспечение конкурентоспособности продукции.

Литература

1. Козлов П.А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой технологии транспортного обслуживания заводов черной металлургии / Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: 05.22.12.: М., - 1988. – 350 с.
2. Андриянов В.И., Трофимов С.В. Сущность проблемы взаимодействия производства и промышленного транспорта // Вестник ВНИИЖТ. – 2003. – С. 34 – 39.
3. Трофимов С.В. Научно-методические основы функционирования и развития промышленных транспортных систем / Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: 05.22.12.: М., - 2004. – 245 с.
4. Попов А.Т., Воронина О.В. Проблемы существующей организации внутризаводских перевозок в условиях металлургических комбинатов // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2014. - № 5. – С. 29 – 37.
5. Шмулевич М.И. Промышленный транспорт и логистика / Промышленный транспорт XXI век. – 2006. – № 4. – С. 3 – 6.
6. Логистические цепи сложно-технологических производств: Учебное пособие / Л.Б. Мирошин, В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, А.Г. Некрасов. – М.: Изд-во «Экзамен», 2005. – 288 с.
7. Парунакян В.Э. Логистические принципы управления взаимодействием производства и транспорта / Наука, техника и высшее образование: проблемы и тенденции развития. Вып. 3. Сб. науч. трудов. – Изд-во РСЭИ: Ростов-на-Дону. 2008. – С. 140 – 143.
8. Парунакян В.Э. Состояние и пути повышения эффективности системы управления процессом материалодвижения металлургических предприятий / Научные труды SWORLD. – Выпуск 45, том 1. Иваново: Научный мир. 2016 – с.4-15.

References

1. Kozlov P.A. Teoreticheskie osnovy, organizacionnye formy, metody optimizacii gibkoj tehnologii transportnogo obsluzhivanija zavodov chernoj metallurgii / Diss. na soiskanie uch. stepeni d-ra tehn. nauk: 05.22.12.: M., - 1988. – 350 s.
2. Andrijanov V.I., Trofimov S.V. Sushhnost' problemy vzaimodejstvija proizvodstva i promyshlennogo transporta // Vestnik VNIIZhT. – 2003. – S. 34 – 39.
3. Trofimov S.V. Nauchno-metodicheskie osnovy funkcionirovanija i razvitija promyshlennyh transport-nyh sistem / Diss. na soiskanie uch. stepeni d-ra tehn. nauk: 05.22.12.: M., - 2004. – 245 s.
4. Popov A.T., Voronina O.V. Problemy sushhestvujushhej organizacii vnutrizavodskih perevozok v uslovijah metallurgicheskih kombinatov // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. – 2014. - № 5. – S. 29 – 37.
5. Shmulevich M.I. Promyshlennyj transport i logistika / Promyshlennyj transport XXI vek. – 2006. – № 4. – S. 3 – 6.
6. Logisticheskie cepi slozhno-tehnologicheskih proizvodstv: Uchebnoe posobie / L.B. Miroshin, V.A. Korcha-gin, S.A. Ljapin, A.G. Nekrasov. – M.: Izd-vo «Jekzamen», 2005. – 288 s.
7. Parunakjan V.Je. Logisticheskie principy upravlenija vzaimodejstviem proizvodstva i transporta / Nau-ka, tehnika i vysshee obrazovanie: problemy i tendencii razvitija. Vyp. 3. Sb. nauch. trudov. – Izd-vo RSJeI: Rostov-na-Donu. 2008. – S. 140 – 143.
8. Parunakjan V.Je. Sostojanie i puti povyshenija jeffektivnosti sistemy upravlenija processom materialodvizhenija metallurgicheskih predprijatij / Nauchnye trudy SWORLD. – Vypusk 45, tom 1. Ivanovo: Nauch-nyj mir. 2016 – s.4-15.

Парунакян В.Е., Маслак Г.В. Підвищення ефективності управління виробничо-транспортною системою металургійних підприємств.

Проаналізовано процес матеріалоруху металургійних підприємств, що включає в свою структуру транспортні ланки, в яких перевезення виконуються залізничним транспортом. На цій основі сформована виробничо-транспортна система (ПТС) підприємства, яка структурно розділена на провідну і обслуговуючу підсистеми. Встановлено, що в даний час форми і способи взаємодії виробництва і транспорту неефективні, а управління процесом матеріалоруху засноване на односторонньому і невиправданому витрачанні ресурсів транспорту. Це призводить до значних транспортних витрат і виробничим втратам. Для вирішення проблеми необхідний новий підхід, заснований на розробці оптимізаційних моделей роботи підсистем ПТС з використанням ресурсів виробництва з їх інтеграцією в єдину систему, що забезпечить логістичне управління процесом матеріалоруху.

Ключові слова: *процес матеріалоруху, виробничо-транспортна система, взаємодія виробництва і транспорту, ресурси транспорту, логістичне управління, провідна підсистема, обслуговуюча підсистема.*

Parunakjan V., Maslak A. Enhancing the efficiency of transport-and-production system operation at metallurgical enterprises.

Analysis of material traffic showed that it comprises several interacting elements including transport (railway) and production. On this basis the production-and-transport system (PTS) has been modeled. Its major element (subsystem) provides unloading of mass raw materials and finished products shipment, as well as internal (technological) transportations of semifinished products. From mass raw materials reception to finished products shipment, all the operations with railway cars which belong to different carriers are carried out by minor (servicing) subsystem (STS).

It was determined that now both major and minor subsystems within PTS of enterprises do not comply with production process requirements, due to ineffectiveness of management and poor conditions for interaction between production and transport. This causes considerable transport expenses and significant production losses.

In order to solve this problem, optimization models are needed. These should be based on logistical management of material traffic which, as a final result, will secure transport expenses and production losses reduction.

Key words: *material traffic, production-and-transport system, production and transport interaction, transport resources, logistical management, major subsystem, minor (servicing) subsystem.*

Парунакян В.Е. – д.т.н., професор кафедри «Транспортні технології підприємств» ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, e-mail: *parunakjan@mail.ru*

Маслак А.В. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні технології підприємств» ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, e-mail: *avmaslak@mail.ru*.

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

Статья подана 29.03.2017

УДК 656(078.8) 004.8

ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СТАНУ ТА НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В УКРАЇНІ

Пасічник А. М., Лебідь Є. М., Клен О. М., Мірошніченко С. В.

PROBLEMS OF ESTIMATION OF TRANSPORT AND OPERATIONAL STATUS AND DIRECTIONS OF NETWORK MODERNIZATION AUTOMOBILE ROADS IN UKRAINE

Pasichnyk A., Lebid I., Klen E., Miroshnichenko S.

В статті запропоновано методологічні підходи до оцінки транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг у відповідності до рівня розвитку сучасних автомобільних транспортних засобів. Запропонована методика визначення рейтингу автодоріг для проведення ремонтних робіт та модернізації за коефіцієнтом рівня дефектності їх покриття. На основі проведеного аналізу стану автомобільних доріг в Україні виявлена їх невідповідність для здійснення перевезень вантажів великоваговими автомобілями та для швидкісного переміщення легкових автомобілів. Визначені напрямки модернізації мережі автодоріг направлені на розширення будівництва швидкісних магістралей та цементобетонних доріг.

Ключові слова: *автомобільна дорога, дефекти покриття, оцінка стану автодоріг, рейтинг автодоріг, транспортний збір.*

Вступ. Від стану дорожньої інфраструктури залежать, як розвиток країни так і безпека життєдіяльності її громадян. Мережа автомобільних доріг хорошої якості може збільшити ВВП нашої країни на третину. Тому для України в цілому, а особливо для Дніпропетровщини, транспортний комплекс якої виконує надзвичайно важливі задачі логістичного забезпечення Збройних сил України в зоні проведення бойових дій, вирішення проблем підвищення якості та модернізації транспортної інфраструктури, подальшого розвитку логістичного потенціалу має надзвичайно важливе стратегічне значення і є однією зі складових національної безпеки України.

Постановка проблеми. Мережа автомобільних магістралей є однією з основних складових транспортної системи України, що задовольняє потреби суспільства в пасажирських та вантажних перевезеннях автомобільним транспортом. В сучасних умовах розширення зовнішньоекономічних торговельних відносин, інтеграції України у систему міжнародних транспортних коридорів, необхідності створення системи надійного транспортного забезпечення подальшого розвитку вітчизняної економіки надає вирішенню проблеми модернізації та підвищення якості транспортно-експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг України надзвичайно актуального значення [6, 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За оцінкою експертів, стан автомобільних доріг є також головною проблемою вулиць великих міст України 32,8%. Відмітимо, що другу позицію в цьому рейтингу займає санітарний стан вулиць – 14,7%, третьою проблемою є паркування автомобілів на тротуарах та газонах – 13,5 % [1]. Також у звіті про безпеку руху транспорту Європи, опублікованому в німецькій газеті Die Welt, дороги в Україні визнано найнебезпечнішими. За показниками смертності на дорогах Україна знаходиться на останньому місці з показником 99 загиблих осіб на 1 млн громадян у 2015 році. Тобто, стан українських автомобільних доріг став проблемою загальнонаціонального масштабу [8].

Значного розвитку дослідження моніторингу та оцінки стану доріг, планування ремонтів та утримання доріг дістали в цілому ряді наукових праць [1, 3, 4, 6, 7, 9, 13]. Достатньо повно вивчені проблеми оцінки стану покриття доріг, для чого використовуються різні інтегральні оцінки (індекси) та рейтинги, вплив руйнувань на величину цих індексів, об'єктивні вимірювальні значення показників міцності, рівності та зчеплення. Характерною рисою сучасних систем управління станом автомобільних доріг у світі є широке використання передових інформаційних технологій. Впровадження в практику роботи Державної служби автомобільних доріг України (Укравтодор) Системи управління станом покриття (СУСП) та Автоматизованої експертної системи управління мостами (АЕСУМ) створили умови для розробки системи управління поточним ремонтом та утриманням автомобільних доріг [14].

Перспективи розвитку мережі автомобільних доріг пов'язані з вирішенням наявних проблем транспортно-дорожнього комплексу. Згідно зі Стратегією реформування та розвитку дорожньої галузі України

[14], Концепції Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування на 2013 - 2018 роки, Транспортної стратегії України на період до 2020 року, Транспортної політики України та її наближення до норм Європейського Союзу (ЄС) [16], розвиток автомобільних доріг загального користування повинен здійснюватися в напрямку їх інтеграції до Європейської транспортної мережі, що спрямована на приведення стану доріг до відповідних міжнародних вимог. В цих нормативних документах зазначаються наступні проблеми розвитку автомобільних доріг, а саме:

– недостатній рівень використання геополітичного положення України та можливостей її транспортних комунікацій для міжнародного транзиту вантажів територією України;

– незадовільний транспортно-експлуатаційний стан автодоріг;

– невідповідність технічних стандартів автомобільних доріг України стандартам ЄС за якістю та ваговими навантаженнями;

– незадовільний рівень безпеки дорожнього руху;

– відставання розвитку автомобільних доріг від темпів автомобілізації країни;

– низький рівень сервісного обслуговування транспортної інфраструктури;

– недостатній обсяг фінансування та інвестицій у розбудову доріг і розвиток галузі.

Аналіз наведених даних показує, що проблеми розвитку мережі автомобільних доріг України загального користування розглядалися лише в контексті проблем транспортно-дорожнього комплексу, транспортної стратегії та дорожнього господарства як господарської галузі, а відповідно увага дослідженням підвищення їх якості та відповідності вимогам сьогодення приділялась не достатньо і потребує подальшого розвитку. Також необхідно зауважити, що специфічною особливістю таких досліджень є досить швидка зміна інформації стосовно поточного стану мережі автомобільних доріг, що потребує постійного моніторингу вихідних даних.

Мета статті. Метою даного дослідження є розробка системного підходу до оцінки стану автомобільних доріг та визначення напрямків їх модернізації у відповідності зі світовими стандартами для вирішення проблем підвищення якості транспортної інфраструктури держави в цілому, а особливо для Дніпропетровщини, транспортний комплекс якої виконує надзвичайно важливі задачі логістичного забезпечення Збройних сил України в зоні проведення бойових дій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– систематизація методів діагностики експлуатаційного стану автомобільних доріг;

– аналіз і класифікація дефектів дорожнього покриття;

– розробка критерію оцінки рейтингу та класифікації доріг за станом дорожнього покриття;

– аналіз сучасного стану автомобільних доріг в Україні та у Дніпропетровській області;

– визначення джерел фінансування та напрямків модернізації мережі автомобільних доріг.

Основний зміст. За інформацією Укравтодор, станом на 2015 р. капітального ремонту та перебудови потребувало більше 60 % автомобільних мостів, а термінового ремонту – 80 %. Оскільки така тенденція погіршення зберігалася і 2016 році, то існуючий стан мережі автомобільних доріг характеризується значним ступенем фізичного зношення. Це значною мірою пов'язано зі зношуванням дорожнього полотна через збільшення інтенсивності руху транспортних потоків та максимальної ваги вантажних автомобілів. За дослідженнями проведеними інститутом Gallup (США) був складений рейтинг країн щодо стану автомобільних доріг. У цьому рейтингу Україна посідає 133 місце з 148-ми країн в рейтингу стану доріг у світі [8]. Загальна характеристика української мережі автомобільних доріг загального користування наведена в табл.1 [12].

Найбільшу частку мережі автомобільних доріг загального користування, згідно наведених даних складають дороги IV категорії (64,6%). Однак тільки дороги I категорії за своїми технічними характеристиками наближені до європейських норм [16], але на сьогоднішній день частка таких доріг в Україні дорівнює лише 1,6%. Через низький технічний рівень мережі автомобільних доріг, невідповідність параметрів доріг інтенсивності дорожнього руху та складу рухомого парку, перевантаження окремих ділянок доріг, середня швидкість руху на дорогах складає 30-40 км/год, що у два рази нижче за європейські показники.

Аналіз наведених даних показує, що тільки 26,4% українських доріг допускає переміщення великовагових вантажних автомобілів, що є однією із причин неефективного використання транзитного потенціалу держави. При цьому, через територію України можуть здійснюються переміщення значних обсягів вантажів із європейських країн до країн Близького Сходу та Азії.

За даними Держслужби автомобільних доріг будівництво одного кілометра автомобільної дороги в Україні коштує в середньому 5 млн. грн. А для підтримки технічного стану автодоріг, в нашій країні в середньому витрачають 20 євро на один квадратний метр дорожнього полотна. Для порівняння, в країнах Європи – 100 євро. Рейтинг регіонів за відсотком найбільш ушкоджених вибоїнами автомобільних доріг в Україні наведено на рис. 1 [12].

Для забезпечення швидкісного і безпечного автомобільного сполучення особливого значення набуває розбудова мережі міжнародних транспортних коридорів [11,13]. Пріоритетними стратегічними завданнями Укравтодору є розбудова та ремонт найважливіших ділянок автодоріг, що збігаються з напрямками міжнародних та національних транспортних коридорів. За розрахунками у найближчі роки необхідно збудувати більше 4,5 тис. км автомобільних

Таблиця 1

Характеристика української мережі автомобільних доріг

Показник		Категорія дороги						Всього
		I		II	III	IV	V	
		I-а	I-б					
Середньодобова інтенсивність руху в обох напр., авт./добу		Більше 7000	Більше 7000	3000-7000	1000-3000	100-1000	Менш 100	
Розрахункова швидкість руху, км/год	основна	150	120	120	100	80	60	
	по пересічен.	120	100	100	80	60	40	
	по гірській	80	60	60	50	40	30	
Ширина дороги,м		15-30		7,5-9	7-8	6	4,5	
Товщина полотна, см		20		8-12		5		
Навантаження на вісь, т		11,5		10,6		7		
Макс. вага авто, т		40		36		24		
Протяжність доріг, т км		2,7		13,3	28,8	109,7	15,1	169,6
%		1,6		7,8	17	64,6	9	100
%		26,4				63,6		100

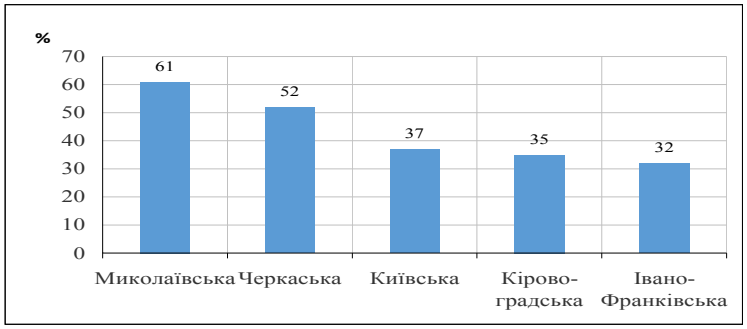


Рис. 1. Рейтинг областей з найбільшим рівнем ушкодження автомобільних доріг вибоїнами

доріг. Орієнтовна вартість цих робіт – $31,5 млрд. Основна частина таких обсягів фінансування може бути забезпечена за рахунок акцизного збору з поставок та продажів палива, який був введений в якості альтернативи транспортного збору і на даний час за експертними оцінками становить близько $34-37 млрд.

За рівнем значимості та типом дорожнього покриття українська мережа автомобільних доріг загального користування характеризується даними наведеними в табл.2 [14]. Аналіз наведених даних показує, що в структурі доріг загального користування переважають дороги місцевого значення – 87,48% (148367,3 км – обласні, районні, територіальні).

Забезпеченість України автомобільними дорогами з твердим покриттям становить 3,3 км на 1000 чоловік населення або 280 км на 1000 квадратних кілометрів території (якщо порівняти з Францією чи Німеччиною, то це у декілька разів менше). Разом з тим, рівень автомобілізації населення в Україні стрімко зростає і через кілька років наблизиться до рівня європейських країн, вже сьогодні він складає 150 автомобілів на 1000 жителів [8].

За рівнем забезпечення дорогами в розрахунку на 1000 км^2 території та на 1000 мешканців, Україна посідає одне з останніх місць серед країн ЄС, рис. 2. При цьому, існуючий низький рівень забезпеченості автомобільними дорогами загального користування в Україні практично не змінюється вже достатньо тривалий час, у зв'язку з дуже малими обсягами будівництва нових доріг. Так, за останні десять років було побудовано лише 1460 км автомобільних доріг загального користування [12].

Таблиця 2

Структура автомобільних доріг

Класифікація		Протяжність, тис. км	%
Значимість	Міжнародні	8,4	5,0
	Національні	4,8	2,9
	Регіональні	8,0	4,7
	Обласні	26,9	15,8
	Районні	52,1	30,7
	Територіальні	69,4	40,9
	Всього	169,6	100
Тип покриття	Асфальтобетон	59,7	35
	Чорне шосе	71,1	41,9
	Цементобетон	2,2	1,3
	Бруківка	7,7	4,5
	Біло-щебеневе	25,3	14,9
	Ґрунтове	3,6	2
	Всього	**169,6**	**100**

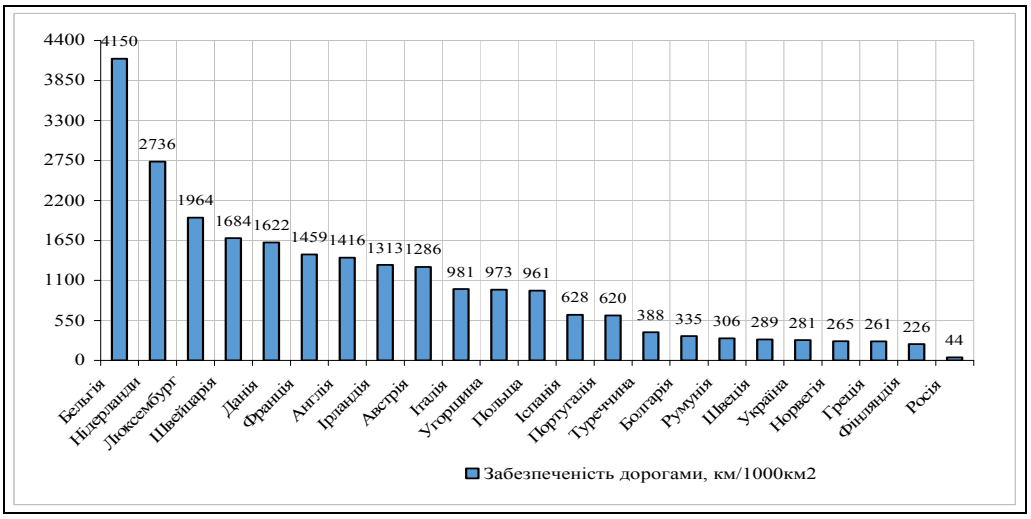


Рис. 2. Рейтинг країн за рівнем забезпеченості автомобільними дорогами

Відповідно до інформації Укравтодор, на даний час термінового ремонту потребують близько 80% мережі автошляхів, капітального ремонту та перебудови – понад 60% автодорожніх мостів, рівень зношеності дорожніх споруд складає 43,7%. За останні п'ять років було відремонтовано менше 50 тис. км доріг загального користування, а для суттєвого покращення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг щорічно необхідно здійснювати ремонт близько 40 тис. км [12].

Таким чином, існуюча мережа автомобільних доріг характеризується великим ступенем фізичного та морального зношення. В першу чергу, це пов'язано зі значним підвищенням інтенсивності руху транспортних засобів, їх фактичної маси, осьового навантаження. По-друге – незначними обсягами робіт з ремонту та утримання доріг. За останні роки фінансування на відновлення експлуатаційного стану доріг і мостів складає 20-30% від потреби [14].

Слід зазначити, що рівність дорожнього покриття є одним з показників, що характеризують безпечність та зручність руху [2]. Від цього показника залежать як безпека та швидкість руху, так і транспортно-економічні витрати. Для аналізу рівності дорожнього покриття автомобільної дороги застосовують міжнародний індекс рівності IRI (International Roughness Index). Застосування цього показника з достатньою достовірністю дозволяє оцінити експлуатаційні властивості дорожнього покриття проїзної частини автомобільної дороги та об'єктивно характеризувати рівень безпеки руху [7]. Тому невідповідність автомобільних доріг встановленим нормативам є одним з негативних чинників впливу, як на транспортний засіб, так і на водія.

Наслідком незадовільного стану дорожніх умов є велика кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Кількість ДТП з тяжкими наслідками в Україні є однією найбільших серед країн ЄС рис. 3 [8].

Основними причинами ДТП, що виникають через дорожні умови є:

– наявність дефектів покриття та невідповідність автодоріг і дорожніх умов характеру руху;

– відсутність дорожньої розмітки, дорожніх знаків, огорожі, тротуарів, пішохідних доріжок;

– слизьке покриття;

– звуження проїзної частини автодоріг.

Для логістичного забезпечення Збройних сил України, у зв'язку з проведенням бойових дій на сході, важливе значення має стан доріг, що з'єднують даний регіон з обласними центрами Дніпром і Харковом. Тому проведемо аналіз основних проблем та напрямків їх вирішення на прикладі структури автодоріг Дніпропетровської області.

На даний час загальна протяжність мережі автомобільних доріг Дніпропетровської області становить 9148 км, в тому числі 9141 км доріг з твердим покриттям, табл. 3. Частка доріг області у загальній мережі доріг України складає 5,4%; забезпеченість дорогами на 1000 кв. км території по області становить 287,8 км при середньому показнику по Україні 280,5 км. В області 940 км доріг державного значення і 8208 км місцевого; 277,0 км - I категорії, 676 км –II; 1061 км – III; 7003 км – IV та 124 км V – категорії [12].

Дорогами I категорії з'єднаний Дніпро з Кам'янським, Новомосковським, Запоріжжям, Харковом. Найбільшу питому вагу в структурі мережі доріг області займають дороги IV категорії з шириною проїзної частини 6 м, що значно обмежує їх пропускну спроможність. Нині в області нараховується 417,1 км міжнародних, 444,2 км національних та 78,5 км регіональних автодоріг. У Дніпропетровській області більше 30% доріг знаходяться у критичному стані [14].

Нинішній критичний стан автодоріг у Дніпропетровській області, як і в Україні, є закономірним наслідком постійного недофінансування капітальних і поточних ремонтів дорожнього покриття. Так, поточний ремонт з вирівнюванням дорожнього покриття і поліпшенням його стану повинен проводитися раз на п'ять років. Обсяг фінансування ремонту доріг за останні роки становить 2-3 відсотки від необхідного. Такий обсяг фінансування дозволяє виконувати лише аварійний ямковий ремонт, ефективність якого є не задовільною.

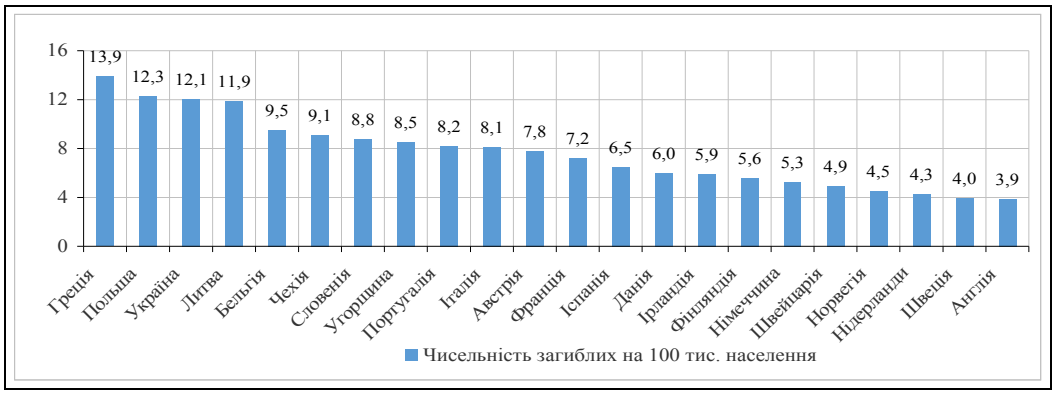


Рис. 3. Рейтинг країн за кількістю загиблих в ДТП

Таблиця 3

Характеристика мережі автомобільних доріг на території Дніпропетровської області

Категорійність автомобільних доріг	Всього доріг, км	Всього твердого покриття, км	У тому числі за типами покриття, км					% твердого покриття	Ґрунтові, км	Розподіл доріг з твердим покриттям за категоріями, км					Середньо зважене значення категорійності	Мости				Труби, шт.
			Цементобетон	Асфальтобетон	Чорне шосе	Біло-щебеневі гравійні	бруківка			I	II	III	IV	V		Всього		У тому числі дерев'яні		
																Шт.	Пог. м	Шт.	Пог. м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Дніпропетровська	9148	9141	179	3691	5118	137	16	99,9	7	277	676	1061	7003	124	3,66	658	20540	0	0	5780
В тому числі:																				
Державного значення	940	940	33	885	22	0	0	100	0	247	571	117	5	0	1,87	137	6448	0	0	443
Із них: міжнародні	417	417	17	378	22	0	0	100	0	132	257	28	0	0	1,75	80	3548			173
Національні	444	444	16	428	0	0	0	100	0	94	262	83	5	0	2,0	45	2234			251
Регіональні	79	79	0	79	0	0	0	100	0	21	52	6	0	0	1,81	12	666			19
Місцевого значення	8208	8201	146	2806	5096	137	16	99,9	7	30	105	944	6998	124	3,86	521	14092	0	0	5337
Із них: територіальні	1904	1904	41	1078	782	3	0	100	0	30	89	788	997	0	3,45	201	6487			948
обласні	2685	2678	40	895	1728	9	6	99,7	7	0	3	150	2478	47	3,96	190	4376			1650
районні	3619	3619	65	833	2586	125	10	100	0	0	13	6	3523	77	4,01	130	3229			2739

Іншою причиною погіршення стану доріг є зростаюча щороку на 5 відсотків інтенсивність руху і суттєве збільшення обсягів вантажних перевезень великоваговими транспортними засобами. Дніпропетровщина перебуває на перехресті основних транспортних потоків – і українських, і міжнародних. Наприклад, на трасу Дніпропетровськ – Кривий Ріг з боку обласного центру на добу виїжджає 30 тисяч автомобілів. 30 відсотків з них – важкі вантажні автомобілі, третина з яких – тягачі масою більше 38

тонн. На таке навантаження не розраховані мінімум 42 кілометри цієї траси. Таким же чином розбиваються і районні та сільські дороги, якими зібраний урожай перевозяться величезними фурами, що рушать крихкий сільський асфальт за одну осінь. Такий стан в галузі перевезень та експлуатації автодоріг вимагає проведення негайної модернізації автодоріг із застосування сучасних технологій.

Третьою причиною руйнування автошляхів є несприятливі погодні умови в осінньо-зимовий період. Дніпропетровщина належить до складної другої кліматичної зони, де в середньому за холодний сезон відбувається 42 цикли переходу через температурний нуль. При кожному переході вода, замерзає перетворюючись в лід і руйнує дорожнє покриття тріщинами. Так приклад, в Херсонській області за зимовий період відбувається всього близько 6 таких циклів. Аналогічний рівень кліматичних температурних змін спостерігається і на дорогах Західної України. Погіршує стан автомобільних доріг і їх обробка протиожеледними матеріалами.

Також суттєвим чинником незадовільного транспортно-експлуатаційного стану доріг є достатньо інтенсивне транспортно-логістичне забезпечення бойових дій на сході України, а саме: переміщення військової техніки, доставка боєприпасів, продовольства, медикаментів, перевезення поранених та інше. Переміщення важкої військової техніки автомобільними дорогами призводить до їх руйнування, тому виникає потреба в міцному і надійному дорожньому покритті, що витримує великі навантаження та має міцне покриття для переміщення військової бронетехніки. Тому при проведенні робіт з модернізації автодоріг необхідно суттєво збільшити будівництво бетонних доріг, які мають ряд переваг над асфальтобетонною дорогою. Наочним прикладом довговічності бетонних доріг є американські автомагістралі [17]. У США бетонні шляхи становлять 60% всіх автомагістралей в країні, в Європі – близько 40% (рис. 4). У США до цього часу експлуатується перша бетонна траса, побудована в 1930-х роках у штаті Індіана.

Незважаючи на велику вартість будівництва, технологія прокладання бетонних доріг на даний час має достатньо широке застосування, оскільки їх окупність забезпечується завдяки довговічності цих шляхів. Схема прокладання бетонних доріг наведена на рис. 5.

Основні переваги бетонних доріг це тривалий термін експлуатації і достатньо великий період поточного ремонту близько 12 років, що призводить до суттєвого зменшення експлуатаційних витрат. Бетон набагато менш сприйнятливий до перепадів температури і екстремальних погодних умов. Покриття з цього матеріалу довгий час залишається рівним, не з'являється характерна для асфальтобетонних магістралей колійність, яка сьогодні є серйозною проблемою українських доріг. Крім того, бетон відображає на 30-50% більше світла, ніж асфальт, що покращує видимість водіям. Це підвищує безпеку руху і дозволяє економити на освітленні. Завдяки можливості нанесення різної текстури на поверхню, бетонні дороги можуть забезпечувати вищий коефіцієнт тертя і краще зчеплення коліс автомобілів з дорожнім покриттям. Бетонні дороги здатні витримувати навантаження понад 60 тон без втрати фізичних властивостей, що робить їх більш надійними. Ще однією з важливих переваг бетонної дороги є той факт, що в умовах проведення бойових дій їх можна використовувати як злітні смуги для літаків. Також при проведенні робіт з реконструкції та модернізації мережі автодоріг необхідно прокласти спеціальні дороги для переміщення своїм ходом військової гусеничної бронетехніки.

Рис. 4. Шосе з бетонним покриттям у США

Рис. 5. Схема прокладання бетонної дороги в США

Аналіз транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг проводиться на основі даних моніторингу їх основних характеристик на предмет відповідності умовам експлуатації [2]. Під час аналізу отриманої інформації повинна оцінюватись величина відхилення транспортно-експлуатаційних параметрів автомобільної дороги від нормативних значень. Покриття проїзної частини не повинно мати осідань, вибоїн, напливів та інших деформацій, що ускладнюють рух автотранспорту. При виявленні відхилення від норми, виконується візуальна оцінка стану дорожнього покриття для встановлення причини відхилення. На основі аналізу стану автомобільних доріг здійснюється вибір оптимальних заходів з ремонту і утримання автодоріг [16]. Оцінку стану доріг виконують шляхом збору інформації за показниками наведеними в табл. 4 [19].

З урахуванням підвищення швидкості руху сучасних транспортних засобів характеристики в табл. 4 пропонується доповнити такими видами дефектів дорожнього покриття, як отвір та яма. Площа отвору $G \leq 50см^2$, площа ями $G > 50см^2$.

Таблиця 4

Характеристики рівня пошкоджень елементів автомобільних доріг

Характеристика пошкодження	Рівень розповсюдження, %				
	1	2	3	4	5
Низький рівень серйозності. Повздовжні та поперечні тонкі тріщини шириною не більше 3 мм паралельні одна одній	0– 0,9	0,9–7	7– 40	40– 100	-
Середній рівень серйозності. Сітка тріщин шириною від 3 мм до 6-7 мм вздовж полоси накату. Краї легко відколюються. Наявність вибоїн у вигляді отворів	0– 0,35	0,35– 3	3–14	14–65	>65
Високий рівень серйозності. Руйнування прогресують, цілі куски з відколотими краями. Сітка тріщин шириною від 6 мм і більше. Присутні вибоїни у вигляді ям	0– 0,18	0,18– 1,4	1,4– 6	6–16	16–100

Таблиця 5

Гранично допустимі пошкодження та термін їх ліквідації за категоріями доріг

Категорія доріг та група вулиць		Пошкодження (наявність ям) на 100 000 м^2 покриття, м^2, не більше	Термін ліквідації пошкоджень, діб, не більше
категорія	група		
I	А	0,3 (1,5)	1 (5)
II	Б	0,5 (3,0)	1 (5)
III	В	1,0 (5,0)	3 (7)
IV-V	Проїзди	3,0 (7,0)	5 (10)
Примітка 1. У дужках наведено значення пошкоджень і терміни їх ліквідації у весняний та осінній періоди. **Примітка 2.** Вимоги до експлуатаційного стану проїзної частини вулиць і доріг поширюються на з'їзди з них в межах радіусу заокруглення.			

Для визначення рейтингу транспортно-експлуатаційного стану автодоріг пропонується використовувати коефіцієнт рівня дефектів дорожнього покриття $K_{рд}$, який розраховується як відношення сумарної площі дефектів до загальної площі одного км дороги:

$$K_{рд} = \sum G_i / S \times 100 ,$$

де: $\sum G_i$ – сумарна площа дефектів на ділянці дороги протяжністю 1 км,

S – загальна площа відповідної ділянки дороги.

Покладаючи, що при наявності 50 м^2 ям на 1 км дороги вона вважається ушкодженою ямами, то очевидно, що даний коефіцієнт знаходиться у межах $0 \le K_{рд} \le 1$. Зробивши розрахунки значення коефіцієнта рівня дефектів покриття для кожної дороги можливо сформувати рейтинг стану транспортної дорожньої мережі, з розташуванням даних від найбільшого значення, тобто наближеного до 1, до найменшого, тобто наближеного до 0. Виходячи з цього, дороги, що займають перші позиції рейтингу потребують першочергового або термінового ремонту за нормативами наведеними в табл. 5 [2].

Таким чином, запропонована методика дозволяє швидко, зручно та ефективно аналізувати дані стану дорожнього покриття та завдяки цьому, надавати інформацію для складання графіку ремонту доріг службам, що відповідальні за утримання та їх ремонт.

Висновок. За оцінкою міжнародних експертів Україна посіла 133 місце з 148 серед країн світу за станом дорожнього покриття, що дуже негативно впливає на імідж країни та на її розвиток. Особливу увагу необхідно приділити будівництву та модернізації швидкісних автомагістралей з асфальтобетонним покриттям першої категорії. Від застосування ямкових ремонтів необхідно перейти до системної роботи з модернізації та індустріального будівництва автомобільних магістралей європейського рівня із достатньо розвиненою сучасною інфраструктурою. Для реалізації такої стратегії необхідно в повному обсязі задіяти кошти з транспортного збору отримані через акцизний податок на паливо. Впровадження запропонованих заходів дозволить суттєво підвищити економічну ефективність використання транзитного потенціалу держави.

Література

1. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; за заг. ред. А. М. Редзюка. - К.: ДП „Державтотранс НДІ проект", 2005. – 400 с.
2. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. ДСТУ 3587-97. – К.: Держстандарт України, 1997. – 23 с.
3. Галушко В.О. Проблеми та перспективи розвитку дорожньої галузі / В.О. Галушко // Дорожня галузь. - 2011. - № 2. - С. 12-15.
4. Дмитрієв І. А. Сучасний стан та перспективи розвитку мережі автомобільних доріг загального користування / І. А. Дмитрієв, М. М. Бурмака // Проблеми і перспективи розвитку підприємництва : зб. наук. праць Хар-

ківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2013. –№ 1(4). – С. 64–72.
5. Жодик Г.В., Усов О.П., Канін О.П., Халай Т.О. Трудомісткість і вартість робіт при поточному ремонті та утриманні доріг. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: Будівельник, 2013, № 32, с. 36-37.
6. Кудрицька Н.В. Транспортно-дорожній комплекс України: сучасний стан, проблеми та шляхи розвитку: [монографія] / Н.В. Кудрицька. - К.: НТУ, 2010. - 338 с.
7. Мікловда В. П. Сучасний стан та рівень розвитку автомобільної інфраструктури України / В. П. Мікловда, Я.В. Шевчук // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка». Випуск 32. - Ужгород: Вид-во Ужгородського національного університету, 2011. – С. 6-13.
8. Офіційний сайт Управління Державтоінспекції Міністерства внутрішніх справ України [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://www.sai.gov.ua/.
9. Пасічник А. М. Дослідження пропускної спроможності української мережі міжнародних транспортних коридорів / А. М. Пасічник, В. С. Мальнов, О. М. Клен // Вісник АМСУ. – 2012. – № 1 (41). – С. 28–36.
10. Пасічник А. М. Інтегровані транспортні системи : навчальний посібник / А. М. Пасічник. – Дніпропетровськ : УМСФ, 2016. – 263 с.
11. Пасічник А. М. Сучасні транспортно-митні технології міжнародних перевезень товарів: монографія /за ред. А. М. Пасічника. – Дніпро: АМСУ, 2012.–288 с.
12. Протяжність і характеристика автомобільних доріг загального користування на 01.01.2015 року: [бюлетень] / [Електронний ресурс]: Укравтодор. - Режим доступу: http://www.ukravtodor.gov.ua/clients/ukrautodor.nsf/ .
13. Ремига Ю.С. Аналіз тенденцій розвитку транспортної інфраструктури України // Збірник наукових праць НАУ. - 2008. - №20. - С.263-273.
14. Стратегія реформування та розвитку дорожньої галузі в Україні. Міністерство інфраструктури України. 2015 [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://mtu.gov.ua/files/Ministry%20of%20Infrastructure%20-%20Road%20Sector%20Reforms%20-20v.pdf.
15. Статистичний щорічник України за 2006-2015 роки [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/ .
16. Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу / [Т. Сирийчик, А. Фургальські, Ч. Клімкевич, М. Камола та інш.]; за ред. Марчіна Свєнчіцкі. - К.: Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки, 2010. - 102 с.
17. Технологическая карта на устройство основания из литого бетона для внутриквартальных дорог с асфальтобетонным покрытием 116-05 ТК [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46314/.
18. Днепропетровск занял 7-е место во всеукраинском антирейтинге дорог [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.litsa.com.ua/show/a/24644/ .
19. Канін О.П. Проектування річної програми робіт в системі управління проектами експлуатації автомобільних доріг / О.П. Канін, А.М. Харченко. // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. 2011. –Вип.8. – С.88-94. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal_2011_8_24.

References

1. Avtomobil′nyy transport Ukrayiny: stan, problemy perspektyvy rozvytku: Monohrafiya / Derzhavnyy avtotransportnyy naukovo-doslidnyy i proektnyy instytut; za zah. red. A. M. Redzyuka. - K.: DP „Derzhavtotrans NDI proekt", 2005. – 400 s.
2. Avtomobil′ni dorohy, vulytsi ta zaliznychni pereyizdy. Vymohy do ekspluatatsiynoho stanu. DSTU 3587-97. – K.: Derzhstandart Ukrayiny, 1997. – 23 s.
3. Halushko V.O. Problemy ta perspektyvy rozvytku dorozhn′oyi haluzi / V.O. Halushko // Dorozhnya haluz′. - 2011. - № 2. - S. 12-15.
4. Dmytriyev I. A. Suchasnyy stan ta perspektyvy rozvytku merezhi avtomobil′nykh dorih zahal′noho korystuvannya / I. A. Dmytriyev, M. M. Burmaka // Problemy i perspektyvy rozvytku pidpryyemnytstva : zb. nauk. prats′ Kharkivs′koho natsional′noho avtomobil′no-dorozhn′oho universytetu. – 2013. –№ 1(4). – S. 64–72.
5. Zhodyk H.V., Usov O.P., Kanin O.P., Khalay T.O. Trudomistkist′ i vartist′ robit pry potochnomu remonti ta utrymanni dorih. // Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. – K.: Budivel′nyk, 2013, № 32, s. 36-37.
6. Kudryts′ka N.V. Transportno-dorozhniy kompleks Ukrayiny: suchasnyy stan, problemy ta shlyakhy rozvytku: [monohraf.] / N.V. Kudryts′ka. - K.: NTU, 2010. – 338 s.
7. Miklovda V. P. Suchasnyy stan ta riven′ rozvytku avtomobil′noyi infrastruktury Ukrayiny / V. P. Miklovda, YA.V. Shevchuk // Naukovyy visnyk Uzhhorods′koho uni-versytetu. Seriya «Ekonomika». Vypusk 32. - Uzhhorod: Vyd-vo Uzhhorods′koho natsional′noho universytetu, 2011. – S. 6-13.
8. Ofitsiynyy sayt Upravlinnya Derzhavtoinspektsiyi Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrayiny [Elektronnyy re-surs]: Rezhym dostupu: http://www.sai.gov.ua/.
9. Pasichnyk A. M. Doslidzhennya propusknoyi spromozhnosti ukrayins′koyi merezhi mizhnarodnykh transportnykh kory-doriv / A. M. Pasichnyk, V. S. Mal′nov, O. M. Klen // Visnyk AMSU. – 2012. – № 1 (41). – S. 28–36.
10. Pasichnyk A. M. Intehrovani transportni systemy : navchal′nyy posibnyk / A. M. Pasichnyk. – Dnipropetrovs′k : UMSF, 2016. – 263 s.
11. Pasichnyk A. M. Suchasni transportno-mytni tekhnolohiyi mizhnarodnykh perevezen′ tovariv: monohrafiya /za red. A. M. Pasichnyka. – Dnipro: AMSU, 2012.–288 s.
12. Protyazhnist′ i kharakterystyka avtomobil′nykh dorih zahal′noho korystuvannya na 01.01.2015 roku: [byuleten′] / [Elektronnyy resurs]: Ukravtodor. - Rezhym dostupu: http://www.ukravtodor.gov.ua/clients/ ukrautodor.nsf/ .
13. Remyha YU.S. Analiz tendentsiy rozvytku transportnoyi infrastruktury Ukrayiny // Zbirnyk naukovykh prats′ NAU. - 2008. - №20. - S.263-273.
14. Stratehiya reformuvannya ta rozvytku dorozhn′oyi haluzi v Ukrayini. Ministerstvo infrastruktury Ukrayiny. 2015 [Elektronnyy resurs]: Rezhym dostupu: http://mtu.gov.ua/files/Ministry%20of%20Infrastructure%20-%20Road%20Sector%20Reforms%20-20v.pdf.
15. Statystychnyy shchorichnyk Ukrayiny za 2006-2015 roky [Elektronnyy resurs]: Rezhym dostupu: http://www. ukrstat.gov.ua/ .
16. Transportna polityka Ukrayiny ta yiyi nablyzhennya do norm Yevropeys′koho Soyuzu / [T. Syryychyk, A. Furhal′s′ki, CH. Klimkevych, M. Kamola ta insh.]; za red. Marchina Svyenchitski. - K.: Analitychno-doradchyy centr Blakytnoyi strichky, 2010. - 102 s.

17. Tekhnologicheskaya karta na ustroystvo osnovaniya iz litogo betona dlya vnutrikvartal'nykh dorog s asfal'tobetonnym pokrytiyem 116-05 TK [Yelektronniy re-surs]: Rezhim dostupu: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/ normativ/data_normativ/46/46314/.
18. Dnepropetrovsk zanyal 7-ye mesto vo vseukrainskom antireytinge dorog [Yelektron¬niy resurs]. - Rezhim dostupu: http://www.litsa.com.ua/show/a/24644/ .
19. Kanin O.P. Proektuvannya richnoyi prohramy robit v systemi upravlinnya proektamy ekspluatatsiyi avtomobil′nykh dorih / O.P. Kanin, A.M. Kharchenko. // Upravlinnya proektamy, systemnyy analiz i lohistyka. Tekhnichna seriya. 2011. –Vyp.8. – S.88-94. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal_2011_8_24.

Пасечник А. Н., Лебедь Е. М., Клен Е. Н., Мирошниченко С. В. Проблемы оценки транспортно-эксплуатационного состояния и направления модернизации сети автомобильных дорог в Украине.

В статье предложены методологические подходы к оценке транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог в соответствии с уровнем развития современных автомобильных транспортных средств. Предложенная методика определения рейтинга автодорог для проведения ремонтных работ и модернизации по коэффициенту уровня дефектности их покрытия. На основе проведенного анализа состояния автомобильных дорог в Украине определено их несоответствие для осуществления перевозок грузов тяжеловесными автомобилями и для скоростного перемещения легковых автомобилей. Определено, что существенным фактором неудовлетворительного транспортно-эксплуатационного состояния дорог является проведение с 2014 года и до сегодняшнего дня боевых действий на востоке страны, в связи с тем, что логистика их обеспечения связана с необходимостью перемещения тяжелой военной техники автомобильными дорогами, что также приводит к их разрушению. Предложенные направления модернизации сети автодорог направлены на расширение строительства скоростных магистралей и цементобетонных дорог, что позволит повысить качество транспортного сообщения и улучшить военную логистику. Для повышения экономической эффективности использования транзитного потенциала украинской транспортной системы, обоснована необходимость перехода к системной работе по модернизации и строительству автомобильных магистралей европейского уровня с достаточно развитой современной инфраструктурой.

Ключевые слова: *автомобильная дорога дефекты покрытия, оценка состояния автодорог, рейтинг автодорог, транспортный сбор.*

Pasechnik A., Lebid I., Klen E., Miroshnichenko S. Problems of estimation of transport and operational status and directions of network modernization automobile roads in Ukraine.

The article proposes methodological approaches to assessing the transport-operational condition of highways in accordance with the level of development of modern motor vehicles. The proposed methodology for determining the rating of roads for repair work and modernization by the coefficient of the level of defectiveness of their coverage. On the basis of the analysis of the state of highways in Ukraine, their inconsistency is determined for the carriage of goods by heavy vehicles and for the speedy movement of cars. It is determined that an essential factor in the unsatisfactory transport and operational condition of the roads is the conduct of military operations in the east of the country from 2014 to the present day, because the logistics of their provision are related to the need to move heavy military equipment by road, which also leads to their Destruction. The proposed directions of modernization of the road network are aimed at expanding the construction of highways and cement road roads, which will improve the quality of transport communications and improve military logistics. To increase the economic efficiency of using the transit potential of the Ukrainian transport system, the necessity of transition to systemic work on the modernization and construction of highways of European level with a sufficiently developed modern infrastructure is justified.

Keywords: *road surface defects, road condition estimation, motorway rating, transport charge.*

Пасічник А. М. – доктор ф.-м. наук, професор, професор кафедри транспортних систем та технологій Університету митної справи та фінансів, м. Дніпро, e-mail: panukr977@gmail.com .
Лебідь Є. М. – к.т.н., доцент, директор ТОВ «ОЛС», м. Київ, e-mail: elebed@list.ru .
Клен О. М. – асп. кафедри транспортних систем та технологій Університету митної справи та фінансів, м. Дніпро, e-mail: kl_el_nk@mail.ru
Мірошніченко С. В. – асп. кафедри транспортних систем та технологій Університету митної справи та фінансів, м. Дніпро.

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

Стаття подана 03.04.2017

УДК 629.4.077:621.1.016.7: 546.26

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ДИСКОВИХ ГАЛЬМ

Просвірова О.В.

METHOD TO IMPROVE OPERATIONAL CHARACTERISTICS AND ENERGY EFFICIENCY OF RAILWAY DISK BRAKES

Prosvirova O.

Розглядається проблема безпеки руху на залізничному транспорті. Оцінюється вплив роботи тертя елементів гальмівної системи на ефективність гальмування. Температура в зоні контакту колодки з диском або колодками робить істотний вплив на фрикційні елементи гальмування. Важливим фактором у досягненні максимальної потужності гальмування є контроль температури в контакті. Проведено аналіз методів і конструкцій для відводу тепла від фрикційних елементів. Запропоновано технічні рішення для контролю температури в елементах тертя при гальмуванні. На основі аналізу розроблена інноваційна конструкція гальмівного диска. Використання запропонованої конструкції дозволяють літ зменшити знос тертьових поверхонь, значно спростити технологічний процес заміни гальмових дисків, зменшити ймовірність виникнення тріщин у глибині диска і підвищити надійність його роботи.

Ключові слова: *залізничний транспорт, гальмування, фрикційна взаємодія, дискове гальмо, енергоефективність.*

Вступ. При гальмуванні, внаслідок сил тертя, місце контакту колеса з гальмівними колодками нагрівається, що негативно впливає на поверхню кочення колеса (температура в зоні контакту досягає 700 - 800^{0}С). Встановлено, що теплові навантаження обратно пропорційні площі взаємодії поверхі колеса з колодкою. Температурні поля при значних градієнтах - неодмінне, непереборне фізичне явище перетворення механічної енергії в теплову. Це приведе до зміни в гіршу сторону як фрикційних властивостей, так і міцнісних у зв'язку зі структурними змінами в матеріалах. При тривалому впливі високих температур можливі появи термічних тріщин з виходом їх на зовнішню грань. У таких умовах тертя відбувається швидкий тепловий знос поверхонь гальмівних елементів. При цьому швидкість зносу визначається виникненням і розвитком високої температури в зоні тертя. Для гальмових дисків підвищення температури диска приводить до аксіального перекосу (екранування) диску, а температурна деформація в близько реберній області обов'язково викликає хвилястість або горбистість поверхні тертя диску, тим самим збільшуючи тиск на фрикційні накладки й створюючи локальні температурні плями на поверхні тертя диску [1].

Від стабільно працюючої гальмівної системи в значній мірі залежить безпека руху транспортного засобу. Температура в контакті трибоелементів чинить значний вплив на гальмівну ефективність. При взаємодії гальмівних елементів значно зростає температура в зоні контакту, при тривалих гальмуваннях це призводить до підвищеного зносу і передчасного виникнення тріщин. Проведені в лабораторних умовах на машині тертя і стенді випробування показали, що в початковий момент часу з ростом температури в контакті збільшується коефіцієнт тертя, проте при досягненні критичної температури, яка залежить від матеріалу, структури контактуючих тіл, температури навколишнього повітря та інших факторів, відбувається різке падіння коефіцієнта тертя, що негативно позначається на гальмівних властивостей рухомого складу. Для конструкторів і експлуатаційників стоїть завдання розробки нових конструкцій гальмівних елементів, які дозволяють управляти температурою в контакті, підтримувати оптимальний коефіцієнт тертя, забезпечувати високу зносостійкість поверхонь тертя.

Мета статті – визначення ефективних методів підвищення експлуатаційних характеристик залізничних гальмових систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проблема забезпечення ефективності та безпеки гальмування рухомого складу загострюється зі зростанням швидкості руху залізничного транспорту в Україні та світі. Значне збільшення кінетичної енергії, яка при гальмуванні впливає на підвищення температури фрикційних елементів гальма, зумовлює необхідність розробки наукових основ прогнозування і ресурсозберігаючого управління високонавантаженим динамічним фрикційним контактом в ре-

жимах граничного стану, дослідження нових методів удосконалення гальмівних характеристик рухомого складу залізниць. Це зумовлює необхідність встановлення і розвиток фундаментальних залежностей для управління тертям для збільшення граничних значень гальмівного зусилля при циклічній стабілізації температури і силового навантаження.

Сучасні світові дослідження з підвищення ефективності фрикційної взаємодії складаються з робіт за наступними основними напрямами:

- математичне моделювання теплофізичних і механічних процесів в зоні фрикційного контакту в системі колесо-гальмо рейка, необхідне для аналізу існуючого та перспективного гальмового обладнання;

- оцінка надійності та технічних ризиків експлуатації гальмового обладнання;

- комп'ютерне моделювання теплофізичних і механічних процесів в зоні фрикційного контакту елементів гальма з використанням кінцево-елементних моделей та аналіз його результатів;

- дослідження з обчислювальної гідрогазодинаміки;

- експериментальні дослідження фрикційних процесів при циклічній стабілізації температури

при високій швидкості;

- розробка інструментарію, спрямованого на керування фрикційними процесами, в тому числі для удосконалення гальмових пристроїв.

Автором пропонується декілька способів вирішення цієї задачі, один з яких полягає в тому, що при гальмуванні в зону контакту пари тертя вводиться активне газоподібне середовище [5]. Для цього конструкцію гальмівної колодки забезпечено вставками з газоутворюючих матеріалів – порофорів. При гальмуванні залізничного рухомого складу колодки притискаються до колеса або диску. Температура в трибопарі підвищується. Під дією температури в колодці починається процес термічного розкладання елементів колодки порофорів, що приводе до виділення з великою швидкістю значної кількості газових продуктів. Одним з основних продуктів розкладу є газ – азот, який взаємодіє з тонкими поверхневими шарами фрикційних вузлів. Це позитивно впливає на фрикційні властивості пари тертя – підвищує коефіцієнт зчеплення, різко зміцнює і стабілізує поверхню матеріалів, тим самим підвищуючи їх довговічність та зносостійкість.

Також проблема охолодження фрикційної пари, підвищення ефективності способу гальмування локомотива та обладнання для його здійснення може бути вирішена шляхом ефективного використання стисненого повітря [6], яке стравлюється з гальмівного циліндру, та сприяє охолодженню гальмових фрикційних поверхонь, віднесення продуктів фрикційного зносу від трибопари.

Для цього стиснене повітря з гальмівного циліндру через розподільник повітря та зворотний клапан стравлюється в сильфон, при наступному гальмуванні спрацьовує регульований клапан, який пов'язує гальмову колодку з сильфоном, за допомогою якого акумульоване повітря по гумовому трубопроводу через виконані в гальмівній колодці отвори та жолобоподібні канали подається в зону контакту фрикційних поверхонь, охолоджує його і відносить продукти зносу у довкілля.

До відомих недоліків конструкцій гальмівних дисків слід віднести:

- Складність заміни гальмівних дисків при використанні на залізничному транспорті. При осьовому розміщенні гальмівного диска необхідно демонтувати колісний центр, а після його заміни знову напресувати на вісь колісної пари.

- Високі витрати на заміну гальмівного диска.

- Недостатнє охолодження поверхні контакту.

- Тріщини.

Для усунення цих недоліків та з урахуванням переваг відомих конструкцій дисків запропоновано інноваційну конструкцію гальмівного диска [3]. Суть конструкції полягаю в виконанні диску в виді двох навивних пластин, одна з яких фрикційна, інша – тепловідвідна (Рис. 1). Гальмівний диск формується за рахунок накручування і закріплення цих пластин на вісь колісної пари. Смуга зовнішньої контактної пластини на зовнішній стороні має виступи для охолодження, на внутрішній стороні має пази для розміщення смуги внутрішньої тепловідвідної вставки. Між смугами зовнішньої контактної пластини утворюється вентиляційні канали для охолодження.

Смуга внутрішньої тепловідвідної вставки 7 виконана з матеріалу з більш високою теплопровідністю, ніж матеріал смуги зовнішньої контактної пластини 4.

Смуга зовнішньої контактної пластини 4 повинна бути виготовлена зі сталі з підвищеною стійкістю до зносу при терті металу по фрикційному матеріалу.

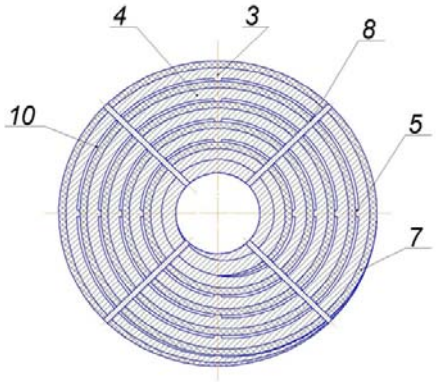


Рис. 1. Вид гальмівного диска в поздовжньому перерізі

Смуги можуть мати однакову ширину (рис. 2) або змінюватися від центру диска до його периферії (рис.3), це дозволить виконувати додаткове захоплення повітря у вентиляційні канали.

Перед навивкою смуг, в пази 6 смуги зовнішньої контактної пластини 4, вставляється смуга внутрішньої тепловідвідної вставки 7. Товщина смуги внутрішньої тепловідвідної вставки 7 більше глиби-

ни паза 6, а її ширина менш смуги зовнішньої контактної пластини 4. Це дозволяє забезпечити утворення вентиляційних каналів 10 в диску по всій його поверхні тертя. Кромки смуги зовнішньої контактної пластини 4 закруглені для зниження зносу пари тертя «гальмівний диск 3 - фрикційна накладка 2». В обох смугах виконані отвори 8 для кріплення до осі 9 колісної пари.

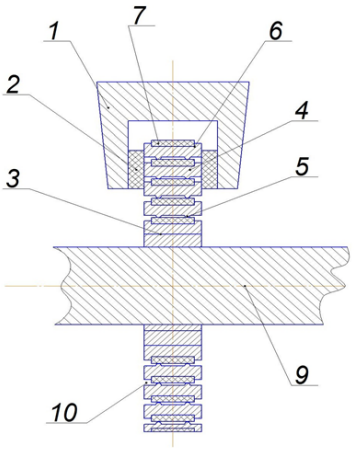


Рис. 2. Вид дискового гальмівного механізму в поперечному перерізі з однією шириною смуг

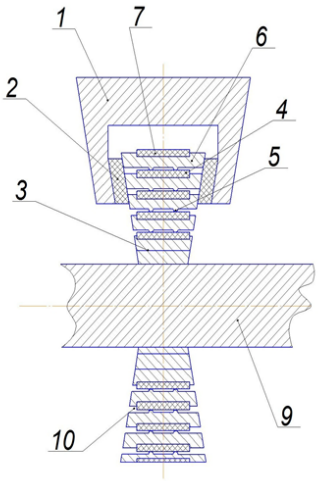


Рис. 3. Вид дискового гальмівного механізму в поперечному перерізі з шириною смуг, які змінюються від центру диска до периферії

Збірка гальмівного диска 3 здійснюється за допомогою навивки смуг на вісь 9 колісної пари. Після навивки гальмівний диск 3 закріплюється на осі 9 колісної пари. Виконується балансування гальмівного диска 3 для зменшення дисбалансу до прийнятного рівня.

Діаметр гальмівного диска 3, товщина обох смуг і ширина вентиляційних каналів залежать від співвідношення їх матеріалів, виду рухомого складу, умов експлуатації та швидкості руху поїздів.

При гальмуванні гальмівні колодки 1 притискаються до гальмівного диска 3. Тепловідведення із зони тертя здійснюється:

1. За рахунок біметалічної пари - наявність різниці в теплопровідних властивостях смуги зовнішньої контактної пластини 4 і смуги внутрішньої тепловідводної вставки 7 створює різницю в швидкостях передачі теплоти по цим двом елементам гальмівного диска 3. Смуга внутрішньої тепловідводної вставки 7 забезпечує більш швидку передачу теплоти через свій перетин, ніж смуга зовнішньої контактної пластини 4. В результаті на кордоні «смуга зовнішньої контактної пластини 4 - смуга внутрішньої тепловідводної вставки 7» виникає перепад температур. Менш нагріта поверхня смуги внутрішньої тепловідводної вставки 7 виконує функцію холодильника для відповідної поверхні смуги зовнішньої контактної пластини 4, прискорюючи відтік теплоти з її обсягу і, відповідно, із зони тертя.

2. За рахунок конвективного теплообміну – тепло, яке утворилося на поверхні смуг відноситься через вентиляційні канали 10.

Зниження температури розігріву поверхні тертя дозволяє зберігати протягом тривалішого часу вихідні значення коефіцієнту тертя, а, отже, і ефективність гальмування. Разом з цим, зниження температури нагріву сприяє збереженню механічних властивостей контактного поверхневого шару, підвищуючи тим самим його стійкість до зношування.

Прискорення відтоку теплоти із зони гальмування призводить до зниження температури розігріву смуги зовнішньої контактної пластини 4 гальмівного диска 3 в 1,5 - 2,0 рази в залежності від розмірів і матеріалу смуги внутрішньої тепловідводної вставки 7. В результаті підвищується ефективність гальмування і знижується знос контактної поверхні.

Використання навивної конструкції гальмівного диска дозволяє знизити ймовірність розподілу тріщин в глибину диска, таким чином підвищується надійність його експлуатації.

Використання запропонованої конструкції дозволить забезпечити додаткове охолодження поверхні гальмівного диска, знизити знос поверхонь тертя, підвищити стійкість до поширення тріщин в глибину диска, значно спростити технологічний процес заміни гальмівного диска, у звязку із тим, що не потрібно проводити демонтаж коліс.

Висновки. Питання ефективної системи гальмування є важливою частиної безпеки руху та ресурсозбереження при експлуатації рухомого складу. В статті розглянута проблема взаємодії гальмівних елементів. Представлені основні та перспективні методи стабілізації температури в трибоконтакті гальмівних елементів. Встановлено, що насьогодні найдільш поширениє методом стабілізації температури в контакті є використання дисків з вентиляційними каналами. Таке рішення ефективно при гальмуванні, але на вибігу приводить до опору руху транспортного засобу. Проведні дослідження впливу вентиляційних дисків на опір руху для різних потя-

гів показали, що в залежності від конструкції дисків, їх кількості в поїзді та швидкості руху втрата потужності поїзда складає від 1 % до 23 %. У звязку із чим, в статті запропоноваа конструкція диска з елементами з формою памяті, які дозволяють закривати та відкривати вентиляційні канали в залежності від температури диску і тим самим усунути явище самовентиляції. Наприкінці запропонований інноваціний гальмівний диск покращеної конструкції з урахуванням переваг існуючих конструкцій.

Л і т е р а т у р а

1. Горбунов М.І. Аналіз технічних рішень по підвищенню енергорозсіючої спроможності елементів гальмових систем / М.І. Горбунов, К.О. Кравченко, О.В. Просвірова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: в 2 - х ч. Ч.1. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2013 – № 18(207) – С. 57-61.
2. Топал А.С. Моделі та методи автоматизованої підтримки прийняття рішень щодо технологічної підготовки складального виробництва в літакобудуванні / А.С. Топал // Автореф. дис… канд. техн.: 05.13.06; Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського „ХАІ”. Харків, 2006.
3. Горбунов М. Заявка на винахід № a201701575 від 20.02.2017, Дискове гальмо / Горбунов М., Герлічі, Я., Лак Т., Хаусер, В., Лоулова М., Харусинец Я., Кравченко К., Ноженко О., Просвірова О., Кравченко К, 2017.
4. Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования / Д.И. Батищев // – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
5. Пат. 91595 Україна МПК (2014.01): F16D 69/00. Спосіб взаємодії гальмівної колодки із колесом залізничного транспортного засобу / Горбунов М.І., Кравченко К.О., Ноженко В.С., Просвірова О.В.,; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – опубл. 10.07.2014, бюл. № 13/2014.
6. Пат. 109064 Україна МПК (2015.01): B61H 1/00, F16D 65/04 (2006.01), F16J 3/00. Спосіб гальмування локомотива та система для його здійснення / Горбунов М.І., Кравченко К.О., Просвірова О.В., Слюсарева Л.О.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – опубл. 10.07.2015, бюл. № 13/2015.

R e f e r e n c e s

1. Gorbunov N.I., Kravchenko K.A., Prosvirova O.V. Analiz tekhnichnykh rishen po pidvyschennyu enerhorozsiyuyuchoyi spromozhnosti elementiv halmovykh system [Analysis of technical solutions to improve energoresursu ability of braking systems] / Vestnik of East-Ukrainian national University named after Volodymyr Dahl: in 2 p. p. 1. No. 18(207). Lugansk, VDEUNU, 2013. P. 57-61.
2. Topal A.S. Modeli ta metodi avtomatizovanoї pidtrimki prijnjattja rishen' shhodo tehnologichnoї pidgotovki skladal'nogo virobnictva v litakobuduvanni / A.S. Topal // Avtoref. dis… kand. tehn.: 05.13.06; Nacional'nij aerokosmichnij universitet im. M.Є. Zhukovs'kogo „HAI”. Harkiv, 2006.
3. Gorbunov, M., Gerlici, J., Lack, T., Hauser, V., Loulova, M., Harusinec, J., Kravchenko, K., Nozgenko, O., Prosvirova, O., Kravchenko, K. Application for invention № a 2017 01575 from 20.02.2017, Disc brakes (in ukr)..
4. Batishhev D.I. Metody optimal'nogo proektirovanija / D.I. Batishhev // – M.: Radio i svjaz', 1984. – 248 s.
5. Gorbunov N.I., Kravchenko K.A., Nozhenko V.S., Prosvirova O.V. Sposib vzayemodiyi halmivnoyi kolodky iz kolesom zaliznychnoho transportnoho zasobu [The method of interaction of the brake pads with the wheel of the rail vehicle] Patent UA, no. 91595, 2014.
6. Gorbunov N.I., Kravchenko K.A., Prosvirova O.V., Slusareva L.A. Sposib halmuvannya lokomotyva ta systema dlya yoho zdiysnennya [The method of braking a locomotive and system for its implementation] Patent UA, no. 109064, 2015.

Просвірова О.В. Оценка методов повышения эксплуатационных характеристик железнодорожных тормозных систем.

Рассмотрена проблема безопасности движения на железнодорожном транспорте. Оценивается влияние работы трения элементов тормозной системы на эффективность торможения. Температура в зоне контакта колодки с диском или колодками с колеса оказывает существенное влияние на фрикционные элементы тормоза. Важным фактором в достижении максимальной мощности торможения является контроль температуры в контакте. Проведен анализ методов и конструкций для отвода тепла от фрикционных элементов. Предложены технические решения для контроля температуры в элементах трения при торможении. На основе анализа разработана инновационная конструкция тормозного диска. Использование предлагаемой конструкции позволит уменьшить износ трущихся поверхностей, значительно упростить технологический процесс замены тормозных дисков, уменьшить вероятность возникновения трещин в глубине диска и повысить надежность его работы.

Ключевые слова: *железнодорожный транспорт, торможение, фрикционное взаимодействие, дисковый тормоз, энергоэффективность.*

Prosvirova O. Method to improve operational characteristics and energy efficiency of railway disk brakes.

The problem of traffic safety on railway transport is discussed. The influence of the work of the friction elements of the braking system on braking performance is evaluated. The temperature in the contact of the pads with the disk or pads with the wheel has significant influence on the friction brake elements. Important factor in achieving maximum braking power is the control of the temperature in the contact. The analysis of methods and designs for heat dissipation from contact friction elements is carried out. The effect of disk brakes ventilation channels on the running resistance of the vehicle is considered. The technical solutions for temperature control in friction elements during braking are proposed. The innovative wound design brake disc is developed based on the analysis. Usage of the proposed design will reduce the wear of the friction surfaces, significantly simplify the technological process of replacing the brake disc, reduce the probability of cracks in the depth of the disk and increase the reliability of its operation.

Key words: *rail transport, braking, friction interaction, disc brake, energy efficiency.*

Просвірова О.В. – старший викладач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк, Україна.

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

Стаття подана 18.05.2017.

УДК 681.511.4: 330.115

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рамазанов С. К.

INTELLIGENT INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM PRODUCT LIFE CYCLE TRANSPORT COMPANIES

Ramazanov S.

Разработана интегрированная интеллектуальная компьютеризованная система эколого-экономического мониторинга, моделирования и управления жизненного цикла изделий техногенного предприятия транспортного машиностроения, которая представлена в виде 3-х уровненной структуры, функционирующей в условиях нестабильности. Предложенная парадигма системы управления жизненным циклом применима и для любых других систем управления большими и сложными системами техногенного типа.

Ключевые слова: *жизненный цикл, транспортное предприятие, система управления, интеллектуальная, интегральная, эколого-экономическое управление и мониторинг.*

Введение. В настоящее время не вызывает сомнения факт необходимости применения интеллектуальных информационных технологий (ИТ) при организации современного наукоёмкого производства.

Анализ применения современных информационных технологий в промышленности показывает, что одним из направлений их развития является все более широкое применение этих технологий на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ) сложной наукоемкой продукции, в частности продукции транспортного машиностроения, в рамках интегрированной информационной среды [1-4].

Постановка проблемы. Необходимость повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции вместе с сокращением сроков запуска в производство новых изделий толкнули предприятия наукоёмкого производства к развитию и обширному внедрению ИТ. Появилось понятие компьютеризированного интегрированного производства, суть которого заключалась не только в применении ИТ для автоматизации технологических процессов и операций, но и в создании иерархической интегрированной информационной системы (ИС), построенной на использовании общих баз данных в процессах технической подготовки и управления производством.

Совокупность технологий, ориентированных, преимущественно, на снижение стоимости ЖЦ (СЖЦ) при обеспечении требуемого коэффициента готовности получила в современной научно-технической литературе и нормативной документации название интегрированной логистической поддержки (ИЛП) [5-8]

Анализ последних исследований и публикаций. Получение максимальных конкурентных преимуществ предприятиями на рынке продукции транспортного машиностроения напрямую зависит от эффективного применения современных CALS-технологий (Continuous Acquisition and Lifecycle Support) или системы информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий (ИПИ) [7]. В 80-е годы XX века понимание этого факта и уровень развития ИТ создали условия для развития ИПИ-систем в промышленности в целом. В результате применении этих технологий обеспечивается создание, сопровождение и развитие систем технической эксплуатации (СТЭ), свойства которых должны быть рациональным образом согласованы с конструкцией изделия. Поскольку термин CALS всегда носил военный оттенок, в гражданской сфере широкое распространение получили термины Product Life Cycle Support (PLCS) или Product Life Management (PLM) - "поддержка жизненного цикла изделия" или "управление жизненным циклом изделия".

Проблеме PLM посвящено огромное количество работ преимущественно зарубежных исследователей. Отечественные работы носят преимущественно обзорный характер. Знакомство с некоторыми из этих работ свидетельствует о том, что среди их авторов нет единого мнения о том, что такое PLM. Присутствуют две оценки: широкая и узкая. Сторонники широкой оценки относят к PLM прак-

тически все средства и системы автоматизации: конструкторские и технологические САПР (CAD/CAM/CAE, CAPP), системы ERP (MRP), средства управления взаимодействием с клиентами (CRM), цепочками поставок (SCM), техническим обслуживанием (сервисом) и т.д. Сюда же относятся PDM-системы, которым отводится ключевая роль в организации информационного взаимодействия всех участников ЖЦ изделия через ИИС. Сторонники узкой оценки склонны, по сути, отождествлять PLM и PDM, считая прочие средства и системы "внешними" по отношению к PLM.

Широкая трактовка понятия PLM в наибольшей степени отвечает современным потребностям промышленности, и с ней связываются основные надежды на прогресс промышленного производства. "Современный бизнес решает триединую задачу: во-первых, необходимо устанавливать более тесные и доверительные отношения с поставщиками и заказчиками, во-вторых, повышать уровень собственной операционной эффективности и, в-третьих, повышать конкурентоспособность выпускаемой продукции. Первая составляющая обеспечивается системами поддержки отношений, получающими все большее распространение — системами SCM и CRM, вторая - еще более популярными системами ERP, а вот третья пока не имеет достаточного комплексного информационного обеспечения. На то, чтобы занять это место, претендует подход, названный new PLM" [12]. Это и определяет нарастающий интерес промышленности к технологиям PLM. PLM-система — это интегрированная структура, объединяющая всю информацию о процессах создания и выпуска продукции от технического задания и описания функционального состава изделия до разработки конструкторской документации и технологической спецификации производственного оборудования. В PLM-системе находится наращиваемое в течение жизненного цикла цифровое описание изделия или его цифровой макет. Построение эффективной PLM-системы требует упорядочения и структуризации всех рабочих процессов управления жизненным циклом изделия путем построения их моделей, которые интегрируют системы различных подразделений, предприятий, партнеров, поставщиков и потребителей.

Отметим, что основными компонентами PLM - решения на предприятии являются следующие: PDM-система (Product Data Management, PDM) - для систематизации и управления всеми инженерными данными об изделии; CAD-система (Computer Aided Design, CAD) - система автоматизированного проектирования изделий; CAE-система (Computer Aided Engineering, CAE) - система инженерных расчетов; CAM-система(Computer Aided Manufacturing, CAM) - система разработки управляющих программ для станков и технологических линий.

Помимо основных систем, полное PLM-решение может также включать: CAPP-систему (Computer Aided Production Planning, CAPP) - для планирования производственных процессов; MPM-систему (Manufacturing Process Management, MPM) - для моделирования и управления производственными процессами; систему цифрового производства (Digital Manufacturing – DM); система поддержки эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия (Maintenance, Repair and Operations or Overhaul – MRO) и другие [4, 5].

Поскольку основная цель концепции CALS (ИПИ) состоит в организации взаимодействия между промышленностью и государственным заказчиком системы САПР и ERP считаются внутренними задачами предприятия и в подробностях не рассматриваются (интерес представляют лишь разнообразные интерфейсы), зато значительно большее внимание уделяется послепродажному сопровождению изделий - интегрированной логистической поддержке (ИЛП) [4-6].

Целью работы является разработка интеллектуальной интегрированной информационной логистической система эколого-экономического мониторинга, моделирования и управления (**СЭЭМУ**) жизненным циклом изделий транспортных предприятий, которые относятся к техногенным промышленным предприятиям – ТПП (т.е. является производственной системой, которая представлена в виде 3-х уровненной структуры управления в условиях нестабильности).

Изложение основного материала. Проблема повышения конкурентоспособности отдельных продукций остается в числе первоочередных, так как напрямую связана с обеспечением должного уровня развития и способности государства и с перспективами экономического и технического сотрудничества с зарубежными партнерами.

Во всех вышеуказанных технологиях и системах с одной стороны рассматривается в основном информационная интеграция, а также не учитываются как экологические, так и техногенные факторы. Поэтому важной и актуальной проблемой является разработка интегрированной интеллектуальной компьютеризированной системы (системы типа ИКС- "Х"), которая является информационной системой, построенной на основе принципов системного подхода и концепции 4-х "И", т.е. с максимальной интеграцией, интеллектуализацией, индивидуализацией и единой информационной базой, принципом максимального учета «НЕ - и МНОГО - факторного» синтеза, а также максимально возможной экологизацией производственных процессов (т.е. на основе концепции "4-х "И" + 2"). Системы типа "Х" относятся к классу больших и сложных логистических транспортных систем [11, 12].

В отличие от известных работ, автор предлагает следующие направления интеграции и интеллектуализации:

1. Направления интеграции подсистем в системе "Х": интеграция баз данных и знаний и создание единого банка данных с распределенной обработкой (т.е. информационная интеграция); техниче-

ская интеграция и создание неоднородной локальной информационно-компьютерной сети АРМ и рабочих станций; математическая, алгоритмическая и программная интеграция по уровням иерархии.

2. Направления и уровни интеллектуализации в системе "Х": интеллектуализация АРМ всех уровней; интеллектуализация регуляторов на основе активных экспертных систем со смешанной базой знаний, в том числе с нечеткой; интеллектуализация интерфейсов программных пакетов системы; интеллектуализация задач проектирования, контроля и диагностирования объектов углеобогатительной технологии. Для реализации всех указанных свойств системы в комплексе необходимо осуществить синтез ИАСУ как логистическую систему предприятия в виде следующей структуры (см. рис.).

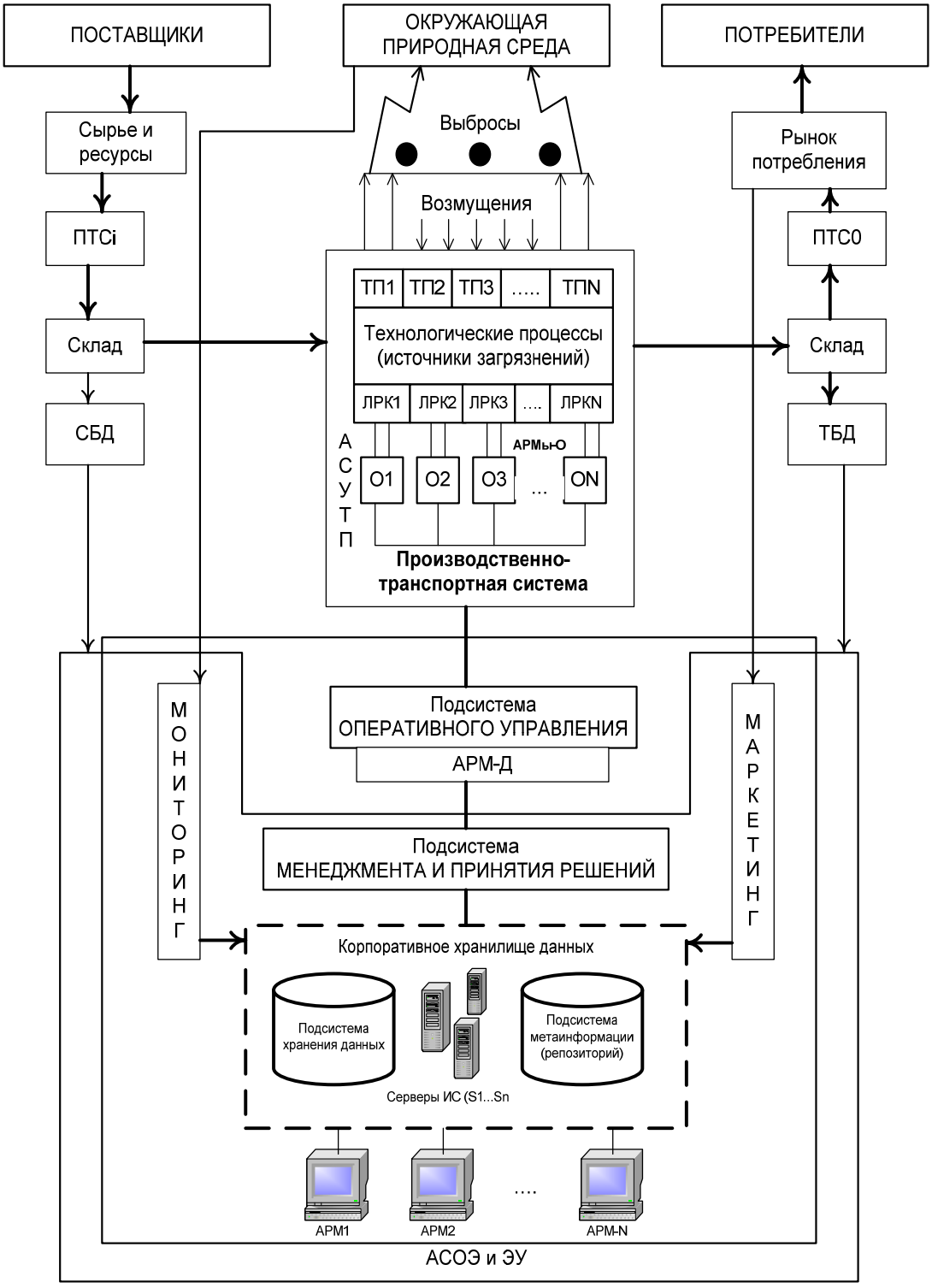


Рис. Логистическая интегрированная система ЭЭМУ предприятием

В разработанной интегрированной системе учтены все основополагающие подсистемы логистической системы предприятия, а именно: автоматизированная система организационно-экономического и экологического управления с элементами искусственного интеллекта и на единой информационной базе, которая включает в свой состав подсистему менеджмента, подсистему экологического мониторинга и подсистему маркетинга; подсистему оперативного диспетчерского управления; производственно-транспортную подсистему, управляемые АСОДУ и АСУ ТП на базе гибридных (гибких) экспертных систем с нечеткой базы знаний и моделей, а также СИУ и СППР [8, 9].

Выводы. Разработана интегрированная компьютеризованная система эколого-экономического мониторинга, моделирования и управления (СЭЭМУ) техногенным промышленным предприятием – ТПП (производственной системой, которая представлена в виде 3-х уровненной структуры, т.е. управление осуществляется по всем уровням иерархии) в условиях нестабильности.

Это новая парадигма управления сложными системами и процессами, в том числе, техническими системами.

Система основывается на следующих результатах [11]: концепции, принципы, комплекс нелинейных моделей (около 30 как интегральных, так и локальных моделей, которые образуют математическую базу системы), методы принятия решений и ЭЭУ; интегральные критерии (экономические, экологические, технологические, транспортные и др.); использование идеи «5-и полюсника», вместо традиционного 4-х полюсника, т.е. выход ТПП представлен как 2 набора выходов: «полезный» и «вредный»; использование и представление смешанной информационной базы: детерминированной, стохастической, множественной и нечеткой для ЭЭМУ ТПП; интеллектуализация СЭЭМУ и др.

Заметим, что предлагаемая парадигма СЭЭМУ применима и для любых других систем управления большими и сложными системами техногенного типа. В качестве примера в данной работе предложена вариант решения задача оценки стоимости ЖЦ изделий ж.д. транспорта, в частности, предложена параметрическая модель стоимости жизненного цикла технических систем железнодорожного транспорта [12].

Литература

1. Экономика железнодорожного транспорта: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта/ Н.П. Терёшина, В.Г. Галабурда, М.Ф. Трихунков и др.; Под ред. Н.П. Терёшиной, Б.М. Лапидуса, М.Ф. Трихункова. – М.: УМЦ ЖДТ, 2006. - 801с.
2. Берг, Д. Б. Модели жизненного цикла: учеб. пособие / Д. Б. Берг, Е. А. Ульянова, П. В. Добряк. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 74с.
3. Забегалин Е.В. *А*рхитектура информационных систем в теории и на практике // –IBS, Департамент управленческого консалтинга. 2006. URL: http://evz.name/evzms_2.pdf.
4. Липатова С.В. Архитектура интегрированной автоматизированной системы поддержки жизненного цикла воздушного судна // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 15, №4(3), 2013
5. Разработка методов информационной интеграции и комплексной поддержки жизненного цикла сложных технических систем / Емельянов С.Г., Куц В.В., Сазонов С.Ю., Олейник А.В. // Применение ИПИ (CALS) - технологий для повышения качества и конкурентоспособности наукоемкой продукции: матер. междунар. конф.- форума, Москва, дек. 2003. - М.: ИЦ МГТУ "Станкин", Янус-К, 2003. - С.21-22.
6. Системный подход к проектированию виртуальных производств в среде CALS-технологий / Ветров С.И., Ковшов А.Н., Скворцов А.В. и др. // Справочник. Инж. журн. - 2010. - N 12(153). - С.59-64. - Библиогр.: 9 назв.
7. Судов Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. - М.: ИД "МВМ", 2003. - 264 с.
8. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS / ИПИ: уч. Пособие для студ. вузов/[А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров, И.М. Ибрагимов, А.Д. Никифоров].-М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 304с.
9. Павлов Н.В. Методы и модели маркетинго-ориентированного управления жизненным циклом продукта, 2011. 206 с.
10. Рамазанов С.К. Інноваційні технології антикризового управління економічними системами: монографія/С.К. Рамазанов, Г.О. Надьон, Н.І. Кришталь, О.П. Степаненко, Л.А. Тимашова; Під ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 584 с.
11. Рамазанов С.К. Модели и информационные технологии эколого-экономического управления производственной системой в нестабильной среде. / Автореф. диссер. на соискание уч. степ. д.э.н., Луганск, 2008. – 40с.
12. Рамазанов С. К., Велигура А. В., Івановська М. В. Інформаційна підтримка життєвого циклу технічних об’єктів залізничного транспорту.// Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2015. – № 1 (218). - С.194-197.

References

1. Economy of Railway Transport: Proc. for railway colleges Transport / N.P. Tereshina, V.G. Galaburda, MF Trihunkov etc.; Ed. NP Tereshin, B.M. Lapidus, M.F. Trihunkova.- M .: ZHDT UMTS 2006 - 801S.
2. Berg D.B. lifecycle models: Proc. Benefit / D.B. Berg, E.A.Ulyanov, P.V. Kind.- Ekaterinburg: Publishing House of the Ural Mountains. University Press, 2014. - 74c.
3. Zabegalin E.V. Information Architecture systems in theory and practice // -IBS, Department of management consulting. 2006. URL: http://evz.name/evzms_2.pdf.
4. Lipatov S.V. The architecture of the integrated AV-mated system support aircraft lifecycle // Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, vol. 15, №4 (3), 2013
5. Development of methods for information integration and a comprehensive life cycle support of complex technical systems / S.G. Emelyanov, Vladimir Kuts, Sazonov S.Yu., A.V. Oleynik // Application of IAS (CALS) - technologies to improve quality and competitiveness of high-tech products: mater. Intern. konf.- Forum, Moscow, December.

2003. - M.: MSTU IC "STANKIN" Janus-K, 2003 - S.21-22.
6. A systematic approach to the design of virtual environments in production of CALS-technologies / Vetrov SI, Kovshov A.N. Skvortsov A.V. et al. // Directory. Ing. Zh. - 2010. - N 12 (153). - S.59-64. - Bibliogr.: 9 titles.
7. Ships E.V. Integrated information lifecycle support of engineering products. Principles. Technologies. Methods. Models. - M .: Publishing House "MBM", 2003. - 264 p.
8. Information support lifecycle product engineering: principles, systems and CALS / IPD technology: Ouch. The benefit for students. wu-call / [A.N. Buckets, Y.F. Nazarov, I.M. Ibragimov, A.D. Nikiforov] .- M.: Publishing. center "Academy", 2007. - 304c.
9. Pavlov N.V. Methods and models of the marketing-oriented product lifecycle management, 2011. 206 p.
10. Ramazanov S.K. Innovatsiyni tehnologiï antikrizo-Vågå upravlinnya ekonomichnimi systems: monograph-fiya / S.K. Ramazanov, G.O. Nadon, N.I. Krištáľ O.P. Stepanenko, L.A. Timashova; Pid ed. prof. S.K. Ramazanov. - Luhansk - Kyiv: a kind of SNU IM. Dal, 2009. - 584 p.
11. Ramazanov S.K. Models and information techno ogy ecological and economic management of pro-duction system in an unstable environment. / Auto-Ref. dissertations. on competition uch. step. PhD, Lugansk, 2008 - 40c.
12. Ramazanov S.K., Veligura A.V., Ivanovska M.V. Informatsiyna pidtrimka zhittєvogo cycle tehnichnih ob'єktiv Zaliznicnovo transport .// News of SNU IM. Dal. - 2015. - № 1 (218). - S.194-197.

Рамазанов С.К. Інтелектуальна інформаційна система управління життєвого циклу виробу транспортного підприємства.

Розроблено інтегрована інтелектуальна комп'ютеризована система еколого-економічного моніторингу, моделювання та управління життєвого циклу виробів техногенного підприємства транспортного машинобудування, яка представлена у вигляді 3-х вирівняній структури, що функціонує в умовах нестабільності. Запропонована парадигма системи управління життєвим циклом застосовна і для будь-яких інших систем управління великими і складними системами техногенного типу.

Ключові слова: *життєвий цикл, транспортне підприємство, система управління, інтелектуальна, інтегрованого, еколого-економічне управління та моніторинг.*

Ramazanov S.K. Intelligent information management system product life cycle transport companies.

Developed an integrated intellectual computerized system of ecological-economic monitoring, modeling, and managing the life cycle of the products of technogenic enterprises of transport engineering, which is presented in the form of 3 - equation structure, functioning in conditions of instability. The proposed paradigm system life cycle management applicable to any other control systems of large and complex systems, such as technogenic type. This new paradigm of complex systems and process management, including technical systems. The system is based on the following findings: concepts, principles, a set of non-linear models, decision-making methods and the environmental and economic governance, integral criteria. As an example in this paper offer solutions to the problem of estimating the cost of the product life cycle of railway transport.

Keywords: *life cycle, transport enterprise management system, intelligent, integral, ecological and economic management and monitoring.*

Рамазанов С.К. – заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, доктор економічних наук, професор, професор кафедри «Інформаційні системи в економіці» КНЕУ ім. В.Гетьмана, м. Київ, Україна.
e-mail: sramazanov@i.ua

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

Стаття подана 18.03.2017

УДК 621.547

КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ВИХОРОКАМЕРНИХ НАГНІТАЧІВ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ НА ЇХ ОСНОВІ

Роговий А.С.

CONCEPT OF CREATION VORTEX CHAMBER SUPERCHARGERS AND PRINCIPLES OF SYSTEM CONSTRUCTION ON THEIR BASIS

Rogovyi A.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень розширено клас струминних машин, розроблено концепцію створення струминних вихорокамерних нагнітачів та науково обґрунтований робочий процес, який оснований на новому для струминних нагнітачів принципі передачі енергії за рахунок використання гідродинамічних ефектів обертових потоків. Розроблено принципи побудови гідравлічних і пневматичних систем на основі струминних вихорокамерних нагнітачів для перекачування гетерогенних середовищ, які є алгоритмізовані та забезпечують прийняття рішення щодо доцільності використання нагнітачів на основі аналізу потреб, можливості використання та техніко-економічної доцільності побудови гідравлічних і пневматичних систем в несприятливих умовах експлуатації та з вмістом твердих середовищ.

***Ключові слова**: вихорокамерні нагнітачі, побудова систем, концепція, насос, доцільність*

Постановка проблеми. В багатьох технологічних схемах різних галузей виробництва одним із основних елементів гідропневматичних систем є нагнітачі. Можливість зниження енергетичних та матеріальних витрат при перекачуванні різних середовищ є найважливішою проблемою промисловості тому, що витрати на перекачування в деяких галузях складають більше половини загальних витрат виробництва. Особливо гостро це питання стоїть у вугільній, хімічній, металургійній промисловості, транспорті, при збагаченні корисних копалин, де насосне обладнання та системи пневматичного транспортування працюють в несприятливих умовах експлуатації таких як: різкі перепади температури, вібрації, знакозмінні прискорення і ударні навантаження, підвищена вологість, запиленість, хімічна агресивність робочого і навколишнього середовищ, а при транспортуванні сипких вантажів ще й абразивна їх дія [1]. Використання трубопровідного гідро- та пневмотранспорту кожного року збільшується, що обумовлено простотою конструкції та малими габаритними розмірами, але надійність та довговічність гідравлічного і пневматичного обладнання досить низька та приводить до великих експлуатаційних витрат, що сягають 30-50% вартості обладнання [2].

Наявність негативних зовнішніх факторів, і факторів, що привносяться властивостями робочих середовищ, знижує надійність існуючих нагнітачів, у порівнянні з нормальними умовами експлуатації, у десятки, а в окремих випадках у сотні разів, знижується термін служби насосів, в деяких випадках до тижня [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Можливе рішення проблеми надійності та довговічності нагнітачів за рахунок використання струминних апаратів стримується досить низькими ККД, які не перевищують 30% [4] для прямоточних насосів та 10% для вихрових ежекторів [5].

Тому подальший пошук нових способів передачі енергії, та відповідних конструкцій у проектуванні струминних нагнітачів є актуальною проблемою, що вирішена в роботі, за рахунок створення нагнітачів нового типу на основі вихрової камери змішання, названих нами вихорокамерними нагнітачами (ВКН) [6]. В цих пристроях об’єднуються переваги нагнітачів відцентрового й струминного типів, що дозволяє отримати характеристики, практично незалежні від більшості несприятливих факторів наведених вище [7]. При перекачуванні сипучого середовища у полі дії відцентрової сили можна передати енергію робочого потоку середовищу, що перекачується, за допомогою поєднання двох способів передачі енергії – за рахунок обміну кількості руху та відцентрової сили [8]. Таким чином збільшуються ефективність перекачування різних гетерогенних середовищ, в порівнянні із класичними струминними нагнітачами, та показники надійності і довговічності систем, що побудовані на базі динамічних насосів [9].

Мета. Метою роботи є розробка концепції створення вихорокамерних нагнітачів та принципів побудови систем на їх основі.

Результати досліджень. Елементи струминної техніки, та струминні нагнітачі з вихровими камерами зокрема, здатні виконувати функції перекачування в несприятливих умовах експлуатації при високих показниках надійності та довговічності при достатній енергоефективності у порівнянні із класичними нагнітачами (динамічними насосами та прямоточними струминними насосами) [10]. Це обумовлюється відсутністю рухомих механічних органів та ущільнень між ними; можливістю роботи практично в необмеженому діапазоні температур, тисків, витрат робочих середовищ [11].

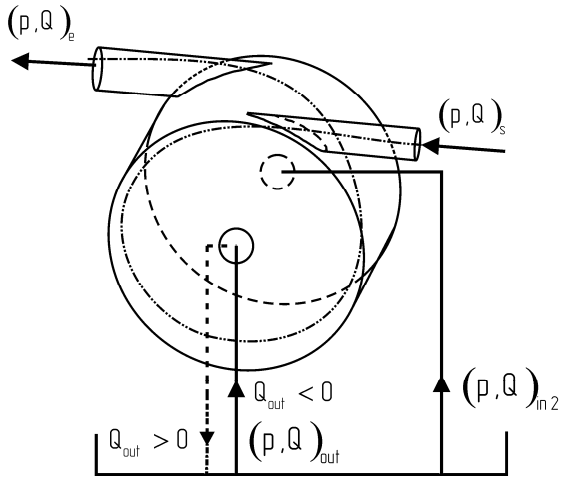


Рис.1. Принципова схема вихорокамерного нагнітача

Схема вихорокамерного нагнітача представлена на рис. 1. 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 перепаду тисків в осьовому каналі та дії відцентрової сили, на вихід з нагнітачу. Потік, що виходить з нагнітачу з параметрами (p_e, Q_e) подається в технологічний трубопровід або скидається в атмосферу при вакуумуванні замкнених обсягів.

Як показали експерименти [7, 8, 12], зміна взаємного співвідношення площ (або діаметрів) тангенціальних каналів входу й виходу, а також осьових каналів призводить до двох можливих режимів роботи нагнітача: з викидом середовища через дренажний канал ($Q_{out} > 0$, рис. 1), і з усмоктуванням ($Q_{out} < 0$).

До теперішнього часу накопичено певний досвід розрахунку і проектування струминних насосів та вихрових ежекторів для роботи на однорідних середовищах, а також для перекачування сипучих середовищ для пневматичного та гідравлічного промислового транспорту. Але, як показали дослідження використання прямоточних струминних насосів стримується внаслідок великих поздовжніх габаритних розмірів й великої витрати робочої рідини, їх ККД не перевищує 30 % [4, 13]. З іншого боку, вихрові ежектори, мають більш компактні розміри, але їх ККД не досягає й 10 %. Крім того, унаслідок складності явищ, що відбуваються у струминній техніці, течія у ній ще не до кінця вивчена, а характеристики не досконалі. Струминні насоси та вихрові ежектори використають передачу енергії тільки за рахунок турбулентного обміну, вихорокамерні нагнітачі, що пропонуються використають ще й додатково збільшення енергії вихідного потоку завдяки дії відцентрової сили, внаслідок чого вони мають кращі показники енергоефективності.

Використання вихрового робочого процесу разом із лопатевим дозволило створити вільновихрові насоси, які мають усі характерні признаки вихрових гідромашин: простота конструкції (лопати робочого колеса прямі та плоскі), стійка робота на газорідинних сумішах, відносно невисокі антикавітаційні якості [14]. Але об'єднання цих робочих процесів не призвело до значного підвищення надійності та довговічності таких машин при перекачуванні середовищ із великим вмістом твердих частинок, внаслідок наявності механічного рухомого органу – робочого колеса, та наявності ущільнень валу.

Поєднати позитивні якості динамічних (лопатевих) відцентрових насосів та струминних можливо на основі вихрової камери змішання, що дозволяє зберегти ефективну передачу енергії внаслідок дії відцентрової сили при забезпеченні максимальної надійності та довговічності, які притаманні струминній техніці. Вихрова камера змішання дозволяє в процесі перекачування використати основні гідродинамічні ефекти обертових потоків [15]: створення вакууму біля осі та надлишкового тиску на периферії, використати відцентрову силу, що виникає при обертанні рідини у вихровій камері (рис. 2).

За рахунок дії балансу поверхневих сил тиску та масової відцентрової сили відбувається збільшення енергії потоку, що перекачується. У випадку перекачування однофазних середовищ відбувається придбання потенційної енергії тиску та кінетичної енергії. У випадку перекачування багатофазних середовищ відбувається придбання кінетичної енергії середовищем, яке перекачується, за рахунок передачі потенціальної та кінетичної енергії рідини.

Таким чином, розроблено концепцію вихорокамерних нагнітачів: науково обґрунтовано робочий процес, який оснований на новому для струминних нагнітачів принципі передачі енергії за рахунок використання гідродинамічних ефектів обертових потоків – вакууму біля осі обертання і підвищеного тиску на периферії вихрової камери. Внаслідок першого відбувається всмоктування часток потоку, що перекачується, у вихрову камеру під дією перепаду тиску [16].

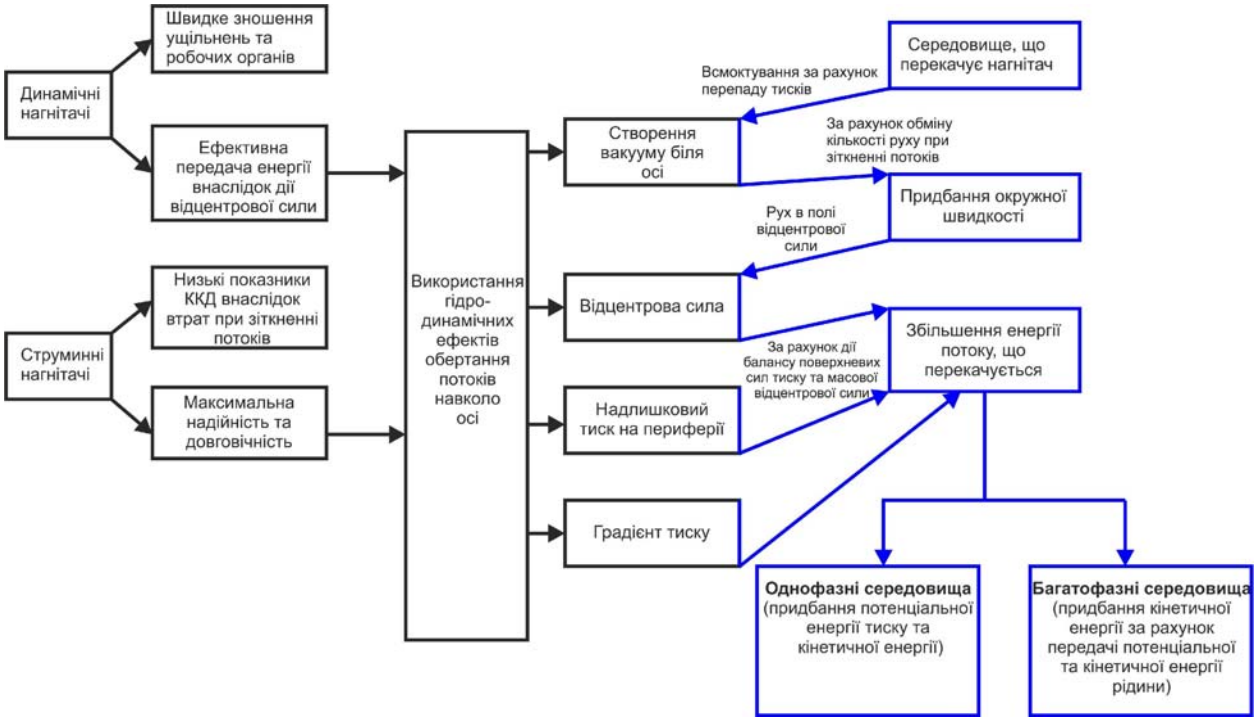


Рис. 2. Концепція створення вихорокамерних нагнітачів

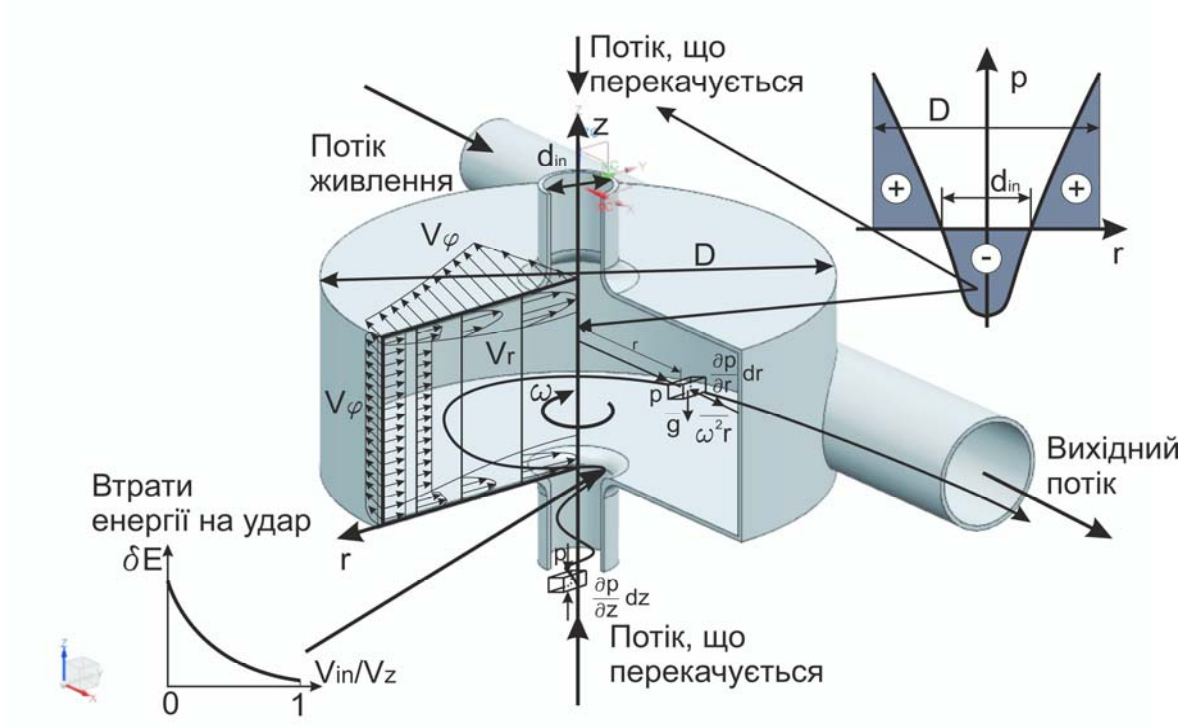


Рис. 3. Обґрунтування процесу перекачування в вихорокамерному нагнітачі

Потрапивши у вихрову камеру, частинки за рахунок обміну кількістю руху з обертовим потоком несучої рідини при зіткненні, здобувають тангенціальну швидкість і далі під дією балансу поверхневих (сил тиску) та масових (тяжіння і домінуючої відцентрової) сил в потенціальному полі відкидаються до периферії камери, де потрапляють в тангенціальний канал виходу з нагнітача, здобуваючи кінетичну енергію, перетворенням потенційної енергії підвищеного на периферії камери тиску (рис. 3). Якщо частинка потрапляє на нижню торцеву стінку у примежовий шар вона переміщується у напрямку осі обертання і виходить у дренажний канал, створюючи втрати [1, 7, 17].

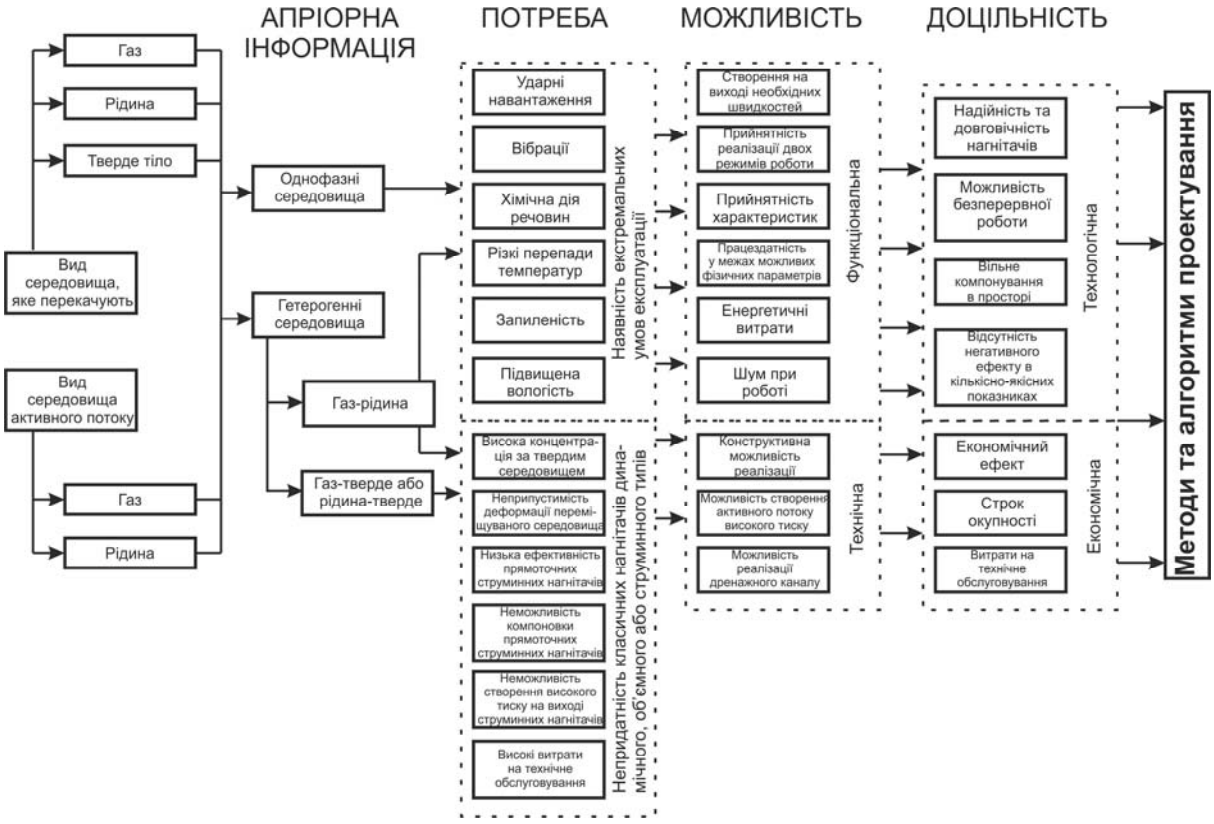


Рис. 4. Принципи побудови гідравлічних та пневматичних систем на основі вихорокамерних нагнітачів

Частинки, всмоктувані через канал у верхній кришці камери можуть також попасти у дренажний канал під дією сили тяжіння, якщо не отримають відповідну тангенціальну швидкість. Таким чином, на відміну від класичних струминних нагнітачів, де використовується лише спосіб передачі енергії за рахунок обміну кількістю руху при зіткненні взаємодіючих потоків, у ВКН основну енергію частинки отримують за рахунок переміщення під дією відцентрової сили на периферію вихрової камери де несуча рідина має високі значення потенціальної енергії (у вигляді статичного тиску), величина якої може сягати близько 90% затрачуваної енергії на привід нагнітача.

Хоча ВКН виявляють певні переваги у порівнянні з іншими типами нагнітачів при різних умовах роботи [18], але перш ніш прийняти рішення щодо доцільності їх використання у гідравлічних та пневматичних системах необхідно керуватися правилами, сформованими принципами потреби, можливості та доцільності використання нової техніки.

Потреба використання струминних нагнітачів виникає, на наш погляд, лише за несприятливих умов експлуатації або при перекачуванні середовищ із наявністю великої кількості твердих частинок. В більшості випадків, коли умови роботи нагнітачів, не можна віднести до екстремальних, енергетична ефективність класичних нагнітачів: лопатевих та об'ємних, перевищує ефективність струминних у декілька разів, що призводить до того, що при перекачуванні однофазних середовищ струминні нагнітачі мають використатися тільки в випадках ударних навантажень, хімічної дії речовин, підвищеної вологості, різких перепадів температур або інших несприятливих умов, які призводять до швидкого виходу з ладу нагнітачів із механічними рухомими органами.

Після визначення потреби у використанні струминної техніки та вихорокамерних нагнітачів, згідно з алгоритмом, наведеним на рис. 4, необхідно визначити можливість створення заданих технічних умов нагнітачами: технічна та функціональна. Особливої уваги необхідно приділити можливостям реалізації дренажного каналу та створення активного потоку високого тиску та прийнятності реалізації двох режимів роботи.

Принципи побудови гідравлічних та пневматичних систем (рис. 4) визначають стратегію рішень для відповіді про доцільність використання ВКН у цих системах.

Якщо умови потреби та можливості використання ВКН виконані, то необхідно розрахувати технологічну та економічну доцільність, які включають в себе такі основні фактори: надійність та довговічність нагнітачів, можливість безперервної роботи, вільне компонування у просторі, відсутність негативного ефекту в кількісно-якісних показниках, економічний ефект, строк окупності та витрати на технічне обслуговування [19].

Можливість безперервної роботи в багатьох системах гідравлічного та пневматичного транспорту твердих середовищ може відігравати значної ролі

внаслідок великих фінансових витрат на забезпечення резервування систем або на забезпечення безперервності. За таких умов використання ВКН може мати значний економічний ефект.

Висновки:

1) На основі теоретичних та експериментальних досліджень розширено клас струминних машин, розроблено концепцію створення струминних вихорокамерних нагнітачів та науково обґрунтований робочий процес, який оснований на новому для струминних нагнітачів принципі передачі енергії за рахунок використання гідродинамічних ефектів обертових потоків – вакууму біля осі обертання і підвищеного тиску на периферії вихрової камери. Внаслідок першого відбувається всмоктування часток потоку, що перекачується, у вихрову камеру під дією перепаду тиску. Потрапивши у вихрову камеру, частинки за рахунок обміну кількістю руху з обертовим потоком несучої рідини при зіткненні, здобувають тангенціальну швидкість і далі під дією балансу поверхневих (сил тиску) та масових (тяжіння і домінуючої відцентрової) сил в потенціальному полі відкидаються до периферії камери, де потрапляють в тангенціальний канал виходу з нагнітача, здобуваючи кінетичну енергію, перетворенням потенційної енергії підвищеного на периферії камери тиску.

2) На відміну від класичних струминних нагнітачів, де використовується лише спосіб передачі енергії за рахунок обміну кількістю руху при зіткненні взаємодіючих потоків, у ВКН основну енергію частинки отримують за рахунок переміщення під дією відцентрової сили на периферію вихрової камери де несуча рідина має високі значення потенціальної енергії.

3) Розроблено принципи побудови гідравлічних і пневматичних систем на основі струминних вихорокамерних нагнітачів для перекачування гетерогенних середовищ, які є алгоритмізовані та забезпечують прийняття рішення щодо доцільності використання ВКН на основі аналізу потреб, можливості використання та техніко-економічної доцільності побудови гідравлічних і пневматичних систем в несприятливих умовах експлуатації та з вмістом твердих середовищ.

Література

1. Роговий А.С. Удосконалювання енергетичних характеристик струминних нагнітачів. Дис...канд. техн. наук: 05.05.17 / Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля. — Луганськ, 2007. — 193 с.
2. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий // Ю.Д. Баранов, Б.А. Блюсс, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин – Днепропетровск: «Новая идеология», 2006. – 416 с.
3. Сьомін Д.О. Підвищення ефективності переміщення вантажів трубопровідним транспортом засобами струминної арматури: Дис...д-ра техн. наук: 05.22.12 / Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля. – Луганськ, 2004. – 381с.
4. Соколов Е.Я. Струйные аппараты. / Соколов Е.Я., Зингер Н.М. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
5. Вихревые аппараты / А.Д. Суслов, С.В. Иванов, А.В. Мурашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
6. A.S. Rogovyi. Comparative Analysis Of Performance Characteristics Of Jet Vortex Type Superchargers / A.S. Rogovyi, Ye. Voronova // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / М-во образования и науки Украины, ХНАДУ. – Харьков, 2016. – Вып. 38. – С. 93–98.
7. Сёмин Д.А. Экспериментальные исследования характеристик струйно-вихревого насоса. /Сёмин Д.А., Роговой А.С.// Вісник СумДУ. – 2005. – 12(84). – С. 64-70.
8. Syomin D. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps. /Syomin D., Rogovyi A. // Procedia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 231–237.
9. Роговой А.С. Применение вихрекамерных нагнетателей в гидро- и пневмотранспортных системах / Роговой А.С. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Машинобудування. – 2016. – № 3(78). – С.65-70.
10. Цегельский В.Г. Двухфазные струйные аппараты. /Цегельский В.Г. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. - 408 с.
11. Роговий А.С. Особливості розрахунку пневмотранспортних установок, побудованих на основі безроторних відцентрових насосів. / А.С. Роговий. // Вісник СНУ ім. В.Даля. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля. – 2015. – №1 (218). – С. 68-73.
12. Роговий, А. С. Особливості режимів роботи вихорокамерних нагнітачів / А. С. Роговий // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. / Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харьков: ХНАДУ, 2016. – Вып. 75. – С. 120–128.
13. Волошин А. И. Особенности движения аэросмеси на загрузочном участке вибропневмотранспортных систем с кольцевым эжектором / Волошин А. И., Пономаренко С. Н., Игнатович Ю. Н. //Геотехнічна механіка. – 2014. – №. 114. – С. 50-62.
14. Євтушенко А.О. Гідродинамічні машини і передачі: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Євтушенко А.О. – Суми : Вид-во СумДУ, 2005. — 256с.
15. Сёмин Д.А. Верификация расчетов течений в вихрекамерных устройствах. / Сёмин Д.А., Роговой А.С., Левашов А.М., Левашов Я.М. // Вісник НТУУ "КПІ". Сер. Машинобудування, 2016. – № 2 (77). – С. 71-78.
16. Сьомін Д.О. Вплив умов входу середовища, що перекачується, на енергетичні характеристики вихрекамерних насосів / Д.О. Сьомін, А.С. Роговий. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 3 (1112). – С. 130-136.
17. Syomin D. Power characteristics of superchargers with vortex work chamber /Syomin D., Rogovoy A. // Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – 2010. – Vol. 19. – P. 232-240.
18. Syomin D. Mathematical simulation of gas bubble moving in central region of the short vortex chamber /Syomin D., Rogovyi A.// Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. Lublin-Lugansk. – 2012. – Vol. 12. – no. 4. – P. 279-284.
19. Zhou P. Reliability and economic evaluation of power system with renewables: A review / Zhou P., Jin R. Y., Fan L. W. //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 58. – P. 537-547.

R e f e r e n c e s

1. Rogovyi A.S. Udoskonaljuvannja energetichnih harakteristik struminnih nagnitachiv. Dis...kand. tehn. na-uk: 05.05.17 / Shidnoukraïns'kij nacional'nij un-t im. Volodimira Dalja. — Lugans'k, 2007. — 193 p.
2. Baranov Yu. D., Blyuss B.A., Semenenko E.V. and Shurygin V.D. (2006), Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty sistem gidrotransporta gornykh predpriyatii, Novaya ideologiya, Dnepropetrovsk, Ukraine, 416 p.
3. Syomin, D.O. (2004), Pidvyshchennya efektyvnosti peremishchennya vantazhiv truboprovidnym transportom zasobamy strumynnoyi armatury. Diss, doct. tekhn. nauk. Lugansk, 381p.
4. Sokolov E.Ja. Strujnye apparaty. / Sokolov E.Ja., Zin-ger N.M. – 3-e izd., pererab. – M.: Jenergoatomizdat, 1989. – 352 p.
5. Suslov A.D., Ivanov S.V., Murashkin A.V., Chizhikov Ju.V. Vihrevye apparaty. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985, 256 p.
6. A.S. Rogovyi. Comparative Analysis Of Performance Characteristics Of Jet Vortex Type Superchargers / A.S. Rogovyi, Ye. Voronova // Avtomobil'nyj transport: sb. nauch. tr. / M-vo obrazovanija i nauki Ukrainy, HNADU. – Har'kov, 2016. – Vyp. 38. – P. 93–98.
7. Syomin D.O. and Rogovyi A.S. (2005), Jeksperimental'nye issledovanija harakteristik strujno-vihrevogo nasosa, Visnik SumDU, no 12 (84), 2005, P. 64-70.
8. Syomin D. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps. /Syomin D., Rogovyi A. // Procedia Engineering, Volume 39, 2012, P. 231–237.
9. Rogovyi A.S. Primenenie vihrekamernyh nagnetate-lej v gidro- i pnevmotransportnyh sistemah / Rogovyi A.S. // Visnik NTUU «KPI». Serija Mashinobuduvannja. – 2016. – № 3(78). – P.65-70.
10. Tsegel'skiy V.G. (2003), Dvukhfaznye struynye apparaty, MGTU im. N.E. Baumana Publ, Moscow, Russia, 352 p.
11. Rogovyi A.S. (2015), Osoblyvosti rozrakhunku pnevmotransportnykh ustanovok, pobudovanykh na osnovi bezrotornykh vidtsentrovykh nasosiv, Visnyk SNU im. V.Dalya, Lugansk, SNU V.Dalya, no. 1 (218), P. 68-73.
12. Rogovyi, A. S. Osoblyvosti rezhymiv roboty vykhorokamernykh nahnitachiv / A. S. Rogovyi // Vestnyk Khar'kovskoho natsyonal'noho avtomobyl'no-dorozhnoho unyversyteta: sb. nauch. tr. / Khar'k. nats. avtomob.-dor. un-t. – Khar'kov: KhNADU, 2016. – V. 75. – P. 120–128.
13. Voloshin A. I., Ponomarenko S. N., and Ignatovich Yu. N. (2014), Osobennosti dvizheniya aerosmesi na zagruzochnom uchastke vibropnevmotransportnykh sistem s kol'tsevym ezhektorom, Geotekhnicheskaya mekhanika, IGTM NANU, Dnepropetrovsk, no. 114, P. 50-62.
14. Yevtushenko A.O. Hidrodynamichni mashyny i peredachi: Navch. posibnyk dlya stud. vyshchykh navch. zakl. / Yevtushenko A.O. – Sumy : Vyd-vo SumDU, 2005. — 256 p.
15. Syomin D.A. Verifikacija raschetov techenij v vihrekamernyh ustrojstvah. / Syomin D.A., Rogovyi A.S., Levashov A.M., Levashov Ja.M. // Visnik NTUU "KPI". Ser. Mashinobuduvannja, 2016. – № 2 (77). – P. 71-78.
16. Syomin D.O. and Rogovyi A.S. (2015), Vplyv umov vkhodu seredovyshcha, shcho perekachuyet'sya, na enerhetychni kharakterystyky vykhrekamernykh nasosiv, Visnyk NTU«KhPI». Seriya: Hidravlichni mashyny ta hidroahrehaty, Kharkiv, NTU "KhPI", no. 3 (1112), P. 130-136.
17. Syomin D. Power characteristics of superchargers with vortex work chamber /Syomin D., Rogovoy A. // Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – 2010. – Vol. 19. – P. 232-240.
18. Syomin D. Mathematical simulation of gas bubble moving in central region of the short vortex chamber /Syomin D., Rogovyi A.// Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. Lublin-Lugansk. – 2012. – Vol. 12. – no. 4. – P. 279-284.
19. Zhou P. Reliability and economic evaluation of power system with renewables: A review / Zhou P., Jin R. Y., Fan L. W. //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 58. – P. 537-547.

Роговой А.С. Концепция создания вихрекамерных нагнетателей и принципы построения систем на их основе.

На основе теоретических и экспериментальных исследований расширен класс струйных машин, разработана концепция создания струйных вихрекамерных нагнетателей и научно обоснован рабочий процесс, основанный на новом для струйных нагнетателей принципе передачи энергии за счет использования гидродинамических эффектов вращающихся потоков. Разработаны принципы построения гидравлических и пневматических систем на основе струйных вихрекамерных нагнетателей для перекачивания гетерогенных сред, являющиеся алгоритмизированными и обеспечивают принятие решения о целесообразности использования нагнетателей на основе анализа потребности, возможности использования и технико-экономической целесообразности построения гидравлических и пневматических систем в неблагоприятных условиях эксплуатации и при перекачивании сред, состоящих из твердых частиц.

Ключевые слова: *вихрекамерные нагнетатели, построение систем, концепція, насос, целесообразность.*

Rogovyi A. Concept of Creation Vortex Chamber Superchargers and Principles of System Construction on their Basis.

Concept of creation vortex chamber superchargers and principles of system construction on their basis are produced. On the basis of theoretical and experimental researches the class of jet pumps is expanded, the concept of creation jet vortex chamber superchargers is developed and the working process based on a principle new to jet superchargers of energy transformation at the expense of use of hydrodynamic effects of vortex streams – vacuum near a rotation axis and pressurization on periphery of the vortex chamber is scientifically proved. Principles of hydraulic and pneumatic systems construction on the basis of jet vortex chamber superchargers for pumping the heterogeneous environments are developed, being algorithmize and provide decision-making on expediency of superchargers use on the basis of the requirement analysis, possibility of use and technical and economic reasonability of hydraulic and pneumatic systems construction in adverse service conditions and at pumping the environments consisting of solid particles.

Keywords: *vortex chamber superchargers, construction of systems, concept, pump, expediency, reasonability.*

Роговий А.С. – к.т.н., доц., доцент кафедри «Теоретична механіка та гідравліка», ХНАДУ, м. Харків, Україна,
e-mail: asrogovoy@ukr.net

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

Стаття подана 30.03.2017

УДК 656.073.7

СИСТЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ И ТРАССИРОВКИ ГРУЗОВ

Руденко Н.В., Пушинская Е.А., Бессмертная А.В.

SHIPMENT TRACKING AND TRACING SYSTEMS

Rudenko N., Pushynska O., Bezsmertna A.

В статье рассмотрено использование систем отслеживания и трассировки при разработке информационных потоков в логистической системе. Системы отслеживания и трассировки заменяют ручной труд, в свою очередь, это обеспечивает снижение рисков, связанных с человеческим фактором. Человеку отводится роль решения только форс-мажорных ситуаций. В статье для наглядности использования данных систем приведен пример. В компании не рационально организован информационный поток, следовательно, покупатель не получает нужной ему информации вовремя. Применение данных методов позволяет непрерывно получать сведения о состоянии груза. Также использование отслеживающего приложения подразумевает создание единого сервера с базой данных, что также является не менее важным фактором. Внедрение данных методов позволяет заказчику планировать производство, не смотря на проблемы с доставкой. Он видит состояние груза круглосуточно, соответственно знает через, сколько он прибудет.

Ключевые слова: *отслеживание, трассировка, GPS, штрих-код, мобильная сеть.*

Введение. На практике термины «отслеживание» и «трассировка» уже широко получили признание. «Отслеживание» касается непрерывного электронного контроля доставки. “Трассировка” означает хранение данных, полученных во время отслеживания. Позже эти данные могут быть использованы, чтобы реконструировать процесс доставки.

Системы отслеживания и трассировки обычно включают связанные сканируемые индикационные номера на пакетах и грузах, включающие данные о заказе, его месторасположении и информацию о времени. Эта информация подготавливается согласно потребительскому спросу: уведомления по факсу, по почте или веб-портал. Для соединения информационного и материального потоков используются сканирующее аппаратное обеспечение, идентификационные технологии, такие как штрих-кода и транспондеры, а также отслеживающие технологии, такие как GPS. Непрерывное соединение между главным офисом и мобильными устройствами данных в механизмах может быть реализовано через мобильную сеть. Бортовые компьютеры и встроенные модули для расчета стоимости пути могут быть использованы как мобильные устройства. Встроенные модули уже обладают функцией отслеживания GPS и функцией присвоения месторасположения через цифровую сеть и мобильную связь для отправки информации.

В рамках отслеживания и трассировки существует два метода организации процесса:

- поэтапный процесс: уведомления о состоянии отправляются после завершения определенного этапа процесса. Здесь технология штрих-кода является наиболее часто реализуемым методом. Данные могут передаваться через наземную линию связи или мобильную сеть в зависимости от расположения.

- непрерывный процесс: идентификация груза происходит в режиме реального времени вдоль транспортной цепочки. Здесь GPS используется для отслеживания и коммуникации, которая осуществляется через мобильную сеть.

Существует фундаментальное различие между активным и пассивным отслеживанием и трассировкой. Активное отслеживание и трассировка – также называемое активными отчетами – охватывает сравнение текущего состояния и целевого состояния, которое контролируется системой. Отклонение от запланированной процедуры вызывает автоматическое уведомление всех заинтересованных сторон; причинами отклонений могут быть задержки и повреждения. Пассивное отслеживание и трассировка – также известное как пассивное создание отчетов – позволяет сторонам проверять статус заказа с помощью веб-интерфейса домашней страницы.

Большинство поставщиков логистических услуг считают отслеживание грузов и трассировку стандартным сервисом. Если смотреть в будущее, для улучшения качества и стоимости оптимальное использование своевременной информации, получаемой постоянно, является важным фактором для конкурентоспособности в транспортной отрасли.

Чтобы гарантировать функциональность процесса на каждом этапе отслеживания и трассировки, важно установить состояние для каждого этапа процесса, достигнутого в цепочке. В процессе, транспортный заказ первоначально передается перевозчику, который собирает индивидуальные заказы в предварительную машину. Загруженные товары и модули (коробки, паллеты или контейнеры) маркируются индикационным кодом, который в свою очередь связан с информацией, содержащейся в сопроводительных документах, например, товарной накладной.

В типичной сети службы комплектации грузов могут быть идентифицированы следующие состояния:

Шаг 1: Погрузка товаров у отправителя (предварительная компоновка);

Шаг 2: Прибытие товаров к точке консолидации; отправка на дальние расстояния;

Шаг 3: Загрузка для транспортировки на дальние расстояния;

Шаг 4: Прибытие товара к точке деконсолидации; рассылка на короткие расстояния;

Шаг 5: Загрузка для отправки на короткие расстояния;

Шаг 6: Доставка товара получателю (на грузовых автомобилях).

Сканирование происходит после завершения каждого этапа процесса, сопровождается обновлением соответствующих данных о грузе, например, местоположения, времени, состояния, по мобильной сети в центральный сервер. Отсюда информация предоставляется покупателю.

При непрерывном отслеживании и трассировке полученные поставки сканируются с помощью штрих-кода так, что показывается статус на борту. Этот статус через мобильную сеть передается в центральную базу данных. Кроме того, GPS позволяет постоянно контролировать месторасположение машины и, таким образом, отслеживать путь транспорта с грузом до момента прибытия к получателю. Как видим, все партнеры состоят в цепочке, например, диспетчер, отправитель и получатель в состоянии контролировать все время процесс в течение всего транспортного пути.

Постановка проблемы.

Развитие транспортной отрасли вызывает увеличение конкуренции. Это в свою очередь приводит к необходимости внедрения новых технологий [1]. На примере логистической компании по грузоперевозкам «ДСВ Логистика» рассмотрим эффективность внедрения отслеживания и трассировки в информационное обеспечение.

Компания предлагает международные перевозки в групповых перевозках, мелкую отправку (LTL) и полную загрузку (FTL). В логистике компания предлагает контейнера / стеллажи / упаковку для транспортировки и складской сервис. 10 000 м^2 складкой площади компании с интегрированными стойками с высокими отсеками позволяют реализовать эту функцию.

Диспетчеры планируют, организуют и контролируют отдельные поставки. Традиционная компания отличается множеством ручных процедур. Соответственно, водители сообщают свои положения диспетчерам по телефону. Диспетчера должны соединить положение с их соответствующими заказами для обновления статуса для покупателя.

Во время планирования контракта, диспетчер выбирает соответствующее транспортное средство и принимает решение проводить отправку силами компании или через третье лицо. В случаях, когда выбирают третье лицо, диспетчер также несет ответственность за координацию отправки. Товаросопроводительные документы должны быть заполнены и впоследствии переданы водителям.

Другой важный момент – координация интермодальной перевозки и вмешательство, когда возникают трудности, например отклонение от запланированного процесса или изменения условий поставки.

Рассмотрим реальный день работы предприятия.

Антон Авдеев – диспетчер в «ДСВ Логистика» отделе оптовых поставок.

Понедельник около 8 утра….

Диспетчер Антон Авдеев собирается проверить электронную почту, когда его босс Александр Николаевич, приглашает Антона в свой офис. Александр Николаевич хочет знать, где находится груз для ELECTRONIX. Дмитрий Емельяненко из ELECTRONIX уже звонил, чтобы проверить, что доставка прибудет около полудня, потому что, если доставка задержится, производство оборудования будет остановлено, и ELECTRONIX должны будут заплатить штраф. Антон Авдеев проверяет свой почтовый ящик на наличие сообщения от ответственного перевозчика, но напрасно. После он пытается позвонить перевозчику, но быстро приходит к выводу, что в 8:25 никто не доступен. Таким образом, Авдеев вынужден отложить свои усилия и надеяться, что клиент будет терпеливым, пока желаемая информация не станет доступной.

Внезапно звонит телефон, и водитель Андрей Деревянко сообщает Антону Авдееву, что он уже в течение двух часов стоит в пробке. Авдеев понимает, что доставка оптовой партии для клиентов в Мюнхене опоздает. Авдеев пользуется этой возможностью, чтобы напомнить о накладной на обратную поездку. Из-за этого инцидента у него есть больше времени, чтобы наполнить машину для обратной доставки, которую Деревянко будет везти обратно из Мюнхена. Таким образом, он избегает возвращения пустого грузовика на базу. Однако Авдеев должен срочно сообщить клиентам в Мюнхене, что их доставка задержится. Чтобы сделать это, ему нужна информация об индивидуальных поставках.

Потом Александр Николаевич информирует Авдеева, что водитель Петр Рахманов сейчас стоит

на трассе через поломку двигателя. Кроме этого, Рахманов везет скоропортящуюся посылку, которая должна быть доставлена в Нюрнберг до обеда.

В довершение ко всему, Антону необходимо найти грузовик на замену, чтобы доставка в Нюрнберг не опоздала. Но сначала он должен добраться до перевозчика, чтобы получить статус посылки для ELECTRONIX.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах неоднократно говорилось о том, что внедрение новых технологий и уменьшение ручного труда является приоритетным [3, 4]. Однако практическое применение методов отслеживания и трассировки только сейчас приобретает массовое распространение.

Цель статьи. В работе сделана попытка внедрения технологий отслеживания и трассировки в информационную структуру логистической компании.

Результаты исследований. Как видим, данное распределение обязанностей на фирме перегружает место диспетчера. Это свидетельствует о том, что информационный поток сформулирован не верно (рис.1).

Проанализировав ситуацию, видим, что компания обладает такими проблемами:

- отсутствие информации о поставках;
- децентрализованный информационный поток о поставках;
- клиенты не могут контролировать свои товары.

Для эффективной работы компании необходимо централизовать информационный поток. Также мы внедрим отслеживание и трассировку (рис.2).

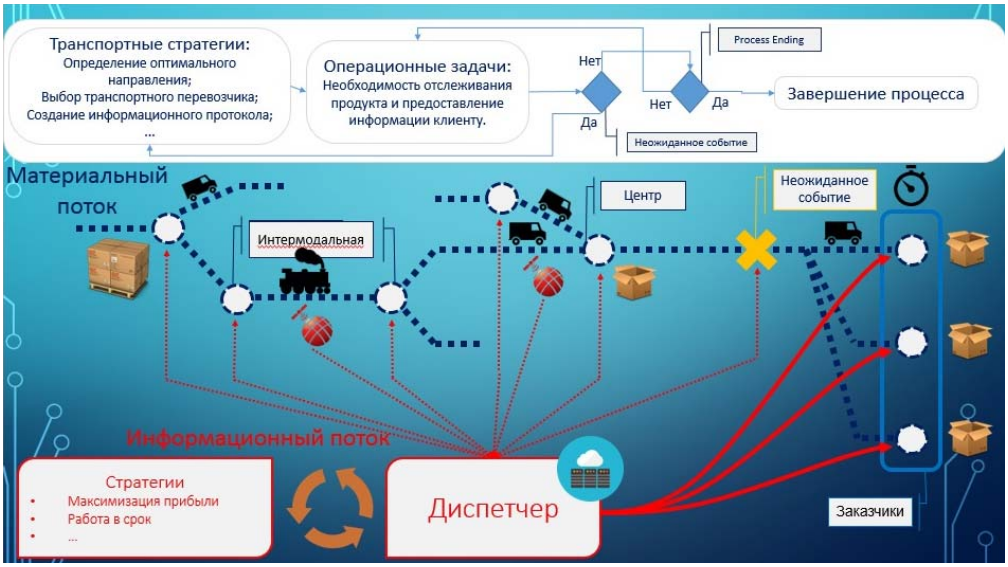


Рис.1. Схема моделируемой ситуации

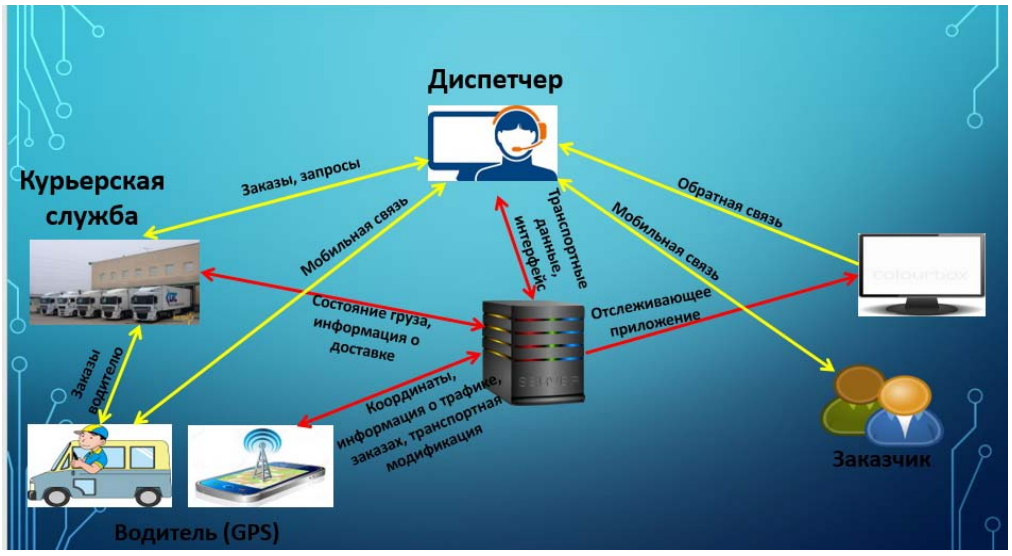


Рис.2. Новый информационный поток с отслеживанием и трассировкой

Данная схема позволит покупателям постоянно отслеживать их товар, вне зависимости от времени и место расположения, ведь было внедрено отслеживающее приложение. Также создав централизованную электронную базу данных, мы разгрузили рабочее место диспетчера. При этом сервер обладает функцией хранения данных. Это позволит анализировать появляющиеся проблемы и в дальнейшем не допускать.

Теперь информация от водителя поступает напрямую в центральный сервер, там обрабатывается и оттуда ее уже могут видеть как диспетчер, так и заказчик. Диспетчер проводит мониторинг данных для выявления непредвиденных ситуаций и незамедлительного их решения.

Отслеживание происходит круглосуточно и непрерывно с помощью системы GPS и бортовых компьютеров. В современном времени технология со штрих-кодом отходит в данной сфере на задний план. Ведь для заказчика отслеживание круглые сутки является более привлекательным предложением.

Вывод. Таким образом, предложенное нововведение в виде реорганизации информационного потока с использованием систем отслеживания и трассировки уменьшает количество ручного труда, соответственно снижает риски, связанные с человеческим фактором. Применение приложений для отслеживания товара привлекает покупателей и соответственно увеличивает конкурентоспособность компании.

Литература

1. Горев А.Э. Информационные технологии на транспорте. Электронная идентификация автотранспортных средств и транспортного оборудования / Горев А.Э. // Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – 2010. - С. 98.
2. Сергеев В. И. Логистические системы мониторинга цепей поставок: учеб. пособие / В. И. Сергеев, И. В. Сергеев// М.: ИНФРА-М. - 2003. – С. 172 .
3. Горев А. Э. Информационные технологии и средства связи на автомобильном транспорте: учеб. пособие / А. Э. Горев// СПбГАСУ. – СПб. - 1999. – С 162 .
4. Road Transport Informatics Terminology. Nordic Road Association, Technical Committee. – № 53. Oslo, 2002. – 55 p.
5. James H. Bookbinder. Handbook of Global Logistics / James H. Bookbinder// Springer Science+Business Media New York. – 2013 – P. 554.
6. Susanne Koch. Logistik / Susanne Koch// Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2012. – P. 364.
7. Willibald A. Günthner. Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie / Willibald A. Günthner, Julia Boppert// Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2013. – P. 338.
8. Philipp Dickmann. Schlanker Materialfluss/ Philipp Dickmann // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2009. – P. 522.
9. Timm Gudehus. Comprehensive Logistics/ Timm Gudehus, Herbert Kotzab// Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2009. – P. 893/
10. Flavio S. Fogliatto. Mass Customization. Engineering and Managing Global Operations / Flavio S. Fogliatto, Giovani J.C. da Silveira// Springer-Verlag London Limited. – 2011. – P. 385.

References

1. Gorev A.E. Informatsionaja tehnologija ns transporte. Electronaja identifikatsija avtotransportnyh sredstv I transportnogo oborudovanija/ Gorev A.E. // Sank-Peterburgskij gosudarstvenyj arhitekturno-stroitelnyj universitet. . – 2010. - S. 98.
2. Sergeev V.I. Logisticheskie sistemy monitoring tsepej postavok/ Sergeev V.I.//. – M: INFRA-M. . - 2003. – S. 172 .
3. Gorev A.E. Informatsionye tehnologii i sredstva sv'azi na avtomobil'nom transporte / Gorev A.E. // Visnik Shidnoukraïns'kogo nac. un-tu im. V. Dalja. . - 1999. – C 162
4. Road Transport Informatics Terminology. Nordic Road Association, Technical Committee. – № 53. Oslo, 2002. – 55 p.
5. James H. Bookbinder. Handbook of Global Logistics / James H. Bookbinder// Springer Science+Business Media New York. – 2013 – P. 554.
6. Susanne Koch. Logistik / Susanne Koch// Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2012. – P. 364.
7. Willibald A. Günthner. Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie / Willibald A. Günthner, Julia Boppert// Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2013. – P. 338.
8. Philipp Dickmann. Schlanker Materialfluss/ Philipp Dickmann // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2009. – P. 522.
9. Timm Gudehus. Comprehensive Logistics/ Timm Gudehus, Herbert Kotzab// Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2009. – P. 893/
10. Flavio S. Fogliatto. Mass Customization. Engineering and Managing Global Operations / Flavio S. Fogliatto, Giovani J.C. da Silveira// Springer-Verlag London Limited. – 2011. – P. 385.

Руденко Н.В., Пушинська О.О., Безсмертна А.В. Системи відстеження та трасування вантажів.

У статті розглянуто використання систем відстеження та трасування при розробці інформаційних потоків в логістичній системі. Системи відстеження та трасування замінюють ручну працю, в свою чергу, це забезпечує зниження ризиків пов'язаних з людським фактором. Людині відводиться роль рішення тільки форс-мажорних ситуацій. У статті для наочності використання даних систем наведено приклад. У компанії не раціонально організований інформаційний потік,тому покупець не отримує потрібної йому інформації вчасно. Застосування даних методів дозволяє безперервно отримувати відомості про стан вантажу. Також застосування відслідковую чого додатку має на увазі створення єдиного сервера з базою даних, що також є дуже важливим фактором. Впровадження даних методів дозволяє замовнику планувати виробництво, не дивлячись на проблеми з доставкою. Він бачить стан вантажу цілодобово, відповідно знає через, скільки він прибуде.

Ключові слова: *відстеження, трасування, GPS, мобільна мережа, штрих-код.*

Rudenko N., Pushynska O., Bezsmertna A. Shipment tracking and tracing systems.

In the report it is considered the using shipment tracking and tracing systems in case of development of information flows in logistic system. Shipment tracking and tracing systems replace a manual work. It provides decrease in the risks connected with a human factor. The person shall solve only unforeseen situations now. In article the example is given for descriptive reasons of use of these systems. The information flow isn't rationally organized In the company therefore the buyer doesn't obtain information necessary to it in time. Application of these methods allows receiving data on a freight condition continuously. Also use of the tracking application implies creation of the single server with the database that is also at least important factor. Implementation of these methods allows the customer to plan production, despite problems with delivery. He sees a freight condition round the clock, respectively knows when it arrives.

Keywords: *tracking, tracing, GPS, mobile network, barcode.*

Руденко Н.В. – к.т.н., доцент кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем, НАУ «ХАІ», e-mail: rudenkonvua@gmail.com

Пушинська О.О. – студентка кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем, НАУ «ХАІ», e-mail: ms4506lena@mail.ru

Безсмертна А.В. – студентка кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем, НАУ «ХАІ», e-mail: nastuxa.1996@mail.ru

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

Стаття подана 31.03.2017

УДК 629.4.018

ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Сапронова С.Ю., Буліч Д.І., Ткаченко В.П.

CONTINUED SERVICE LIFE OF FREIGHT WAGONS

Sapronova S., Bulich D., Tkachenko V.

У статті виконано аналіз парку вантажних вагонів, які вичерпали свій первинний ресурс на території України та країн СНД. Показані несправності вантажних вагонів, принцип проведення та методи технічного діагностування з використанням оцінки технічного стану вантажних вагонів. Розроблена схема технічного діагностування вантажних вагонів. Зроблено висновок про можливість продовження терміну експлуатації вантажних вагонів лише через виконання якісного технічного діагностування.

Ключові слова: *вантажний вагон, технічне діагностування, якість, метод, продовження терміну служби, технічний стан.*

Постановка проблеми. Загальний парк вантажних вагонів ПАТ «Укрзалізниця» станом на кінець 2016 рік налічує більше 105 тисячі вагонів, з яких робочий парк складає близько 64%, неробочий - 36%. Структурна вантажного парку вагонів по типах в процентах наведена на рис.1.

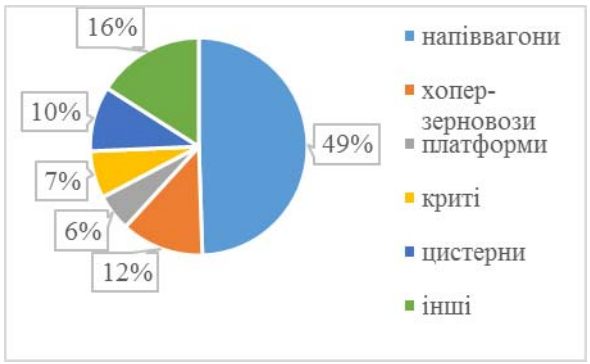


Рис. 1. Структура вантажного парку по типах вагонів

За даними ПАТ «Укрзалізниці» знос вантажного парку складає в середньому 91,6% (рис.2).

Враховуючи рівень зносу вантажного рухомого парку, для його оновлення потрібні великі капіталовкладення та час. Тому для забезпечення вантажних перевезень з оптимальним використанням існуючих вагонів проводяться заходи з продовження терміну експлуатації вантажних вагонів, які дозволять збільшити термін експлуатації вагонів та значно скоротити бюджетні витрати.

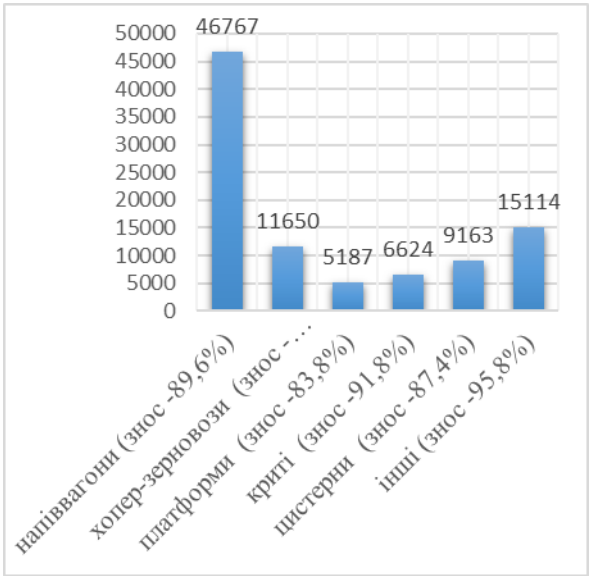


Рис. 2. Структурна діаграма зносу вантажного парку по типах вагонів

Забезпечення вантажних перевезень рухомим складом, який відповідає сучасним вимогам перевезення вантажів, в умовах недостатньої кількості нових вантажних вагонів на залізницях України потребує розробки системи ремонту, яка б максимально забезпечувала підтримання рухомого складу у працездатному стані.

Важливим у цьому питанні є розробка цілої низки заходів, пов'язаних з ремонтом, подовженням терміну служби та виключенням з інвентарного парку вагонів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комплексні роботи з продовження терміну служби передбачені методикою технічного діагностування вантажних та рефрижераторних вагонів [6]. Питання,

що виникають підчас технічного діагностування вантажних вагонів розглядалися в роботах [1, 2, 3, 4]. В роботі [1] викладена методика виявлення типових несправностей і величин корозійного зносу. Методика розрахунків напруженого стану та експериментальних випробувань по визначенню рівня напружень, які створюються в умовах експлуатації в несучих конструкціях розглянуто в роботах [2, 3]. А робота [4] містить оцінку стану робіт і перспективи щодо продовження терміну служби рухомого складу.

Мета статті. Показати актуальність продовження терміну експлуатації вантажних вагонів з використанням технічного діагностування.

Основний зміст. Вивчивши динаміку зносу рухомого складу вантажного парку України можна стверджувати що більшість вагонів експлуатуються на граничному терміні експлуатації. Роботи по продовженню терміну експлуатації проводяться відповідно до «Положения о продлении срока службы грузовых вагонов, курсирующих в международном сообщении» [5].

Як засвідчує практика, всього лише чверть усіх вантажних вагонів, які підлягають вилученню з парку, у зв'язку із закінченням нормативного строку служби, списуються. Всі інші, за висновком спеціальної ліцензованої організації, проходять той чи інший вид капітального ремонту й повертаються до роботи. Сьогодні 30 тис. вантажних вагонів інвентарного парку Укрзалізниці мають подовжений термін служби. З майже 60 тис. піввагонів — біля 40 % працюють понад нормативний термін [9].

Для вирішення питання про можливість подальшої експлуатації вагонів з вичерпаним терміном служби проводиться їх технічне діагностування [6]. За результатами діагностування встановлюється технічний стан кожного обстеженого вагона. Це дає можливість обґрунтувати продовження терміну його експлуатації і, таким чином, запобігти різкому скороченню вантажного парку, забезпечивши при цьому достатній рівень надійності. На рис.3. зображена схема технічного діагностування вантажних вагонів, яка включає в себе методи продовження їх терміну експлуатації.

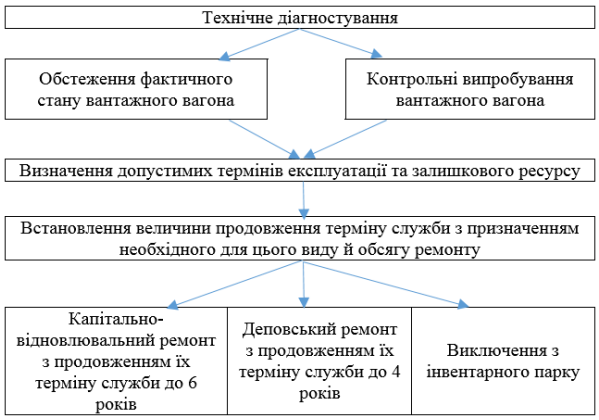


Рис. 3. Схема технічного діагностування вантажних вагонів

Система технічного діагностування являє собою сукупність об'єктів, методів і засобів, а також виконавців, що дозволяють здійснити діагностування за правилами, встановленими відповідно нормативно-технічної документації. Ця система призначається для вирішення наступних завдань:

- оцінка технічного стану в даний момент часу, при цьому визначається якість виготовлення або ремонту вантажного рухомого складу;
- технічний стан, в якому опиниться рухома одиниця через деякий період експлуатації;
- встановлення технічного стану в минулому (наприклад, перед аварією, катастрофою, іншими надзвичайними подіями).

Для обстеження фактичного стану вантажних вагонів використовуються методи неруйнівного контролю:

1. Візуально-оптичний метод (виявляються деформації, злами, зноси, вигини, прогини, корозійні пошкодження, обриви, ослаблення кріплення вузлів і деталей, пробоїни, тріщини елементів рами і кузова вагона);
2. Ультразвуковий метод (вимірюються товщини несучих елементів кузова і рами вагона);
3. Магніто-порошковий або капілярний метод неруйнівного контролю використовується у разі неможливості виявлення тріщин елементів вагона за допомогою візуально-оптичного методу [10, 11].

При обстеженні фактичного технічного стану вантажних вагонів підлягають виявленню такі передбачувані несправності вантажних вагонів: деформації, злами, зноси, вигини, прогини, корозія, обриви, ослаблення кріплення вузлів і деталей, пробоїни, тріщини (рис. 4, 5). Для виявлення відхилень розмірів і допусків проводиться вимірювання за допомогою засобів вимірювальної техніки.

Рис. 4. Несправність вантажних вагонів у вигляді тріщини хребтової балки вагона

До контрольних випробувань вантажних вагонів відносяться: статичні випробування, вібраційно-ударні випробування.

В процесі статичних випробувань на міцність вимірюються напруження (деформації) у досліджуваних перерізах і точках елементів вагона від дії вертикального навантаження.

Рис. 5. Несправності вантажних вагонів у вигляді над нормативної корозії

При проведенні ресурсних випробувань на співудар вимірюються наступні показники:

- швидкість набігання вагона-бойка;
- сила удару в автозчеп;
- кількість циклів до відмови;
- динамічні напруження в елементах вагона, які досліджуються.

Крім напружень також вимірюються характерні макродеформації відповідальних вузлів (прогини хребтових балок, випучування бортів, панелей листової обшивки).

Точність визначених показників повинна відповідати вимогам РД 24.050.37-90 «Вагони вантажні і пасажирські. Методи випробувань на міцність і ходові якості» [7], РД 24.050.37-95 «Вагони вантажні та пасажирські. Методи випробувань на міцність і ходові якості» [8].

Визначення допустимих термінів експлуатації вагонів, які вичерпали первинний ресурс і пройшли відновлювальний ремонт, проводиться з урахуванням фактичної наробки вагона в реальних умовах його експлуатації та ефективності ремонту з продовженням терміну експлуатації. Існує два методи визначення залишкового ресурсу:

1. Фундаментальний метод, який включає у себе етапи:

- визначення завантаженості вагона (або його досліджуваної частини) за результатами ходових динамічних випробувань, що імітують всі експлуатаційні режими; подальший розрахунок еквівалентних напружень;
- стендові вібраційні випробування натурних зразків під дією еквівалентних напружень, розрахованих раніше, до ознак втрати втомної міцності.

2. Спрощений метод, який ґрунтується на багаторазових поздовжніх ударах в вагон з перерахунком прикладеного сумарного напрацювання в показники залишкового ресурсу.

Загальна ідея оцінки залишкового ресурсу вантажних вагонів, які вичерпали призначений строк служби, є цілеспрямоване управління цим ресурсом з метою продовження терміну їх експлуатації після відповідних ремонтно-відновлювальних робіт.

Висновок. Забезпечення вантажних перевезень рухомим складом ПАТ «Укрзалізниці», яке буде відповідати сучасним вимогам перевезення вантажів, в умовах недостатньої кількості нових вантажних вагонів, можливе лише після проведення якісного технічного діагностування вантажних вагонів, що дозволить скоротити витрати бюджету, та збільшити термін експлуатації вагонів, при цьому не зменшивши їх показників надійності.

Література

1. Аналіз виникнення несправностей та зносу елементів шкворневої балки піввагону / В. Г. Анофрієв, О. А. Донєв, А. С. Мацюк, С. М. Оберняк // Вісн. Дніпропетр. нац. унтузалізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 41. – С. 7–10.
2. Бондарєв, О. М. Методика та дослідження з продовження терміну служби несучих конструкцій тягового рухомого складу для промислового транспорту / О. М. Бондарєв, В. Л. Горобець, С. В. Мямлін // Наука та прогрес транспорту. – 2014. – № 2 (50). – С. 130–151. doi: 10.15802/stp2014/23790.
3. Горобець, В. Л. Аналіз експлуатаційної наробки несучих конструкцій рухомого складу в задачах продовження терміну його експлуатації / В. Л. Горобець, О. М. Бондарєв, В. М. Скобленко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 35. – С. 10–16.
4. Третьяков, А. В. Продление сроков службы подвижного состава (история, текущее состояние, проблемы и перспективы) / А. В. Третьяков // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : сб. науч. ст. / Петербург. гос. ун-т путей сообщ. – Санкт-Петербург, 2011. – Вып. 6. – С. 41–44.
5. Положение о продлении срока службы грузовых вагонов, курсирующих в международном сообщении. Утверждено Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества от 13-14 мая 2010 года.
6. Единые методические указания по техническому диагностированию грузовых и рефрижераторных вагонов государств - участников Соглашений о совместном использовании грузовых и рефрижераторных вагонов в международном сообщении. 16 января 2003 г., г. Москва.
7. РД 24.050.37-90. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. – М., 1991.
8. РД 24.050.37-95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. - М., 1996.
9. Бельченко Т. Відтермінований дефіцит. - Всеукраїнська транспортна газета «Магістраль», 2016. - №17(2107) від 12-18 березня: http://ru.magistral-uz.com.ua/articles/vidterminovanij-deficit.html.

10. Криворудченко В.Ф. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта / В.Ф. Криворудченко, А.А. Ахмеджанов. – М.: Маршрут, 2005. – 436с.
11. Соколов М.М. Диагностирование вагонов / М.М. Соколов. – М.: Транспорт, 1990. – 196с.

R e f e r e n c e s

1. Analiz vynyknennya nespravnostey ta znosu elementiv shkvornevoyi balky pivvahonu / V. H. Anofriyev, O. A. Donyev, A. S. Matsyuk, S. M. Obernyak // Visn. Dnipropetr. nats. un-tuzalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. – Dnipropetrovs′k, 2012. – Vyp. 41. – S. 7–10.
2. Bondaryev, O. M. Metodyka ta doslidzhennya z prodovzhennya terminu sluzhby nesuchykh konstruktsiy tyahovoho rukhomoho skladu dlya promyslovoho transportu / O. M. Bondaryev, V. L. Horobets, S. V. Myamlin // Nauka ta prohres transportu. – 2014. – № 2 (50). – S. 130–151. doi: 10.15802/stp2014/23790.
3. Horobets, V. L. Analiz ekspluatatsiynoyi narobky nesuchykh konstruktsiy rukhomoho skladu v zadachakh prodovzhennya terminu yoho ekspluatatsiyi / V. L. Horobets, O. M. Bondaryev, V. M. Skoblenko // Visn. Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. – Dnipropetrovsk, 2010. – Vyp. 35. – C. 10–16.
4. Tret'yakov, A. V. Prodleniye srokov sluzhby podvizhnogo sostava (istoriya, tekushcheye sostoyaniye, problemy i perspektivy) / A. V. Tret'yakov // Podvizhnoy sostav XXI veka: idei, trebovaniya, proyekty : sb. nauch. st. / Peterburg. gos. un-t putey soobshch. – Sankt-Peterburg, 2011. – Vyp. 6. – S. 41–44.
5. Polozheniye o prodlenii sroka sluzhby gruzovykh vagonov, kursiruyushchikh v mezhdunarodnom soobshchenii. Utverzhdeno Sovetom po zheleznodorozhnomu transportu gosudarstv-uchastnikov Sodruzhestva ot 13-14 maya 2010 goda.
6. Yedinyye metodicheskiye ukazaniya po tekhnicheskomu diagnostirovaniyu gruzovykh i refrizheratornykh vagonov gosudarstv - uchastnikov Soglasheniy o sovmestnom ispol'zovanii gruzovykh i refrizheratornykh vagonov v mezhdunarodnom soobshchenii. 16 yanvarya 2003 g., Moskva.
7. RD 24.050.37-90. Vagony gruzovyye i passazhirskiye. Metody ispytaniy na prochnost' i khodovyye kachestva. – M., 1991.
8. RD 24.050.37-95. Vagony gruzovyye i passazhirskiye. Metody ispytaniy na prochnost' i khodovyye kachestva. - M., 1996.
9. Bel'chenko T. Vídtermínovaniy defítsit. -Vseukraĭns'ka transportna gazeta «Magístral'», 2016. - №17(2107) víd 12-18 bereznya: http://ru.magistral-uz.com.ua/articles/vidterminovanij-deficit.html.
10. Krivorudchenko V.F. Sovremennyye metody tekhnicheskoy diagnostiki i nerazrushayushchego kontrolya detaley i uzlov podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta / V.F. Krivorudchenko, A.A. Akhmedzhanov. – M.: Marshrut, 2005. – 436s.
11. Sokolov M.M. Diagnostirovaniye vagonov / M.M. Sokolov. – M.: Transport, 1990. – 196s.

Сапронова С.Ю., Булич Д.И. Ткаченко В.П. Продление срока эксплуатации грузовых вагонов.

В статье выполнен анализ парка грузовых вагонов, которые исчерпали свой первоначальный ресурс на территории Украины и стран СНГ. Показаны неисправности грузовых вагонов, принцип проведения и методы технического диагностирования с использованием оценки технического состояния грузовых вагонов. Разработана схема технического диагностирования грузовых вагонов. Сделан вывод о возможности продления срока эксплуатации грузовых вагонов только при выполнении качественного технического диагностирования.

Ключевые слова: *грузовой вагон, техническое диагностирование, качество, метод, продление срока службы, техническое состояние.*

Sapronova S., Bulich D., Tkachenko V. Continued service life of freight wagons.

The article considers the actuality of the service life of freight vagons, that have exhausted their initial resource on the territory of Ukraine and CIS countries.

When examining the technical condition of freight wagons using nondestructive testing, such alleged malfunctions are to be identified: deformations, breaks, bends, deflections, corrosion, breakages, loosening of the assemblies and parts, holes, cracks.

Malfunctions of freight cars, the principle of carrying out and methods of technical diagnosing with the use of an assessment of the technical condition of freight wagons are shown. A scheme for the technical diagnosis of freight cars has been developed. It was concluded that it is possible to extend the life of freight cars only when performing qualitative technical diagnoses.

Keywords: *Freight wagon, technical diagnosis, quality, method, extension of service life, technical condition.*

Сапронова С.Ю. – д.т.н., проф. кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДЕТУТ, м. Київ.
Буліч Д.І. – аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДЕТУТ, м. Київ.
Ткаченко В.П. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць» ДЕТУТ, м. Київ.

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

Стаття подана 1.04.2017

УДК 625.032.07

РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ КОЛІС ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П., Зуб Є.П.

RESOURCE SAVING AT RESTORING OF RAILWAY ROLLING STOCK WHEELS

Sapronova S., Tkachenko V., Zub E.

В статті розглянуто основні методи збільшення ресурсу коліс, відновлення поверхонь кочення та обладнання, яке використовується для цього. Впроваджені ремонтний локомотивний і мотор-вагонний профілі ЗАТ «МІНЕТЕК» та їх нормативні геометричні параметри не покращили ситуацію із ресурсозбереження, а навпаки збільшили технологічний знос коліс. В статті автори розглядають можливість збільшення ресурсу колісних пар локомотивів та вагонів завдяки використання методу неповної обточки.

***Ключові слова**: ресурс, колесо рухомого складу, метод відновлення коліс, знос, профіль ремонтний і стандартний, неповна обточка.*

Постановка проблеми. Підвищення зносу гребенів коліс рухомого складу залізниць негативно впливає на їх нормативні експлуатаційні геометричні параметри [1]. Із зменшенням їх до мінімальних нормативних, колісні пари вилучаються з експлуатації для повного відновлення поверхонь кочення коліс з виконанням обточок за ремонтними профілями, що приводить до зменшення їх ресурсу.

Чисельні удосконалення конструкції екіпажів та впровадження нових методів зменшення зносу гребенів коліс рухомого складу залізниць не вирішили цієї проблеми. Головною задачею практично всіх відомих досліджень зношування гребенів коліс було збільшення міжремонтних пробігів колісних пар, а також сумарних пробігів колісних пар за життєвий цикл коліс локомотивів та вагонів за рахунок зменшення інтенсивності зношування. Технологічний знос під час відновлення коліс, при цьому, як правило, не враховувався. А цей вид зносу має значний вплив на зменшення ресурсу коліс колісних пар [15].

Аналіз досліджень і публікацій. Одним із напрямків досліджень зменшення зносу коліс рухомого складу залізниць і збільшення їх ресурсу є зміцнення поверхонь кочення. Технологія плазмового поверхневого зміцнення колісних пар, дозволяє підвищити контактно-втомлену міцність металу і, як наслідок, збільшує строк служби і надійність колісних пар рухомого складу.

Відомо достатню кількість робіт, присвячених загартуванню металевих виробів, у тому числі і локомотивних і вагонних коліс [2, 3, 12]. Плазмове зміцнення приводить до зменшення інтенсивності зношування поверхні кочення колеса локомотиву і поліпшення властивостей міцності гребенів коліс із загартованим шаром.

З 1996 р. у депо Львів-Захід (Львівська залізниця) вперше в Україні було впроваджено плазмове зміцнення поверхонь кочення бандажів. На сьогодні таких депо в Україні − вісім (табл. 1) [5].

Таблиця 1

Впровадження плазмового зміцнення бандажів по депо Укрзалізниці

Залізниця	Депо	Технол. робіт	Рік вводу в експл	Продуктивність (1.07.2008), кол.пар/рік
Донецька	Красний Лиман	без викоч.	1999	850
Придніпровська	НД-Вузол	з викоч.	1999	375
Південна	Основа	без викоч.	1997	375
		з викоч.		130
Південно-Західна	Козятин	без викоч.	1998	550
Одеська	Знам'янка	без викоч.	1997	400
	Котовськ	без викоч.	2000	150
Львівська	Львів-Захід	без викоч.	1999	920
	Мукачеве	без викоч.	2000	900
По всіх залізницях				4850

В роботі [6] описано процес поверхневого зміцнення, який включає в себе: інтенсивне нагрівання поверхні за допомогою плазмового генератора; проникнення ізотерми аустенітного перетворення в глибину металу; остигання шару металу за рахунок відводу тепла в масу із забезпеченням необхідної швидкості загартування, у результаті чо-

го в поверхневому шарі формуються відповідні структури.

Практична реалізація технології плазмового зміцнення гребенів локомотивних і вагонних коліс здійснюється за допомогою плазмового генератора з винесеною електричною дугою, керованою магнітними полями. В результаті загартування знос гребенів бандажів локомотивних коліс зменшується майже в 2 рази [6].

Ще в 70-ті рики минулого сторіччя в СРСР з'явились перші спроби часткового оновлення поверхонь кочення бандажу. А саме, працівниками лабораторії ремонту служби локомотивного господарства Східно-Сибірської залізниці запропоновано не усувати повністю прокат, а зменшувати його до 1 – 1,5 мм, тобто частину поверхні кочення зберігати зношеною, але вже припрацьованою. Ці заходи привели до збільшення пробігу коліс між обточками на 40–45% [7].

Мета статті. Надати характеристику методам відновлення коліс рухомого складу залізниць. Визначити їх переваги та недоліки. Визначити перспективні методи, які надають депо та ремонтним заводам збільшувати ресурс коліс.

Викладення основного матеріалу. За останні 20 років на залізницях України з метою ресурсозбереження впроваджено деякі технологічні, конструктивні, метрологічні зміни.

1. Прийнято до експлуатації нові ремонтні профілі поверхонь кочення.

2. Змінено систему показників зносу поверхонь кочення, технологію їх вимірювання і контролю.

3. Змінено систему нормативно-допускових параметрів зносу коліс рухомого складу.

4. Впроваджено нові технології відновлення профілів поверхонь кочення.

5. Змінено характеристики рейок і рейкової колії.

Але інтенсивність зносу гребенів бандажів, не зважаючи на зміни, зростає, а експлуатаційні строки служби коліс катастрофічно знижаються.

Укрзалізниця на рухомому складі використовує стандартні (виробничі) профілі, які формуються на нових колісних парах локомотивів та вагонів, і ремонтні профілі, які утворюються при відновленні профілю при першій і наступних обточках. Найбільш поширеними з ремонтних профілів є локомотивний і мотор-вагонний профілі ЗАТ «МІНЕТЕК». На рис. 1 показано схеми варіантів відновлення профілів: а) – стандартного профілю ДСТУ 128:2005 на профіль «МІНЕТЕК» і профіль ДСТУ 128:2005 і б) – профілю «МІНЕТЕК» на профіль «МІНЕТЕК».

Перехід зі стандартного профілю на ремонтний більш привабливий через те, що при такому варіанті відновлення має місце менша втрата товщини бандажа (табл. 2).

За даними експлуатації інтенсивність підрізу гребенів як у період припрацювання, так і середня між обточками у ремонтних профілів нижча ніж у стандартного профілю. Це можна пояснити тим, що геометрія ремонтних профілів ближча до природно-зношених, прироблених.

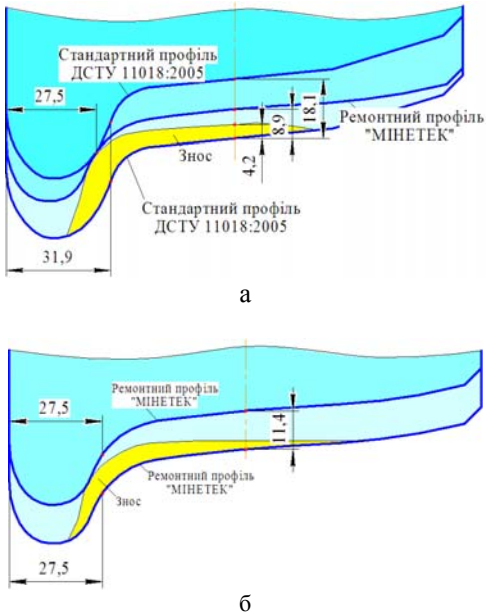


Рис. 1. Схеми відновлення профілів коліс:
а – профіль ДСТУ 128:2005 – «МІНЕТЕК» – ДСТУ 128:2005; б – профіль «МІНЕТЕК» – профіль «МІНЕТЕК»

Таблиця 2

Втрата товщини гребеня за одну обточку при різних варіантах відновлення профілів, і прогнозована кількість обточок за життєвий цикл

Первинний профіль	Відновлюваний профіль	
	ДСТУ 128:2005	ЗАТ «МІНЕТЕК»
ДСТУ 128:2005	18,1/2	8,9/4
ЗАТ «МІНЕТЕК»	18,2/2	11,4/3

Існує велика кількість способів відновлення коліс локомотивів, в якій виділимо три основних види: механічне відновлення бандажів коліс одно - і багатолезовим інструментом за копіром, або програмою; відновлення профільним інструментом; комбіноване відновлення. Повна характеристика цих способів відображена в табл. 3.

Ще з 60-х років минулого сторіччя для відновлення профілів коліс рухомого складу використовувалась фасонна фреза [8], в якій були встановлені рядками циліндричні різальні пластини, розташовані у відповідності з профільною лінією фрези, адекватною профілю колеса. Ножі цієї фрези закріплювались в корпусі за допомогою клинів і заживних гвинтів. Твердосплавні пластини у процесі їх зношування повертали навколо своїх вісів, чим досягалося повне використання кругової різальної кромки (кожна пластинка без переточки працювала в 20 позиціях).

На базі вищезазначеної фрези ЗАТ «МІНЕТЕК» була розроблена нова фасонна фреза для відновлення профілю колеса рухомого складу залізничного

транспорту [9], яка використовується в більшості локомотивних депо Укрзалізниці з 2000 року. На рис. 2 показано загальний вигляд фрези ЗАТ «МІНЕТЕК».

Таблиця 3

Характеристика способів відновлення профілів коліс локомотивів

Механічне відновлення бандажів коліс одно багатолезовим інструментом за копіром, або програмою	Відновлення профільним інструментом	Комбіноване відновлення
- точіння за копіром, або програмою одним або декількома різаками, встановленими з послідовним зміщенням вздовж вісі колеса, або по різних сторонах колеса; - точіння за копіром, або програмою одною або декількома обертальними головками різака, які встановлено послідовним зміщенням вздовж вісі колеса, або по різних сторонах колеса; - точіння за копіром, або програмою одною або декількома дисковими фрезами, які встановлено послідовним зміщенням вздовж вісі колеса, або по різних сторонах колеса; - точіння за копіром, або програмою одною або декількома торцевими фрезами, які встановлено послідовним зміщенням вздовж вісі колеса, або по різних сторонах колеса.	- точіння одним, або декількома широкими різаками з подачею в радіальному або тангенціальному напрямку; - точіння спіральною протяжкою зовнішнього або внутрішнього торкання; - фрезування одною, або декількома фасонними фрезами зовнішнього або внутрішнього торкання; - врізне профільне високошвидкісне шліфування фасонним кругом зовнішнього або внутрішнього торкання; -фрезування комплектом фрез, встановлених із зміщенням вздовж осі колеса; - відновлення поверхні кочення обкатним інструментом.	- відновлення з попередньою термообробкою шляхом індукційного нагріву струмами високої частоти поверхні обода; - відновлення з термообробкою для відновлення фізико-механічних властивостей матеріалу поверхні обода колеса; - відновлення з попереднім наплавленням і наступною термообробкою наплавленого шару на ободі колеса; - відновлення з одночасним плазмовим нагріванням шару, який зрізається.

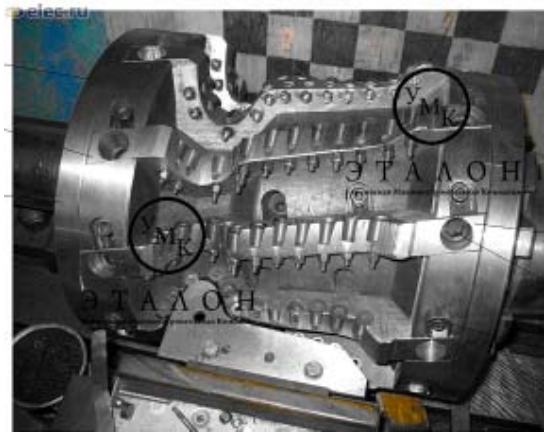


Рис. 2 Загальний вигляд фрези

Фрези працюють в комплекті з двох штук – правої і лівої, які одночасно обробляють обидва колеса колісної пари. Колісно-фрезерні верстати КЖ-20 найпоширеніші в локомотивних депо України. Колісна пара встановлюється на колісно-фрезерний верстат моделі КЖ-20 або КЖ-20М (рис. 3). Обробку ведуть із постійною швидкістю різання 60 – 80 об/хв.

При обточуванні бандажів забезпечується одержання точного профілю і рівності діаметрів коліс по поверхні кочення бандажа відповідно до сучасних вимог відновлення фасонного профілю коліс під локомотивом.

В результаті обточки бандажів знімається значний шар металу, що є основною причиною скорочення ресурсу бандажів в експлуатації. Фасонна фреза, яка використовується на цих верстатах має значну вартість. В процесі її експлуатації ножі дуже часто доводиться міняти. Не всі депо можуть дозволити собі часту заміну деталей фрези і тому часто верстати КЖ-20М знаходяться в неробочому стані.

Рис. 3. Загальний вигляд колісно-фрезерного верстата КЖ-20М

Для відновлення профілю бандажів використовуються колесо-токарні верстати двох типів: напільні – з викочуванням колісних пар з-під локомотива і підпільні – без викочування колісних пар з-під локомотива. З огляду на ефективність ремонтних підприємств і залізничних депо перевагу слід віддати підпільним верстатам. Колесо-токарні верстати використовуються, як для обточування поверхні кочення коліс під час планових ремонтів (для підтримки нормованого профілю колеса протягом всього терміну служби), так і для усунення повзунів і інших поточних дефектів. Типова тривалість обточки однієї колісної пари складає близько 20 хвилин.

З'явилися колесо-токарні верстати нового покоління з числовим програмним управлінням, які дають можливість вибирати потрібний профіль колеса. На токарних верстатах з ЧПУ можна також в автоматичному режимі вимірювати геометричні параметри зношених коліс і розраховувати оптимальну товщину шару металу, що знімається, для отримання нормативного профілю колеса. На верстаті моделі РТ90801 (виробник – Рязанський верстатобудівний завод – Росія), призначеному для обточування колісних пар без їх викочування з-під локомотива, обточка бандажів може проводитися із застосуванням механічного копіювального пристрою або з ручним переміщенням супортів.

Підпідлоговий (підрейковий) колісно-токарний верстат А-41 (Trading House, London) призначений для обточки колісних пар без викочування в умовах локомотивного депо. Верстат для обточки колісних пар складається з правого та лівого супортів, встановлених на станині зварної конструкції; правого та лівого редукторів для механічної повздовжньої подачі супортів; правого та лівого вузлів переходу від редуктора до супорту; піднімального пристрою [200].

Колісно-токарний верстат UBE-150-N (RAFAMET S.A., Poland) (рис. 4) – двох-супортний

спеціальний верстат для обточки профілів коліс. Колісно-токарні верстати даної компанії успішно використовуються у вагонних депо України.

Рис. 4. Колісно-токарний верстат UBE-150-N

Колісну пару вкочують на верстат і викочують після обточки по рейках. Основним елементом верстата є два супорти, які за допомогою програми ЧПУ вимірюють і проточують одночасно обидва колеса колісної пари в автоматичному режимі обробки. Кожен супорт оснащений різцетримачем, в якому закріплений різець для обточки профілю, а також вимірювальні голівки, що забезпечують автоматичний вимір профілю коліс до і після обточки [200].

Всі способи механічної оброки поверхонь кочення приводять до зменшення ресурсу коліс рухомого складу залізниць. Тому паралельно використовуються методи немеханічної обробки, які більшою мірою використовуються для гребеневої зони.

Технологію відновлення профілів поверхонь кочення коліс шляхом наплавлення гребенів вперше було впроваджено на технологічному транспорті ВАТ «Северсталь». Сьогодні ця технологія досить розповсюджена. Наплавлення зношених гребенів дозволяє приблизно в півтора рази скоротити зняття металу бандажів при обточуванні для отримання нормального профілю і збільшити ресурс колеса [11].

Зношену поверхню гребеня відновлюють електро-наплавленням спеціальними двох-дуговими апаратами А-482 під флюсом або вручну з викочуванням колісних пар з-під тепловоза і з подальшою обточкою на підлоговому колісно-токарному верстаті. Наплавлення гребені може виконуватися також без викочування колісних пар з-під тепловоза двохдуговим апаратом Р-643 з подальшою обробкою на підпідлоговому колісно-токарному верстаті. Після обробки наплавленого гребеня бандаж ретельно оглядають і перевіряють дефектоскопом. Традиційно для відновлення коліс тепловозів без викочування застосовувалося наплавлення в середі захисного газу за допомогою зварювального дроту Св08г2с.

ЗАТ «Фірма ТАС» була запропонована технологія наплавлення за допомогою порошкового самозахисного дроту типу САБАРОС-О-ЖК. Наплавлений метал має аустенітну структуру на основі сплаву Cr-Mn. Наплавлення здійснюється з обмеженим попереднім підігріванням (150^{o} С) і вільним охолоджуванням наплавленого колеса на повітрі. Час на ремонт одного колеса, включаючи механічну обробку, не перевищує 2 годин.

На залізницях України постійно ведеться статистика використання колісних пар після наплавлення поверхонь кочення, і враховуючи статистичні дані методи відновлення виправдовують використання даних засобів. З іншої сторони статистика кількості відколів гребенів колісних пар після наплавлення, вказує на необхідність вдосконалення технології наплавлення [4].

Проведені дослідження динаміки показників зношування поверхонь кочення коліс рухомого складу дозволили зробити висновок про недоцільність повного відновлення профілю поверхні кочення колеса в ситуації, коли при досягненні мінімально-допустимого значення одним з параметрів інші параметри мають значний запас. У такому випадку більш доцільним було б застосування неповної обточки, завдяки якій відновлюється тільки той параметр, який досяг граничного значення. На цьому принципі заснований метод неповної обточки поверхонь кочення коліс рухомого складу [13].

Нижче розглянуто приклад неповної обточки поверхні кочення, який побудований на обточуванні колісної пари із профілями бандажів ДСТУ 128:2005 з наступними значеннями геометричних параметрів зношування:

- прокат δ = 0,9 мм при гранично допустимому – $[\delta]$ = 7 мм;

- товщина гребеня $b_г$ = 27,4 мм при мінімально-допустимій товщині

$$[b_г] = 23 + 0,65 \cdot \delta = 23 + 0,65 \cdot 0,9 = 23,58 \text{ мм},$$

- товщина нового гребеня – 31,2 мм;

- параметр крутості гребеня qR = 6,0 мм при мінімально-допустимій величині $[qR] = 6,0$ мм.

При таких геометричних показниках зносу у відповідності до діючої інструкції [1, 14] колісна пара повинна бути вибракована і виконана повна обточка коліс на нові профілі. При цьому, для даного прикладу, при обточці мусить бути знятий шар металу масою біля 30 кг, а товщина бандажа зменшитися на 10 мм. Обточений профіль набуває геометричних параметрів нового профілю:

- товщина гребеня $b_г$* = 31,9 мм;

- прокат δ = 0,0 мм;

- параметр крутості гребеня qR* = 10,3 мм (рис. 5).

Якщо врахувати, що до обточки бандаж у розглянутому прикладі мав значний запас по прокату (86%) і товщині гребеня (50%), то доцільно не робити повну обточку, залишивши незмінними ті параметри профілю, значення яких мають запас, а обмежитися неповною обточкою (рис. 5). У процесі неповної обточки відновлюється форма гребеневої частини профілю, а прокат и товщина гребня зберігаються такими, як до обточки, а саме δ=0,9 мм, $b_г$ = 27,4 мм, що допускається «Інструкцією» [1, 14] для подальшої експлуатації колісної пари. При цьому параметр крутості гребеня збільшується до номінального значення для вихідного профілю qR = qR* = 10,3 мм [16].

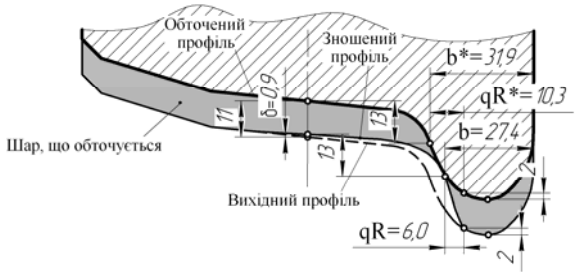


Рис. 5. Схема обточки колеса ДСТУ 128:2005 відповідно до «Інструкції» [1, 14]

Запропонований спосіб відновлення профілю коліс [13], пов'язаний із неповною обточкою, може бути здійснений за технологією, представленою в табл. 4. В основу поставлено задачу удосконалення способу відновлення профілю поверхонь кочення коліс залізничного рухомого складу для збільшення ресурсу бандажів та ободів коліс рухомого складу залізничного транспорту.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у процесі відновлення профілю поверхонь кочення коліс, при якому після досягненні параметром крутості гребеня гранично-допустимого значення виконують обточку профілю шляхом корекції тільки гребеневої частини профілю, таким чином, щоб гребень після обточки мав геометричну форму, що відповідає новому профілю.

Після виконання технологічних операцій неповної обточки профіль має наступні показники зносу:

- прокат $\delta = 1{,}4$ мм;
- товщина гребеня $b_г = 29$ мм;
- параметр крутості $qR = 10{,}3$ мм.

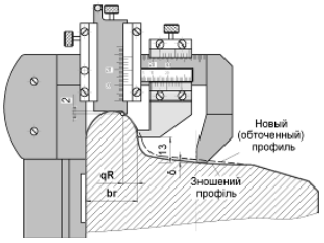
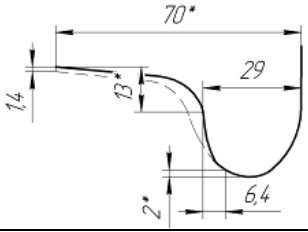
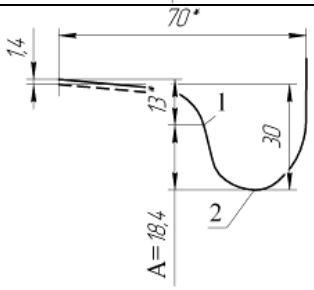
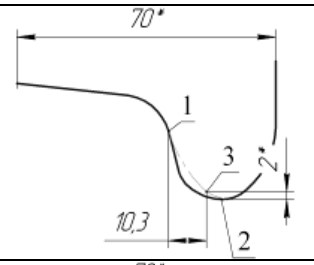
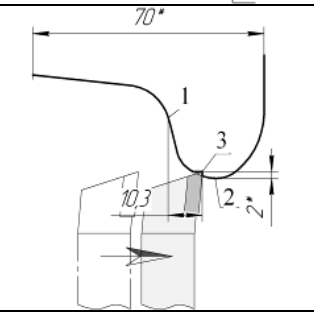
На рис. 6 показано креслення гребеневої частини профілю після неповної обточки у порівнянні із новим профілем ДСТУ 128:2005.

Рис. 6. Профіль після неповної обточки у порівнянні із новим профілем ДСТУ 128:2005

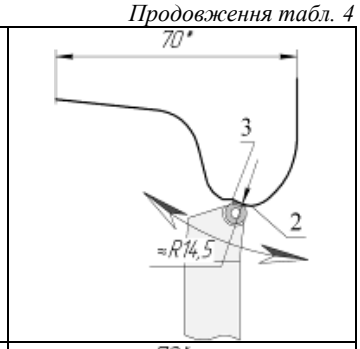
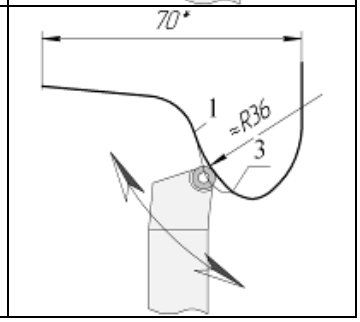
При застосуванні описаної в даному прикладі технології неповної обточки профілю гребеня шар металу, що знімається при обточці одного колеса зменшується з 30 кг при повній обточці до 1 кг, а товщина бандажа залишається незмінною.

Таблиця 4

Технологічний процес неповної обточки бандажа з профілем ДСТУ 128:2005

Назва та зміст технологічної операції	Схема виконання операції
1	2
1. Вимірювальна. Вимірювання показників зносу гребенєвимірювачем універсальним ГУ-1	
2. Вимірювальна. Визначення прокату (δ), товщини гребеня ($b_г$) та параметра крутості (qR). У приведеному випадку: Δ = 1,4 мм; $b_г$ = 29 мм; qR = 6,4 мм	
3. Вимірювальна. Визначення положення точки №1 на поверхні профілю гребеня, що є базовою для вимірювання товщини гребеня и точки №2 на вершині гребеня. Розмір A = 30+δ-13=30+1,4-13 = 18,4 мм	
4. Вимірювальна. Визначення положення точки №3, що є базовою для вимірювання параметра крутості гребеня.	
5. Токарна. Виконується циліндрична проточка за розмірами 10,3 мм і 2,0 мм від поверхні гребеня до точка №3	

Продовження табл. 4

6. Токарна. Виконується дуга радіусом ≈14,5 мм – від точки №2 до точки №3	
7. Токарна. Виконується дуга радіусом ≈36 мм – від точки №1 до точки №3	

Висновки. Метод відновлення профілів коліс рухомого складу з неповною обточкою приводить до зменшення їх технологічного зносу і дозволяє збільшити ресурс коліс приблизно на 20…40%. Паралельно з використанням цього методу доцільно впроваджувати методи немеханічного відновлення.

Література

1. Інструкція з формування, ремонту й утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм // ВНД 32.0.07.001.2001. Міністерство транспорту України. − Донецьк: ТОВ «Лебідь», 2001. − № 305-Ц. − 152 с.
2. Лещинский Л. К. Плазменное поверхностное упрочнение / Л. К. Лещинский, С. С. Смотугин, И. И. Пирч. − Киев: Техника, 1990. − 109 с.
3. Лыков А. М. Плазменная закалка гребней / А. М. Лыков, В. Э. Маслов, П. В. Демин, Л. А. Глибина // Локомотив. − 2000. − № 9. − С. 29−30.
4. Эффективный способ поверхностного упрочнения железнодорожных колес / П. П. Иванов, Э. Х. Исакаев, Г. А. Филиппов, А. С. Тюфтяев // Сталь. − 2000. − № 1. − С. 63−66.
5. Плазменные технологи упрочнения при ремонте подвижного состава / С. В. Петров [Электронный ресурс]. – Режим доступу до журн. : http://www.plazer.com.ua/docs/pdf/plazm_tach_upr.pdf.
6. Плазменное упрочнение гребней локомотивных и вагонных колес / А. М. Лыков, В. Э. Маслов, Л. А. Глибина // Вестник ВНИИЖТ. − 2005. − № 1. − Режим доступу до журн. : http://www.css-rzd.ru/vestnik-vniizht/v2005-1/v1-2_1.htm.
7. Петров В. Г. Как продлить срок службы бандажей колесных пар / В. Г. Петров // Электрическая и тепловозная тяга. – 1971. – № 9. – С. 4–7.
8. Четвериков С. С. Металорежущие инструменты / С. С. Четвериков. − М.: Высшая школа, 1965. − С. 246−247.
9. Пат. 25091 Україна. МПК В 23 С 5/11, 5/14. Фасонна фреза для відновлення профілю колеса рухомого складу залізничного транспорту / Колот В. О., Малиновський М. Д., Лишаєв Г. П., Сергієчко М. І., Кортун С. А., Колот О. В.; заявник і патентовласник ЗАТ «МІНЕТЕК», Державна адміністрація залізн. трансп. України. − № 97041796 ; заявл. 16.04.97 ; опубл. 25.12.98. Бюл. № 6.
10. Богданов В. М. Снижение интенсивности износа гребней колес и бокового износа рельсов / В. М. Богданов // Железнодорожный транспорт. – 1992. − №12.− С. 30−34.
11. Самсонкин В. Н. Відновлення профілю вагонних коліс наплавленням / В. Н. Самсонкин, А. В. Коновалов, О. М. Гончаров // Залізничний транспорт України.− 2006. – №5. – С. 20–22.
12. Андреев А. И. Износ рельсов и колес подвижного состава / А. И. Андреев, К. Л. Комаров, Н. И. Карпущенко // Железнодорожный транспорт. –1997. – №10. – С. 31–36.
13. Пат. 33471 Україна. МПК В 61 В 12/00. Спосіб відновлення профілю поверхонь кочення коліс залізничного рухомого складу / Голубенко О. Л., Діденко Д. М., Компанієць І. С., Сапронова С. Ю., Ткач І. Г., Ткаченко В. П.; заявник і патентовласник Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. − № 01729/08 ; заявл. 11.02.08 ; опубл. 25.06.08, Бюл. № 12.
14. Наказ Укрзалізниці № 598-Ц від 18.12.2007 «Про внесення зміни №2 до ВНД 32.0.07.001-2001».
15. Сапронова С. Ю. Аналіз і вплив видів зношування коліс рухомого складу на їх ресурс / С. Ю. Сапронова // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2010. – №5 [147]. – Ч. І. – С. 32–40.
16. Сапронова С. Ю. Оптимізація профілів бандажів коліс локомотивів: монографія / С. Ю. Сапронова. − Луганськ : Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2011. −171с.

References

1. Ínstruktsíya z formuvannya, remontu y utrimannya kolísnikh par tyagovogo rukhomogo skladu zalíznits' Ukraïni kolíï 1520 mm // VND 32.0.07.001.2001. Mínísterstvo transportu Ukraïni. − Donets'k: TOV «Lebíd'», 2001. − № 305-TS. − 152 s.
2. Leshchinskiy L. K. Plazmennoye poverkhnostnoye uprochneniye / L. K. Leshchinskiy, S. S. Smotugin, I. I. Pirch. − Kiyev: Tekhnika, 1990. − 109 s.
3. Lykov A. M. Plazmennaya zakalka grebney / A. M. Lykov, V. E. Maslov, P. V. Demin, L. A. Glibina // Lokomotiv. − 2000. − № 9. − S. 29−30.
4. Effektivnyy sposob poverkhnostnogo uprochneniya zheleznodorozhnykh koles / P. P. Ivanov, E. KH. Isakayev, G. A. Filippov, A. S. Tyuftyayev // Stal'. − 2000. − № 1. − S. 63−66.
5. Plazmennyye tekhnologi uprochneniya pri remonte podvizhnogo sostava / S. V. Petrov [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupu do zhurn. : http://www.plazer.com.ua/docs/pdf/plazm_tach_upr.pdf.
6. Plazmennoye uprochneniye grebney lokomotivnykh i vagonnykh koles / A. M. Lykov, V. E. Maslov, L. A. Glibina // Vestnik VNIIZHT. − 2005. − № 1. − Rezhim dostupu do zhurn. : http://www.css-rzd.ru/vestnik-vniizht/v2005-1/v1-2_1.htm.
7. Petrov V. G. Kak prodlit' srok sluzhby bandazhey kolesnykh par / V. G. Petrov // Elektricheskaya i teplovoznaya tyaga. – 1971. – № 9. – S. 4–7.
8. Chetverikov S. S. Metalorezhushchiye instrumenty / S. S. Chetverikov. − M.: Vysshaya shkola, 1965. − S. 246−247.
9. Pat. 25091 Ukraïna. MPK V 23 S 5/11, 5/14. Fasonna freza dlya vídnovlennya profílyu kolesa rukhomogo skladu zalíznichnogo transportu / Kolot V. O., Malinovs'kiy M. D., Lishaêv G. P., Sergíêchko M. Í., Kortun S. A., Kolot

O. V.; zayavnik í patentovlasnik ZAT «MÍNETEK», Derzhavna admínístratsíya zalízn. transp. Ukraĭni. − № 97041796 ; zayavl. 16.04.97 ; opubl. 25.12.98. Byul. № 6.
10. Bogdanov V. M. Snizheniye intensivnosti iznosa grebney koles i bokovogo iznosa rel'sov / V. M. Bogdanov // Zheleznodorozhnyy transport. – 1992. − №12.− S. 30−34.
11. Samsonkin V. N. Vídnovlennya profílyu vagonnikh kolís naplavlennyam / V. N. Samsonkin, A. V. Konovalov, O. M. Goncharov // Zalíznichniy transport Ukraĭni.− 2006. – №5. – S. 20–22.
12. Andreyev A. I. Iznos rel'sov i koles podvizhnogo sostava / A. I. Andreyev, K. L. Komarov, N. I. Karpushchenko // Zheleznodorozhnyy transport. –1997. – №10. – S. 31–36.
13. Pat. 33471 Ukraĭna. MPK V 61 V 12/00. Sposíb vídnovlennya profílyu poverkhon' kochennya kolís zalíznichnogo rukhomogo skladu / Golubenko O. L., Dídenko D. M., Kompaníêts' Í. S., Sapronova S. YU., Tkach Í. G., Tkachenko V. P.; zayavnik í patentovlasnik Skhídnoukr. nats. un-t ím. V. Dalya. − № 01729/08 ; zayavl. 11.02.08 ; opubl. 25.06.08, Byul. № 12.
14. Nakaz Ukrzalíznitsí № 598-TS víd 18.12.2007 «Pro vnesennya zmíni №2 do VND 32.0.07.001-2001».
15. Sapronova S. YU. Analíz í vpliv vidív znoshuvannya kolís rukhomogo skladu na ĭkh resurs / S. YU. Sapronova // Vísnik Skhídnoukraĭns'kogo nats. un-tu ím. V. Dalya. – Lugans'k : SNU ím. V. Dalya, 2010. – №5 [147]. – CH. Í. – S. 32–40.
16. Sapronova S. YU. Optimízatsíya profílív bandazhív kolís lokomotivív: monografíya / S. YU. Sapronova. − Lugans'k : Vid-vo SNU ím. V.Dalya, 2011. −171s.

Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П., Зуб Є.П. Ресурсосбережение при восстановлении колес железнодорожного подвижного состава.

В статье рассмотрены основные методы увеличения ресурса колес, восстановления поверхностей качения и оборудование, которое используется для этого. Внедренные ремонтный локомотивный и мотор-вагонный профили ЗАО «МИНЕТЕК» и их нормативные геометрические характеристики не улучшили ситуацию по ресурсосбережению, а наоборот увеличили технологический износ колес. В статье авторы рассматривают возможность увеличения ресурса колесных пар локомотивов и вагонов благодаря использованию метода неполной обточки.

***Ключевые слова**: ресурс, колесо подвижного состава, метод восстановления колес, износ, профиль ремонтный и стандартный, неполная обточка.*

Sapronova S., Tkachenko V., Zub E. Resource saving at restoring of railway rolling stock wheels.

Over the past 20 years on the railways of Ukraine for the purpose of resource, there were introduced some technological, design, metrological changes which, in turn, both positively and negatively reflected in the statistics of the premature wear of the wheels rolling ridges. In the article, there are studied the basic methods of increasing the resource wheels rolling surfaces and restoring the equipment used for this. There were implemented repair locomotives and motorcarload profiles of JSC "MINETEK" and their regulatory geometrical parameters did not improve the situation of the resource, but rather increased technological wear of wheels. In the article the authors examine the possibility of increasing resource bogies of locomotives and cars by using methods of incomplete turning.

***Keywords:** resource, rolling stock wheel, wheel restoring method, wear and tear, remount and standard profile, incomplete turning.*

Сапронова С.Ю. – д.т.н., проф. кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДЕТУТ, м. Київ.
Ткаченко В.П. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць» ДЕТУТ, м. Київ.
Зуб Є.П. – аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДЕТУТ, м. Київ.

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

Стаття подана 1.04.2017

УДК 656.073

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ

Семенов С.А., Кравченко С.В., Шепитько О.В., Вололазский А.А.

THE CHOICE RATIONAL SCHEMES OF CARGO DELIVERY IN INTERNATIONAL TRAFFIC

Semenov S., Kravchenko S., Shepit`ko O., Vodolazskiy O.

В работе отмечено, что для повышения эффективности работы транспортной отрасли страны необходимы кардинальные изменения, связанные с внедрением современных технологий перевозочного процесса. Проработаны альтернативные варианты доставки груза в международном сообщении, где Украина выступает транзитной страной. В ходе исследований были проработаны 3 альтернативных варианта доставки груза с учетом взаимодействия различных видов транспорта. С помощью общеизвестного метода линейного программирования выполнена оценка рационального схемы доставки грузов в международном сообщении. В качестве критерия оптимизации выбрано время доставки груза.

Ключевые слова: *время доставки, вагонопоток, международная перевозка, схема, транспорт.*

Постановка проблемы. Географическое положение Украины на пересечении международных транспортных коридоров создает предпосылку для прохождения транзитных вагонопотоков внешнеторговых грузов стран СНГ и государств Евросоюза. Определенная часть имеющегося потенциала транспортной отрасли уже задействована в выполнении транзитных перевозок с использованием выгодного расположения страны и прохождением по ее территории международных транспортных коридоров. К сожалению, отсутствие логистических центров для обслуживания потока импорта с рациональным взаимодействием видов транспорта ограничивает рост транзитного грузопотока Украины и возможности развития экономик стран СНГ. К тому же это ориентирует транспортную систему Украины на перевозку низкотарифных грузов сырьевой направленности, не требующих применения новых транспортных технологий [1].

Перспективы интеграции Украины в Евросоюз открывают новые возможности для сотрудничества на более тесном уровне. Поэтому направление развития рыночных отношений в сфере предоставления транспортных услуг требуют от транспортной системы страны решения новых задач по интеллектуальному подходу организации перевозочного процесса и предоставления соответствующего уровня транспортного обслуживания.

Для повышения эффективности работы транспортной отрасли необходимы кардинальные изменения в отношениях с пользователями услуг различных видов транспорта и внедрение современных технологий перевозочного процесса, ориентированных на высокое качество транспортного обслуживания, что может быть достигнуто активным взаимодействием нескольких видов транспорта, благодаря чему можно добиться уменьшения времени доставки груза и снижения себестоимости.

Анализ последних публикаций. Анализ перевозок разными видами транспорта (кроме трубопроводного) показывает, что наиболее универсальным являются автомобильный и железнодорожный транспорт [2]. Определенную часть общего количества грузоперевозок занимает морской транспорт. Статистика показывает, что несмотря на значительные объемы грузоперевозок Украины (см. рис. 1, 2), существует проблема повышения их эффективности.

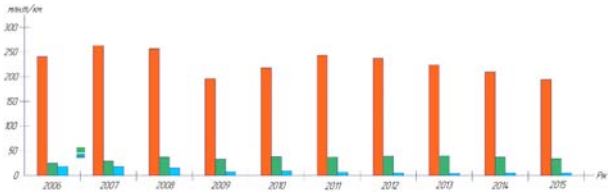


Рис. 1. Диаграмма грузооборота

Теоретической базой исследования послужили труды Акулиничева В.М., Апатцева В.И., Бородина А.Ф., Дьякова Ю.В., Елисеева С.Ю., Ефименко Ю.И., Ковалева В.И., Куренкова П.В., Левина Б.А.,

Лисенкова В.М., Мазо Л.А., Николашина В.М., Осьминина А.Т., Персианова В.А., Петрова А.П., Повороженко В.В., Резера С.М., Сотникова Е.А., Сотникова И.Б., Ускова Н.С., Холопова К.В., Шарова В.А. и других ученых.

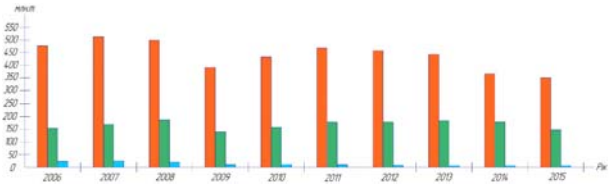


Рис. 2. Диаграмма транспортировки грузов

Анализ научных трудов показывает, что в настоящее время в рыночных условиях при планировании эксплуатационной работы перевозчики ориентируются на повышение доходности и рентабельности перевозок, сокращение издержек на перевозку грузов, качественное транспортное обслуживание клиентов. Необходимо произвести увязку звеньев логистической цепочки от места погрузки до места выгрузки, в качестве которых могут выступать промышленные предприятия, узловые терминалы, станции, порты и т.д., что позволит снизить последствия от несогласованного подвода транспортных средств, тем самым обеспечить функциональную и экономическую устойчивость всего транспортного направления.

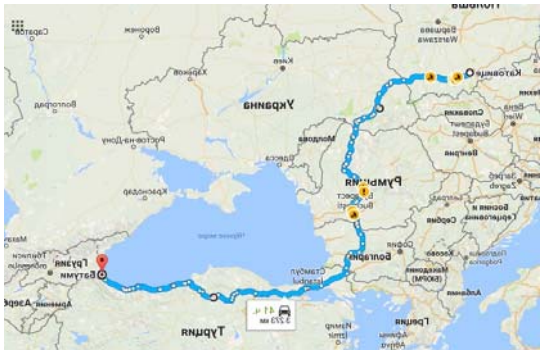
Разработка теории и практики взаимодействия различных видов транспорта приведены в исследованиях [3, 4, 5]. С учетом отечественного и зарубежного опыта установлено, что совершенствование организации эксплуатационной работы необходимо осуществлять на основе новых методов управления перевозками, основной целью которых является снижение стоимости доставки грузов и уменьшения времени на транспортировку [4, 5, 6].

Цель статьи. Выбор рациональной схемы доставки грузов в международном сообщении с применением метода линейного программирования.

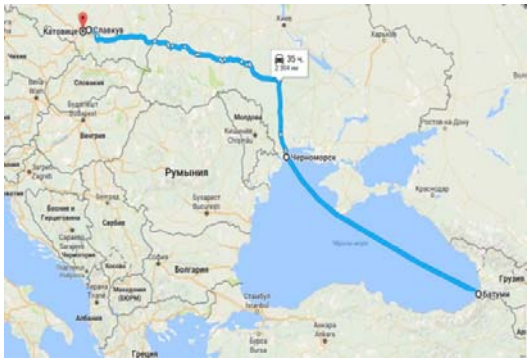
Результаты исследований. Рассмотрим проблему выбора рациональной схемы доставки груза на примере организации перевозок между странами СНГ и государствами Евросоюза в направлении Грузия – Польша. В данном случае Грузия является страной, которая, как и Украина, стремится интегрироваться в Европейское пространство и там проблема повышения эффективности грузоперевозок путем анализа рациональных схем доставки грузов является также актуальной.

В качестве примера взята транспортировка окатышей по маршруту Батуми – Катовице, по которому доставка осуществлялась с помощью одного вида транспорта (автомобильного) (рис. 3, а).

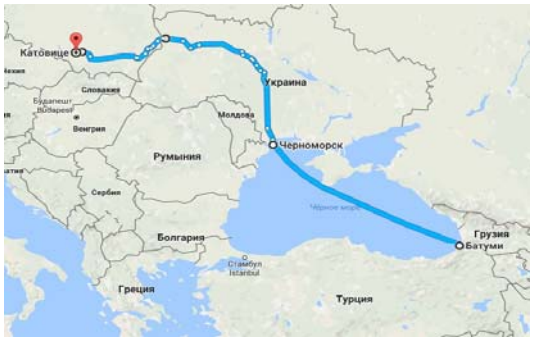
Проблемы пересечения границ, связанные с простоем автотранспортных средств (от нескольких часов до нескольких суток на каждой границе), высокие материальные затраты на топливо и относительно высокая себестоимость перевозок на дальние расстояния снижают эффективность последних и вынуждают применять в данном случае логистический подход к организации перевозочного процесса. Для поиска оптимального решения авторами проработано ряд маршрутов (схем доставки), в которых Украина выступает в качестве транзитной страны (рис.3, б-г).



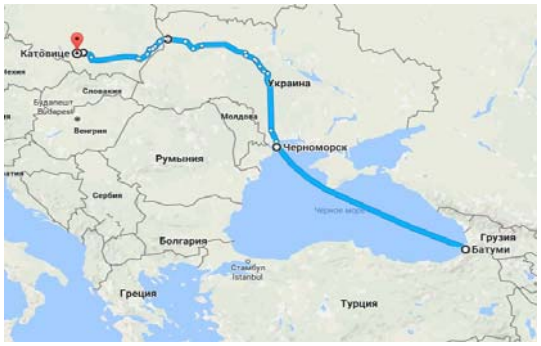
а



б



в



г

Рис. 3. Варианты транспортировки окатышей:
а – исходный вариант, б – 1-й вариант,
в – 2-й вариант, г – 3-й вариант

- Первый вариант проложен таким образом: изначально загруженные автомобили загоняются на судно, после чего переправляются морским путём в порт Черноморска, по прибытию автомобили своим ходом следуют в Катовице.

- Во втором варианте контейнеры на платформах загружаются на судно, переправляются в порт Черноморска, после чего с помощью железнодорожного транспорта следуют в Славкув, где перегружаются на автомобильный транспорт, на котором и прибывают в пункт назначения – Катовице.

- Особенность третьего варианта заключается в применении технологии контрейлерных перевозок: изначально загруженные автомобили перемещают на судно, и переправляются в порт Черноморска, по прибытию своим ходом заезжают на платформы и следуют ж/д транспортом до Славкува, в Славкуве съезжают с платформ и следуют своим ходом в пункт назначения Катовице.

Последний вариант рассматривался в связи со сложившимися перспективами устойчивого развития транспорта в Европе, которые связывают со стимулированием смешанных перевозок. Среди их разновидностей в последнее время распространения получили контрейлерные перевозки [1,7,8], которые предусматривают выполнение значительной части соединения железнодорожным транспортом, а местных перевозок – автомобильным.

Перспективность развития контрейлерных перевозок связана с возможностью, во-первых, обеспечивать высокие скорости доставки при соблюдении режима труда и отдыха водителей автотранспортных средств; во-вторых, удовлетворять экологические требования; в-третьих, снизить себестоимость перевозок, которая повысит конкурентоспособность национальных перевозчиков; в-четвертых, постепенно интегрировать национальную транспортную систему к европейской.

Выбор оптимального маршрута транспортировки осуществлялся путем сравнения схем доставки с применением общеизвестного метода линейного программирования [9, 10], в качестве оптимального критерия предлагается время доставки груза.

Согласно исследованиям [11], математическая модель функции от времени в общем виде:

$$\left(T^n\right) = \sum T \to \max\left(\min\right) \qquad (1)$$

На зависимость (1) накладываются ограничения:

$$\begin{cases} T_{м1} + T_0 + T_{a1} = Z(T^1) \\ T_{м2} + T_{ж2} + T_{a2} = Z(T^2) \\ T_{ж3} + T_{м3} + T_{a3} = Z(T^3) \end{cases} \qquad (2)$$

где T_0 – начальное время движения транспортного средства, в сутках, (в нашем случае принимается как $T_0 = 0$);

$T_{ж2}$, $T_{ж3}$ – время доставки груза железнодорожным транспортом по 1-му и 2-му варианту;

$T_{м1}, T_{м2}, T_{м3}$ – время доставки груза морским транспортом;

T_{a1}, T_{a2}, T_{a3} – время доставки груза автомобильным транспортом;

T_1 – общее время доставки груза по 1-му маршруту, в сутках;

T_2 – общее время доставки груза по 2-му маршруту, в сутках;

T_3 – общее время доставки груза по 3-му маршруту, в сутках.

Общее время доставки груза по 1 маршруту:

$$T_1 = T_{м1} + T_{a1} \qquad (3)$$

$$T_{a1} = T_{нк} + \frac{L}{V_{эк}}$$

$$T_{a1} = 0{,}69 + 2{,}08 + \frac{1222{,}8}{1200} = 3{,}78 \text{ сут.}$$

Где, $T_{нк}$ – время на начально-конечные операции, в сутках;

L – расстояние перевозки, км;

$V_{эк}$ – эксплуатационная скорость, км/ч;

$$T_{м1} = \frac{L}{V_{ком}}$$

где $V_{ком}$ – коммерческая скорость, миль/сут;

$$V_{ком} = \frac{L}{(\frac{L}{V_{сут}}) + \frac{2 \cdot a \cdot D_t}{M} + t_{доп}}$$

$V_{сут}$ – эксплуатационная скорость, миль/сут;

α – коэффициент использования грузоподъемности;

D_t – грузоподъемность груза, т;

M – средневзвешенная суточная норма грузовых работ в порту, т/сут.

$$V_{ком} = \frac{1062}{1{,}54 + 0{,}16 + 1} = 393{,}3 \text{ км/сут.}$$

$$T_{м1} = \frac{1062}{393{,}3} = 2{,}7 \text{ сут.}$$

$T_1 = 2{,}7 + 3{,}78 = 6{,}48$ сут.

Общее время доставки груза по 2 маршруту:

$$T_2 = T_{м2} + T_{ж2} + T_{a2} \qquad (4)$$

$V_н$ – норма пробега в сутки;

$t_{доп}$ – время на дополнительные операции на транспорте, в сутках;

$$T_{ж2} = 0,34 + 1,72 + 0,4 = 2,46 \text{ сут.}$$

$$T_{a2} = 0,69 + 0,5 + \frac{28,8}{1200} = 1,21 \text{ сут.}$$

$$T_{м2} = \frac{1062}{393,3} = 2,7 \text{ сут.}$$

Время доставки груза по 3 маршруту:

$$T_3 = T_{м3} + T_{ж3} + T_{a3} \qquad (5)$$

$$T_{ж3} = 0,06 + 1,72 + 0 = 1,78 \text{ сут.}$$

$$T_{a3} = 1,03 + 0,024 = 1,05 \text{ сут.}$$

$$T_{м3} = \frac{1062}{393,3} = 2,7 \text{ сут.}$$

$$T_3 = 2,7 + 1,78 + 1,05 = 5,53 \text{ сут.}$$

Создавая математическую модель ЛП, проведена сравнительная оценка сроков доставки грузов способом мультимодальных перевозок в 3-х вариантах маршрута.

$$\begin{cases} 0 + 2,7 + 3,78 = 6,48 \rightarrow \max \\ 2,7 + 2,48 + 1,21 = 6,37 \\ 2,7 + 1,78 + 1,05 = 5,53 \rightarrow \min \end{cases}$$

Результаты вычислений представлены на рисунке 4. Анализ диаграммы свидетельствует об эффективности использования 3-го варианта с применением контрейлерной технологии перевозок, а именно автомобили с грузом перемещают на судно, и переправляются в порт Черноморска, по прибытию своим ходом заезжают на платформы и следуют железнодорожным транспортом до Славкува, в Славкуве съезжают с платформ и следуют своим ходом в пункт назначения Катовице.

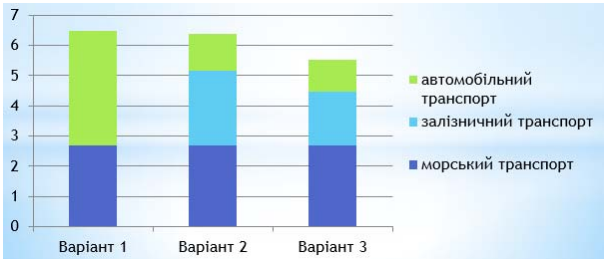


Рис. 4. Показатели времени на доставку груза по трем маршрутам

Вывод: в работе были рассмотрены альтернативные варианты доставки груза в международном сообщении с учетом взаимодействия видов транспорта, особенностью которых является непосредственное участие Украины как транзитного государства. С помощью метода линейного программирования выполнена оценка рационального варианта организации грузовых перевозок, определение которого осуществлялось по критерию времени доставки груза.

Литература

1. Чубуков А.В. Организации контрейлерных перевозок в России и в мире [Текст]/ А. В. Чубуков // Проблематика транспортных систем: Известия петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 2. – С. 36-46.
2. Вантажні перевезення / Державна служба статистики України. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/. – Назва з екрана. – Перевірено : 05.03.2017 р.
3. Галабурда, В. Г. Единая транспортная система [Текст] / В. Г. Галабурда, В. А. Персианов, А. А. Тимошин Н. А. Троицкая С. В. Милославская; под. ред. В. Г. Галабурды. – Москва : Транспорт, 1996. – 295 с.
4. Правдин, Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта в узлах [Текст] / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – Минск : Высшая школа, 1983. – 247 с.
5. Козаченко, Д. М. Дослідження параметрів вагонопотоків, що розформовуються на сортувальних гірках [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Т. В. Болвановська // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – № 4. – С. 44-48.
6. Кужель, А. Л. Роль графика движения поездов в рыночных условиях [Текст]/ А. Л. Кужель, И. Н. Шапкин, Е. М. Кожанов // Железнодорожный транспорт, – 2007. – № 7. – С. 33-36.
7. Lebacque, J. Intersection modeling, application to macroscopic network traffic flow models and traffic management. [Текст] / J. Lebacque // In Traffic and Granular Flow 2003. – P. 261–278. Springer Berlin Heidelberg, 2005.
8. Шапкин А.С. Выбор технико-технологических параметров системы контрейлерных перевозок на железнодорожных направлениях сети – дис. канд. техн. наук: – М., 2004. – 151 с.
9. Резер, С. М. Комплексное управление перевозочным процессом в транспортных узлах / С. М. Резер – М. : Транспорт, 1982. – 160 с.
10. Гольштейн Е.Г.Задачи линейного программирования транспортного типа / Е.Г.Гольштейн, Д.Б. Юдин. – М.: Наука, 1969. – 382 с.
11. Балгабеков Т.К. Создание методики повышения эффективности мультимодальных перевозок грузов на примере АО «Арселормиттал темиртау»/ Т.К. Балгабеков, Ж.К. Масутова// Наука и мир, – 2015. – № 4 (20). – С. 43-47.

References

1. Chubukov A.V. Organizacii kontrejlernyh perevozok v Rossii i v mire [Tekst]/ A. V. Chubukov // Problematika transportnyh sistem: Izvestija peterburgskogo universiteta putej soobshhenija. – 2010. – № 2. – S. 36-46.
2. Vantazhni perevezennja / Derzhavna sluzhba statistiki Ukraïni. – Rezhim dostupu: http://www.ukrstat.gov.ua/. – Nazva z ekrana. – Perevireno : 05.03.2017 r.
3. Galaburda, V. G. Edinaja transportnaja sistema [Tekst] / V. G. Galaburda, V. A. Persianov, A. A. Timoshin N. A. Troickaja S. V. Miloslavskaja; pod. red. V. G. Galaburdy. – Moskva : Transport, 1996. – 295 s.
4. Pravdin, N. V. Vzaimodejstvie razlichnyh vidov transporta v uzlah [Tekst] / N. V. Pravdin, V. Ja. Negrej. – Minsk : Vysshaja shkola, 1983. – 247 s.
5. Kozachenko, D. M. Doslidzhennja parametriv vagonopotokiv, shho rozformovujut'sja na sortuval'nih girkah [Tekst] / D. M. Kozachenko, M. I. Berezovij, T. V. Bolvanovs'ka // Transportni sistemi ta tehnologiï perevezen' :

zb. nauk. prac' Dnipropetr. nac. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazarjana. – 2012. – № 4. – S. 44-48.
6. Kuzhel', A. L. Rol' grafika dvizhenija poezdov v rynochnyh uslovijah [Tekst]/ A. L. Kuzhel', I. N. Shapkin, E. M. Kozhanov // Zheleznodorozhnyj transport, – 2007. – № 7. – S. 33-36.
7. Lebacque, J. Intersection modeling, application to macroscopic network traffic flow models and traffic management. [Tekst] / J. Lebacque // In Traffic and Granular Flow 2003. – P. 261–278. Springer Berlin Heidelberg, 2005.
8. Shapkin A.S. Vybor tehniko-tehnologicheskih parametrov sistemy kontrejlernyh perevozok na zheleznodorozhnyh napravlenijah seti – dis. kand. tehn. nauk: – M., 2004. – 151 s.
9. Rezer, S. M. Kompleksnoe upravlenie perevozochnym processom v transportnyh uzlah / S. M. Rezer – M. : Transport, 1982. – 160 s.
10. Gol'shtejn E.G.Zadachi linejnogo programmirovanija transportnogo tipa / E.G.Gol'shtejn, D.B. Judin. – M.: Nauka, 1969. – 382 s.
11. Balgabekov T.K. Sozdanie metodiki povyshenija jeffektivnosti mul'timodal'nyh perevozok gruzov na primere AO «Arselormittal temirtau»/ T.K. Balgabekov, Zh.K. Masutova// Nauka i mir, – 2015. – № 4 (20). – S. 43-47.

Семенов С.О., Кравченко С.В., Шепітько О.В. Вибір раціональної схеми доставки вантажів у міжнародному сполученні.

У роботі зазначено, що для підвищення ефективності роботи транспортної галузі країни необхідні кардинальні зміни, пов'язані з впровадженням сучасних технологій перевізного процесу. Опрацьовані альтернативні варіанти доставки вантажу в міжнародному сполученні, де Україна виступає транзитною країною. В ході досліджень були опрацьовані 3 альтернативних варіанти доставки вантажу з урахуванням взаємодії різних видів транспорту. З допомогою загальновідомого методу лінійного програмування виконана оцінка раціонального схеми доставки вантажів у міжнародному сполученні. В якості критерію оптимізації вибрано час доставки вантажу.

Ключові слова: *час доставки, вагонопотік, міжнародна перевезення, схема, транспорт.*

Semenov S., Kravchenko S., Shepit`ko O., Vodolazskiy O. The choice rational schemes of cargo delivery in international traffic.

In the work noted that favorable geographical position of Ukraine at crossroads of international transport corridors creates a prerequisite for transit of foreign trade goods the UIS and EU States. It is stated that to improve the efficiency of transport sector, fundamental changes are needed in relationships with service users of different transport modes and the introduction of modern technologies in the transportation process. Analysis different types of transport shows that the most universal are car and rail transport. Using the interaction modes suggested 3 alternative delivery option, making it possible to reduce time of cargo delivery.

Keywords: *delivery time, traffic volume, international traffic, scheme, transportation.*

Семенов С.О. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, e-mail: semen_opugt@mail.ru.
Кравченко С.В. – студент групи ТЛ-631 кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.
Шепітько О.В. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.
Вололазский А.А. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 17.03.2017

УДК 004.942:656.073.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПИ ПОСТАВОК КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Соляник Т.Н., Белоконь Ю.А.

MODELING OF TRANSPORT PROCESSES IN THE CHAIN SUPPLY OF CONFECTIONERY PRODUCTS

Solyanik T., Bilokin Ju.

Данная статья посвящена использованию методов и инструментария имитационного моделирования для анализа транспортных процессов в цепи поставок кондитерских изделий. Разработана концептуальная модель транспортного процесса, которая содержит его основные элементы. Разработана и построена имитационная модель транспортного процесса, описаны ее основные параметры. Сформулированы исходные данные и план для проведения исследования, а также основные результаты, которые должны быть получены в ходе моделирования. В качестве примера использования модели проведено моделирование транспортного процесса в цепи поставок кондитерских изделий фабрики «Бисквит-шоколад» и определен эффективный подвижной состав и необходимое количество транспортных средств. Исследована применимость разработанной модели для других исходных данных.

***Ключевые слова**: логистика, транспортный процесс, транспортное средство, маршрут, имитационная модель, агентное имитационное моделирование*

Введение. Планирование перевозок является важным моментом транспортного процесса. Это объясняется как сокращением длительности циклов коммерческих операций, так и увеличением стоимости хранения, необходимостью реагирования на изменение потребительского спроса. Так, затраты на производство некоторых видов товаров составляют лишь 10 % стоимости товара, в то время, как стоимость доставки может составлять до 50%. Вот почему в условиях конкуренции одним из путей привлечения клиентов является оптимизация проектирования доставки и планирование перевозок.

Оптимизацией проектирования доставки занимается логистика. Задачами логистики является конкретизация и детализация организационных мероприятий, связанных с перевозкой (выбор маршрута и вида транспорта в зависимости от вида груза), с целью снижения транспортных затрат, доставки груза точно в срок, максимального удовлетворения всех требований заказчика перевозки.

Основой планирования перевозок являются расписания и графики перевозок, составленные на основе систематизации заключенных договоров, поданных заявок, изучения грузопотоков. Последнее предполагает анализ грузоперевозок за определенный промежуток времени, как на отдельных маршрутах, так и на всей маршрутной сети. Обследование грузопотоков может быть сплошным и выборочным. Сплошное обследование осуществляется одновременно на всех маршрутах, выборочное – на отдельных маршрутах.

Одним из прогрессивных методов проектирования доставки и планирования перевозок является моделирование соответствующих процессов.

Моделирование состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами или другими словами — разработке симулятора исследуемой предметной области для проведения различных экспериментов.

Имитационное моделирование позволяет имитировать поведение системы во времени. Причём плюсом является то, что временем в модели можно управлять: замедлять в случае с быстропротекающими процессами и ускорять для моделирования систем с медленной изменчивостью. Можно имитировать поведение тех объектов, реальные эксперименты с которыми дороги, невозможны или опасны.

Постановка проблемы. В данной работе необходимо исследовать транспортировку кондитерских изделий. Данный груз относится к продовольственным товарам и является скоропортящимся. Это требует соблюдения специфических условий транспортировки данного груза.

Большая часть кондитерской продукции может перевозиться с использованием различной тары. Для перевозки данной продукции формируют грузовую единицу. В основном кондитерские изделия упаковываются в гофрированные ящики и устанавливаются на европаллеты.

Такое формирование грузовой единицы позволяет применять средства механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Выбор типа подвижного состава для того или иного груза сводится в основном к выбору кузова, соответствующего перевозимому грузу, так как узкая специализация кузовов многих типов подвижного состава предопределяет сферу их рационального использования, а также определения необходимой грузоподъемности.

Определяющими при выборе типа кузова будут характеристики перевозимого груза, а именно:

– физико-механические особенности груза;
– упаковка груза;
– скорость доставки;
– размер партии,
– способ погрузки-разгрузки.

После того, как выбран соответствующий тип кузова, можно перейти к выбору подвижного состава конкретной модели. Это обусловлено разными технико-эксплуатационными качествами автомобилей различных моделей, которые могут быть использованы для перевозки одного и того же груза.

Кондитерские грузы обычно перевозят в рефрижераторах, ведь эти товары нуждаются в соблюдении определенного температурного режима. Только так можно сохранить их качество и товарный вид.

При перевозке большинства кондитерских изделий крайне важно соблюдать санитарно-гигиенические требования и температурный режим. Эти грузы относятся к категории скоропортящихся товаров, поэтому транспортировка должна осуществляться в минимальные сроки.

Сроки доставки, то есть время, в течение которого кондитерские изделия находятся в пути, зависят от сроков реализации продукции.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованию процессов транспортировки посвящено много работ отечественных и зарубежных авторов. Зачастую в них рассматриваются задачи рационального выбора маршрута [1, 2, 4, 6], расчета и оптимизации длительности временных параметров перевозки [3, 7, 8, 9], в том числе с использованием имитационного моделирования [5, 9, 15]. Ряд работ посвящен выбору необходимых транспортных средств [1, 2, 8]. Вместе с тем, задача имитационного моделирования транспортных процессов, с целью улучшения их составляющих, остается по-прежнему актуальной.

Цель статьи. В данной работе проводится имитационное моделирование транспортных процессов в цепи поставок кондитерских изделий для определения эффективного подвижного состава.

Постановка задачи. Для исследования процесса организации транспортировки продукции необходимо разработать соответствующую модель.

Данная модель должна:

1. Отражать все этапы рассматриваемого процесса;
2. Учитывать всех участников рассматриваемого процесса;
3. Моделировать продвижение грузопотока;
4. Учитывать специфику формирования грузовой единицы;
5. Учитывать специфику используемых транспортных средств;
6. Учитывать все ресурсы, необходимые для транспортировки.

Разработанная модель должна позволять варьировать основные параметры, такие как грузопоток, размер грузовой единицы, используемое транспортное средство и его основные параметры, маршрут перевозки.

Также разработанная модель должна позволять проводить моделирование поставок грузов за различный промежуток времени.

В результате моделирования необходимо выбрать эффективный подвижной состав для заданных условий поставок.

Результаты исследований. Для проведения моделирования, отвечающего требованиям адекватности, полноты и избыточности, разработана концептуальная модель транспортного процесса, которая содержит следующие основные элементы:

1. Участники транспортного процесса.
   – грузоотправитель;
   – грузополучатель;
2. Транспортное средство.
3. Груз.
4. Маршрут.
5. Условия поставки.

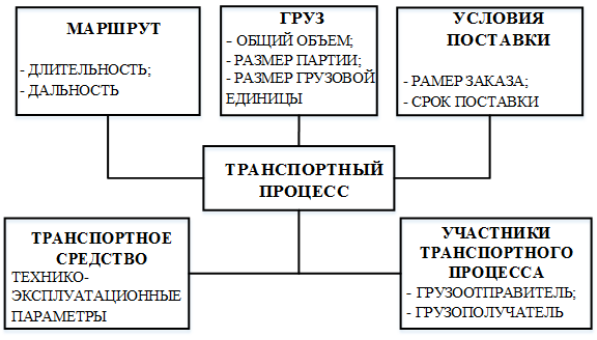


Рис. 1. Концептуальная модель транспортного процесса

Взаимодействие этих элементов образует транспортный процесс и обеспечивает имитацию формирования и продвижения грузопотока.

Рассмотрим более подробно каждый из них.

Грузоотправитель в данной постановке задачи моделирования характеризуется следующими параметрами:

– номенклатура перевозимого груза;
– специальные погрузочные средства необходимой грузоподъемности и функциональности.

Транспортное средство характеризуется технико-эксплуатационными параметрами:

– грузоподъемность;
– грузовместимость;
– скорость передвижения.

Груз в модели имеет два значения:

– общий объем груза, который необходимо перевезти;

– размер грузовой единицы и перевозимой партии.

Общий объем груза отображает грузопоток за определенный период времени (неделя, месяц, квартал, год).

Размер грузовой единицы – это габариты и вес упакованной для погрузки продукции. Грузовая единица характеризуется весом.

Размер перевозимой партии – объем и вес груза, который помещается в транспортное средство и перевозится за одну ездку.

Маршрут – это путь следования объекта, учитывающий направление движения относительно географических ориентиров или координат, с указанием начальной и конечной точек, основных пунктов и привязкой ко времени.

Маршрут характеризуется расстоянием от начальной до конечной точки, а так же длительностью. В данной работе рассматривается простой маятниковый маршрут.

Условия поставки – это заранее оговоренные параметры поставки между грузоотправителем и грузополучателем.

К условиям поставки стоит отнести:

– размер заказа;
– срок поставки.

В разработанной модели сделаны следующие допущения:

– считается, что необходимый человеческий ресурс доступен в полном объеме для каждого элемента модели;

– эксплуатация человеческого ресурса соответствует всем технологическим и санитарным требованиям и нормам.

Имитационная модель построена с использованием инструментария AnyLogic [10–16]. В качестве элементов модели применялись переменные различного типа данных и компоненты из библиотеки Enterprise Library (Библиотека моделирования предприятия), Process Modeling Library (Библиотека моделирования процессов), Fluid Library **(**Библиотека моделирования потоков**)**.

Описание разработанной модели. На рисунке 2 изображена разработанная модель транспортного процесса в цепи поставок кондитерских изделий для определения эффективного подвижного состава.

Элемент *Грузоотправитель* (Sourse) генерирует заявку. Заявка имитирует поступление с конвейера кондитерской продукции (печенье), которая уже запакована в гофрированную коробку стандартного образца. Заявки генерируются согласно заданной интенсивности поступления в течение всего моделируемого периода.

После поступления заявки происходит формирование грузовой единицы. Процесс погрузки коробок на паллеты имитируется с помощью элементов *Грузовая единица* (Service) и *Накопление паллет* (Assembler).

Грузовая единица (Service) имитирует укладку коробки на паллету с заданными временными параметрами.

Накопление паллет происходит в соответствии с установленными технико-эксплуатационными показателями паллет и транспортных средств.

При осуществлении загрузки транспортных средств имеется расходный ресурс, а именно паллета. Для имитирования расходования ресурсов при выполнении определенной логистической операции используется элемент *Паллет* (ResourcePool).

В элементе ResourcePool можно задать однородные или неоднородные ресурсы, используемые при выполнении работы, а также их количество. В данной модели используются однородные ресурсы – паллеты определенного количества. Ресурс этого же типа используется при загрузке транспортного средства.

Загрузка транспортного средства имитируется следующими элементами: *Загрузка_ТС* (service) и *Отправка машин* (Assembler).

Элемент *Загрузка_ТС* (service) имитирует выполнение погрузочных работ по заполнение транспортного средства сформированными грузовыми единицами.

Контроль загрузки (подсчет погруженных единиц) осуществляется с помощью элемента *Отправка машин* (Assembler). Как только происходит погрузка необходимого количества паллет, транспортное средство уходит по маршруту. Регулируя количество погружаемых паллет, можно моделировать загрузку транспортных средств различной грузоподъемности.

Процесс продвижения транспортного средства по маршруту имитируется с помощью элементов *Движение_ТС* (Service) и *Движение_ТС_обратно* (Service). В соответствующем элементе указывается длительность маршрута. Изменяя эту длительность, можно имитировать различные маршруты доставки.

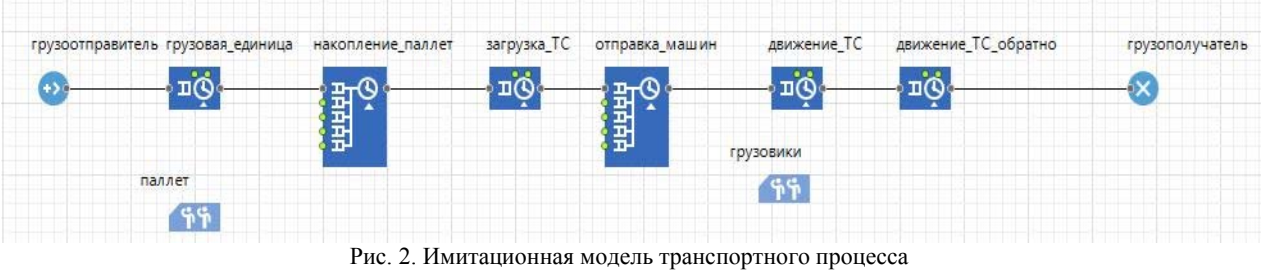


Рис. 2. Имитационная модель транспортного процесса

В качестве ресурса для выполнения данной работы учитываются *Грузовики*.

Ресурс грузовики имитируется с помощью ResourcePool. Данный вид ресурса является динамическим, то есть имитируется его перемещение во времени. При этом задается имеющееся количество ресурсов и скорость движения.

Элемент *Грузополучатель* (Sink) имитирует выполнение договорных обязательств перед грузополучателем, с одной стороны, и завершение цикла транспортировки, т.е. возвращение грузовика «на базу» с другой стороны. На этом моделируемый процесс (цикл прогона) заканчивается.

Этот цикл прогона осуществляется в течение заданного модельного времени, т. е. того календарного промежутка времени, который моделируется.

Данное модельное время задается в специальном агенте Main, который представляет собой всю модель и отвечает за общее поведение модели.

Кроме модельного времени задаются единицы измерения времени, в которых выдержаны все временные параметры модели. Задается условие интерпретации системного времени (рассматривать как реальное или виртуальное).

Исходные данные для моделирования. В качестве примера моделируется месячная поставка кондитерских изделий печенье "Сувенирный набор" фабрики «Бисквит-шоколад» из г. Харьков в г. Одесса.

Для проведения моделирования были собраны и получены следующие исходные данные:

1. Длина маршрута составляет 712 км.
2. Параметры грузовой единицы (таблица 1);
3. Объем перевозимого груза (таблица 2);
4. Параметры транспортного средства (Таблица 3).

Таблица 1

Параметры грузовой единицы

Вес, кг	Количество штук в ящике	Вес ящика, кг	Количество ящиков на паллете, шт
0,55	5	2,75	50

Таблица 2

Объем перевозимого груза

№	Наименование	Количество, тонн
1.	Годовой выпуск продукции фабрики	60 000
2.	Доля внутреннего рынка (64%)	38 400
3.	Годовая доля рынка г. Одесса	1560
4.	Месячный объем поставок в г. Одесса	130

Разработанная имитационная модель содержит следующие параметры, варьируемые в ходе исследования:

1. Объем грузопотока (грузоотправитель);
2. Время формирования паллеты;
3. Время загрузки паллеты в транспортное средство;
4. Грузоподъемность транспортного средства;
5. Движение транспортного средства под грузом;
6. Движения транспортного средства на холостом ходу;
7. Количество доступных рефрижераторов.

Таблица 3

Параметры транспортного средства

Параметры	Рефрижератор		
	ЗИЛ 5301	КамАЗ	Scania
Длина, м	5	7	13,6
Ширина, м	2,5	2,5	2,5
Высота, м	2,3	2,5	2,6
Грузоподъемность, т	5т	10т	20т
Объем, $м^3$	30	45	88
Вместимость кузова, паллеты	12	18	33
Средняя скорость, км/ч	60	50	40
Расход топлива на 100 км, л	15	26	30

Исследование проводилось по следующему плану.

1. Параметры модели: Объем грузопотока, Время формирования паллеты, Время загрузки паллеты в транспортное средство остаются неизменными для всех вариантов исследования модели.

2. Исследование проводится для трех типов рефрижераторов грузоподъемностью 5 т, 10 т и 20 т соответственно.

3. Использование рефрижератора каждого типа моделируется с учетом его грузовместимости, скорости движения под грузом и на «холостом ходу».

4. Исследование проводится с учетом разного количества доступных рефрижераторов каждого типа.

5. Если процент использования доступных рефрижераторов превышает 70 % , необходимо проводить следующий «прогон» модели с увеличением количества доступных рефрижераторов на единицу. Это необходимо для соблюдения технико-экономических условий эксплуатации подвижного состава.

Для определения эффективного подвижного состава в ходе моделирования необходимо определить значения следующих параметров исследуемого транспортного процесса:

1. Общее количество перевезенной продукции.
2. Количество машин готовых к транспортировке.
3. Количество отправленных машин.
4. Количество доехавших машин.
5. Количество доставленного груза.
6. Количество доступных рефрижераторов.
7. Процент использования рефрижераторов.

Все результаты моделирования приведены в сводной таблице (таблица 4).

Таблица 4

Сводная таблица результатов моделирования

Результаты моделирования	Рефрижераторы								
	ЗИЛ 5301				КамАЗ			Scania	
1. Количество доступных грузовиков, шт	1	2	3	4	1	2	3	1	2
2. Общее количество сформированных паллет, шт.	926	922	929	923	928	922	923	924	926
3. Количество машин, готовых к отправке, шт.	33	64	77	76	28	51	51	23	28
4. Количество отправок, шт	33	64	77	76	28	51	51	23	28
5. Количество машин, доставивших груз, шт	31	62	76	75	26	50	50	22	л27
6.Общее количество кондитерских изделий, коробки.	46346	46131	46508	46183	46414	46141	46174	46216	46350
7. Количество доставленного груза, т	18600	37200	45600	45000	23400	45000	45000	36300	44550
8. Процент использования транспортного средства, %	98	97	80	59	97	94	63	96	61

На основании полученных результатов сделаны следующие выводы:

для заданного транспортного процесса с учетом всех исходных данных наиболее эффективным транспортным средством является рефрижератор типа КамАЗ, грузоподъемностью 10т;

для перевозки заданного количества груза в указанные сроки понадобится не менее трех транспортных средств выбранного типа.

Вывод. Разработанная имитационная модель отвечает требованиям адекватности, полноты и избыточности, и позволяет исследовать транспортный процесс при соблюдении условий формирования исходных данных.

Разработанная модель применима для различных исходных данных.

При изменении категории перевозимого груза изменятся его физико-химические свойства, принцип формирования грузовой единицы и партии соответственно. Эти операции будут обладать своей длительностью и необходимым количеством ресурса. Внесенные изменения повлекут применение другого типа подвижного состава, который будет характеризоваться своим значением параметров, используемых в модели. Набор параметров останется неизменным.

Для задания другого грузоотправителя и грузополучателя достаточно изменить расстояние транспортировки.

Литература

1. Майборода, М.Е. Грузовые автомобильные перевозки: уч. пособие / М.Е. Майборода, В.В. Беднарский. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 442 с.
2. Логистика автомобильного транспорта: учеб. пособие / В.С. Лукинский, В.И. Бережной, Е.В. Бережная и др. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 368 с.
3. Лукинский В.С. Моделирование временных составляющих автомобильных перевозок при реализации технологии «точно в срок» / В.С. Лукинский // Научный журнал «Современные проблемы науки и образования». – 2012. ISSN 2070-7428.
4. Бауэрокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика. Интегрированная цепь поставок. Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп–Бизнес», 2001. – 640 с.
5. Hartmut Stadler. Supply Chain Management and Advanced Planning. Concept, Models, Software and Case Studies. Third Edition / Hartmut Stadler, Christoph Kilger. – Springer, Germany. – 2012. – 510 p
6. Vasco Sanchez Rodrigues. Establishing a transport operation focussed uncertainty model for the supply chain. / Vasco Sanchez Rodrigues, Damian Stantchev, Andrew Potter, Mohamed Naim and Anthony Whiteing.14th International Annual EuROMA Conference, Ankara, 17-20 June 2007. – 10 p
7. Paweł Sitek. Cost optimization of supply chain with multimodal transport / Paweł Sitek , Jarosław Wikarek. Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems. –2007 pp. 1111–1118 ISBN 978-83-60810-51-4
8. Sebastian Kot. Transportation process in global supply chain / Sebastian Kot. – Advanced Logistic Systems, Czestochowa University of Technology. – 15-20 p
9. Lauri Koivula. Modeling supply chain costs in the automotive manufacturing industry. The case of Valmet Automotive. Logistics Master's thesis / Lauri Koivula. – Department of Information and Service Economy Aalto University School of Business. – 2015. – 128 p
10. AnyLogic. Многоподходное имитационное моделирование. Электронный ресурс.– Режим доступа: http://www.anylogic.ru/new-features.
11. Боев, В.Д. Компьютерное моделирование: пособие для курсового и дипломного проектирования / В.Д.Боев, Д.И. Кирик, Р.П. Сыпченко. – СПб.: ВАС, 2011. –348с.
12. Боев, В.Д. Компьютерное моделирование: пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7 / В.Д.Боев. – СПб.: ВАС, 2014. – 432 с.
13. Ivanov D. Operations and supply chain simulation with AnyLogic 7.2. / D Ivanov. – 2016. – 97 p.
14. Григорьев И. Any Logic за 3 дня: практическое пособие по имитационному моделированию / И.Григорьев. – 2016. – 202 p.
15. Лычкина Н.Н. Моделирование экономических процессов: пособие для студентов программы eMBI / Н.Н. Лычкина. – М., 2005. – 164 p.
16. Маликов, Р.Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6

[Текст]: учеб. пособие/ Р. Ф. Маликов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2013. – 296с.

R e f e r e n c e s

1. Majboroda, M.E. Gruzovye avtomobil'nye perevozki: uch. posobie / M.E. Majboroda, V.V. Bednarskij. – Izd. 2-e. – Rostov n/D: Feniks, 2008. – 442 s.
2. Logistika avtomobil'nogo transporta: ucheb. posobie / V.S. Lukinskij, V.I. Berezhnoj, E.V. Berezhnaja i dr. – M.: Finansy i statistika, 2004. – 368 s.
3. Lukinskij V.S. Modelirovanie vremennyh sostav-ljajushhih avtomobil'nyh perevozok pri realizacii tehnologii «tochno v srok» / V.S. Lukinskij // Nauch-nyj zhurnal «Sovremennye problemy nauki i obra-zovanija». – 2012. ISSN 2070-7428.
4. Baujeroks D.Dzh., Kloss D.Dzh. Logistika. Integrirovannaja cep' postavok. Per. s angl. – M.: ZAO «Olimp–Biznes», 2001. – 640 s.
5. Hartmut Stadler. Supply Chain Management and Advanced Planning. Concept, Models, Software and Case Studies. Third Edition / Hartmut Stadler, Christoph Kilger. – Springer, Germany. – 2012. – 510 p
6. Vasco Sanchez Rodrigues. Establishing a transport operation focussed uncertainty model for the supply chain. / Vasco Sanchez Rodrigues, Damian Stantchev, Andrew Potter, Mohamed Naim and Anthony Whiteing.14th International Annual EuROMA Conference, Ankara, 17-20 June 2007. – 10 p
7. Paweł Sitek. Cost optimization of supply chain with multimodal transport / Paweł Sitek , Jarosław Wikarek. Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems. –2007 pp. 1111–1118 ISBN 978-83-60810-51-4
8. Sebastian Kot. Transportation process in global supply chain / Sebastian Kot. – Advanced Logistic Systems, Czestochowa University of Technology. – 15-20 p
9. Lauri Koivula. Modeling supply chain costs in the automotive manufacturing industry. The case of Valmet Automotive. Logistics Master's thesis / Lauri Koivula. – Department of Information and Service Economy Aalto University School of Business. – 2015. – 128 p
10. AnyLogic. Mnogopodhodnoe imitacionnoe modelirovanie. Jelektronnyj resurs.– Rezhim dostupa: http://www.anylogic.ru/new-features.
11. Boev, V.D. Komp'juternoe modelirovanie: posobie dlja kursovogo i diplomnogo proektirovanija / V.D.Boev, D.I. Kirik, R.P. Sypchenko. – SPb.: VAS, 2011. –348s.
12. Boev, V.D. Komp'juternoe modelirovanie: posobie dlja prakticheskih zanjatij, kursovogo i diplomnogo proektirovanija v AnyLogic7 / V.D.Boev. – SPb.: VAS, 2014. – 432 s.
13. Ivanov D. Operations and supply chain simulation with AnyLogic 7.2. / D Ivanov. – 2016. – 97 p.
14. Grigor'ev I. Any Logic za 3 dnja: prakticheskoe poso-bie po imitacionnomu modelirovaniju / I.Grigor'ev. – 2016. – 202 p.
15. Lychkina N.N. Modelirovanie jekonomicheskih processov: posobie dlja studentov programmy eMBI / N.N. Lychkina. – M., 2005. – 164 p.
16. Malikov, R.F. Praktikum po imitacionnomu modelirovaniju slozhnyh sistem v srede AnyLogic 6 [Tekst]: ucheb. posobie/ R. F. Malikov. – Ufa: Izd-vo BGPU, 2013. – 296s.

Соляник Т.М., Білокінь Ю.А. Моделювання транспортних процесів у ланцюзі поставок кондитерських виробів.

Дана стаття присвячена використанню методів та інструментарію імітаційного моделювання для аналізу транспортних процесів в ланцюзі постачань кондитерських виробів. Розроблено концептуальну модель транспортного процесу, яка містить його основні елементи. Розроблено і побудована імітаційна модель транспортного процесу, описані її основні параметри. Сформульовано вихідні дані і план для проведення дослідження, а також основні результати, які повинні бути отримані в ході моделювання. Як приклад використання моделі проведено моделювання транспортного процесу в ланцюзі постачань кондитерських виробів фабрики «Бісквіт-шоколад» і визначено ефективний рухомий склад і необхідну кількість транспортних засобів. Досліджено можливість застосування розробленої моделі для інших вихідних даних.

***Ключові слова**: логістика, транспортний процес, транспортний засіб, маршрут, імітаційна модель, Агентне імітаційне моделювання*

Solyanik T., Bilokin Ju. Modeling of transport processes in the chain supply of confectionery products.

This article is devoted to the use of methods and tools for simulation modeling for the analysis of transport processes in the chain of confectionery supplies. A conceptual model of the transport process is developed, which contains its main elements. A simulation model of the transport process is developed and constructed, its main parameters are described. The initial data and the plan for conducting the study are formulated, as well as the main results to be obtained during the simulation. As an example of using the model, a simulation of the transport process in the confectionery supply chain of the Biscuit-Chocolate factory was carried out, and an effective rolling stock and the required number of vehicles were determined. The applicability of the developed model for other initial data is investigated.

***Keywords**: logistics, transport process, vehicle, route, simulation model, agent simulation*

Соляник Т.М. – доцент кафедри інформаційних управляючих систем, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», м. Харків, Україна,
e-mail: baggirou@gmail.com.
Білокінь Ю.А. – доцент кафедри інформаційних управляючих систем, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», м. Харків, Україна,
e-mail: ulia_g1@mail.ru

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

Стаття подана 01.04.2017

УДК 621.3:629.4:625.42

РОЗРОБКА ПІДХОДУ З ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БОРТОВОГО ЄМНІСНОГО НАКОПИЧУВАЧА ЕНЕРГІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ

Сулим А.О.

APPROACH DEVELOPMENT FOR PARAMETERS DETERMINATION THE OF ONBOARD ENERGY CAPACITIVE STORAGE OF METRO ROLLING STOCK

Sulym A.

У статті розглянуто подальший розвиток рухомого складу метрополітену, в частині підвищення його енергоефективності за рахунок застосування накопичувачів енергії. За результатами аналізу попередніх досліджень встановлено, що в метрополітені найбільш раціональним є впровадження бортових накопичувачів енергії ємнісного типу, зібраних з конденсаторних модулів (іоністорів). Розглянуто одне з актуальних питань – розробка підходу з визначення необхідних параметрів бортового ємнісного накопичувача енергії для заданої ділянки експлуатації рухомого складу метрополітену. Основна ідея підходу полягає у визначенні параметрів для заданої умови ведення рухомого складу, що відповідає режиму максимального енергообміну. Підхід включає наступні етапи досліджень: вибір ділянки експлуатації, експериментальне дослідження під час експлуатації рухомого складу в режимі максимального енергообміну, обробка отриманих масивів даних, аналіз характеристик за результатами обробки масивів даних та безпосереднє визначення параметрів бортового ємнісного накопичувача енергії за запропонованими критеріями. З використанням розробленого підходу визначено параметри бортового ємнісного накопичувача енергії для заданої ділянки експлуатації рухомого складу метрополітену.

Ключові слова: *рухомий склад метрополітену, система рекуперації, ємнісний накопичувач енергії, конденсаторний модуль, іоністор.*

Постановка проблеми. На даний час метрополітени України не забезпечені необхідною кількістю вагонів, а існуючий парк рухомого складу має значну зношеність. В комунальному підприємстві (КП) «Київський метрополітен» станом на 2016 рік близько 35 % рухомого складу має термін експлуатації більший ніж встановлений заводом-виробником, насамперед це вагони метрополітену серії «Е». Тому перед метрополітенами України стоїть нагальна проблема оновлення парку тягового рухомого складу шляхом закупівлі вагонів нового покоління або проведенні модернізації існуючих.

Необхідність розв'язання вищезазначеної 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 рухомого складу України на 2008-2020 роки, яку затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 року № 1259.

Відповідно до сучасних вимог, одним з ключових питань при оновленні рухомого складу є зменшення енергетичних витрат на тягу за рахунок впровадження на ньому енергозберігаючих технологій та енергоефективних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Слід зазначити, що перші кроки в цьому напрямку вже зроблені. В останні роки, з метою скорочення споживання електроенергії на тягу, метрополітенами України поступово вводиться в експлуатацію новостворений та модернізований рухомий склад. Головними відмінностями даного рухомого складу є впровадження на ньому енергозберігаючого обладнання, насамперед систем рекуперації, мікропроцесорної системи управління, ефективного асинхронного приводу. За результатами досліджень [1] відомо, що модернізація існуючого рухомого складу у відношенні до п'ятивагонного зчепу дозволяє скоротити споживання електроенергії з мережі на рівні 40 %.

З аналізу багатьох досліджень відомо [2–5], що є можливість додаткового заощадження за рахунок ефективного використання електроенергії рекуперації. За існуючої інфраструктури системи тягового енергозабезпечення метрополітену використання електроенергії рекуперації має імовірнісний характер, як наслідок, існує проблема реалізації надлишкової електроенергії за відсутності споживачів в зоні рекуперації [2, 4, 6]. Одним з основних шляхів розв'язання зазначеної проблеми є впровадження систем накопичення енергії [2–6]. Серед існуючих

систем накопичення енергії найбільшу перспективу мають ємнісні накопичувачі енергії (ЄНЕ), зібрані з конденсаторних модулів (іоністорів) [3–9]. Основними перевагами використання ЄНЕ є відносно невисока ціна, надійність, значний ресурс, широкий діапазон робочих температур, високий коефіцієнт повернення електроенергії, екологічність, не потребують технічного обслуговування. Серед додаткових переваг використання ЄНЕ є вібростійкість, низький внутрішній опір, відсутність небезпеки перегріву та зміни технічних характеристик при низьких і високих температурах.

З аналізу робіт [2–5, 8, 10] відомо, що ЄНЕ можна розміщати в різних місцях системи тягового енергозабезпечення метрополітену: на шинах тягових підстанцій, на ділянках контактної мережі, на зупинках (станціях), на рухомому складі. Аналіз робіт [3–5, 8, 9] дозволив встановити, що найбільш раціональним є бортове розміщення ЄНЕ на рухомому складі метрополітену. Основними перевагами бортового розміщення ЄНЕ є максимальна ефективність енергообміну (втрати електроенергії зводяться до мінімуму), підвищення пропускної здатності в «години пік» (стабілізація напруги контактної мережі), забезпечення автономного ведення рухомого складу під час аварійного відключення живлення контактної мережі. Отже в даній роботі розглядається підвищення ефективності використання електроенергії рекуперативного гальмування за рахунок розміщення ЄНЕ на рухомому складі метрополітену з системами рекуперації.

Одним з ключових та маловивчених питань при цьому є визначення необхідних параметрів бортового ЄНЕ для заданої ділянки експлуатації рухомого складу метрополітену. В попередніх дослідженнях [6, 9] визначення параметрів ЄНЕ пропонується здійснювати за характеристикою кількості електроенергії рекуперації від швидкості початку гальмування. Даний підхід не враховує такі фактори, як профіль колії, наявність електропневматичного (комбінованого) гальмування, розподіл потужності та кількості електроенергії рекуперації під час експлуатації поїзда на заданій ділянці. Отже необхідна розробка іншого підходу, який дозволить врахувати вищевказані фактори.

Метою роботи полягає у розробці підходу щодо визначення необхідних параметрів бортового ЄНЕ для заданої ділянки експлуатації рухомого складу метрополітену.

Викладення основного матеріалу. Основна ідея запропонованого підходу полягає у визначенні параметрів бортового ЄНЕ шляхом аналізу характеристик щільності розподілу потужності та кількості електроенергії рекуперації для заданої умови експлуатації рухомого складу, що відповідає режиму максимального енергообміну. Під режимом максимального енергообміну мається на увазі заданий режим ведення рухомого складу метрополітену з максимальним завантаженням за умови дотримання «пікового» графіку руху. Запропонований підхід визначення необхідних параметрів бортового ЄНЕ включає наступні етапи:

1) вибір ділянки експлуатації рухомого складу метрополітену;

2) експериментальне дослідження енергетичних процесів під час експлуатації рухомого складу метрополітену в режимі максимального енергообміну;

3) обробка отриманих масивів даних;

4) аналіз характеристик за результатами обробки масивів даних;

5) безпосереднє визначення параметрів бортового ЄНЕ за запропонованими критеріями.

Перший етап полягає у виборі ділянки експлуатації рухомого складу метрополітену. З використанням зазначеного підходу визначення параметрів бортового ЄНЕ розглянуто на прикладі експлуатації рухомого складу метрополітену між кінцевими станціями Святошинсько-Броварської лінії КП «Київський метрополітен». Рухомий склад представляє собою п’ятивагонний поїзд з асинхронним тяговим приводом та системами рекуперації, в якому головні вагони – безмоторні, проміжні – моторні.

Другий етап, який передбачає експериментальне дослідження під час експлуатації рухомого складу метрополітену в режимі максимального енергообміну, проведено з використанням дослідного комплексу. До складу комплексу входить вищезазначений поїзд та вимірювальна система, що встановлена на його борту. Вимірювальна система розроблена спеціалістами ДП «УкрНДІВ» для дослідження енергообмінних процесів між контактною мережею та поїздом в реальних умовах його експлуатації. До складу вимірювальної системи входять: персональний комп’ютер, аналого-цифровий перетворювач, блок комутації, блок узгодження та вимірювальні датчики. Вимірювальна система передбачає отримання, відображення та збереження даних, отриманих від вимірювальних датчиків, які встановлені на дослідному поїзді.

Осцилограми напруги контактної мережі (на струмоприймачі), струму та швидкості руху складу при його заданому режимі ведення з максимальним завантаженням між кінцевими станціями «Лісова–Академмістечко–Лісова» Святошинсько-Броварської лінії за умов дотримання «пікового» графіку руху, приведені на рис. 1–2. Слід зазначити, що на осцилограмах (рис. 1–2) не показано час зупинки поїзда на станціях. В реальних умовах експлуатації згідно графіку руху час зупинки поїзда на станціях складає 30 секунд.

Третій етап передбачає обробку отриманих масивів даних. Обробка даних здійснюється на персональному комп’ютері за допомогою атестованого програмного забезпечення «ЕЛЕКТРО» [11]. За результатами обробки масивів даних визначено наступні показники для кожного режиму гальмування під час заданого режиму ведення поїзда між кінцевими станціями Святошинсько-Броварської лінії: швидкість початку гальмування (Vгал), середня та максимальна потужність гальмування (Pсер, Pmax), а також кількість електроенергії рекуперації (А).

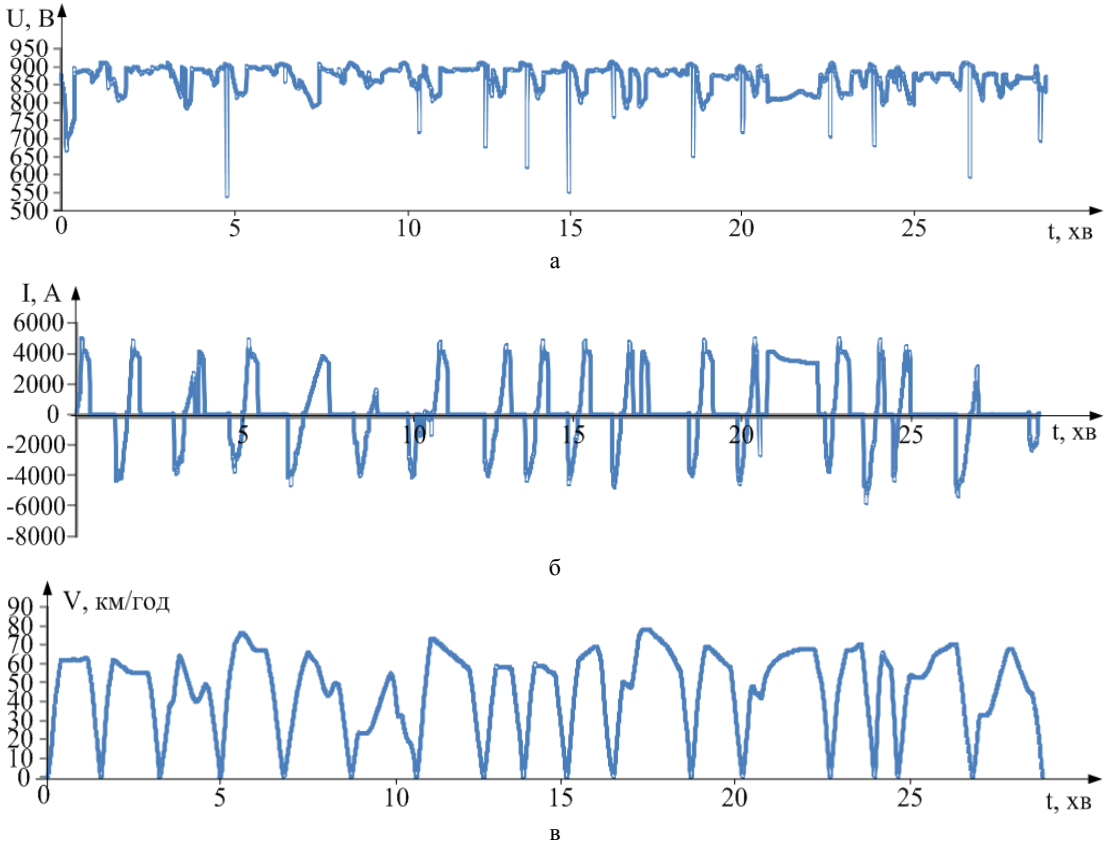


Рис. 1. Осцилограми під час експлуатації поїзда з системою рекуперації
між станціями «Лісова–Академмістечко»:
а – напруга на струмоприймачі U(t); б – струм поїзда I(t); в – швидкість руху поїзда V(t)

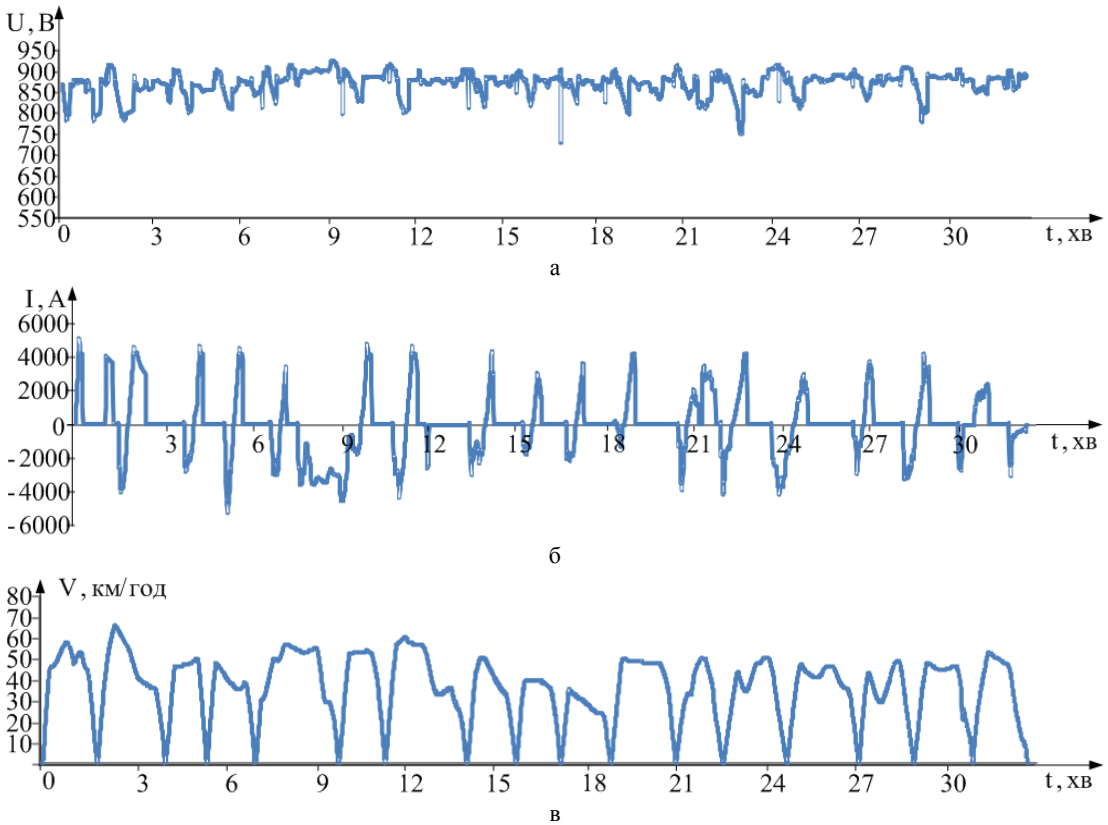


Рис. 2. Осцилограми під час експлуатації поїзда з системою рекуперації між станціями «Академмістечко–Лісова»:
а – напруга на струмоприймачі U(t); б – струм поїзда I(t); в – швидкість руху поїзда V(t)

Миттєва потужність рухомого складу для режиму рекуперативного гальмування визначається за виразом [12, 13]:

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \qquad (1)$$

Середня потужність електроенергії рекуперації визначається за виразом [13, 14]:

$$P_{сер} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^{N} P_k = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^{N} U_k \cdot I_k, \qquad (2)$$

де N – загальна кількість інтервалів дискретизації в процесі досліджень; U_k, I_k – значення напруги та струму в момент часу t_k при дискретизації сигналів u(t) і i(t).

Кількість електроенергії рекуперації визначається за виразом [14, 15]:

$$A = \frac{\int_0^T Pdt}{3{,}6 \cdot 10^6} = \frac{\sum_{k=1}^{T} U_k \cdot I_k \cdot \Delta t}{3{,}6 \cdot 10^6}, \qquad (3)$$

де T – час (період) досліджень; Δt – інтервал квантування обробки сигналів u(t) і i(t), що дорівнює в даній роботі 0,5 с.

Результати обробки масивів для заданих умов експлуатації поїзда, приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати обробки масивів даних

Досліджувана ділянка	$V_{гал}$, км/год	$P_{сер}$, кВт	P_{max}, кВт	A, кВт·год
Лісова–Чернігівська	63	1664	2496	9,17
Чернігівська–Дарниця	55	1419	2093	7,09
Дарниця–Лівобережна	49	1019	1969	6,64
Лівобережна–Гідропарк	67	1407	2719	10,81
Гідропарк–Дніпро	50	1191	2219	8,39
Дніпро–Арсенальна	55 32	1661 465	2364 945	6,39 2,13
Арсенальна–Хрещатик	57	1245	2208	7,21
Хрещатик–Театральна	57	1541	2531	7,9
Театральна–Університет	54	1410	2733	6,85
Університет–Вокзальна	60	1519	3060	6,75
Вокзальна–КПІ	56	1462	2189	6,48
КПІ–Шулявська	58	1555	2661	7,52
Шулявська–Берестейська	51	1322	1904	4,98
Берестейська–Нивки	70	2009	3713	11,91
Нивки–Святошино	56	1383	2478	3,45
Святошино–Житомирська	70	1848	3437	12,26
Житомирська–Академмістечко	44	849	1299	3,78
Академмістечко–Житомирська	59	1397	2668	7,36
Житомирська–Святошино	43	1074	1843	4,16
Святошино–Нивки	59	1786	2565	7,93

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Нивки–Берестейська	57	1560	2901	9,08
Берестейська–Шулявська	66 37	1798 784	3835 1529	42,48 2,13
Шулявська–КПІ	67	1864	3376	10,12
КПІ–Вокзальна	69 42	811 580	1285 880	1,92 4,42
Вокзальна–Університет	45	968	1819	4,02
Університет–Театральна	45	925	1439	4,1
Театральна–Хрещатик	49	1200	1888	5,65
Хрещатик–Арсенальна	46	1061	1567	4,12
Арсенальна–Дніпро	43	759	1629	3,78
Дніпро–Гідропарк	65	1436	3106	13,69
Гідропарк–Лівобережна	53	1157	1961	5,94
Лівобережна–Дарниця	61	929	1868	7,23
Дарниця–Чернігівська	49	1388	2590	5,37
Чернігівська–Лісова	56	1322	3017	6,18

На четвертому етапі будуються та аналізуються характеристики за результатами обробки масивів. Встановлено, що кількість гальмувань для заданого режиму ведення рухомого складу з системами рекуперації складає 37 раз (n=37). За даними табл. 1 побудовано залежності середньої потужності гальмування та кількості електроенергії рекуперації від швидкості початку гальмування (рис. 3–4).

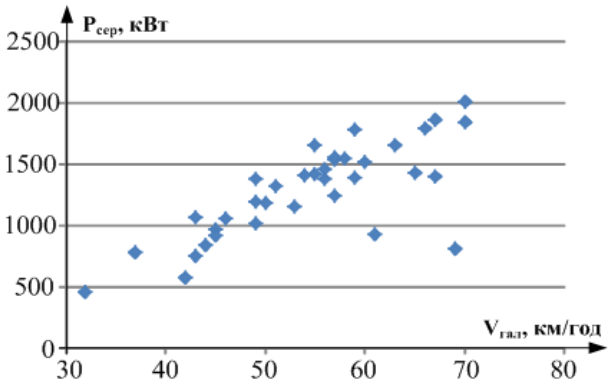


Рис. 3. Залежність середньої потужності від швидкості початку гальмування

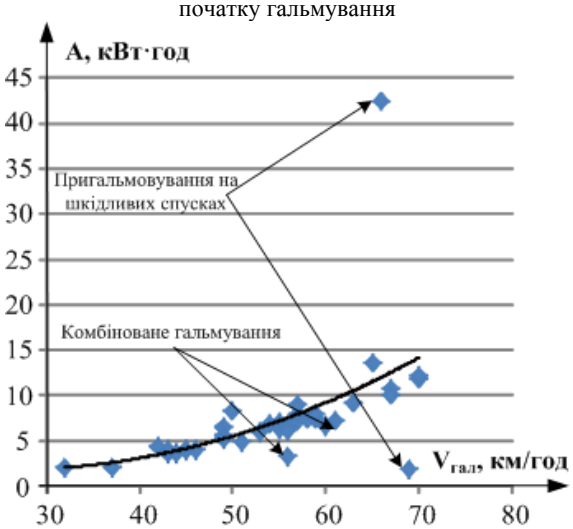


Рис. 4. Залежність кількості електроенергії рекуперації від швидкості початку гальмування

За результатами отриманих значень середньої потужності гальмування та кількості електроенергії рекуперації для кожного режиму гальмування визначається діапазон зміни даних величин. Отриманий діапазон розбивається на декілька піддіапазонів. Після чого для кожного піддіапазону визначається гістограма щільності розподілу середньої потужності та кількості електроенергії рекуперації за формулою:

$$f = \frac{n_i}{n}, \qquad (4)$$

де n_i – кількість гальмувань для досліджуваного піддіапазону.

Гістограми щільності розподілу середньої потужності гальмування та кількості електроенергії рекуперації зображено на рис. 5–6. Крім того, для кожного режиму гальмування (пригальмовування) за даними табл. 1 побудовано графіки максимальної потужності електроенергії гальмування (рис. 7).

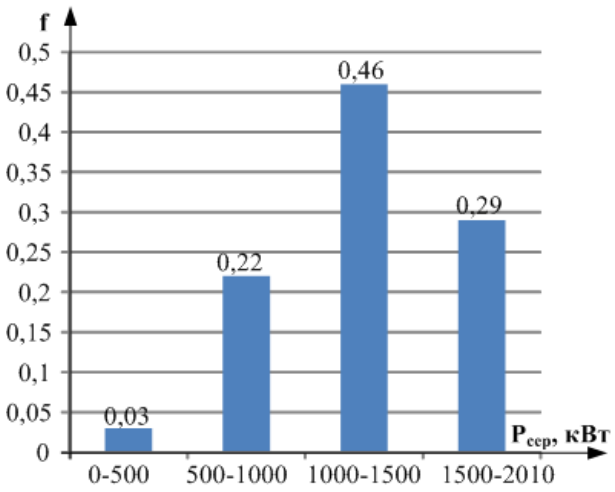


Рис. 5. Гістограми щільності розподілу середньої потужності електроенергії гальмування

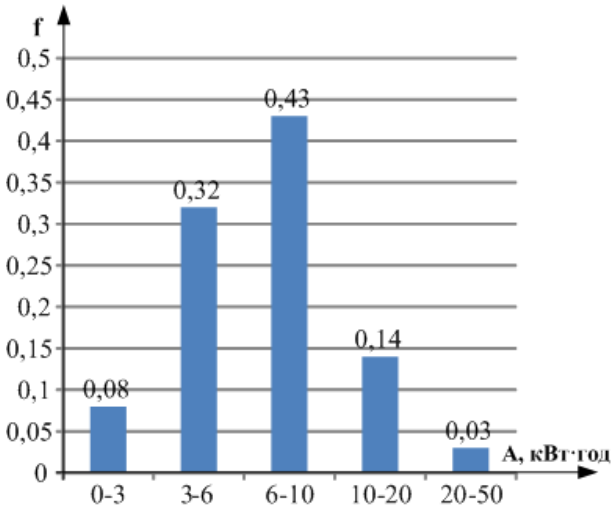


Рис. 6. Гістограми щільності розподілу кількості електроенергії рекуперації

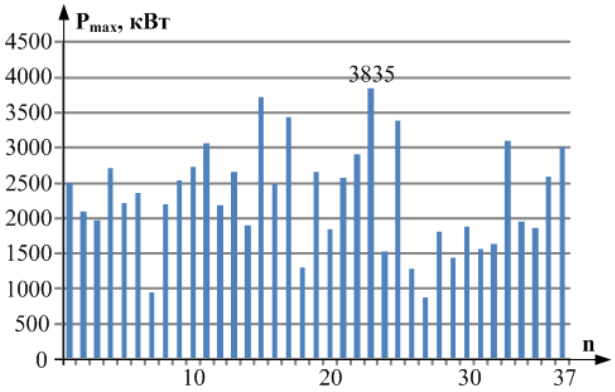


Рис. 7. Графіки максимальної потужності електроенергії гальмування

За результатами аналізу рис. 3–7 для заданих умов експлуатації рухомого складу встановлено наступне:

– середня потужність електроенергії гальмування знаходиться в діапазоні 465…2009 кВт; кількість електроенергії рекуперації – в діапазоні 1,92…44,61 кВт·год (рис. 3, 4);

– необхідна робоча енергоємність ЄНЕ для збереження повного об'єму електроенергії рекуперації при гальмуванні повинна складати не менше ніж 44,61 кВт·год (рис. 4);

– щільність розподілу середньої потужності гальмування та кількості електроенергії рекуперації змінюється за нормальним законом (рис. 5, 6);

– максимальна потужність електроенергії гальмування складає 3835 кВт (рис. 7).

П'ятий етап полягає у безпосередньому визначенні параметрів бортового накопичувача енергії за запропонованими критеріями. Критерії вибору параметрів бортового ЄНЕ запропоновано наступні:

– визначення номінальної потужності ЄНЕ здійснюється за середньою потужністю електроенергії гальмування поїзда на заданій ділянці;

– максимальна потужність ЄНЕ обирається за максимальним (піковим) значенням миттєвої потужності електроенергії рекуперативного гальмування;

– визначення робочої енергоємності ЄНЕ здійснюється в залежності від закону розподілу кількості електроенергії рекуперації: при рівномірному законі розподілу енергоємність визначається за максимальним значенням кількості електроенергії рекуперації (Amax) з n гальмувань, при інших законах – за середнім значенням (Acep) з урахуванням середньоквадратичного відхилення (σ), тобто Acep+σ. Знак «+» в критерії показує, що визначається одне значення енергоємності ЄНЕ, при якому враховується максимальна щільність розподілу кількості електроенергії. Середнє значення визначається для довірчого інтервалу вибірки рівного 0,95. Значення кількості електроенергії рекуперації, що не потрапляють в довірчий інтервал, вважаються промахом і при визначенні середнього значення не враховуються.

Алгоритм визначення параметрів бортового ЄНЕ з використанням запропонованого підходу зображено на рис. 8.

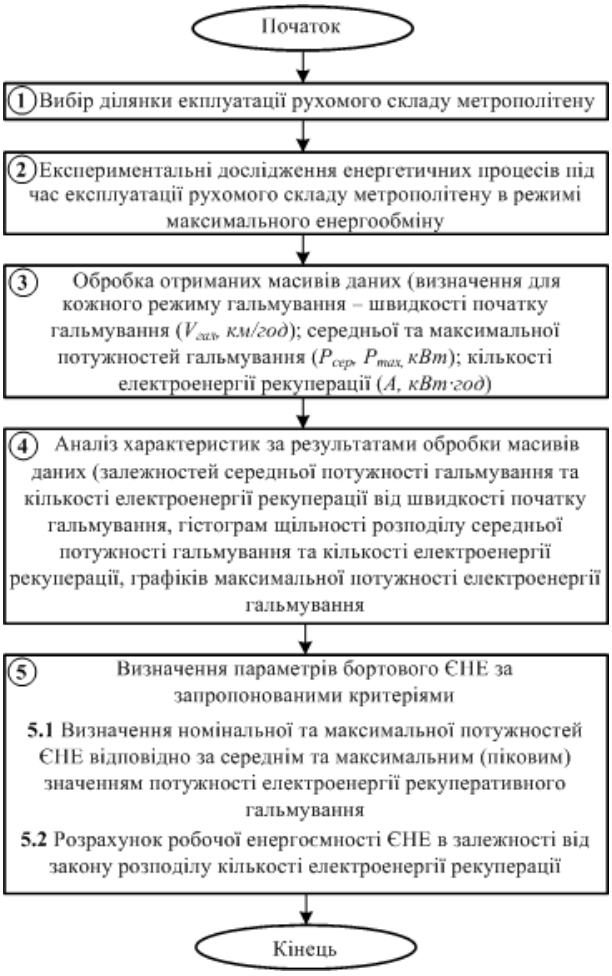


Рис. 8. Алгоритм визначення параметрів бортового ємнісного накопичувача енергії

Результати розрахунків значень номінальної та максимальної потужності ЄНЕ для заданих умов ведення рухомого складу метрополітену з системами рекуперації при використанні запропонованого підходу, приведено в табл. 2. Робочу енергоємність ЄНЕ визначено для довірчого інтервалу з урахуванням нормального закону розподілу, в якому виключається значення кількості електроенергії рекуперації, що дорівнює 42,48 кВт·год. За результатами досліджень встановлено, що для довірчого інтервалу $A_{сер}$ складає 6,58 кВт·год, σ – 2,82 кВт·год. Результати розрахунків робочої енергоємності ЄНЕ за розробленим підходом приведено в табл. 2.

Таблиця 2

Параметри бортового накопичувача

Параметр	Значення
Номінальна потужність, кВт	1314
Максимальна потужність, кВт	3835
Робоча енергоємність, кВт·год	9,4

Таким чином, величини номінальної та максимальної потужності, а також робочої енергоємності бортового ЄНЕ для заданих умов експлуатації поїзда за розробленим підходом повинні складати відповідно на рівні 1314 кВт; 3835 кВт; 9,4 кВт·год. Величина необхідної енергоємності для збереження повного об'єму електроенергії рекуперації повинна складати не менше ніж 44,61 кВт·год.

Висновки. За результатами досліджень для заданих умов експлуатації рухомого складу метрополітену з системами рекуперації встановлено наступне:

– середня потужність електроенергії рекуперації знаходиться в межах 465…2009 кВт; кількість електроенергії рекуперації – в межах 1,92…44,61 кВт·год;

– для збереження повного об'єму електроенергії рекуперації потрібен ЄНЕ, енергоємність якого повинна складати не менше ніж 44,61 кВт·год;

– щільність розподілу середньої потужності та кількості електроенергії рекуперації змінюється за нормальним законом;

– максимальна потужність електроенергії гальмування складає 3835 кВт.

На основі запропонованого підходу виконані дослідження, результати яких дозволили встановити, що для заданої ділянки експлуатації рухомого складу з системами рекуперації, номінальна потужність бортового ЄНЕ повинна складати на рівні 1314 кВт, максимальна потужність – 3835 кВт, робоча енергоємність – 9,4 кВт·год.

Література

1. Донченко А.В. Дослідження енергоефективності модернізованого поїзда метрополітену виробництва ПАТ «КВБЗ» / А. В. Донченко, С. О. Мужичук, А. О. Сулим, П. О. Хозя, О. О. Мельник // Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». – Кременчук, 2015. – Вип. 12. – С. 48–56.
2. Саблін О.І. Дослідження ефективності процесу рекуперації електроенергії в умовах метрополітену / О.І. Саблін // Восточно-Европейский журнал передовых технологий: «Энергосберегающие технологии и оборудование». – Х., 2014. – Вип. 6/8 (72). – С. 9–13.
3. Шевлюгин М.В. Повышение энергетических показателей работы системы тягового электроснабжения железных дорог с помощью накопителей энергии / М.В. Шевлюгин // журнал «Наука и техника транспорта». – Москва, 2007. – Вып. № 1. – С. 68–72.
4. Сулим А.А. Повышение эффективности энергообеспечения подвижного состава метрополитена с системами рекуперации путем применения емкостных накопителей энергии: дис. канд. техн. наук: 05.22.07. – Киев, 2015. – 188 с.
5. Жемеров Г.Г. Системы электроснабжения метрополитена с современными полупроводниковыми преобразователями и накопителями энергии / Г.Г. Жемеров, Н.А. Ильина, Д.В. Тугай, О.И. Холод // науково-практичний журнал «Електротехніка і електромеханіка». – Харків, 2013. – № 1. – С. 41–49.
6. Щуров Н.И. Применение накопителей энергии в системах электрической тяги / Н.И. Щуров, К.В Щеглов, А.А. Штанг // Сборник научных трудов НГТУ. – Новосибирск, 2008. – Вып. № 1(51). – С. 99–104.

7. Устенко А.В. Использование накопителей энергии для улучшения параметров локомотивов / А.В. Устенко, О.В. Пасько // Міжнародний інформаційний науково-технічний журнал «Локомотив-інформ». – Харків: Техностандарт, 2012. – № 10. – С. 4–6.
8. Черемисин В.Т. Выбор мест установки накопителей электроэнергии на полигоне постоянного тока по критерию энергоэффективности / В.Т. Черемисин, М.М. Никифоров, В.Л. Невезак // Наука и транспорт. Модернизация железнодорожного транспорта. – 2013. – № 2 (6). – С. 48–52.
9. Васильев В.А. Повышение энергетической эффективности электропоездов постоянного тока: автореф. дис… канд. техн. наук: 05.22.07. – СПб., 2012. – 16 с.
10. Штанг А.А. Применение накопителей энергии в системах электроснабжения городского электрического транспорта / А.А. Штанг, Е.А. Спиридонов, М.В. Ярославцев // Транспорт Российской Федерации. – СПб., 2012. – № 3-4 (40-41). – С. 68–70.
11. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 16669. Програмний комплекс для збору, відображення, запису та подальшої математичної обробки даних з аналого-цифрових перетворювачів у комп'ютеризованих вимірювальних комплексах («ЕЛЕКТРО») / Автор Сичов С.Д., авторські майнові права належать Сичов С.Д., ДП «УкрНДІВ», дата реєстрації 19.05.2006.
12. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Том первый. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 534 с.
13. Костин Н.А. Коэффициент мощности электроподвижного состава постоянного тока / Н.А. Костин, О.И. Саблин // науково-практичний журнал «Електротехніка і електромеханіка». – Харків, 2005. – № 1. – С. 97–100.
14. Костин Н.А. Автономность рекуперативного торможения – основа надежной энергоэффективной рекуперации на электроподвижном составе постоянного тока / Н.А. Костин, А.В. Никитенко // Залізничний транспорт України. – К., 2014. – Вип. 3. – С. 15–23.
15. Слепцов М.А. Основы электрического транспорта: учебник для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / М.А. Слепцов, Г.П. Долаберидзе, А.В. Прокопович и др. – М.: Издательский центр «Академия». – 2006. – 464 с.

References

1. Donchenko A.V., Muzhychuk S.O, Sulym A.O., Khozya P.O., Melnyk O.O. Doslidzhenya energoefektyvnosti modernizovanogo poizda metropolitenu vyrobnytstva PAT «KVBZ» [A study of energy efficiency of a modernized train of the metro production of PJSC «KRCBW»]. Zbirnyk naukovyh prats «Reikovyi rukhomyi sklad» [Proceedings of «Rail rolling stock»], 2015, issue 12, pp. 48-56.
2. Sablin O.I. Doslidzhenya efektyvnosti protsesu rekuperatsii elektroenergii v umovakh metropolitenu. [Research of efficiency of recovery of electricity under metro]. Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy – East European Journal of advanced technologies, 2014, vol. 72, no. 6/8, pp. 9-13.
3. Shevliugin M.V. Povysheniye energeticheskikh pokazateley raboty sistemy tyagovogo elektrosnabzheniya zheleznykh dorog s pomoshchyu nakopiteley energii [Improving the energy performance of the traction electric Railways with energy storage]. Nauka i tekhnika transporta – Scitech transport, 2007, issue 1, pp. 68-72.
4. Sulim A.A. Povysheniye effektivnosti energoobespecheniya podvizhnogo sostava metropolitena s sistemami rekuperatsii putem primeneniya emkostnykh nakopiteley energii Cand, Diss. [Improvement of power supply the effectiveness rolling stock equipped with recuperation system by using a capacitive energy storage]. Kyiv, 2015. 188 p.
5. Zhemerov G.G., Ilina N.A., Tugay D.V., Kholod O.I. Sistemy elektrosnabzheniya metropolitena s sovremennymi poluprovodnikovymi preobrazovatelyami i nakopitelyami energii [The power supply systems of underground with modern semiconductor converters and energy storage]. Naukovo-praktychnyi zhurnal «Elektrotekhnika i elektromekhanika» – Research and practice magazine «Electrical Engineering and electromechanics», 2013, no 1, pp. 41-49.
6. Shchurov N.I., Shcheglov K.V., Shtang, A.A. Primeneniye nakopitelei energii v sistemakh elektrischeskoy tyagi [The use of energy storage systems of electric traction]. Zbornik nauchnykh trudov NGTU [Proceedings of the NSTU], 2008, vol. 51, no. 1, pp. 99-104.
7. Ustenko A.V., Pasko O.V. Ispolzovanie nakopiteley energii dlya uluchsheniya parametrov lokomotivov [The use of energy storage to improve the parameters of locomotives]. Lokomotiv-inform – Lokomotiv inform, 2012, no. 10, pp. 4-6.
8. Cheremisin V.T., Nikiforov M.M., Nevezak V.L. Vybor mest ustanovki nakopiteley elektroenergii na poligone postoyannogo toka po kriteriyu energoeffektivnosti [The choice of installation sites of the drive power ground DC according to the criterion of efficiency]. Nauka i transport. Modernizatsiya zheleznodorozhnogo transporta – Science and transport. Modernisation of railway transport, 2013, vol. 6, no. 2, pp. 48-52.
9. Vasilyev V.A. Povysheniye energeticheskoy effektivnosti elektropoyezdov postoyannogo toka Avtoreferat Diss. [Improving energy efficiency of electric trains DC]. Sankt-Peterburg, 2012. 16 p.
10. Shtang A.A., Spiridonov Ye. A., Yaroslavtsev M.V. Primeneniye nakopitelei energii v sistemakh elektrosnabzheniya gorodskogo elektricheskogo transporta [The use of energy storage in power supply systems of urban electric transport]. Transport Rosiyskoy Federatsii – Transport Russian Federation, 2012, vol. 40-41, no. 3-4, pp. 68-70.
11. Sychev S.D. Programnyi kompleks dlya zboru, vidobrazhennya, zapysu ta podalshoi matematychnoi obrobky danykh z analogo-tsyfrovykh peretvoriuvachiv u kompiuteryzovanykh vymiriuvalnykh kompleksakh («ELEKTRO») [The software package for collecting, displaying, recording and subsequent mathematical processing of analog-digital converters in a computerized measuring complexes («ELECTRO»)]. The certificate of registration of copyright, no. 16669, 2006.
12. Neyman L.R., Demirchyan K.S. Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki. Tom pervyy. [Theoretical bases of the electrical engineering. Tom first.]. Leningrad, Energoizdat Publ., 1981. 543 p.
13. Kostin N.A., Sablin O.I. Koeffitsiyent moshchnosti elektropodvizhnogo sostava postoyannogo toka [Power factor of the electric rolling stock DC]. Naukovo-praktychnyi zhurnal «Elektrotekhnika i elektromekhanika» – Research and practice magazine «Electrical Engineering and electromechanics», 2005, no 1, pp. 97-100.
14. Kostin N.A., Nikitenko A.V. Avtonomnost rekuperativnogo tormozheniya – osnova nadezhnoy energoeffektivnoy rekuperatsii na elektropodvizhnom sostave postoyannogo toka [Autonomy of regenerative braking – the bases of reliable energy efficient recovery for electric roll-

ing DC]. Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway transport of Ukraine, 2014, issue 3, pp. 15-23.
15. Sleptsov M.A., Dolaberidze G.P., Prokopovich A.V. and other. Osnovy elektricheskogo transporta [Bases of electric transport]. Moscow, Akademiya Publ., 2006. 464 p.

Сулим А.А. Разработка подхода по определению параметров бортового емкостного накопителя энергии подвижного состава метрополитена

В статье рассмотрено дальнейшее развитие подвижного состава метрополитена в части повышения его энергоэффективности за счет применения накопителей энергии. По результатам анализа предыдущих исследований установлено, что в метрополитене наиболее рациональным является внедрение бортовых накопителей энергии емкостного типа, собранных из конденсаторных модулей (ионисторов). Рассмотрен один из актуальных вопросов – разработка подхода по определению необходимых параметров бортового емкостного накопителя энергии для заданного участка эксплуатации подвижного состава метрополитена. Основная идея подхода заключается в определении параметров для заданного условия ведения подвижного состава, который соответствует режиму максимального энергообмена. Подход состоит из следующих этапов исследований: выбор участка эксплуатации, экспериментальное исследование при эксплуатации подвижного состава в режиме максимального энергообмена, обработка полученных массивов данных, анализ характеристик по результатам обработки массивов и непосредственное определение параметров бортового емкостного накопителя энергии по предложенным критериям. С использованием разработанного подхода определены параметры бортового емкостного накопителя энергии для заданного участка эксплуатации подвижного состава метрополитена.

Ключевые слова: *подвижной состав метрополитена, система рекуперации, емкостной накопитель энергии, конденсаторный модуль, ионистор.*

Sulym A.O. Approach development for parameters determination of onboard energy capacitive storage of metro rolling stock.

In the article was considered further development of metro rolling stock concerning improvement of its energy efficiency as a result of capacitive storages use. According to previous researches results it was determined that installation of onboard capacitive storages assembled of capacitor units (supercapacitors) was the most reasonable for metro. One of current issued was considered – development of the approach for determination of the onboard capacitive storage necessary parameters for specified section of metro rolling stock operation. The main idea of the approach is to determine parameters for specified condition of the rolling stock operation that corresponds to the maximum energy exchange mode. Approach consists of the following stages of research: selection of a section, experimental research during the rolling stock operation in the maximum energy exchange mode, processing of the obtained data, analysis of the characteristics based on results of processed data and determination of the onboard capacitive storage parameters according to proposed criteria. According to the developed approach were determined parameters of the onboard energy capacitive storage for specified section of the rolling stock operation.

Key words: *metro rolling stock, recuperation system, capacitive energy storage, capacitor unit, supercapacitor.*

Сулим Андрій Олександрович – старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії електротехнічних, динамічних, теплотехнічних та міцносних досліджень залізничної техніки Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування».

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

Стаття подана 17.03.2017

УДК 629.4.053

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «МАШИНИСТ-ЛОКОМОТИВ»

Тартаковский Э.Д., Горобченко А.Н., Антонович А.О.

WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF ERGATIC SYSTEM "TRAIN DRIVER - LOCOMOTIVE"

Tartakovskyi E., Gorobchenko A., Antonovych A.

Анализ состояния безопасности движения на железнодорожном транспорте показывает, что имеется значительный резерв ее улучшения путем снижения вредного воздействия человеческого фактора. Для этого предлагается улучшение качества рабочего места машиниста, повышение уровня подготовки локомотивных бригад, организация постоянного мониторинга качества управляющей деятельности машиниста в зависимости от принятых стратегий управления. Формализация критерия качества управления выполнена на основе аддитивного показателя с использованием частичных критериев в виде векторных функционалов.

Ключевые слова: *локомотивная бригада, эргатическая система, управление, поезд*

Постановка проблемы. Улучшение состояния безопасности движения на железнодорожном транспорте является одной из приоритетных задач, требующей постоянного внимания. Локомотивное хозяйство один из самых ответственных подразделений железной дороги, от которого в значительной степени зависит эффективность и безопасность эксплуатации средств транспорта. Согласно статистике [1] доля нарушений безопасности движения в локомотивном хозяйстве составляет 31% от общего количества по Укрзализныци. Причем человеческий фактор при анализе причин возникновения опасных ситуаций составляет 27%.

Анализ состояния проблемы. Анализируя мировой опыт, можно сказать, что нарушения безопасности движения со стороны локомотивных бригад являются наиболее угрожающими по своим последствиям. Так, в результате неверных действий машинистов в 2015 г. в США погибло 8 человек, травмировано около 200, в 2014 г. в Конго погибло 63 человека, травмировано более 160 [2]. По данным European Railway Agency [3] за последние 5 лет на европейских железных дорогах в результате ошибок машинистов погибло более 250 человек.

Эти показатели свидетельствуют о наличии значительного резерва повышения безопасности движения за счет минимизации вредного воздействия человека на процессы управления. Достичь этого возможно путем разработки и внедрения автоматизированных интеллектуальных систем управления, которые способны не только энергооптимально выполнять ведение поезда, но и обеспечивать принятие сложных решений, моделируя действия локомотивных бригад в нестандартных ситуациях. Первое задание практически можно считать выполненным (внедрено много систем автоведения поездов как в пассажирском, так и грузовом движении, усовершенствована конструкция подвижного состава [4]). Но над реализацией модели управления поездом, которая бы полностью заменила машиниста в сфере обеспечения и контроля безопасности все еще ведется интенсивная работа [5,6]: во-первых ученые разрабатывают для этого теоретическое обоснование, во-вторых конструкторы повышают качество и быстродействие элементной базы и программного обеспечения.

Постановка задачи. Одним из выходов из сложившейся проблемной ситуации может быть улучшение управления путем усовершенствования принятия решений машинистом. Таким образом задача данного исследования состоит в определении путей повышения качества управляющей деятельности машинистов локомотива в процессе ведения поезда.

Изложение основного материала. Эффективность всей деятельности оператора по управлению системой во многом зависит от того звена, которое осуществляет прием информации от индикационных устройств системы [7].

Общее число визуальных индикационных устройств, которыми пользуется машинист, довольно большая. Для тепловоза серии 2ТЭ116 количество индикационных устройств в поле зрения со-

ставляет 16 единиц со шкалами. Для современных локомотивов, таких как 2ТЕП70, или электровоз 2ЕЛ4, это количество снижено до 5-7 средств индикации. Но тут появляются такие элементы, как LCD-мониторы, которые выдают достаточно широкий спектр информации о состоянии локомотива и поездной ситуации. Поэтому пока невозможно говорить о значительном снижении информационной нагрузки на локомотивную бригаду.

Точное восприятие показаний необходимо для управления (особенно в тех случаях, когда нужны очень быстрые действия), поэтому машинист должен иметь возможность максимально быстро и точно воспринимать необходимую информацию, которая идет от приборов. Применительно к деятельности машиниста такое требование выступает достаточно категорично.

Известно, что в условиях острого дефицита времени (при тенденции к повышению скоростей он неуклонно растет) преимущество в скорости чтения переходит к приборам с подвижной шкалой и неподвижной стрелкой за счет уменьшения времени зрительного поиска. Поэтому есть основание предполагать, что для электроизмерительных приборов, которые являются индикаторами постоянного пользования, было бы целесообразнее применить горизонтальные, расположенные одна под другой подвижные шкалы с неподвижной вертикальной стрелкой. Это позволит обеспечить достаточную точность считывания показаний в условиях дефицита времени и сократить зону восприятия при компоновке приборов.

Таким образом можно сделать вывод, что расположение приборов контроля и управления на большинстве локомотивов, которые эксплуатируются Укрзализныцей, не оптимальное с точки зрения современного представления о психофизиологической нагрузке машиниста локомотива.

Еще одним направлением повышения качества управления локомотивом является совершенствование качества подготовки локомотивных бригад. В настоящее время совершенствование профессиональной подготовки локомотивных бригад вмещает два направления: отработка профессиональных навыков в нормальных условиях эксплуатации и в опасных ситуациях и режимах работы. Прежде всего, подготовка должна быть направлена на улучшение навыков управления локомотивом и умение прогнозировать и заблаговременно выявлять нештатные ситуации. Для этого наиболее целесообразно использовать тренажерные комплексы, позволяющие моделировать аварийные ситуации без угрозы безопасности движения в реальных условиях [8,9].

Основными преимуществами использования тренажеров является: возможность имитировать ситуацию в реальном масштабе времени; моделирование на тренажерах позволяет создавать широкий спектр ситуаций вплоть до опасных, создание которых в реальных условиях невозможно; тренажер способствует появлению у машиниста навыков и отработки алгоритма действий в различных ситуациях до автоматизма.

В настоящее время недостаточно внимания уделяется интеллектуализации процессов принятия решений системой управления комплексом. Это позволит значительно улучшить качество процесса подготовки локомотивных бригад. Одновременно с разработкой все более современных программных комплексов, допускаются попытки построения систем, характер функционирования которых все больше приближен к интеллектуальной деятельности человека. Наиболее перспективным направлением является разработка комплексных систем, которые опираются на разветвленное информационное окружение и используют интеллектуальные алгоритмы. Благодаря этому возможно полное устранение инструктора от процесса обучения. Интеллектуальная система сама в состоянии выполнять такие функции, как задание режима текущих процессов, введение переменных составляющих ситуаций, контроль процесса обучения и оценки реакций машиниста.

Таким образом, можно сделать вывод, что процесс интеллектуализации тренажерных комплексов является неотвратимым, так как это значительно повысит качество подготовки локомотивных бригад, что непременно скажется на состоянии безопасности движения в локомотивном хозяйстве.

Как показывает анализ, машинист локомотива оказывается регулятором двух самостоятельных систем, каждая из которых имеет свои каналы обратной связи и свои специфические управляемые объекты.

В одной системе управляемым объектом служит локомотив. С помощью зрения машинист воспринимает информацию о состоянии пути, сигналов, пространства рядом с колеей и т. д. Объем информации такого рода достаточно велик. Подсчет раздражителей, которые действуют на машиниста за период одного рейса, показал, что общее их количество составляет 18-20 тыс., из которых только 10% оказываются производственно важными (светофоры, переезды, ограничители скорости, указатели профиля пути и т. д.) [10,11]. Другие, не являясь производственно важными, в любой момент могут стать ими.

Необходимая для деятельности машиниста непрерывная зрительная оценка различных участков пути часто осуществляется в крайне неблагоприятных условиях, ночью, в туманную или дождливую погоду и т. д. Такая оценка зависит в первую очередь от того, насколько правильно умеет машинист сравнивать различные пространственные величины в нормальных условиях. Сформированная в ходе производственного обучения информационно-моторная система позволяет машинисту воспринимать величину отрезка пути в каждый данный момент поездки. Особую значимость такая непрерыв-

ная оценка приобретает в случаях необходимости экстренного торможения.

Рассмотрим природу ошибок человека, которые он может осуществить во время трудовой деятельности. В работах [12] сформулировано, что надежность работы человека определяется как вероятность успешного выполнения им работы или поставленной задачи на заданном этапе функционирования системы в течение заданного интервала времени при определенных требованиях к продолжительности выполнения работы. Ошибка человека определяется как невыполнение поставленной задачи (или выполнение запрещенного действия), которое может привести к повреждению оборудования или нарушению нормального протекания запланированных операций.

Основные транспортные происшествия, случающиеся по вине машиниста локомотива, можно охарактеризовать следующими признаками:

- машинист стремится достичь ложной цели. Практически такие события происходят чаще всего тогда, когда машинист неправильно воспринимает команды диспетчера, сигналы светофора, и т. п. и стремится выполнить действия, приводящие к опасным последствиям;

- цель не может быть достигнута по причине ошибочных действий машиниста. Как правило эти действия обусловлены недостаточной квалификацией, усталостью, отвлечением от управления локомотивом;

- машинист остается бездейственным в ситуациях, угрожающих безопасности движения. Длительное отвлечение от управления и сон являются такими факторами во время ведения поезда.

Качество работы эргатической системы “машинист-локомотив” связано с ее надежностью, при определении которой необходимо учитывать следующее [13]:

1. Показатели надежности должны быть едиными для всех звеньев системы “машинист-локомотив”. Поэтому методики оценки надежности такой системы должны максимально использовать показатели, математический аппарат и методы расчета, разработанные в рамках существующей теории надежности технических устройств. При этом показатели надежности системы должны по возможности включать в себя в явном виде показатели надежности ее отдельных звеньев - машиниста и локомотива.

2. При определении надежности системы “машинист-локомотив” с методической точки зрения целесообразно представлять человека-оператора как одно из звеньев системы. В то же время следует понимать, что человек является специфическим звеном с присущими только ему особенностями. Поэтому использование существующей теории надежности при оценке деятельности человека имеет ограниченный характер.

3. Получение универсального выражения для определения надежности системы “машинист-локомотив” любого типа довольно сложная задача. Поэтому необходимо выявить основные составляющие системы и для каждого из них получить свои выражения для оценки надежности. В основу рассмотрения такой системы должно быть положено изучение процессов (транспортных, информационных, управления), протекающих в ней.

Таким образом, необходимо определить перечень показателей надежности, приемлемых для обобщенной оценки сложной системы, в которой присутствует звено “машинист-локомотив”.

Критерий качества работы эргатической системы «машинист-локомотив» в процессе эксплуатации может быть представлен в виде соотношения различных показателей качества, отражающих различные свойства системы.

Зададим комплексный критерий качества системы в виде:

$$K = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i I_i \,, \qquad (1)$$

где γ_i - весовой коэффициент i-го показателя I_i, $i \in [1, n]$;

n – количество частичных критериев.

Каждый из частичных критериев представляет собой функционал

$$I_i = I_i\left(x, u, x_{зв}, x_{пу}, x_{кс}, q_{лб}, t\right) = I_i\left(\overline{\mathrm{X}}\right), \qquad (2)$$

где x - вектор технического состояния локомотива;

u- вектор управления;

$x_{зв}$ - вектор задающих влияний;

$x_{пу}$ - вектор начальных условий;

$x_{кс}$ - вектор конечного состояния;

$q_{лб}$ - качество работы локомотивных бригад;

t - время, в течение которого исследуется система.

Функционалы (2) определены на решениях системы

$$\frac{dx}{dt} = f\left(\overline{\mathrm{X}}\right), \qquad (3)$$

Функционалы (2) и уравнение (3) определены в области пространства вектора состояния и вектора управления

$$N(x, u) \geq 0 \,. \qquad (4)$$

Вариационная задача состоит в нахождении оптимального управления из области N

$$\left\{x^*(t), u^*(t)\right\}, \; t_0 \leq t \leq t_1 \,. \qquad (5)$$

В такой постановке вариационная задача является неопределенной, если неизвестны весовые коэффициенты в выражении (2).

Каждый из частных показателей, образующих комплексный критерий качества, отражающий то или иное свойство системы управления, будучи

функционалом, имеет числовое выражение. На основе совокупности этих числовых данных можно оценить конкретный процесс управления. В реальных условиях работы локомотива всегда есть ограничения по энергетическим ресурсам, прочности, тепловым и другим характеристикам.

В работе предлагается в качестве критериев использовать факторы полезности, приведенные в работах [14,15]. Параметрами, которые характеризуют полезность того или иного решения, принятого системой, предлагаются величины сложности нештатной ситуации, отклонения от графика и расхода энергии на тягу. Чем меньшими оказываются прогнозные значения указанных величин в результате принятия решения, тем полезнее это решение.

Полезность решения определим в трехмерной системе координат ($X_{нс}$; G; Δt), где $X_{нс}$ – сложность нештатной ситуации, G – расход энергии на движение поезда, Δt – отклонение от графика движения. Полезность действия в таком случае будет определяться длиной вектора, отложенного от начала координат до точки ($X_{нсі}$; G_i; Δt_i), которая определяется прогнозным значением указанных величин в результате того или иного решения, произведенного системой [16].

Таким образом выражение (1) можно конкретизировать и представить в виде

$$K = \sum_{i=1}^{3} \gamma_i I_i \qquad (6)$$

где I_1 – частичный критерий безопасности движения;

I_2 – частичный критерий расхода энергоресурсов на тягу поездов;

I_3 – частичный критерий соблюдения графика движения поезда;

γ_i – весовой коэффициент і-го частного критерия.

Принятие решения при управлении локомотивом зависит от многих обстоятельств. Предлагается определить основные стратегии управления поездом, которые могут быть применены в различных поездных ситуациях.

Исходя из основных задач, выполняемых локомотивным хозяйством, можно выделить основные стратегии управления, приведенные в табл.

Таким образом возникает задача обоснования значения весовых коэффициентов для различных стратегий управления поездом. Предлагается решение на основе модели прогнозных значений характерных показателей каждой стратегии. Для этого введем дополнительные множества, включающие в себя характерные показатели для каждой моделируемой стратегии управления.

Так для стратегии s_l существует ряд показателей, по которым оценивается качество реализации этой стратегии. Например, для стратегии управления поездом «Максимальная безопасность движения» ключевым показателем будет количество инцидентов на млн. км пробега. Также, используя теорию рисков, можно определить математическое ожидание ущерба от инцидентов, аварий или катастроф.

Представим стратегию управления как множество, содержащее свои характерные показатели $s_l \in (\pi_1, \pi_2, ..., \pi_j)$, где π_j – j-й показатель оценки реализации стратегии s_l.

Таблица

Стратегии управления поездом

№	Наименование стратегии	Характеристика стратегии
1	Соблюдение графика движения	Стремление минимизировать временной разрыв между заданным и текущим графиком движения,
2	Максимальная безопасность движения	Стремление минимизировать риск возникновения транспортного происшествия: снижение скорости, повышенный контроль за состоянием пути и сигналов, применение тормозов с запасом по интенсивности торможения и времени на восстановление зарядки тормозной магистрали.
3	Минимальный расход энергии на тягу	Уменьшение времени работы на переходных режимах, максимальное использование кинетической энергии поезда, работа оборудования на режимах максимального кпд.
4	Максимальный уровень надежности подвижного состава	Недопущение перегрузки оборудования локомотива, избежание режимов ненормальной работы оборудования (боксование, перегрев, повышенная вибрация и т. п), повышенный контроль за техническим состоянием локомотива.

Существуют функции $\pi_j = f(I_i)$, определяющие влияние каждого критерия на показатели данной стратегии управления. Влияние величины того или иного критерия качества управления на показатель π_j, характеризующий отдельную стратегию, предлагается оценить сравнивая производные $\frac{d\pi_j}{dI_i}$.

А общее влияние критерия I_i на стратегию s_i предлагается представить как среднеарифметическое производных

$$A_{I_i/s_l} = \frac{\sum_{j=1}^{k_{s_l}} \frac{d\pi_j}{dI_i}}{k_{s_l}} \qquad (7)$$

где A_{I_i/s_l} - величина влияния критерия I_i на стратегию управления s_l;

k_{s_l} – количество показателей стратегии s_l.

Таким образом, получены абсолютные показатели влияния каждого критерия качества управления на реализацию отдельных стратегий управления.

Для получения величин весовых коэффициентов при расчете качества управления при разных стратегиях, необходимо использовать известный переход от абсолютных к относительным показателям:

$$\gamma_i(s_l) = \frac{A_{I_i/s_l}}{\sum_{i=1}^{n} A_{I_i/s_l}}, \quad (8)$$

где $\gamma_i(s_l)$ - весовой коэффициент i-го критерия для l-ой стратегии;

A_{I_i/s_l} - величина влияния критерия I_i на стратегию управления s_l;

$\sum_{i=1}^{n} A_{I_i/s_l}$ - суммарная абсолютная величина влияния всех n критериев качества управления на реализацию l-ой стратегии.

Таким образом получен формализованный показатель качества процесса управления движением поезда с использованием различных стратегий.

Выводы. Улучшение качества работы эргатической системы возможно внедрением комплекса мероприятий, направленных на:

улучшение условий работы машиниста путем оптимизации расположения, формы и количества приборов контроля;

совершенствование подготовки локомотивных бригад путем внедрения интеллектуальных технологий в работу тренажерных комплексов для более качественного моделирования и оценки действий обучающегося;

формализацию критерия качества работы эргатической системы «машинист-локомотив» для объективной оценки и сравнения действий локомотивных бригад в различных условиях ведения поезда и при реализации различных стратегий управления.

Указанные предпосылки использованы при реализации тренажерного комплекса для подготовки локомотивных бригад в Украинском университете железнодорожного транспорта.

Литература

1. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства та аварійності на транспорті України за 2014 рік. [Текст] – К.:Департамент безпеки на транспорті Мінінфраструктури України, 2015. – 124 с.
2. List of rail accidents (2010–present) [Електронний ресурс] / – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/ wiki/ List_of_rail_ accidents_ (2010% E2%80%93 present) , вільний. – Загл. з екрану. – Мова англ. 26.02.2017
3. Human Factors Network seminar presentations [Електронний ресурс] / – Режим доступу: http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/HF-Network-seminar-docs.aspx, вільний. – Загл. з екрану. – Мова англ. 20.02.2017
4. Fomin, O. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars [Текст]/ O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, No. 5 – P.31-43.
5. Karvonen H. et al. Hidden roles of the train driver: A challenge for metro automation [Текст]//Interacting with Computers. – 2011. – Т. 23. – №. 4. – С. 289-298.
6. yin J., Chen D., Li L. Intelligent train operation algorithms for subway by expert system and reinforcement learning [Текст]//IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2014. – Т. 15. – №. 6. – С. 2561-2571.
7. Sheridan, T.B. Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems 1995 [Text]/ T.B. Sheridan/ - Hannover: Pergamon, 1995. – 735 p.
8. Neue technologiegestützte Ausbildungssysteme [Текст] // Nahverkehrs–Prax. – 1999. – № 3. – p. 18–19.
9. Мямлин, С. В. Обзор конструкций технических средств для обучения специалистов ж.-д. транспорта [Текст] / С. В. Мямлин, Е. П. Блохин, В. В. Жижко, Е. А. Письменный // Транспорт: Зб. наук. праць ДНУЗТ. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2006. – Вип. 13. – С.108 – 117.
10. Пузир, В. Г., Устенко О. В., Крот В.С. Технічні засоби для виявлення причин транспортних подій. [Текст] / В. Г. Пузир, О. В. Устенко, В.С. Крот // Зб. наук. праць УкрДАЗТ «Безпека руху та людський фактор на транспорті», № 82 – Харків:2007. С. 173 – 177.
11. Горобченко О. М. Розробка методики оцінки інформаційного навантаження на локомотивну бригаду [Текст] /О. М. Горобченко // Збірник наукових праць ДонІЗТ,вип.36 – Донецьк, 2013. - С. 141-147.
12. Пузир В.Г. Моделювання надійності роботи локомотивних бригад [Текст] /В. Г. Пузир // Зб. наук. праць/ ХарДАЗТ, 2001. –Вип.45. – С.19-22.
13. Пузир В. Г. Наукові основи удосконалення технології передрейсової підготовки локомотивів та локомотивних бригад [Текст] / В. Г. Пузир // Автореф. дис. докт. техн. наук – Харків, 2006. – 21 с.
14. Бабанін, О. Б. Визначення цільової функції для оптимізації процесу керування в ергатичній системі «машиніст-СППР-поїзд» на підставі критерію корисності. [Текст] / О. Б. Бабанін, О. М. Горобченко // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. – К.: ДЕТУТ, 2014. – Вип. 25. – С. 92 – 99. – (Серія «Транспортні системи і технології»).
15. Tartakovskyi E., Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems [Text] / E. Tartakovskyi O. Gorobchenko, A. Antonovych //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Т. 5. – №. 3 (83). – С. 4-11.
16. Горобченко, О. М. Визначення корисності дії інтелектуального агента керування рухом поїзду. [Текст] / О. М. Горобченко // Тези доповідей 71 Міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту", 14-15 квітня 2011 р. – Д.:ДНУЗТ, 2011. – С. 63.Сервис на транспорте : 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.

References

1. Analiz stanu bezpeki ruhu, polotiv, sudnoplavstva ta avariynosti na transporti Ukrayini za 2014 rik. [Tekst] –

K.:Departament bezpeki na transporti Mininfrastrukturi Ukrayini, 2015. – 124 s.
2. List of rail accidents (2010–present) [Electronic resource] / – Mode of access: https://en.wikipedia.org/ wiki/ List_of_rail_ accidents_ (2010% E2%80%93 present) , free. The title. screen. – Language English. 26.02.2017
3. Human Factors Network seminar presentations [Electronic resource] / – Mode of access: http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/HF-Network-seminar-docs.aspx free. The title. screen. – Language English. 20.02.2017
4. Fomin, O. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars [Text]/ O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, No. 5 – P.31-43.
5. Karvonen H. et al. Hidden roles of the train driver: A challenge for metro automation [Text]//Interacting with Computers. – 2011. – T. 23. – №. 4. – C. 289-298.
6. yin J., Chen D., Li L. Intelligent train operation algorithms for subway by expert system and reinforcement learning [Text]//IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2014. – T. 15. – №. 6. – C. 2561-2571.
7. Sheridan, T.B. Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems 1995 [Text]/ T.B. Sheridan/ - Hannover: Pergamon, 1995. – 735 p.
8. Neue technologiegestützte Ausbildungssysteme [Text] // Nahverkehrs–Prax. – 1999. – № 3. – p. 18–19.
9. Myamlin, S. V. Obzor konstruktsiy tehnicheskih sredstv dlya obucheniya spetsialistov zh.-d. transporta [Tekst] / S. V. Myamlin, E. P. Blohin, V. V. Zhizhko, E. A. Pismennyiy // Transport: Zb. nauk. prats DNUZT. – Dnipropetrovsk: DNUZT, 2006. – Vip. 13. – S.108 –117.
10. Puzir, V. G., Ustenko O. V., Krot V.S. Tehnichni zasobi dlya viyavlennya prichin transportnih podiy. [Tekst] / V. G. Puzir, O. V. Ustenko, V.S. Krot // Zb. nauk. prats UkrDA-ZT «Bezpeka ruhu ta lyudskiy faktor na transporti», # 82 – Harkiv:2007. S. 173 – 177.
11. Gorobchenko O. M. Rozrobka metodiki otsinki Informatsiynogo navantazhennya na lokomotivnu brigadu [Tekst] /O. M. Gorobchenko // Zbirnik naukovih prats DonIZT,vip.36 – Donetsk, 2013. - S. 141-147.
12. Puzir V.G. Modelyuvannya nadiynosti roboti lokomotivnih brigad [Tekst] /V. G. Puzir // Zb. na-uk. prats/ HarDAZT, 2001. –Vip.45. – S.19-22.
13. Puzir V. G. Naukovi osnovi udoskonalennya tehnologiyi peredreysovoyi pidgotovki lokomotiviv ta lokomotivnih brigad [Tekst] / V. G. Puzir // Avtoref. dis. dokt. tehn. nauk – Harkiv, 2006. – 21 s.
14. Babanin, O. B. Viznachennya tsilovoyi funktsiyi dlya optimizatsiyi protsesu keruvannya v ergatichniy sistemi «mashinist-SPPR-poyizd» na pidstavi kriteriyu korisnosti. [Tekst] / O. B. Babanin, O. M. Gorobchenko // Zbirnik naukovih prats Derzhavnogo ekonomiko-tehnologichnogo universitetu trans-portu. – K.: DETUT, 2014. – Vip. 25. – S. 92 – 99. – (Seriya «Transportni sistemi i tehnologiyi»).
15. Tartakovskyi E., Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems [Text] / E. Tartakovskyi O. Gorobchenko, A. Antonovych //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – T. 5. – #. 3 (83). – S. 4-11.
16. Gorobchenko, O. M. Viznachennya korisnosti diyi intelektualnogo agenta keruvannya ruhom poyizdu. [Tekst] / O. M. Gorobchenko // Tezi dopovidey 71 Mizhnarodnoyi naukovo-praktichnoyi konferentsiyi "Problemi ta perspektivi rozvit-ku zaliznichnogo transportu", 14-15 kvitnya 2011 r. – D.:DNUZT, 2011. – S. 63.Servis na transporte : ucheb. poso-bie dlya stud. uchrezhdeniy vyissh. prof. obrazovaniya / [V.M.Nikolashin, N.A.Zudilin, A.S.Sinitsyi na i dr.] ; pod red. V.M. Nikolashina. — 4-e izd., pererab. — M. : Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2011. — 304 s.

Тартаковський Е. Д., Горобченко О. М., Антонович А. О. Шляхи підвищення якості роботи ергатичної системи «машиніст-локомотив».

Аналіз стану безпеки руху на залізничному транспорті показує, що є значний резерв її поліпшення шляхом зниження шкідливого впливу людського фактору. Для цього пропонується покращення якості робочого місця машиніста, підвищення рівня підготовки локомотивних бригад, організація постійного моніторингу якості керуючої діяльності машиніста залежно від стратегій управління. Формалізація критерію якості управління виконана на основі адитивного показника з використанням часткових критеріїв у вигляді векторних функціоналів.

Ключові слова: *локомотивна бригада, ергатична система, управління, поїзд*

Tartakovsky E., Gorobchenko A., Antonovych A. Ways of improving the quality of work ergatic system “train driver-the locomotive”.

Analysis of the state of traffic safety in rail transport shows that a considerable reserve of its improvement lies in the continuation of the harmful effects of human factor on production processes. To realize this it is proposed by improving the quality of the workplace of the driver, increasing the level of training of locomotive crews, the organization of ongoing monitoring of the quality control activities of the driver in of belonging from adopted management strategies. Formalization of the criterion of quality control is made on the basis of an additive index using a partial criteria in the form of a vector of functional. The problem of justification of weighting factors for different strategies of train control is solved on the basis of the model predictive values of characteristic parameters of each strategy. This introduced an additional set, which includes specific indicators for each management strategy.

Keywords: *locomotive crew, ergatic system, management, train*

Тартаковський Е. Д. – д.т.н., професор, завідуючий кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків.
Горобченко А. Н – д.т.н., професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків.
Антонович А. О. – аспірант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків.

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

Стаття подана 20.03.2017

УДК 629.42.001.76

ПРОГНОЗУВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ ОНОВЛЕННЯ НОВИХ СЕРІЙ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Тартаковський Е.Д., Крашенінін О.С., Клименко О.В.

PREDICTING THE TIMING UPDATE NEW SERIES OF TRACTION ROLLING STOCK

Tartakovsky E., Krasheninin O., Klymenko O.

Необхідність своєчасного оновлення рухомого складу є однією з основних задач для забезпечення ефективності і конкурентоспроможності залізниць. Невизначеність часу заміни застарілого рухомого складу приводить до падіння інтересу до послуг залізниць через надмірні і не завжди обґрунтовані витрати на надані послуги. В основу визначення оптимальних термінів розробки і заміни рухомого складу слід покласти комплексний підхід, що враховує всебічну визначеність чинників, що впливають на ефективність роботи рухомого складу.

Ключові слова: *рухомий склад, термін використання, термін розробки.*

Вступ. Як показує практика, недотримання в повній мірі принципів логістики в системі утримання рухомого складу може привести до стагнації галузі. За останній час технічний стан рухомого складу, як тягового, так і нетягового, досяг критичної межі, перехід через яку приведе до зупинки діяльності залізниць [2,3].

Через складні фінансові умови в економіці і перевищення нормативного терміну використання рухомого складу все складніше забезпечувати привабливість залізничного транспорту через високі і не завжди обґрунтовані тарифи на послуги залізниць і зношеність основних фондів.

Цьому сприяло також і те, що не приділялося необхідної уваги щодо визначення оптимального часу початку оновлення рухомого складу [11,12,13].

Постановка проблеми. Моральний і фізичний знос активної частини основних фондів залізниць: локомотивів, вагонів і ремонтної інфраструктури примушує керівництво галузі приймати вимушені рішення, зокрема, такі, як подовження терміну використання рухомого складу понад нормативний термін, організація «великих» деповських ремонтів, наближених до умов заводських ремонтів. Зрозуміло, що ці заходи мають обмежений термін дії, і тільки відтерміновують необхідність корінних змін [1,4,9,10].

В ситуації, що склалася, потрібні обґрунтовані наукові підходи і використання досвіду як окремих галузей, що успішно розвиваються, так і досвіду країн, де ці задачі вирішені. В цьому плані доцільно використовувати підходи, що прийняті в галузі експлуатації автомобілів, сільгосптехніки, авіатехніки [1].

В цих галузях підтримується ефективна експлуатація транспортних засобів з необхідною їх модернізацією, та заміною на нові старих транспортних засобів [16].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В ряді досліджень розглядалися питання щодо оцінки життєвого циклу рухомого складу і необхідності вираховування цього чинника при визначені вартості одиниці рухомого складу [9,10,15].

Разом з цим залишається невизначеним час модернізації або заміни рухомого складу на новий, коли слід вкладати інвестиції в проектування і будову нового рухомого складу.

Як досліджено в ряді робіт [7,8], час ефективного використання рухомого складу залежить від багатьох факторів.

В фахових вітчизняних і зарубіжних виданнях приводяться результати досліджень, щодо організації системи експлуатації рухомого складу, впровадження в технологічні процеси ТО, ПР діагностичного забезпечення, засобів автоматизації і інформаційних технологій тощо. За останні роки в роботах Тартаковського Е.Д., Калабухіна Ю.Є., Фалендиша А.П., Пузиря В.Г., Жалкіна Д.С., Крашенініна О.С., Устенка О.В. та інших вчених приведені фундаментальні дослідження щодо удосконалення організації утримання тягового рухомого складу (ТРС), в тому числі методи оцінки життєвого циклу ТРС і теоретичні дослідження щодо оновлення ТРС з урахуванням життєвого циклу [1,9,12,14,16].

В напрямку розвитку цих досліджень доцільно відмітити, що важливим чинником довготривалого ефективного використання ТРС є розвиток і обґрунтування підходів щодо часу (періоду) оновлення діючого рухомого складу) [1,4,17].

Мета статті. Метою статті є наукове обґрунтування періоду оновлення тягового рухомого за умови ефективності його використання.

Основний зміст. Вирішити питання щодо доцільності чи недоцільності оновлення тягового рухомого складу і коли саме це робити можна за допомогою аналізу сумарних витрат на його розробку, виробництво і експлуатацію при різному порядку розробки нових серій ТРС [7,11,17].

Нехай в результаті прогнозування і розрахунку необхідної кількості ТРС можна отримати функцію $N(t_{p_i};t)$ – потреби в цих ТРС. Ця функція, як правило, є зростаючою від поточного часу t і убуваючою від часу кінця розробки t_p даної серії ТРС.

Аналіз процесів експлуатації ТРС дозволяє встановити так звану функцію живучості $v(t_{p_i};t-t_{\Pi})$, де t_{Π} – час виробництва даної серії ТРС. Ця функція представляє собою математичне очікування числа справних ТРС в момент часу t, віднесене до числа ТРС, побудованих в момент часу t_{Π}.

Залежність вартості від кількості побудованих ТРС кожної серії має наступний вигляд:

$$C_{\Pi}\left(t_{p_i};N_{\Pi_i}\right)=C_0\left(t_{p_i}\right)N_{\Pi}\left(t_{p_i};t\right), \qquad (1)$$

де N_{Π} – кількість побудованих ТРС i-ої серії;

$C_0(t_{p_i})$ – коефіцієнт.

Необхідно визначити оптимальну політику заміни (терміни оновлення ТРС нових серій), що мінімізує сумарні витрати за нормативний період T за умови забезпечення в будь-який період необхідних вимог.

Після закінчення розробки нових серій ТРС продовжувати виробництво ТРС старих серій недоцільно із-за їх морального зносу.

При цьому розробка нових серій ТРС повинна починатися в такий час, щоб до кінця розглянутого періоду вона була закінчена і розпочато виробництво нових серій ТРС.

Позначимо $N_x\left(t_{p_i};t\right)$ кількість ТРС i-ої серії (тобто серії, розробка якої була закінчена в момент часу t_{p_i}), що знаходяться в справному стані в, момент часу t.

Загальну продуктивність ТРС можна визначити за формулою

$$\Pi^j=\sum_{i=1}^{k}E_i^j N_x\left(t_{p_i};t_j\right), \qquad (2)$$

де E_i^j – показник ефективності ТРС, величина якого залежить від терміну розробки та терміну застосування цього ТРС.

Необхідну продуктивність ТРС можна представити через потрібну кількість ТРС даної серії:

$$\Pi^j=E_1^j N\left(t_{p_1};t_j\right)=\ldots=E_i^j N\left(t_{p_i};t_j\right). \qquad (3)$$

Звідки

$$E_1^j N\left(t_{p_1};t_j\right)=\sum_{i=1}^{k}E_i^j N_x\left(t_{p_i};t_j\right). \qquad (4)$$

Виразивши E_i^j через E_1^j, після підстановки і скорочень отримаємо залежність

$$1=\sum_{i=1}^{k}\frac{N_x\left(t_{p_i};t_j\right)}{N\left(t_{p_1};t_j\right)}. \qquad (5)$$

Відповідно до визначення функції живучості можна записати рівняння

$$N_x\left(t_{p_i};t\right)=\int_{t_{p_i}}^{t}\frac{dN_{\Pi}\left(t_{p_i};t_{\Pi}\right)}{dt_{\Pi}}v\left(t_{p_i};t-t_{\Pi}\right)dt_{\Pi}. \qquad (6)$$

З урахуванням рівняння (6) рівняння (5) запишемо наступним чином:

$$\sum_{i=1}^{k}\frac{1}{N\left(t_{p_i};t\right)}\int_{t_{p_i}}^{t}\frac{dN_{\Pi}\left(t_{p_i};t_{\Pi}\right)}{dt_{\Pi}}v\left(t_{p_i};t-t_{\Pi}\right)dt_{\Pi}=1. \qquad (7)$$

Рівняння (7) дозволяє при заданій політиці заміни (тобто сукупності величин t_{p_i}) визначити $\frac{dN_{\Pi}\left(t_{p_i};t_{\Pi}\right)}{dt_{\Pi}}$ для будь-якого моменту часу і, інтегруючи цю функцію, визначити обсяг виробництва ТРС всіх серій $N_{\Pi}\left(t_{p_i};t_{\Pi}\right)$ в функції від часу.

Сумарні витрати C_{Σ} складаються з витрат на розробку ТРС всіх серій, на їх виробництво, зберігання, експлуатацію. Для ТРС однієї серії ці витрати до моменту часу T можуть бути записані в наступному вигляді:

$$C_{\sum_i}=C_p\left(t_{p_i}\right)+C_0\left(t_{p_i}\right)N_{\Pi}\left(t_{p_i};T\right)^{\mu}+ +C_x\left(t_{p_i}\right)\int_{t_{p_i}}^{T}N_x\left(t_{p_i};t\right)dt \qquad (8)$$

або

$$C_{\sum_i}=C_0\left(t_{p_i}\right)\left[k_p\left(t_{p_i}\right)+N_{\Pi}\left(t_{p_i};T\right)^{\mu}+ +k_x\left(t_{p_i}\right)\int_{t_{p_i}}^{T}N_x\left(t_{p_i};t\right)dt\right], \qquad (9)$$

де

$$k_p\left(t_{p_i}\right)=\frac{C_p\left(t_{p_i}\right)}{C_0\left(t_{p_i}\right)};\quad k_x=\frac{C_x\left(t_{p_i}\right)}{C_x\left(t_{p_i}\right)} \tag{10}$$

З урахуванням рівності (6) вираз (9) набуває вигляду

$$C_{\sum_i}=C_0\left(t_{p_i}\right)\left\{k_p\left(t_{p_i}\right)+\left[\int_{t_{p_i}}^{T}\frac{dN_{\Pi}\left(t_{p_i};t_{\Pi}\right)}{dt_{\Pi}}dt_{\Pi}\right]+\right.$$
$$\left.+k_x\left(t_{p_i}\right)\int_{t_{p_i}}^{T}\int_{t_{p_i}}^{t}\frac{dN_{\Pi}\left(t_{p_i};t_{\Pi}\right)}{dt_{\Pi}}v\left(t_{p_i};t-t_{\Pi}\right)dt_{\Pi}dt\right\}. \tag{11}$$

Сумарні витрати на ТРС всіх серій з урахуванням приведення витрат до єдиного моменту часу можна записати у вигляді рівняння

$$C_{\sum}=\sum_{i=1}^{k}C_0\left(t_{p_i}\right)\left\{\frac{k_p\left(t_{p_i}\right)}{a^{\left(t_{p_i}-0.5\tau_p\right)}}+\left[\int_{t_{p_i}}^{T}\frac{dN_{\Pi}\left(t_{p_i};t_{\Pi}\right)}{\frac{dt_{\Pi}}{a^{i_{\Pi}}}}dt_{\Pi}\right]+\right.$$
$$\left.k_x\left(t_{p_i}\right)\int_{0}^{T}\frac{1}{a^t}\int_{t_{p_i}}^{t}\frac{dN_{\Pi}\left(t_{p_i};t_{\Pi}\right)}{dt_{\Pi}}v\left(t_{p_i};t-t_{\Pi}\right)dt_{\Pi}dt\right\}, \tag{12}$$

$$a=1+\alpha; \tag{13}$$

де α – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

τ_{p_i} – час, що витрачається на розробку ТРС *i*-ої серії.

Таким чином, математичне формулювання розглянутої задачі наступне: визначити сукупність $t_{p_1},t_{p_2},...,t_{p_k}$, включаючи і число *k* (число розробок), при якій з урахуванням умови (7) забезпечується мінімум величини $C_{\sum}$, що визначається рівнянням (12).

Функціонал $C_{\sum}$ не має властивості адитивності, що вносить додаткові труднощі при вирішенні даного завдання.

Нехай

$$v\left(t_{p_i};t-t_{\Pi}\right)=\exp\left[-\lambda_i\left(t-t_{\Pi}\right)\right] \tag{14}$$

$$N\left(t_{p_i};t\right)=\frac{I(t)}{\alpha\left(t_{p_i}\right)}. \tag{15}$$

Тоді умова достатньої кількості ТРС може бути записана таким чином:

$$J(t)=N_0v\left(t_{p_1};t\right)+\int_0^t\frac{\partial N_u\left(t_{p_1};t_{\Pi}\right)}{\partial t}v\left(t_{p_1};t-t_{\Pi}\right)dt_{\Pi}$$
$$\text{при } 0\le t\le t_2, \tag{16}$$

$$J(t)=N_0v\left(t_{p_1};t\right)+\int_0^t\frac{\partial N_{\Pi}\left(t_{p_1};t_{\Pi}\right)}{\partial t}v\left(t_{p_1};t-t_{\Pi}\right)dt_{\Pi}+$$
$$\alpha\left(t_{p_2}\right)\int_{t_2}^{T}\frac{\partial N_{\Pi}\left(t_{p_2};t_{\Pi}\right)}{\partial t}v\left(t_{p_2};t-t_{\Pi}\right)dt_{\Pi}$$
$$\text{при } t_2\le t\le T, \tag{17}$$

При цьому для простоти прийнято $\alpha\left(t_{p_1}\right)=1$.

Рівняння (16) і (17) являють собою інтегральні рівняння Вольтерра другого роду, вирішення яких вдається отримати тільки в найпростіших випадках [5,6]. Зокрема, якщо

$$N\left(t_{p_i};t\right)=\begin{cases}0 & при\ t<0,\\ N_0 & при\ t\ge 0,\end{cases} \tag{18}$$

$$v(t)=\begin{cases}0 & при\ t<0,\\ \exp\left[-\lambda_0\left(t-t_{\Pi}\right)\right] & при\ t\ge 0.\end{cases} \tag{18}$$

Рішення виявляється досить простим

$$\frac{\partial N_{\Pi}\left(t_{p_i};t\right)}{\partial t}=N_0\lambda_0, \tag{20}$$

звідки

$$N_{\Pi}\left(t_{p_i};t\right)=N_0\lambda_0t. \tag{21}$$

Сумарна кількість ТРС, які потрібно побудувати за час *T* для забезпечення в будь-який момент часу N_0 справних, дорівнюватиме

$$N_1=N_0+N_0\lambda_0T=N_0\left(1+\lambda_0T\right). \tag{22}$$

Сумарні витрати в цьому випадку будуть дорівнювати

$$C_{\sum_1}=C_{\Pi_1}N_0\left(1+\lambda_0T\right)+C_{x_1}N_0T. \tag{23}$$

Якщо в момент часу t_2 буде закінчена розробка ТРС і всі серії ТРС будуть замінені новими, то сумарні витрати визначаться наступним чином:

$$C_{\sum_2}=C_{\Pi_2}N_0\left(1+\lambda_0t_2\right)+C_{x_1}N_0t_2+$$
$$+\frac{C_{\Pi_2}N_0\left[1+\lambda_{02}\left(T-t_2\right)\right]}{\alpha\left(t_{p_2}\right)}+\frac{C_{x_2}N_0\left(T-t_2\right)}{\alpha\left(t_{p_2}\right)}+C_p. \tag{24}$$

З цього рівняння необхідно визначити t_2, яке мінімізує $C_{\sum}$.

У найпростішому випадку $\lambda_0=\lambda_{02}=\lambda$.

$$\alpha(t_{p_2}) = \frac{1}{a - bt_2};$$
$$C_{П_1} = C_{П_2} = C_П; \quad . \qquad (25)$$
$$C_{x_1} = C_{x_2} = C_x$$

Значення a і b визначаються з залежностей $a = \frac{T}{t_2}$, $b = 1 - \frac{C_p}{C_0 N_0}$.

Після підстановки (25) в (24) отримаємо:

$$C_{\sum_2} = N_0 \left\{ C_П \left(1 + \lambda_0 t_2\right) + C_x t_2 + \left(a - bt_2\right) C_П \cdot \right.$$
$$\left. \cdot \left[1 + \lambda\left(T - t_2\right) + \left(a - bt_2\right) C_x \left(T - t_2\right)\right] \right\} + C_p \qquad (26)$$

далі

$$\frac{\partial C_{\sum_2}}{\partial t_2} = 0 = C_П \lambda + C_x - bC_П\left[1 + \lambda\left(T - t_2\right)\right] -$$
$$- \left(a - bt_2\right) C_П \lambda - bC_x\left(T - t_2\right) - \left(a - bt_2\right) C_x \qquad (27)$$

звідки після перетворень

$$t_2 = \frac{a + bT - 1}{2b} + \frac{C_П}{2\left(C_П \lambda + C_x\right)}. \qquad (28)$$

Як видно з наведеної залежності, значення t_2 залежить від багатьох факторів. Тому розглянемо рішення цього виразу графічно у вигляді $t_2 = f\left(a, b, T, C_П \lambda, C_x\right)$, як це показано на рис. 1 (а,б,в).

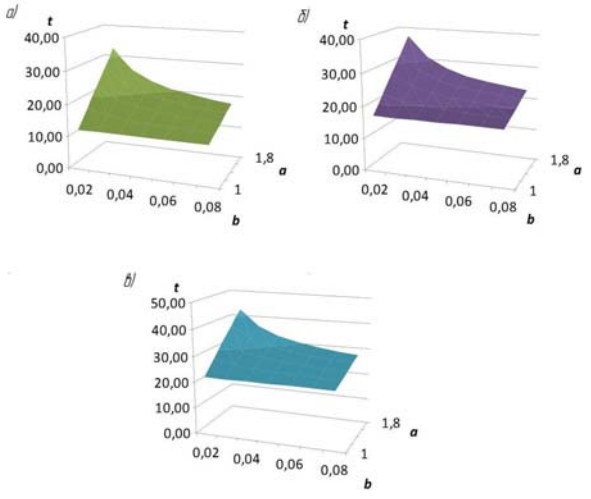


Рис. 1. Залежність часу оновлення ТРС в залежності від нормативного терміну експлуатації: а – при Т=20 років експлуатації, б – при Т=30 років експлуатації, в – при Т=40 років експлуатації

Значення $a, b, T, C_П \lambda, C_x$ наведені в таблицях 1,2,3 при розрахунку t_2. З практики проектування і утримання ТРС значення величин a приймається на рівні $b = 1 \div 1{,}8$, a значення $b = 0{,}02 \div 0{,}08$, термін експлуатації ТРС $T = 20 \div 40$ років, інтенсивність зміни живучості $\lambda = 0{,}2$, 1/рік. Інші показники приймаються як середні по галузі: $C_П = 5 \cdot 10^6$ грн; $C_x = 10^4$ грн; $C_P = 54 \cdot 10^6$ грн. [3].

Таблиця 1

Розрахунок t_2 в залежності від терміну експлуатації

При T=20 років							
a / b	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
1	12,48	12,48	12,48	12,48	12,48	12,48	12,48
1,2	17,48	15,81	14,98	14,48	14,14	13,90	13,73
1,4	22,48	19,14	17,48	16,48	15,81	15,33	14,98
1,6	27,48	22,48	19,98	18,48	17,48	16,76	16,23
1,8	32,48	25,81	22,48	20,48	19,14	18,19	17,48
При T=30 років							
a / b	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
1	17,48	17,48	17,48	17,48	17,48	17,48	17,48
1,2	22,48	20,81	19,98	19,48	19,14	18,90	18,73
1,4	27,48	24,14	22,48	21,48	20,81	20,33	19,98
1,6	32,48	27,48	24,98	23,48	22,48	21,76	21,23
1,8	37,48	30,81	27,48	25,48	24,14	23,19	22,48
При T=40 років							
a / b	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
1	22,48	22,48	22,48	22,48	22,48	22,48	22,48
1,2	27,48	25,81	24,98	24,48	24,14	23,90	23,73
1,4	32,48	29,14	27,48	26,48	25,81	25,33	24,98
1,6	37,48	32,48	29,98	28,48	27,48	26,76	26,23
1,8	42,48	35,81	32,48	30,48	29,14	28,19	27,48

Таблиця 2

Сумарні витрати $C_{\Sigma 2}$ для визначення t_2 в залежності від терміну експлуатації, млрд. грн

При T=20 років							
1	3,245	3,087	2,930	2,773	2,616	2,459	2,302
1,2	3,447	3,306	3,157	3,005	2,851	2,696	2,541
1,4	3,547	3,457	3,333	3,196	3,053	2,905	2,755
1,6	3,546	3,540	3,459	3,347	3,220	3,085	2,944
1,8	3,445	3,557	3,534	3,458	3,355	3,236	3,108
При T=30 років							
1	3,952	3,644	3,335	3,027	2,718	2,410	2,102
1,2	4,255	3,963	3,663	3,360	3,055	2,749	2,442
1,4	4,456	4,215	3,940	3,652	3,357	3,058	2,757
1,6	4,557	4,400	4,167	3,904	3,626	3,339	3,047
1,8	4,556	4,517	4,343	4,116	3,861	3,591	3,312
При T=40 років							
1	4,559	4,048	3,538	3,028	2,518	2,008	1,498
1,2	4,962	4,469	3,967	3,462	2,955	2,447	1,939
1,4	5,265	4,822	4,345	3,855	3,359	2,858	2,355
1,6	5,466	5,107	4,673	4,208	3,728	3,240	2,746
1,8	5,567	5,326	4,950	4,521	4,065	3,593	3,112

Значення C_{Σ_1} відповідно визначенню для N_0=100 і складає: $C_{\Sigma_1} = 2{,}52 \cdot 10^9$ грн. при Т=20 ро-

ків; $C_{\Sigma 1} = 3{,}53 \cdot 10^9$ грн. при Т=30 років; $C_{\Sigma 1} = 4{,}54 \cdot 10^9$ грн. при Т=40 років. З наведених даних таблиць 2,4,6 видно, що при $C_{\Sigma 2} < C_{\Sigma 1}$ доцільно в отриманий термін t_2 починати оновлення нових серій локомотивів. Так, коли $a = 1 \div 1{,}2$, $b = 0{,}07 \div 0{,}08$, $C_{\Sigma 2} < C_{\Sigma 1}$ при нормативному терміні експлуатації ТРС T=20 років, тобто після приблизно 12,5 років треба починати оновлення ТРС.

При T=30 років і значені $a = 1 \div 1{,}4$, починаючи зі значень $b = 0{,}04 \div 0{,}08$ термін проектування нових ТРС t_2 складає $17{,}5 \div 22{,}5$ років, що відповідає даним [8,17].

При T=40 років і значені $a = 1 \div 1{,}6$, починаючи зі значень $b = 0{,}04 \div 0{,}08$ термін проектування нових ТРС t_2 складає $22{,}5 \div 30{,}5$ років. [8,17]

Висновки. 1. З точки зору ефективності логістичного забезпечення перевізного процесу залізничним транспортом слід враховувати закладені нормативи термінів використання ТРС і витрати, що прогнозуються на його утримання для визначення величини часу оновлення t_2.

2. Вплив співвідношень $a = \dfrac{T}{t_2}$ на термін проведення оновлення ТРС має тенденцію зростання t_2, причому з ростом T значення t_2 теж зростає. При чому граничний термін зростання t_2 регламентується дотриманням умови $C_{\Sigma 1} < C_{\Sigma 2}$.

3. Тенденція зміни t_2 в залежності від $b = 1 - \dfrac{C_p}{C_0 N_0}$ має повільний характер для конкретних значень a і дозволяє регулювати цей термін в залежності від досягнень локомотивобудування.

Література

1. Тартаковский Э.Д. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: Монография /Э.Д. Тартаковский, С.Г. Грищенко, Ю.Е. Калабухин, А.П. Фалендыш. – Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2011. – 174 с.
2. Лашко А.Д. Основные направления обновления тягового подвижного состава Украины в 2006-2010 гг. / А.Д. Лашко, В.Н. Самсон- кин, А.М. Гончаров, А.В. Коновалов // Локомотив-информ. – 2006. – №6. – с.8-12.
3. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки. – Київ, Укрзалізниця, 2008. – 182 с.
4. ДСТУ 3278-95 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. – Київ: Держстандарт України. 1995. – 59с.
5. Беллман Р. Динамическое программирование. М., Изд. иностр. лит., 1960.
6. Беллман Р. и Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М., «Наука», 1965.
7. Модель формування парку тягового рухомого складу в локомотивних депо в умовах реформування залізниць України [Текст] / А.П. Фалендиш, С.Г. Жалкін, О.С. Крашенінін, О.О. Шапатіна // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2008. – Вип. 97. – с. 5-9.
8. Крашенінін О.С. Обгрунтування оптимального терміну експлуатації тягового рухомого складу / О.С. Крашенінін, Є.В. Щипак С.А. Матвієнко, О.О. Шапатіна // Зб. наук.праць ДонІЗТ. – Вип.25. – 2011 – с.126-128.
9. Осяев А.Т. Жизненный цикл локомотива и его стоимость / А.Т. Осяев, А.Б. Подшивалов // Локомотив. – 2006. – № 7. – с. 37-38.
10. Иванова Н.Г. Применение показателя стоимости жизненного цикла при оценке эффективности новых локомотивов // Бюллетень транспортной информации. Информационно-практический журнал. – 2007. – №1. – с. 21-25.
11. Калабухін Ю.Є. Теоретичні положення оновлення тягового рухомого складу з урахуванням життєвого циклу / Ю.Є. Калабухін, Е.Д. Тартаковський // Зб. наукових праць. – Х.: УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 111. – с. 106-120.
12. Фалендиш А.П., Калабухін Ю.Є. Визначення вартості життєвого циклу маневрових тепловозів // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2005. – № 8 (90). – Ч.2. – с.239-242.
13. Калабухін Ю. Є. Теоретичні положення визначення вартості життєвого циклу тягового рухомого складу / Ю. Є. Калабухін // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – с. 221-225.
14. Тартаковський Е.Д. Визначення життєвого циклу тягового рухомого складу (ТРС) / Е.Д. Тартаковський, М.Г. Уманець, Д.О. Аулін // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Українська державна академія залізничного транспорту. - 2006. - № 72. - С. 82-86.
15. Крашенінін О.С. Оцінка життєвого циклу локомотивів. / О.С. Крашенінін, А.П. Фалендиш // Зб. наук.праць. – Х.: УкрДАЗТ. – Вип.46. – 2001 – с.55-58.
16. Терешина Н.П. Комплексная оценка стоимости жизненного цикла новых технический систем с использованием алгоритмов верификации надежности / Н.П. Терешина, В.А. Подсорин, М.Э Брусиловский // Экономика и финансы. – 2011. – №1. – с. 27-39.
17. Крашенінін О.С. Модель визначення термінів заміни рухомого складу [Текст] / О.С. Крашенінін, А.П. Фалендиш // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2005. – №3(85). –с. 126-130.

References

1. Tartakovskij Je.D. Metody ocenki zhiznennogo cikla tjagovogo podvizhnogo sostava zheleznyh dorog: Monografija /Je.D. Tartakovskij, S.G. Grishhenko, Ju.E. Kalabuhin, A.P. Falendysh. – Lugansk: Izd-vo «Noulidzh», 2011. – 174 s.
2. Lashko A.D. Osnovnye napravlenija obnovlenija tjagovogo podvizhnogo sostava Ukrainy v 2006-2010 gg. / A.D. Lashko, V.N. Samson- kin, A.M. Goncharov, A.V. Konovalov // Lokomotiv-inform. – 2006. – №6. – s.8-12.
3. Kompleksna programa onovlennja zaliznichnogo ruhomogo skladu Ukraïni na 2008-2020 roki. – Kiïv, Ukrzaliznicja, 2008. – 182 s.
4. DSTU 3278-95 Sistema rozroblennja ta postavlennja produkcïï na virobnictvo. – Kiïv: Derzhstandart Ukraïni. 1995. – 59s.
5. Bellman R. Dinamicheskoe programmirovanie. M., Izd. inostr. lit., 1960.

6. Bellman R. i Drejfus S. Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovanija. M., «Nauka», 1965.
7. Model' formuvannja parku tjagovogo ruhomogo skladu v lokomotivnih depo v umovah reformuvannja zaliznic' Ukraïni [Tekst] / A.P. Falendish, S.G. Zhalkin, O.S. Krasheninin, O.O. Shapatina // Zb. nauk. prac' UkrDAZT. – 2008. – Vip. 97. – s. 5-9.
8. Krasheninin O.S. Obgruntuvannja optimal'nogo terminu ekspluataciï tjagovogo ruhomogo skladu / O.S. Krasheninin, Є.V. Shhipak S.A. Matvієnko, O.O. Shapatina // Zb. nauk.prac' DonIZT. – Vip.25. – 2011 – s.126-128.
9. Osjaev A.T. Zhiznennyj cikl lokomotiva i ego stoimost' / A.T. Osjaev, A.B. Podshivalov // Lokomotiv. – 2006. – № 7. – s. 37-38.
10. Ivanova N.G. Primenenie pokazatelja stoimosti zhiznennogo cikla pri ocenke jeffektivnosti novyh lokomotivov // Bjulleten' transportnoj informacii. Informacionno-prakticheskij zhurnal. – 2007. – №1. – s. 21-25.
11. Kalabuhin Ju.Є. Teoretichni polozhennja onovlennja tjagovogo ruhomogo skladu z urahuvannjam zhittєvogo ciklu / Ju.Є. Kalabuhin, E.D. Tartakovs'kij // Zb. naukovih prac'. – X.: UkrDAZT. – 2009. – Vip. 111. – s. 106-120.
12. Falendish A.P., Kalabuhin Ju.Є. Viznachennja vartosti zhittєvogo ciklu manevrovih teplovoziv // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu. – 2005. – № 8 (90). – Ch.2. – s.239-242.
13. Kalabuhin Ju. Є. Teoretichni polozhennja viznachennja vartosti zhittєvogo ciklu tjagovogo ruhomogo skladu / Ju. Є. Kalabuhin // Visnik Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universitetu zaliznichnogo transportu im. ak. V. Lazarjana. – 2008. – Vip. 24. – s. 221-225.
14. Tartakovs'kij E.D. Viznachennja zhittєvogo ciklu tjagovogo ruhomogo skladu (TRS) / E.D. Tartakovs'kij, M.G. Umanec', D.O. Aulin // Zbirnik naukovih prac' UkrDAZT. Ukraïns'ka derzhavna akademija zaliznichnogo transportu. - 2006. - № 72. - S. 82-86.
15. Krasheninin O.S. Ocinka zhittєvogo ciklu lokomotiviv. / O.S. Krasheninin, A.P. Falendish // Zb. nauk.prac'. – X.: UkrDAZT. – Vip.46. – 2001 – s.55-58.
16. Tereshina N.P. Kompleksnaja ocenka stoimosti zhiznennogo cikla novyh tehnicheskij sistem s ispol'zovaniem algoritmov verifikacii nadezhnosti / N.P. Tereshina, V.A. Podsorin, M.Je Brusilovskij // Jekonomika i finansy. – 2011. – №1. – s. 27-39.
17. Krasheninin O.S. Model' viznachennja terminiv zamini ruhomogo skladu [Tekst] / O.S. Krasheninin, A.P. Falendish // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu. – 2005. – №3(85). –s. 126-130.

Тартаковский Э.Д., Крашенинин А.С., Клименко А.В. Прогнозирование определения сроков обновления новых серий тягового подвижного состава.

Необходимость своевременного обновления подвижного состава является одной из основных задач для обеспечения эффективности и конкурентоспособности железных дорог. Неопределенность времени замены устаревшего подвижного состава приводит к падению интереса к услугам железных дорог из-за чрезмерных и не всегда обоснованных расходов на предоставляемые услуги. В основу определения оптимальных сроков разработки и замены подвижного состава следует положить комплексный подход, учитывающий всестороннюю определенность факторов, влияющих на эффективность работы подвижного состава.

Ключевые слова: *подвижной состав, срок использования, срок разработки.*

Tartakovsky E., Krasheninin O., Klymenko O. Predicting the timing update new series of traction rolling stock.

Traction rolling stock of Ukraine's railways has not been updated in recent years, despite the achievement or exceeding of the normative operating life. In this regard, his technical condition reached a critical limit, after which there may be disruptions in the industry. To prevent such a situation, several directions were proposed for the industry to withdraw from the state of stagnation, such as prolonging the service life beyond the normative when carrying out a set of measures for their implementation, introducing repairs to the system of traction rolling stock close to factory ones. Unfortunately, these forced measures only partially helped to mitigate the situation. Proceeding from the foregoing, a new approach to predicting the renewal time of traction rolling stock is proposed, which will allow, depending on a number of parameters, to estimate the optimal period for the beginning of the renewal of the operating tractive rolling stock taking into account the total costs for all components of its contents. Depending on the series of traction rolling stock, operating conditions, the effective period of rolling stock replacement is determined, which will ensure a reduction of the total costs for its maintenance.

Keywords: *rolling stock, term of use, term of development.*

Тартаковський Е.Д. – д.т.н., проф., кафедри «Експлуатації та ремонту рухомого складу» УкрДУЗТ, м. Харків.
Крашенінін О.С. – д.т.н., проф., кафедри «Експлуатації та ремонту рухомого складу» УкрДУЗТ, м. Харків.
Клименко О.В. – асистент кафедри «Експлуатації та ремонту рухомого складу» УкрДУЗТ, м. Харків,
e-mail: klymenkoaleksandr1984@gmail.com

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

Стаття подана 22.03.2017

УДК 656.2

ОПТИМІЗАЦІЯ ГРАФІКІВ ВНУТРІШНІХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Турпак С.М., Васильєва Л.О., Лебідь Г.О., Падченко О.О., Сидоренко Ю.Т.

OPTIMIZATION OF THE RAILWAY TRANSPORTATION SCHEDULE OF METALLURGICAL ENTERPRISE

Turpak S., Vasilyeva L., Lebid H., Padchenko O., Sidorenko Yu.

В статті представлений графічний методу аналізу контактних графіків виконання внутрішніх перевезень промислового підприємства за допомогою розробленої програми «TrainGraph». На графіках передбачено враховувати зайнятість станційних колій, час технологічного простою та переміщення рухомого складу. Представлена методика дозволяє одночасно розглядати групи окремих графіків, виділяти та збільшувати окремі фрагменти та передавати зображення у відомі графічні редактори. Передбачене відтворення циклів виконання технологічних операцій з залізничними составами. Шляхом використання методики, яка дозволяє максимально поєднати нитки графіків окремих перевезень, можливе отримання економічного ефекту за рахунок скорочення тривалості роботи локомотивів.

***Ключові слова**: контактний графік, залізничний транспорт, промислове підприємство, перевезення.*

Вступ. Основою для планування роботи транспорту металургійних підприємств є технологічні перевезення металів та шлаків у розплавленому стані та перевезення за контактними графіками. Магістральні вагони, які надходять на під'їзну колію з зовнішньої мережі залізниць, мають більш низький пріоритет в обслуговуванні, ніж вагони, які обслуговуються за контактними графіками. Тому організація технологічних перевезень повинна бути спрямована на мінімізацію витрат часу на їх виконання, з метою утворення більших «вікон» для обробки рухомого складу загального користування та операторських компаній.

Постановка проблеми. На відмінність від контактних графіків взаємодії різних видів транспорту, контактні графіки обслуговування виробничих підрозділів підприємств допускають більш значні інтервали часу для виконання транспортних та вантажних операцій. Це обумовлено вимогами технологічних процесів виробництва. Періодичність подавання вагонів місцевого парку на фронти вивантаження визначається місткістю приймальних пристроїв та інтенсивністю передавання вантажу у виробництво. Періодичність подавання на фронти навантаження обумовлюється параметрами та кількістю вантажних машин (бункерних пристроїв) та ін. Виконання перевезень за контактними графіками передбачає циклічне чергування таких операцій: навантаження – транспортування к пункту вивантаження – вивантаження – транспортування к пункту навантаження.

Стохастичний характер деяких виробничих процесів потребує встановлення більш тривалого періоду знаходження вагонів на вантажних пунктах, ніж розрахунковий час виконання вантажних операцій. Для доставки составів теж потребується виділення більшого часу, ніж за розрахунками, оскільки тяговий рухомий склад на момент готовності вагонів до перевезень може бути зайнятий на інших роботах. Планувати його подавання до вантажних пунктів точно на момент часу закінчення обробки вагонів за графіком не має сенсу, оскільки вони можуть бути здані раніше. Або навпаки, можуть виникнути затримки, які призведуть до зриву в обслуговуванні наступного вантажного пункту (при виділенні за графіком мінімально необхідного часу на доставку).

Враховуючи періодичні зміни у транспортному обслуговуванні деяких виробничих процесів, контактні графіки потребують регулярного перегляду. Після розробки окремих графіків по парам пунктів навантаження-вивантаження, необхідне удосконалення методів їх загального аналізу з метою оптимізації за критерієм скорочення часу на транспортне обслуговування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Актуальність питань розробки графіків та аналізу внутрішньозаводських перевезень, зокрема тих, що здійснюються за контактними графіками потребує розробки засобів та методів їх удосконалення [1-7]. Графоаналітичні методи залишаються найбільш поширеними при плануванні роботи залізничного тра-

нспорту на промислових підприємствах. На організацію внутрішніх залізничних перевезень підприємств значним чином впливають виробничі процеси [1, 2, 6]. Для уточнення окремих параметрів використовується логістичний підхід, математичне та імітаційне моделювання транспортних процесів. Однак остаточне рішення, зазвичай, приймається експертами. Для його прийняття важливим є наочне представлення можливих варіантів організації перевезень. Саме тому значну практичну цінність мають програми та методики графічного аналізу перевезень [8, 9].

На кафедрі транспортних технологій Запорізького національного технічного університету була створена програма «TrainGraph» для розробки контактних графіків ЗТМП [10]. Дана програма дозволяє створювати внутрішньозаводські контактні графіки, а також графіки руху залізничного транспорту. На графіках передбачено можливість врахування зайнятості станційних колій, час технологічного простою та переміщення рухомого складу. Можливо встановлювати часові проміжки, створювати графіки в різноманітних одиницях часу, фрагментів загального графіку, друк та інтегрування з графічним редактором Corel Draw та іншими. Перспектива розвитку та розширення програмного забезпечення в рамках проекту «TrainGraph» передбачає суміщення графічного зображення циклічного та нециклічного руху поїздів та навантажувально-розвантажувальних робіт на станціях. Передбачається можливість використання програми на інших видах транспорту.

Метою статті є розробка графічного методу аналізу контактних графіків виконання внутрішніх перевезень промислового підприємства.

Результати досліджень. Графічне представлення контактних графіків передбачає відображення перевізного процесу у вигляді похилих ліній, процесів виконання вантажних робіт, простою та виконання маневрових та інших операцій з вагонами – горизонтальними лініями. Кожна нитка окремого перевезення має свій колір. Вертикальними лініями поєднуються горизонтальні лінії технологічних операцій на станційних коліях з лініями виконання вантажних операцій на вантажних фронтах (робота вантажних пунктів показується в окремому рядку робочої області графіка). Таким чином, корегування графіків передбачає, головним чином, розгляд фрагментів між вертикальними лініями.

На рисунку 1 наведений приклад відображення контактних графіків перевезень виливниць та піддонів з ливарного цеху (ЛЦ) до цеху підготовки составів (ЦПС), чавуну у злитках зі складу холодного чавуну СХЧ до ЛЦ (на екрані монітора нитки графіків виділяються різним кольором).

Виходячи з візуального аналізу графіків, деякі перевезення можуть виконуватись одночасно. Наприклад, перевезення порожніх вагонів після вивантаження чавуну з ЛЦ на ст. Шихта можуть бути поєднані з перевезеннями виливниць з ЛЦ (19-та година графіку). При цьому скорочується час роботи локомотивів.

Контактні графіки регламентують узгоджені між цехами та транспортним підрозділом інтервали часу, коли вагони повинні знаходитись на вантажних фронтах та рух по перегонах. Внутрістанційні переміщення відображаються вертикальною лінією для наочності (цей момент часу на координатній осі може змінюватись в сторону збільшення після планового закінчення вантажних операцій, або зменшення – до їх початку, без узгодження з цехами).

Розглянемо шість маршрутів перевезень:

1. Виливниці з ЛЦ до ЦПС.
2. Піддони з ЛЦ до ЦПС.
3. Піддони з ЛЦ до ЦРМО-4 (цеху ремонту мартенівського обладнання № 4).
4. Чавун з СХЧ до ЛЦ.
5. Скрап з ЛЦ до копрового цеху (КЦ), маршрут перевезень № 1.
6. Скрап з ЛЦ до КЦ, маршрут перевезень № 2.

При детальному аналізі цього графіку можна знайти можливості злиття певних ниток графіків. Так, для маршрутів № 1, 3 та 5 можливо об’єднати всі переміщення у напрямку станція «Шихта» – ЛЦ (рис. 2).

Якщо виконати ці перевезення на годину раніше, то можливо об’єднання з маршрутом №2 на цій же ділянці (рис. 3).

На ділянці руху ЛЦ – «Шихта» (14:30-15:30) для маршрутів №1 та 3 «Виливниці з ЛЦ до ЦПС» та «Піддони з ЛЦ до ЦРМО-4» виконується суміщення ниток графіків (рис. 4).

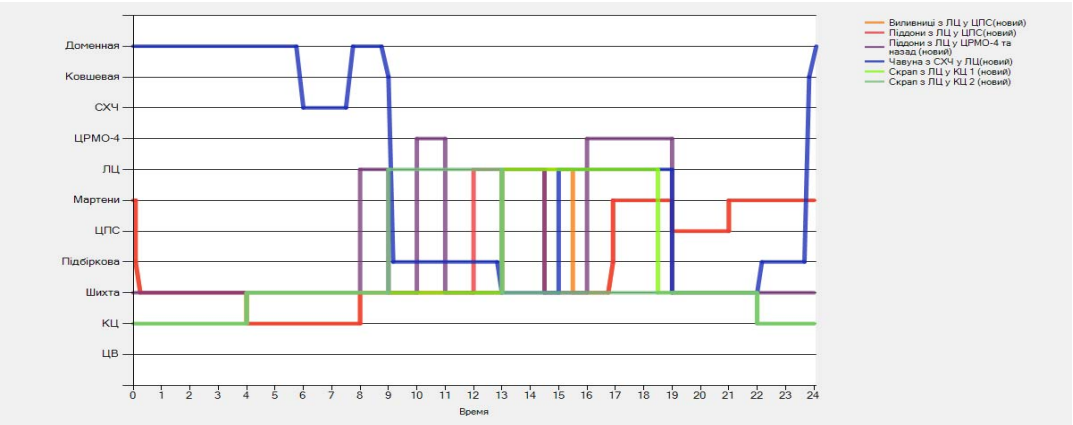


Рис.1. Відображення графіків перевезень в програмному комплексі «TrainGraph»

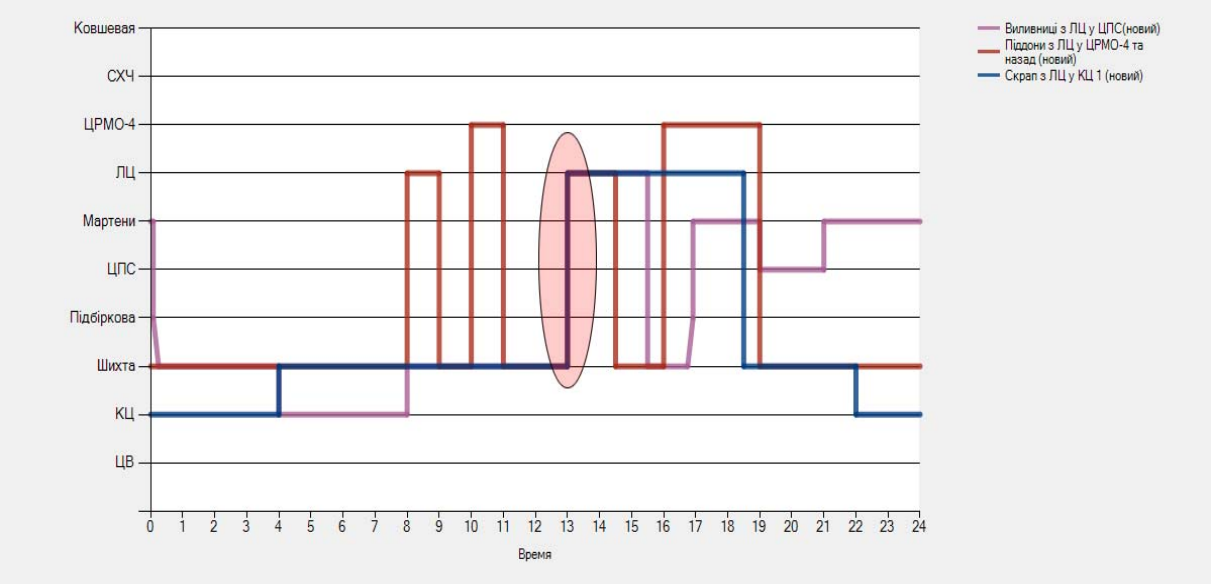


Рис. 2. Об’єднання ниток контактного графіку для маршрутів № 1, 3 та 5

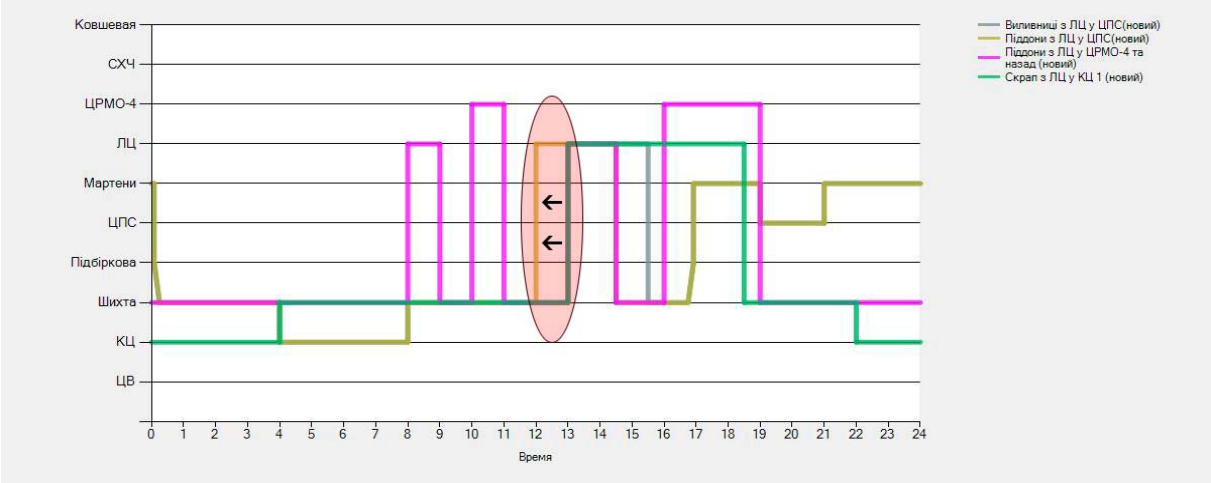


Рис. 3. Об’єднання маршрутів руху № 1, 3, 5 та 2 на ділянці «Шихта» – ЛЦ

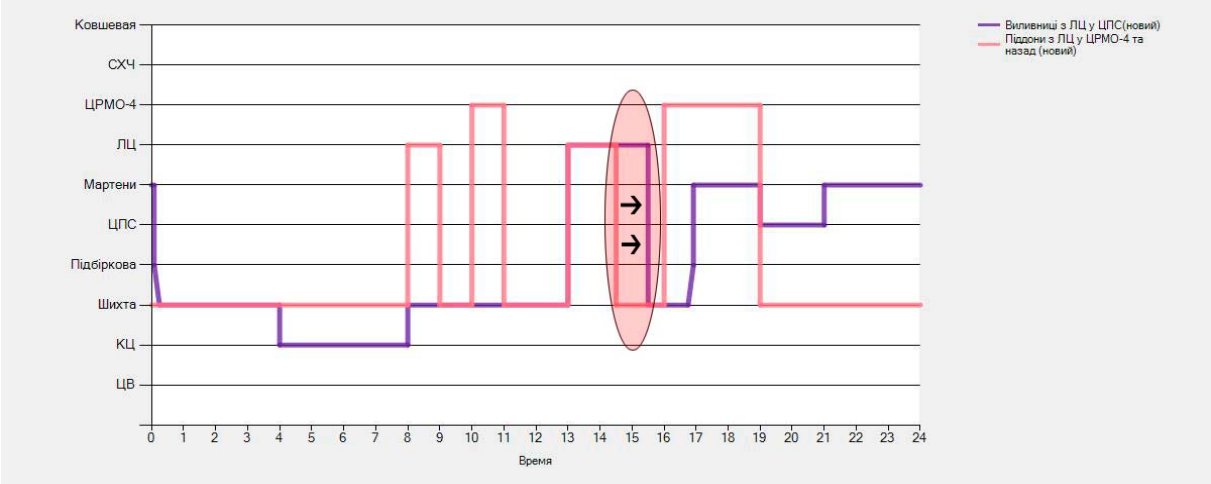


Рис. 4. Об’єднання маршрутів руху №1 та 3 на ділянці ЛЦ – «Шихта»

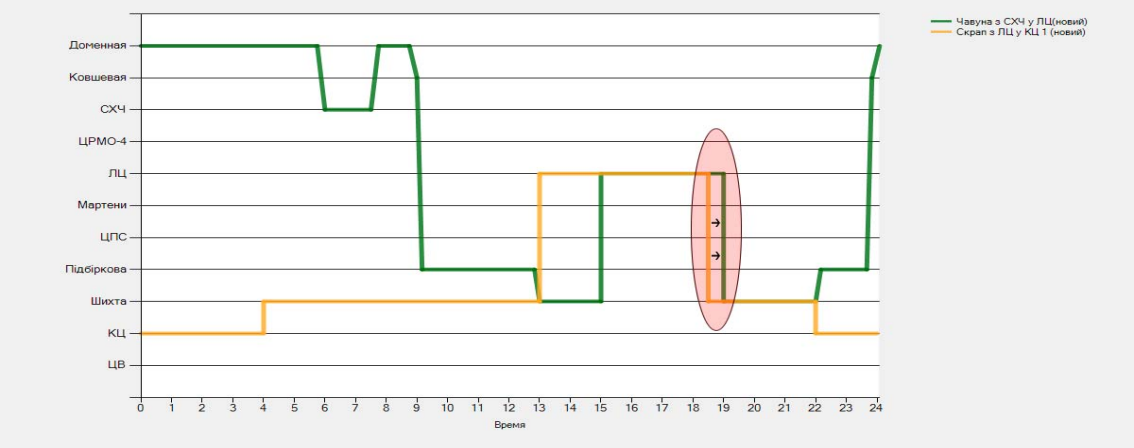


Рис. 5. Об'єднання маршрутів руху № 4 та 5 на ділянці ЛЦ – «Шихта»

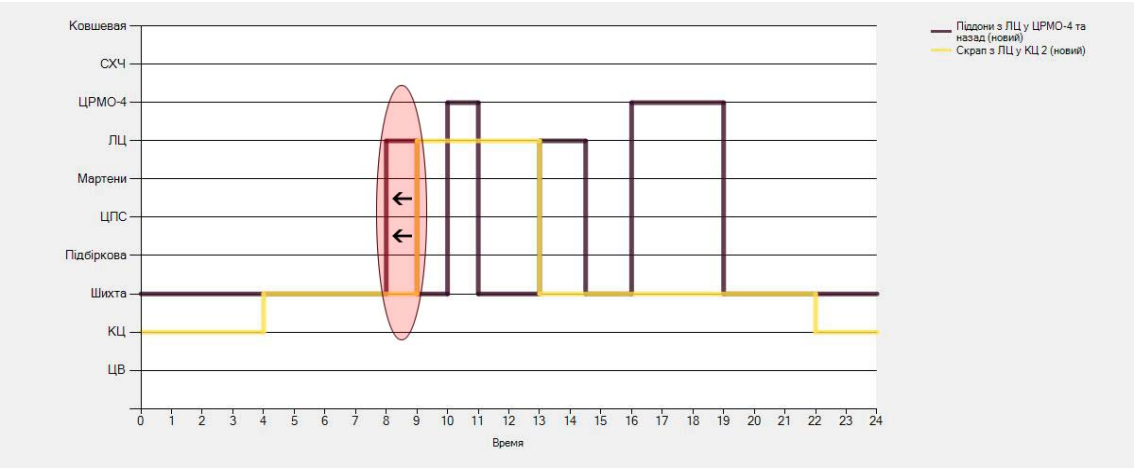


Рис. 6. Об'єднання маршрутів руху № 3 та 6 на ділянці «Шихта» – ЛЦ

Аналогічним чином виконуються суміщення для маршрутів № 4 та 5, 3 та 6, що зображено на рисунках 5 та 6 відповідно.

На цьому робота з цими маршрутами перевезень завершена. Аналіз результатів корегування маршрутів перевезень наведений в таблиці 1.

Враховуючи зворотні холості пробіги локомотивів, кількість їх переміщень зменшено з 20 до 8 одиниць.

Розглянемо наступну вибірку з 9 номерів маршрутів перевезень інших залізничних районів (у дужках вказана нумерація однакових за назвою маршрутів перевезень):

1. Обрізки слябів (3).
2. Окалина до бункерів доменного цеху (2).
3. Окалина на шихтовий двір мартенівського цеху (1).
4. Окалина на шихтовий двір мартенівського цеху (2).
5. Окалина до бункерів доменного цеху (3).
6. Окалина до бункерів доменного цеху (1).
7. Обрізки слябів (4).
8. Обрізки слябів (1).
9. Обрізки слябів (2).

Сукупність ниток контактного графіку показана на рисунку 7.

Таблиця 1

Аналіз результатів корегування маршрутів перевезень

Маршрути перевезень	Існуючі переміщення, од.	Проектні переміщення, од.
№ 3 (піддони з ЛЦ до ЦРМО-4), № 6 (скрап з ЛЦ до КЦ)	2	1
№ 4 (чавун з СХЧ до ЛЦ), № 5 (скрап з ЛЦ до КЦ)	2	1
№ 1 (виливниці з ЛЦ до ЦПС), № 3 (піддони з ЛЦ до ЦРМО-4)	2	1
№ 1 (виливниці з ЛЦ до ЦПС), № 3(піддони з ЛЦ до ЦРМО-4), № 5 (скрап з ЛЦ до КЦ), № 2 (піддони з ЛЦ до ЦПС)	4	1
Разом	10	4

Шляхом попарного перегляду графіків знаходяться можливості їх об'єднання:

а) маршрути № 1 та 4 (рис. 8);
б) маршрути № 1, 5 та 9 (рис. 9);
в) маршрути № 2, 3, 7 та 8 (рис. 10);
г) маршрути № 3 та 9 (рис. 11);
д) маршрути № 4, 6 та 7 (рис. 12);
е) маршрути № 5 та 7 (рис. 13).

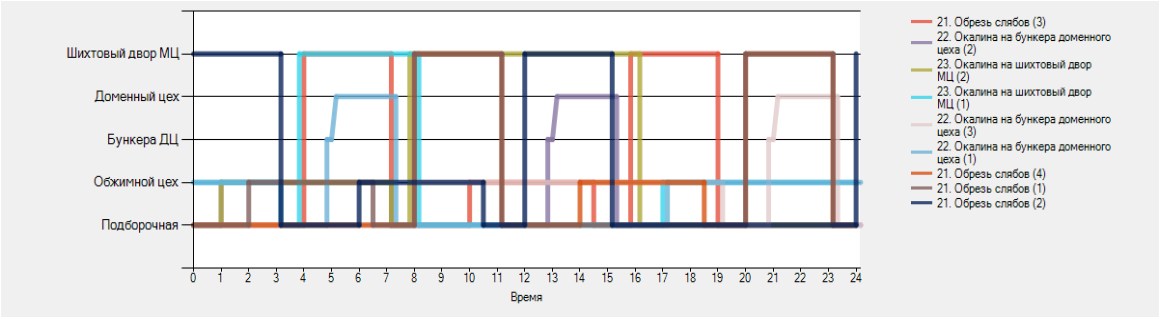


Рис. 7. Сукупність ниток контактного графіку для корегування

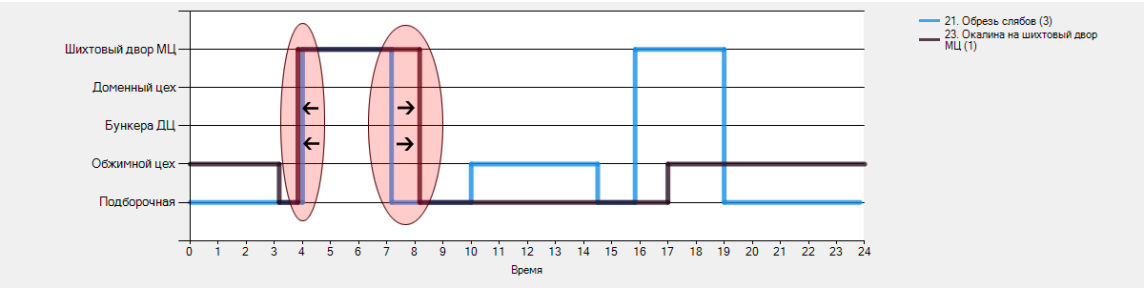


Рис. 8. Об’єднання маршрутів руху № 3 та 6 на ділянках «Підбіркова – Шихтовий двір» та «Шихтовий двір – Підбіркова»

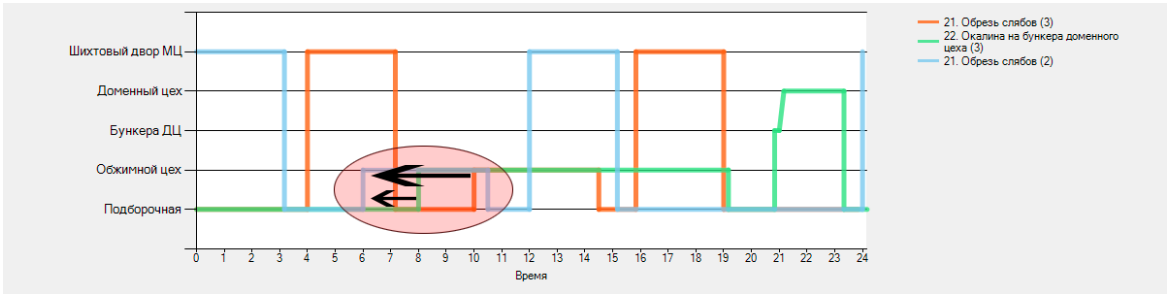


Рис. 9. Об’єднання маршрутів руху № 1, 5 та 9 на ділянках «Підбіркова – Шихтовий двір» та «Шихтовий двір – Підбіркова»

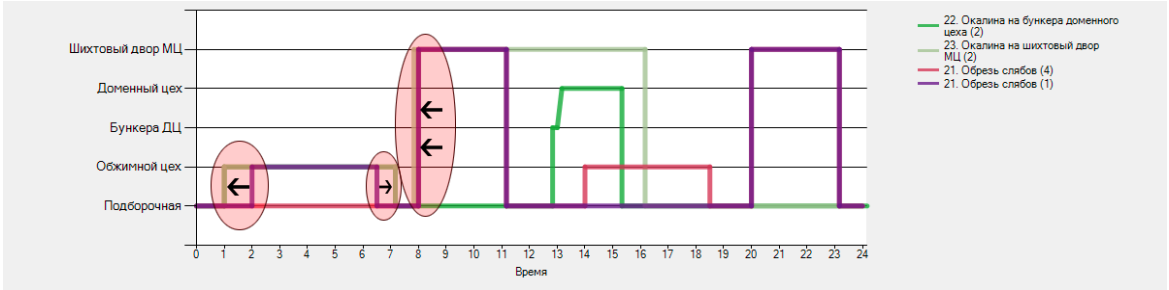


Рис. 10. Об’єднання маршрутів руху № 2, 3 та 8 на ділянках «Підбіркова – Обтискний цех», «Обтискний цех – Підбіркова» та «Підбіркова – Шихтовий двір»

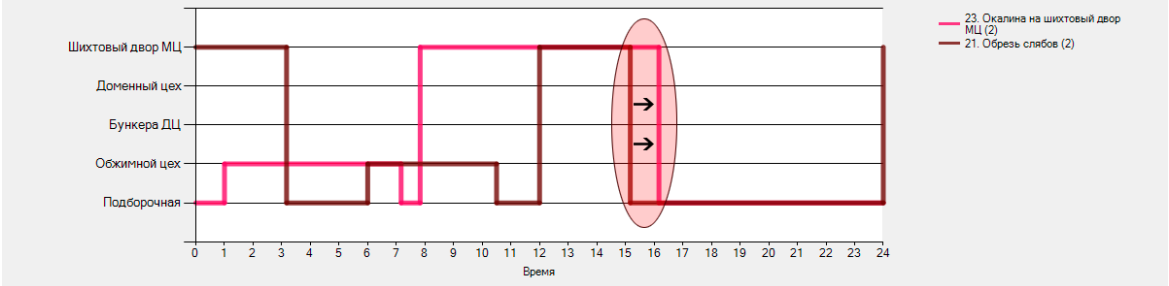


Рис. 11. Об’єднання маршрутів руху № 3 та 9 на ділянці «Шихтовий двір – Підбіркова»

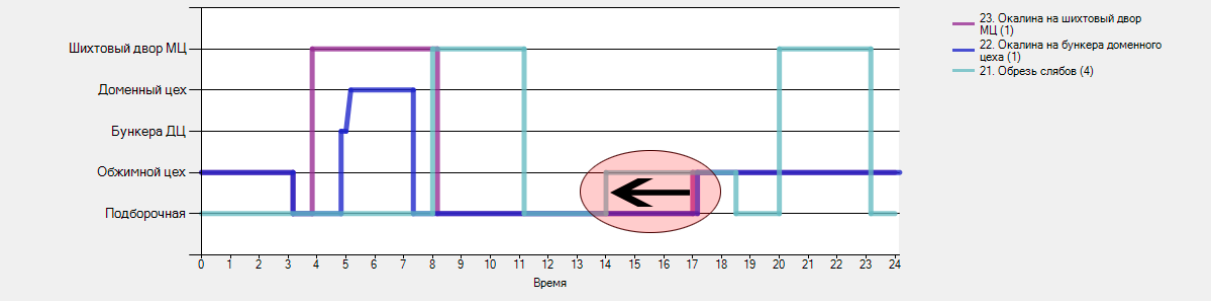


Рис. 12. Об'єднання маршрутів руху № 4, 6 та 7 на ділянці «Підбіркова – Обтискний цех»

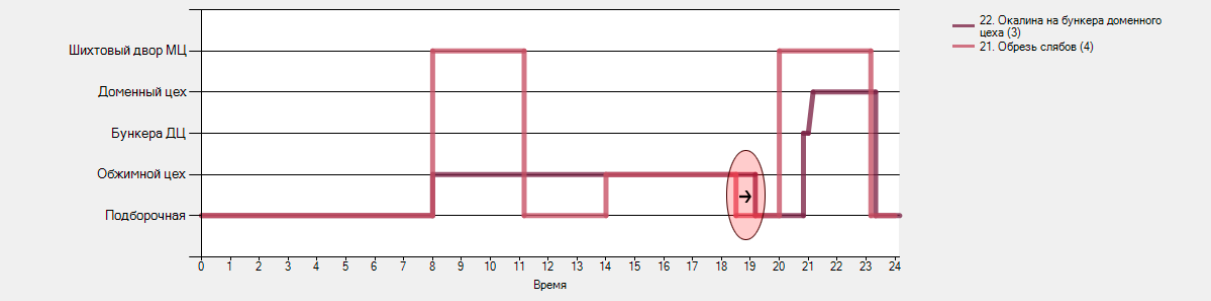


Рис. 13. Об'єднання маршрутів руху № 5 та 7 на ділянці «Обтискний цех – Підбіркова»

Аналіз результатів корегування маршрутів перевезень наведений в таблиці 2.

Таблиця 2

Аналіз результатів корегування маршрутів перевезень

Маршрути перевезень	Існуючі переміщення, од.	Проектні переміщення, од.
1 та 4	4	2
1, 5 та 9	3	1
2, 3, 7 та 8	9	3
3 та 9	2	1
4, 6 та 7	3	1
5 та 7	2	1
Разом	23	9

За рахунок скорочення тривалості роботи локомотивів від удосконалення контактних графіків отримано економічний ефект у розмірі 54,3 тис. грн на рік.

Висновки. Запропонований метод графічного методу аналізу контактних графіків виконання внутрішніх перевезень промислового підприємства.

За рахунок використання методики, яка дозволяє максимально поєднати нитки графіків окремих перевезень, можливе отримання економічного ефекту в розмірі близько 54,3 тис. грн. завдяки скороченню тривалості роботи локомотивів.

Література

1. Попов А. Т. Анализ влияния неравномерности производственных процессов металлургического комбината на величину резервов вагонов [Текст] / А. Т. Попов, О. А. Суслова, О. В. Воронина // Проблемы современной науки // сборник научных трудов конференции Липецкого государственного технического университета. – 2016. – С. 189-200.
2. Попов А. Т. Исследование влияния неритмичности производственных процессов на количество вагонов в обороте [Текст] / А. Т. Попов, О. В. Воронина // Транспорт Урала. – 2016. – № 3 (50). – С. 54-59.
3. Попов А.Т. Проблемы существующей организации внутризаводских перевозок в условиях металлургического комбината / А. Т. Попов, О. В. Воронина // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2014. – Т. 4. – № 1 (5). – С. 29-37.
4. Балгабеков Т. К. Проблемы промышленного транспорта Казахстана / Т. К. Балгабеков, С. К. Малыбаев, С. О. Фролова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 6-3. – С. 392-394.
5. Рахмангулов А. Н. Методика выбора рационального варианта внутризаводских перевозок (на примере Белорецкого металлургического комбината) / А. Н. Рахмангулов, С. Е. Гавришев, С. В. Трофимов, С. Н. Корнилов, В. А. Лукьянов // Научные сообщения НТЦ-НИИОГР. – Челябинск, 1999. – С. 63-65.
6. Воронина О. В. Исследование организации внутризаводских железнодорожных перевозок в условиях аритмии производства / О. В. Воронина // Сборник материалов областного профильного семинара «Школа молодых ученых по проблемам гуманитарных, естественных и технических наук». – Липецк, 2016. – С. 253-265.
7. Корнилов С. Н. Подход к выбору приоритетов при обслуживании производственных подразделений железнодорожным транспортом / С. Н. Корнилов, А. Н. Антонов // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2011. – № 1. – С. 95-99.
8. Турпак С. М. Разработка контактных графиков обслуживания транспортно-производственного комплекса на основании микрологистических принципов [Текст] / С. М. Турпак, Д. В. Бондаренко // Тиждень науки: науково-практична конф., 12-16 квітня 2010р. : тези

доповідей. – Запоріжжя : ЗНТУ. – 2010. – Т. 1. – С. 201.
9. Турпак С. М. Оптимізація маршрутів перевезень вантажів на під'їзній колії металургійного підприємства [Текст] / С. М. Турпак, О. В. Світлицький // Тиждень науки: науково-практична конф., 14-18 квітня 2014 р. : тези доповідей. – Запоріжжя : ЗНТУ. – 2014. – Т. 1. – С. 42.
10. А. с. 65138 Україна. Програма для побудови контактних графіків транспортного обслуговування виробничих підрозділів металургійного підприємства [Текст] / Турпак С. М., Грицай С. В. (Україна). Зареєстр. 04.05.2016. – 1с.

References

1. Popov A. T. Analiz vliyaniya neravnomernosti proizvodstvennykh protsessov metallurgicheskogo kombinata na velichinu rezervov vagonov [Text] / A. T. Popov, O. A. Suslova, O. V. Voronina // Problemy sovremennoy nauki // Sbornik nauchnykh trudov konferentsii Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2016. – Pages 189-200.
2. Popov A. T. Issledovanie vliyaniya neritmichnosti proizvodstvennykh protsessov na kolichestvo vagonov v oborote [Text] / A. T. Popov, O. V. Voronina // Transport Urala. – 2016. – No. 3 (50). – Pages 54-59.
3. Popov A. T. Problemy sushhestvuyushhej organizacii vnutrizavodskix perevozok v usloviyax metallurgicheskogo kombinata / A. T. Popov, O. V. Voronina // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. – 2014. – T. 4. – No. 1 (5). – Pages 29-37.
4. Balgabekov T. K. Problemy promyshlennogo transporta Kazaxstana / T. K. Balgabekov, S. K. Malybaev, S. O. Frolova // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyx i fundamentalnyx issledovanij. – 2015. – No. 6-3. – Pages 392-394.
5. Rahmangulov A. N. Metodika vybora racionalnogo varianta vnutrizavodskix perevozok (na primere Beloreckogo metallurgicheskogo kombinata) / A. N. Rahmangulov, S. E. Gavrishev, S. V. Trofimov, S. N. Kornilov, V. A. Lukyanov // Nauchnye soobshheniya NTC-NIIORG. – Chelyabinsk, 1999. – Pages 63-65.
6. Voronina O. V. Issledovanie organizacii vnutrizavodskix zheleznodorozhnyx perevozok v usloviyax aritmii proizvodstva / O. V. Voronina // Sbornik materialov oblastnogo profilnogo seminara «Shkola molodyx uchenyx po problemam gumanitarnyx, estestvennyx i texnicheskix nauk». – Lipeck, 2016. – Pages 253-265.
7. Kornilov S. N. Podxod k vyboru prioritetov pri obsluzhivanii proizvodstvennyx podrazdelenij zheleznodorozhnym transportom / S. N. Kornilov, A. N. Antonov // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. – 2011. – No. 1. – Pages 95-99.
8. Turpak S. M. Razrabotka kontaktnykh grafikov obsluzhivaniya transportno-proizvodstvennogo komplexa na osnovanii mikrologisticheskikh printsipov [Text] / S. M. Turpak, D. V. Bondarenko // Tyzhden nauky: naukovo-praktychna konf., April 12-16, 2010 : tezy dopovidey. – Zaporizhzhia : ZNTU. – 2010. – Vol. 1. – Page 201.
9. Turpak S. M. Optymizatsiya marshrutiv perevezen vantazhiv na pidyizniy koliyi metalurgiynogo pidpryiemstva [Text] / S. M. Turpak, O. V. Svitlytskiy // Tyzhden nauky: naukovo-praktychna konf., April 14-18, 2014 : tezy dopovidey. – Zaporizhzhia : ZNTU. – 2014. – Vol. 1. – Page 42.
10. A. s. 65138 Ukraine. Programa dlya pobudovy kontaktnykh grafikiv transportnogo obslugovuvannia vyrobnychykh pidrozdiliv metalurgiynogo pidpryiemstva [Text] / S. M. Turpak, S. V. Grytsay (Ukraine). Registered on May 04, 2016. – 1 page.

Турпак С. М., Васильєва Л. О., Лебідь Г. О., Падченко О. О., Сидоренко Ю. Т. Оптимізація графіків внутрішніх залізничних перевезень металургійного підприємства.

В статті представлений графічний методу аналізу контактних графіків виконання внутрішніх перевезень промислового підприємства за допомогою розробленої програми «TrainGraph». На графіках передбачено враховувати зайнятість станційних колій, час технологічного простою та переміщення рухомого складу. Представлена методика дозволяє одночасно розглядати групи окремих графіків, виділяти та збільшувати окремі фрагменти та передавати зображення у відомі графічні редактори. Передбачене відтворення циклів виконання технологічних операцій з залізничними составами. Шляхом використання методики, яка дозволяє максимально поєднати нитки графіків окремих перевезень, можливе отримання економічного ефекту за рахунок скорочення тривалості роботи локомотивів.

***Ключові слова**: контактний графік, залізничний транспорт, промислове підприємство, перевезення.*

Turpak S., Vasilyeva L., Padchenko O., Lebid G., Sidorenko Yu. Optimization of the railway transportation schedule of metallurgical enterprise.

The article presents a graphical method of analyzing the contact schedules of performance of the internal transportation of industrial enterprise using the designed program TrainGraph. The schedules include the occupation of station tracks, the technological idle time and the movement of rolling stock. The presented method allows to consider simultaneously groups of separate schedules, to allocate and increase separate fragments and transfer the image to known graphical editors. It is envisaged to reproduce the cycles of performing technological operations with sets of cars. Using a method that allows to maximally connect the threads of the schedules of individual transportations allows to obtain an economic effect by reducing the duration of work of locomotives

***Keywords:** contact schedule, railway transport, industrial enterprise, transportation.*

Турпак С.М. – д.т.н., професор кафедри «Транспортні технології» ЗНТУ, e-mail: turpak@mail.ru.
Васильєва Л.О. – ст. викладач кафедри «Транспортні технології» ЗНТУ, e-mail: olegka107@ukr.net.
Лебідь Г. О. – ст. викладач кафедри «Транспортні технології» ЗНТУ, e-mail: leanna11@list.ru.
Падченко О. О. – ст. викладач кафедри «Транспортні технології» ЗНТУ, e-mail: padchenkolena@list.ru
Сидоренко Ю. Т. – аспірант кафедри «Транспортні технології» ЗНТУ, e-mail: yu.t.sidorenko@zaporizhstal.com.

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

Стаття подана 30.03.2017

УДК 629.4; 621.436; 543.27

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ

Фалендиш А.П., Гатченко В.О., Клецька О.В.

THE ANALYSIS OF APPROACHES TO THE CALCULATION OF EMISSIONS FROM THE EXHAUST GASES OF DIESEL LOCOMOTIVES

Falendysh A., Hatchenko V., Kletska O.

У статті розглянуто питання про підходи до розрахунку викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизелів тепловозів. Виконано розрахунок викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних двигунів внутрішнього згоряння за різними методиками. Розглянуто різні підходи до розрахунків. Визначено відповідність розрахункових даних нормам викидів нормативних документів різних країн.

Ключові слова: *викиди забруднюючих речовин, відпрацьовані гази, режими випробувань, концентрації шкідливих речовин, двигуни внутрішнього згоряння, дизелі тепловозів.*

Вступ. На залізничному транспорті велика увага приділяється питанню підвищення екологічності рухомого складу. В той же час великі витрати пов'язані з проведенням випробувань рухомого складу в тому числі і екологічних, потребують пошуку нових рішень, щодо розробки раціональної моделі та методів розрахунків викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Підходи до проведення екологічних випробувань тепловозів в різних країнах дуже відрізняються. Кожна країна встановлює свої стандарти та методи розрахунку викидів шкідливих речовин пересувними джерелами забруднення.

Постановка проблеми. Для розробки раціональної моделі екологічних випробувань рухомого складу з двигунами внутрішнього згоряння необхідно виконати ретельний аналіз та порівняння підходів до розрахунку викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням зменшення кількості викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів присвячено багато праць різних вчених. В основному це дослідження присвячені зменшенню викидів шкідливих речовин при реостатних випробуваннях тепловозних дизелів. Оцінки максимального значення приземної концентрації шкідливих речовин [1], методам визначення коефіцієнту надлишку повітря при спалюванні палива [2-4], методам визначення витрати газу у газоході з малим поперечним перетином [5], дослідженню параметрів газоповітряного потоку для розсіювання відпрацьованих газів тепловозів [6-7] та інших.

Питання зменшення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів актуальне не лише при випробуваннях дизелів а і при їх експлуатації. Встановлено, що вимоги стандартів різних країн, щодо нормування та методів визначення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів значно відрізняються. У нормах викидів забруднюючих речовин [8], у відмінності допустимих похибок при проведенні випробувань, режимах та циклах випробувань, різних підходах до розрахунків [9].

Для визначення оптимальних критеріїв при розробці моделі екологічних випробувань необхідно провести обчислення викидів різними методами представленими стандартами різних країн.

Мета статті – порівняння підходів до розрахунків викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів та їх аналіз.

Виклад основного матеріалу. Екологічні випробування тепловозу з дизелем потужністю 970 кВт та напрацюванням 92,7 мотогодин проводилися згідно вимог галузевого стандарту ГСТУ 32.001-94 Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення [10]. Параметри забруднюючих речовин, які нормуються, під час випробувань згідно з цим нормативним документом визначались на таких режимах тепловозних дизелів:

- Ре100 – режим номінальної потужності, кВт;
- Ре75 = 0,75 Ре100 ± 5 %, кВт;
- Ре50 = 0,5 Ре100 ± 5 %, кВт;
- Ре25 = 0,25 Ре100 ± 5 %, кВт;
- Рехх = Рдоп.мех. – режим холостого ходу, кВт,

де Рдоп.мех. – сумарна потужність допоміжного обладнання та механізмів тепловозу, кВт.

Таблиця 1

Результати екологічних випробувань тепловозу

№ режиму	Режим роботи, %	Витрата палива, кг/год.	Потужність допоміжного устаткування, кВт	Потужність, кВт	α	C_{O2}, ppm	C_{NO}, ppm	C_{NO2}, ppm	C_{CO}, ppm	C_{NOx}, ppm	C_{CH}, ppm
1	0	2,84	2,28	0	7,24	18,1	310	59	269	369	16
					8,4	18,6	287	53	295	340	15
					11,66	19,2	315	50	271	365	14
2	25	48,904	23,76	206 207 207	1,79	9,4	1242	189	194	1431	28
					1,84	9,7	1305	208	179	1513	29
					1,81	9,5	1280	197	187	1477	27
3	50	91,600	38,12	414 415 415	1,81	9,5	913	109	307	1022	31
					1,82	9,6	940	108	335	1048	31
					1,87	9,9	945	122	301	1067	31
4	75	136,045	61,64	620 623 622	2,16	11,4	844	109	65	953	32
					2,18	11,5	837	103	62	940	32
					2,16	11,4	838	114	65	952	32
5	100	205,311	137,70	830 832 828	2,18	11,5	844	111	44	955	28
					2,18	11,5	822	106	40	928	28
					2,14	11,3	847	111	41	958	28

Результати випробувань наведені в таблиці 1.

Питомі викиди забруднюючих речовин розраховувались за формулами 1, 2, 3 для оксиду азоту, оксиду вуглецю, вуглеводнів відповідно.

$$e_{NO_{xj}} = \frac{5,72 \cdot 10^4 C_{NO_x}(G_{air} - 0,000974 G_f)}{P_{ej}}, \quad (1)$$

$$e_{CO_j} = \frac{3,475 \cdot 10^4 C_{CO}(G_{air} - 0,000974 G_f)}{P_{ej}}, \quad (2)$$

$$e_{CHj} = \frac{5,46 \cdot 10^4 C_{CH}(G_{air} - 0,000974 G_f)}{P_{ej}}, \quad (3)$$

де j - номер режиму випробування;

Gair - витрата повітря, кг/с;

Gf - витрата палива, кг/с;

Pej - ефективна потужність дизеля на режимі випробування;

C_{CO} - концентрація оксидів вуглецю, %

C_{NOx} - концентрація оксидів азоту, %;

C_{CH} - концентрація вуглеводнів, %.

Витрата повітря через дизель тепловозу Gair, кг/с визначалась за формулою:

$$G_{air} = \frac{\alpha_\Sigma L^0_{air} G_f}{1000}, \quad (4)$$

де L^0_{air} - кількість повітря, теоретично необхідна для згоряння 1 кг палива. (приймалася для середнього складу дизельного палива рівною 14,32 кг пов./кг палива)

α_Σ - сумарний коефіцієнт надлишку повітря, що визначався за результатами аналізу відпрацьованих газів.

Результати розрахунків по отриманим даним подані в таблиці 2.

Таблиця 2

Питомі викиди забруднюючих речовин тепловозу

№ режиму	Питомі викиди		
	e(CO), г/(кВт·год)	e(NOx), г/(кВт·год)	e(CH), г/(кВт·год)
1	43,095	91,110	3,644
2	0,9115	11,828	0,215
3	1,4767	8,074	0,228
4	0,353	8,588	0,277
5	0,2453	9,1649	0,259

Згідно [10] нормою викидів забруднюючих речовин повинна бути величина середньо експлуатаційних питомих значень. Середньо експлуатаційні питомі викиди забруднюючих речовин E, г/(кВт·год.) у залежності від режиму навантаження та часу роботи дизеля тепловозу на цьому режимі було обчислено за формулою:

$$E = \frac{e_{i100}P_{e100}\tau_{100} + e_{i75}P_{e75}\tau_{75} + e_{i50}P_{e50}\tau_{50} + e_{i25}P_{e25}\tau_{25} + e_{ixx}P_{exx}\tau_{xx}}{P_{e100}\tau_{100} + P_{e75}\tau_{75} + P_{e50}\tau_{50} + P_{e25}\tau_{25} + P_{exx}\tau_{xx}}, \quad (5)$$

де $e_{i100}, e_{i75}, e_{i50}, e_{i25}, e_{ixx}$ - питомі викиди ЗР з ВГ на режимах випробувань дизелів, г/(кВт·год.);

$\tau_{100}, \tau_{75}, \tau_{50}, \tau_{25}, \tau_{xx}$ - відносний час роботи дизеля у експлуатації на режимах випробувань, які нормуються, у % (приймаються згідно табл. 5 [2]).

Результати обчислення середньо експлуатаційних питомих викидів забруднюючих речовин та порівняння з гранично допустимими наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Порівняння розрахункових середньо експлуатаційних питомих викидів тепловозу з нормативними

Показник екологічної безпеки	Результати розрахунків, г/(кВт·год)	Норми ГСТУ 32.001-94, г/(кВт·год)	
		Дизель у експлуатації до 2-х років	Дизель у експлуатації більше 2-х років
E_{NOx}	10,778	18	18
E_{CO}	1,306	10	12
E_{CH}	0,246	4	4,5

Так, як результати розрахунків не перевищують встановлені нормативи, то зроблено висновок, що тепловоз відповідає екологічним нормам за викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів.

У Росії з 1997 р. діяв стандарт ГОСТ Р 50953-96. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения [11]. Даним стандартом регламентовано визначення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у об'ємних частках або масових концентраціях, г/нм^3.

За результатами наших вимірювань, перерахуємо концентрації C_{NOx}, C_{CO}, C_{CH}, у об'ємні частки. Результати розрахунків та відповідність вимогам наведено в таблиці 4.

Отримані результати розрахунків $C_{NOx,}$ об.%, C_{CO}, об.% не перевищують встановлені нормативи, а C_{CH}, об.% зовсім не регламентовано, тож робимо висновок, що тепловоз відповідає екологічним нормам за викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів за ГОСТ Р 50953-96.

З 1.01.2009 р. стандарт ГОСТ Р 50953-96 був змінений на ГОСТ Р 50953-2008 Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения [12] - діє по теперішній час.

Концентрації C_{NOx}, C_{CO}, C_{CH}, у об'ємних частках згідно розрахунків та відповідність вимогам ГОСТ Р 50953-2008 наведено в таблиці 5.

Отримані результати розрахунків $C_{NOx,}$ об.% перевищують гранично допустимий вміст на режимі 1, що відповідає 0 позиції контролера машиніста (холостий хід) при постановці у виробництво з 2011 року на 0,006 %. Розрахунок концентрацій C_{CO}, об.% перевищують гранично допустимий вміст на режимі 1, що відповідає 0 позиції контролера машиніста (холостий хід) при постановці у виробництво з 2001 та 2006 р.р. на 0,01283 %, а при постановці з 2011 р. На 0,00783 %. Концентрація

Таблиця 4

Результати розрахунків та відповідність вимогам ГОСТ Р 50953-96

№ режиму*	Результати розрахунків			Гранично допустимий вміст С на режимах 1– 5, згідно ГОСТ Р 50953-96 для маневрових тепловозів з електропередачею		
	$C_{NOx,}$ об.%	C_{CO}, об.%	C_{CH}, об.%	$C_{NOx,}$ об.%	C_{CO}, об.%	C_{CH}, об.%
1	0,036	0,02783	0,0015	0,06	0,045	-
2	0,147	0,01867	0,0028	0,275	0,17	
3	0,105	0,03143	0,0031			
4	0,095	0,0064	0,0032			
5	0,095	0,00417	0,0028	0,260	0,16	

*Прим. Згідно [11] випробування на режимах 1-5 повинно відповідати 0,2,4,6,8 позиції контролера машиніста відповідно. Що буде відповідати навантаженню на режимі холостого ходу, частковому та повному.

Таблиця 5

Результати розрахунків та відповідність вимогам ГОСТ Р 50953-2008

Шкідлива речовина	Режим випробування*	Концентрації, С, об.% за результатами розрахунків	Об'ємна частка гранично допустимого вмісту С,%, згідно ГОСТ Р 50953-2008 для маневрових тепловозів з електропередачею			
			Рік постановки у виробництво			
			до 2001 р.	з 2001 р.	з 2006 р.	з 2011 р.
Оксиди азоту NOx (у перерахунку по NO_2)	1	0,036	0,060	0,050	0,040	0,030
	2	0,105	0,290	0,240	0,200	0,150
	3	0,095	0,270	0,230	0,190	0,140
Окис вуглецю СО	1	0,02783	0,045	0,015	0,015	0,020
	2	0,03143	0,190	0,060	0,060	0,070
	3	0,00417	0,175	0,055	0,055	0,065
Вуглеводні CnHm (у перерахунку по C_3H_8)	1	0,0015	0,050	0,020	0,020	0,010
	2	0,0031	0,070	0,030	0,030	0,014
	3	0,0028	0,060	0,025	0,025	0,013

*Прим. Згідно [12] випробування на режимах 1-3 повинно відповідати 0, 4, 8 позиції контролера машиніста відповідно. Що буде відповідати навантаженню на режимі холостого ходу, частковому та повному.

C_{CH}, об.% не перевищують встановлені нормативи на всіх режимах. Таким чином, робимо висновок, що даний тепловоз не може експлуатуватися відповідно до ГОСТ Р 50953-2008.

З 1.07.2014 р. введений в дію міждержавний стандарт ГОСТ 31967 - 2012 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения (для країн Білорусь, Казахстан, Киргизія, Молдавія, Росія, Таджикистан, Узбекистан) [13]. Цей стандарт поширюється на викиди газоподібних шкідливих речовин з відпрацьованими газами при проведенні стендових випробувань нових та капітально відремонтованих суднових, тепловозних і промислових поршневих двигунів внутрішнього згоряння (далі - двигуни) і встановлює їх норми і методи визначення.

Згідно з [13] випробувальні цикли та склад режимів випробувань повинні відповідати ГОСТ 30574-98. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Измерение выбросов вредных веществ с отработавшими газами. Циклы испытаний [14]. У даному стандарті рекомендовано три режими випробувань:

Режим 1 – частота обертання – номінальна, обертальний момент - 100%, ваговий коефіцієнт- 0,25;

Режим 2 – частота обертання – проміжна, обертальний момент - 50%, ваговий коефіцієнт- 0,15;

Режим 3 – частота обертання – мінімальна холостого ходу, обертальний момент - 0%, ваговий коефіцієнт- 0,6. Ваговий коефіцієнт це умовна величина, яка відображає статистичну частку часу роботи двигунів даного призначення в районі даного режиму.

Питомий середньозважений викид *i*-ої шкідливої речовини розрахуємо за формулою:

$$e_i = 0,446\mu_i \frac{\sum_{j=1}^{m} C_{ij} V_{exhj} W_j}{P_e \sum_{j=1}^{m} \overline{P_{ej}} W_j}, \qquad (6)$$

де μ_i - молекулярна маса *i*-ої шкідливої речовини або її еквівалента по приведенню, кг/кмоль;

C_{ij} - об'ємна концентрація в відпрацьованих газах *i*-ої шкідливої речовини, об.% ;

V_{exhj} - об'ємна годинна витрата відпрацьованих газів, приведена до нормальних атмосферних умов, у "вологому" або "сухому" стані, м^3/год;

W_j - ваговий коефіцієнт *j* –го режиму;

P_e - номінальна або повна потужність двигуна, кВт;

$\overline{P_{ej}}$ - відносна потужність двигуна,%.

Об'ємну годинну витрату відпрацьованих газів, розраховуємо за виміряними значеннями витрати повітря та палива на кожному режимі за формулою:

$$V_{exhj} = V_{air} + F_f B, \qquad (7)$$

де V_{air} - об'ємна годинна витрата повітря, приведена до нормальних атмосферних умов (тиск p_a=101,3 кПа, температура T_a=273К) м^3/год;

F_f - коефіцієнт складу палива, м^3/кг (для дизельного палива при «вологому» стані газів дорівнює 0,75, при «сухому» - 0,77);

B - масова витрата палива, кг/год.

Розрахунки питомих середньозважених викидів e_{NOx}, e_{CO}, e_{CH} та відповідність ГОСТ 31967 – 2012. наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

Результати розрахунків та відповідність вимогам ГОСТ 31967 – 2012

Шкідлива речовина	Результати розрахунків	Норма питомих середньозважених викидів при постановці на виробництво	
		до 2016 р	з 2016 р.
Питомий середньозважений викид оксидів азоту (NOx) в приведенні до NO_2, e_{NOx}, г/(кВтгод)	11,7	12,0	7,4
Питомий середньозважений викид оксиду вуглецю (CO) e_{CO}, г/(кВтгод)	7,6	3,5	1,5
Питомий середньозважений викид вуглеводнів (CH) в приведенні до $CH_{1,85}$, e_{CH} г/(кВтгод)	0,92	1,0	0,4

Результати розрахунків питомих середньозважених викидів:

- e_{NOx} для дизеля тепловоза при постановці у виробництво до 2016 р. знаходяться в нормі, при постановці у виробництво після 2016 р. перевищують на 4,3 г/(кВтгод);
- e_{CH} для дизеля тепловоза при постановці у виробництво до 2016 р. знаходяться в нормі, при постановці у виробництво після 2016 р. перевищують на 0,52 г/(кВтгод);
- e_{CO} перевищують норму на 4,1 та 6,1 г/(кВтгод) до 2016 р. та після 2016р., відповідно.

Таким чином робимо висновок, що тепловоз з даним дизелем частково відповідає нормам вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизелів тепловозів за даним гостом.

Висновки. За результатами проведених випробувань та розрахунків за різними методиками встановлено, що дизель з потужністю 970 кВт та напрацюванням 92,7 мотогодин відповідає норма-

тивним вимогам галузевого стандарту ГСТУ 32.001-94 та стандарту Росії ГОСТ Р 50953-96. Даний дизель по отриманим результатам випробувань тільки частково відповідає стандартам Росії ГОСТ Р 50953-2008 та ГОСТ 31967 – 2012 таких країн, як Білорусь, Казахстан, Киргизія, Молдавія, Росія, Таджикистан, Узбекистан для локомотивів, які випускаються з 2011 та 2016 років відповідно.

Перевищення викидів шкідливих речовин спостерігається за викидами оксиду вуглецю та оксидів азоту в основному на 1 режимі випробувань при 0 позиції контролера машиніста, тобто режимі холостого ходу, що для всіх підходів по визначенню викидів шкідливих речовин є обов'язковим.

В подальшому необхідно удосконалити модель проведення екологічних випробувань та розробити відповідне програмне забезпечення для визначення параметрів викидів шкідливих речовин.

Література

1. Черняк Ю.В. Оценка максимального значения приземной концентрации вредных веществ при реостатных испытаниях тепловозов/ Ю. В. Черняк, О. В. Трубихин, Н. Ф. Беспалов// Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2005.- Вип.1.- С. 55-62.
2. Черняк Ю.В. Сравнение существующих зависимостей определения коэффициента избытка воздуха при сжигании топлива/ Ю. В. Черняк, О. В. Трубихин, А.М. Гущин// Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2005. - Вип.2.- С. 60-68.
3. Черняк Ю.В. Определение коэффициента избытка воздуха по наличию в продуктах сгорания углекислого газа, сажи и составу топлива / Ю. В. Черняк, О. В. Трубихин, А.М. Гущин// Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2005.- Вип.3.- С. 75 - 84.
4. Черняк Ю.В. Определение коэффициента избытка воздуха по концентрации в продуктах сгорания углекислого газа, кислорода и сажи / Ю.В. Черняк, Н.В. Сунцов, А.М. Гущин, А.Н. Сунцов, О.В. Трубихин // Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2006. - Вип.6.- С. 32 - 42.
5. Трубихин О.В. К методу определения расхода газа в газоходе с малым поперечным сечением/ О.В. Трубихин, В. А. Гатченко, Н. Ф. Беспалов, К.А. Рябко // Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2005. - Вип.2.- С. 54-59.
6. Черняк Ю.В. Визначення параметрів газоповітряного потоку для розсіювання відпрацьованих газів тепловозів / Ю. В. Черняк, М.В. Паламарчук, А.М. Гущин, О.А. Бондар, М. В. Володарець // Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2007.- Вип.9.- С. 125 - 135.
7. Черняк Ю.В. Визначення параметрів газоповітряного потоку для розсіювання відпрацьованих газів тепловозів / Ю. В. Черняк, А.М. Гущин, О.А. Бондар // Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2007.- Вип.12.- С. 101 - 108.
8. Каграманян А.О. Нормування викидів забруднюючих речовин від тепловозних двігунів/ А.О. Каграманян, А.В. Онищенко, Рукавишников П.В.// Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2008.- Вип.16.- С. 94 - 106.
9. Фалендиш А.П. Аналіз нормативних вимог, щодо визначення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних двигунів внутрішнього згоряння/ А.П. Фалендиш, В.О. Гатченко, Ю.В. Черняк, О.В. Клецька//Зб. наук. праць ДЕТУТ, 2016.- Вип.29.- С. 235-247.
10. ГСТУ 32.001-94. Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення. Чинний від 01.01.1995 р.
11. ГОСТ Р 50953-96. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения. – Введ. 1997–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 17 с.
12. ГОСТ Р 50953-2008. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения. – взамен ГОСТ Р 50953-96; Введ. 2009–01–01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.
13. ГОСТ 31967 – 2012. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения. – Введ. 2014–07–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 28 с.
14. ГОСТ 30574-98. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Измерение выбросов вредных веществ с отработавшими газами. Циклы испытаний. – Введ. 2000–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 27 с.

References

1. Chernjak J.V. An estimation of the maximal value of ground concentration of harmful substances at rheostatic tests of diesel locomotives/ J.V. Chernjak, O.V.Trubihin, N.F. Bespalov // Collection of scientific articles - Donetsk: Donetsk institute of railway transport, 2005. - Digest 1. - P. 55-62.
2. Chernyak Y.V. Comparison of existing dependences of definition of factor of surplus of air at burning fuel / J.V. Chernjak, A.M. Guschin, O.V. Trubihin // Collection of scientific articles. – Donetsk: Donetsk institute of railway transport, 2005. – Digest 2. – P. 60-68.
3. Chernjak J.V. Definition of factor of surplus of air on presence in products of combustion of carbonic gas, soot and to structure of fuel/ J.V. Chernjak, A.M. Guschin, O.V. Trubihin // Collection of scientific articles - Donetsk: DonIRT, 2005.-Digest 3. - P. 75 – 84.
4. Chernjak J.V. Definition of factor of surplus of air on concentration in products of combustion of carbonic gas, oxygen and soot/ J.V. Chernjak , N.V. Suncov, A.M. Guschin, A.N. Suncov, O.V. Trubihin// Collection of scientific articles.-Donetsk: DonIRT, 2006. - Digest No 6.-P. 32 - 42.
5. Trubihin O.V. To the method of determination of expense of gas in gas motion with the small crossrunner/ O.V. Trubihin, V.A. Gatchehko, N.F. Bespalov, K.A. Ryabko// Collection of scientific articles. – Donetsk: Donetsk institute of railway transport, 2005. – Digest 2. – p. 54-59.
6. Chernyak Yu.V. Farmation of parameters of gas-air stream for dispersion of the fulfilled gases of diesel locomotives/ J.V.Chernjak, M.V. Palamarchuk, A.M. Gushchin, Ye.A. Bondar, N.V. Volodaretc // Collection of Transactions.-Donetsk: Donetsk Institute of Railway Transport, 2007. – Digest №9. – p. 125-135.
7. Chernyak Yu.V. The combined decision of the eguation of the ejecting device characteristics and the equation of gas dispersion in atmosphere/ J.V. Chernjak, A.M. Gushchin, Ye. A. Bondar // Collection of scientific articles.- Donetsk: DonIRT, 2007.-Digest № 12.-P. 101 - 108.
8. Kagramanian A.O. Standertization surge polluting material from heat engines/ A.O. Kagramanian, A.V. Onischenko, P.V. Rukavishnikov//Collection of scientific works. - Donetsk: DonIRT, 2008. – Digest No. 16. - P. 94 - 106.

9. Falendysh A. The analysis of regulatory requirements for determining the emission of pollutants from exhaust gases from engines internal combustion diesel locomotives/ A.Falendysh, V. Hatchenko, Y. Cherniak, O. Kletska // Collection of scientific articles.- Kyiv: DETUT, 2016.- Digest № 29.-P. 235-247.
10. GSTU 32.001-94. Industry standard 32.001-94 Emissions of pollutants from exhaust gases diesel locomotive engines. Norms and determination methods Kyiv, Derzhpozhyvstandart Ukrainy Publ., 1995. 22 p.
11. GOST 50953-96 State Standard 50953-96 Emission of the exhaust gas pollutants by the main line and shunting diesel locomotives. Norms and determination methods. Moscow, Standartinform Publ., 1996. 17 p.
12. GOST R 50953-2008. State Standard R 50953-2008 Emission of the exhaust gas pollutants by the main line and shunting diesel locomotives. Norms and determination methods. Moscow, Standartinform Publ., 2008. – 12 p.
13. GOST 31967 – 2012. Interstate standard 31967 – 2012 Internal combustion reciprocating engines. Emissions of harmful substances with the exhaust gases. Limit values and test methods. Moscow, Standartinform Publ., 2014. – 28 p.
14. GOST 30574-98. State Standard 30574-98. diesel engines of ships, locomotives and industrial. Measurement of emissions of harmful substances in exhaust gases. Cycles of tests. Moscow, Standartinform Publ., 2000. 27 p.

Фалендыш А.П., Гатченко В.А., Клецка О.В. Анализ подходов к расчету выбросов загрязняющих веществ с отработанными газами дизелей тепловозов.

В статье рассмотрен вопрос о подходах к расчету выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей тепловозов. Выполнен расчет выбросов вредных веществ с отработавшими газами тепловозных двигателей внутреннего сгорания по разным методикам. Рассмотрены разные подходы к расчетам. Определено соответствие расчетных данных нормам выбросов нормативных документов разных стран.

Ключевые слова: *выбросы загрязняющих веществ, отработанные газы, режимы испытаний, концентрации вредных веществ, двигатели внутреннего сгорания, дизели тепловозов.*

Falendysh A., Hatchenko V., Kletska O. The analysis of approaches to the calculation of emissions from the exhaust gases of diesel locomotives.

The article considers the issue of approaches to the calculation of emissions of harmful substances with exhaust gases of internal-combustion engines of locomotives.

Based on the ecological tests of the locomotive, the concentrations of harmful substances in the exhaust gases were determined. Based on the results of the tests, the calculation of carbon monoxide, nitrogen oxides and hydrocarbons emissions with the exhaust gases of diesel locomotives was done by different methods. In the article methods of calculating the maximum permissible concentrations of harmful substances in the exhaust gases of internal combustion piston engines were considered. The analysis and comparison of approaches to calculation of emissions of polluting substances with the fulfilled gases is executed.

The compliance of the calculated data with the norms of the maximum permissible concentration of harmful substances in the exhaust gases of diesel locomotives according to normative documents of different countries is determined.

Keywords: *emissions of pollutants, waste gases, test modes, concentration of harmful substances, internal combustion engines, diesel locomotives.*

Фалендиш А.П., д.т.н., професор – завідувач кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни», Українського державного університету залізничного транспорту
Гатченко В. О., докторант, к.т.н., доцент – доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць» Державного економіко-технологічного університету транспорту.
Клецька О. В., асистент кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни», Українського державного університету залізничного транспорту.

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

Стаття подана 01.04.2017

УДК 629.463.001.63

ПРОЦЕДУРА ПРАВКИ ТЕХНОЛОГІЧНО-ДЕФОРМОВАНИХ ВАГОННИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ТЕРМІЧНИМ ВПЛИВОМ

Фомін О.В., Логвіненко О.А., Бурлуцький О.В.

THE PROCEDURE FOR STRAIGHTENING TECHNOLOGICALLY DEFORMED CARLOAD METAL STRUCTURES BY CREATING AN INTERNAL STRESS STATE BY THERMAL INFLUENCE

Fomin O., Logvinenko O., Burlutskyi O.

Відмічена важлива роль залізничного транспорту в транспортній системі країни. Обґрунтована актуальність підвищення надійності вітчизняного парку вантажних вагонів. Зазначено, що в розвитку вагонобудування важливу роль відіграє зварювальне виробництво, як один з провідних технологічних процесів у створенні зварних вагонних металоконструкцій, застосування яких забезпечує значну економію матеріалів та трудових ресурсів. Розглянуто описання, а також переваги та недоліки існуючих методів правки, які дозволяють відновити геометричні форми металоконструкцій після зварювання. Обґрунтована доцільність застосування методу прогрівання «клинів» при правці балки хребтової напіввагону. Наведено послідовність реалізації цього методу.

Ключові слова: *залізничний транспорт, вагонобудування, технологічно-деформована вагонна металоконструкція, правка термічним впливом, місцеве нагрівання, метод прогрівання «клинів».*

Вступ. Українська мережа залізниць є однією з найбільш розвинутих серед європейських країн. Вона займає провідне місце за обсягами перевезень та відіграє важливу транзитну роль на Євразійському континенті. Залізничний транспорт є базовою галуззю національної економіки та основою її транспортної системи, забезпечує понад дві третини загального вантажо- та пасажирообігу. У подальшому, враховуючи вимоги Європейського Союзу щодо необхідності зменшення шкідливого впливу автомобільного транспорту на навколишнє природне середовище, питома вага залізничних перевезень збільшуватиметься. У відповідності до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1555-р. підвищення надійності вітчизняного парку вантажних вагонів є актуальною та комплексною проблемою, вирішення якої потребує розв'язання наступних основних завдань: розробка та створення більш досконалої їх конструкції; удосконалення технології виробництва, удосконалення систем ремонту та технічного обслуговування; використання в експлуатації сучасних високоефективних пристроїв контролю технічного стану вагонів та підвищення їх довговічності.

Великого значення в розвитку вагонобудування набуває зварювальне виробництво, як один з провідних технологічних процесів у створенні зварних конструкцій, застосування яких забезпечує значну економію матеріалів та трудових ресурсів. Успіхи зварювальної науки і техніки дозволили здійснити справжній переворот у вагонобудуванні, створити принципово нові, конкурентоспроможні, високоекономічні конструкції вагонів в яких в багато разів підвищено продуктивність праці при їх виготовленні [1 - 3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що в даний час зварювання є основою для виготовлення металоконструкцій вантажних та пасажирських вагонів і значною мірою визначає їх надійність та довговічність.

У порівнянні з іншими типами нероз'ємних з'єднань переваги зварювання очевидні, але високотемпературне нагрівання при цьому технологічному процесі викликає зміну як фізичних так і механічних характеристик матеріалу зварювальних конструкцій. Також в зварному елементі виникають післязварювальні залишкові напруження та деформації, які можуть суттєво знижувати якість зварних металоконструкцій. Причинами їх виникнення є нерівномірне нагрівання зварювального елементу, усадка розплавленого металу шва та структурні перетворення в зоні навколо шва.

Проблема внутрішніх та залишкових напружень, що виникають при нагріванні металу в процесі зварювання, вперше була окреслена російським металургом Н.В. Калакуцьким ще у 1887 році. Зокрема в своїй праці "Исследование внутренних напряжений в чугуне и стали", ним було відмічено, що такі напруження мають широкий діапазон меж. Таким чином проектувальник обов'язково повинен враховувати їх та зазначати надійні способи керування та контролю над ними.

Основною причиною їх появи є утворення так званої зони термічного впливу або зони пластичних деформацій. Тому дослідження закономірностей формування зони термічного впливу та причин її виникнення, вивчення залишкових деформацій і переміщень, розробка методів регулювання і керування ними для сучасного вагонобудування є надзвичайно актуальними. Також відомо, що залишкові зварювальні напруження підвищують накопичену в конструкції потенційну енергію, що в свою чергу посилює негативні наслідки втомленого руйнування [4, 5], а в умовах експлуатації залишкові деформації і напруження зменшують міцність, корозійну стійкість та точність зварної конструкції. Традиційні методи їх зниження до яких відносять збільшення товщини металу, проведенням стабілізуючої обробки післязварних робіт, видалення припусків не завжди відповідають сучасним вимогам до праце-, енерго- і металоємності конструкцій.

У зв'язку з тим, що жоден з існуючих способів зварювання не забезпечує гарантованого бездефектного зварного з'єднання, в останні роки велика увага у всьому світі приділяється післязварювальним методам обробки зварних з'єднань, а саме методам правки, які дозволяють відновити геометричні форми деталей після зварювання.

Метою статті є розгляд процедури правки технологічно-деформованих вагонних металоконструкцій шляхом створення внутрішнього напруженого стану термічним впливом.

Виклад основного матеріалу дослідження. В даний час існує досить багато методів правки на фініші виготовлення металоконструкцій. До них відносять загальну або локальну термообробку, а також відповідну механічну обробку прокаткою, ударним пневматичним інструментом, ударно-ультразвукову обробку, активне навантаження, холодне та гаряче деформування та ін.

Відповідно до нормативної документації технологічно-деформовані вагонні металоконструкції, з метою забезпечення їх міцності, піддають механічній (холодній) або термічній правці [3, 6, 7].

Фізична сутність процедури холодної правки полягає у деформуванні металоконструкцій пластичним згинанням при звичайній температурі, яке дозволяє усунути їх викривлення, а саме надати їм прямолінійної форми. При цьому правку виконують за допомогою пресів, домкратів, вальців або в ручну ковальським інструментом. Пластичне деформування деталей в холодному стані вимагає великих зовнішніх зусиль, тому за допомогою цієї процедури відновлюють деталі з кольорових металів та їх сплавів, а також сталеві деталі з вмістом вуглецю до $0{,}3\%$, що не піддавалися термічній обробці. На даний час холодна правка технологічно-деформованих вагонних металоконструкцій є найбільш простою і поширеною процедурою однак вона часто не забезпечує стабільної форми виправлених деталей і в процесі експлуатації усунена правкою деформація може виникнути знову. Причина нестійкої форми виправлених деталей при холодній правці пояснюється неоднорідністю залишкових напружень, що виникають в результаті нерівномірного деформування металу. Окрім цього погіршуються властивості основного металу, а саме: знижується ударна в'язкість та у зв'язку з виникненням наклепу в результаті деформування підвищується межа текучості металу. Також внаслідок наклепу виникає неоднорідність механічних властивостей, яка знижує статичну та втомну міцність металоконструкції. В той же час у зв'язку з тим, що пристрої для холодної правки являють собою громіздке стаціонарне обладнання її застосування зазвичай обмежено конструктивними і геометричними характеристиками пресів.

Традиційним способом стабілізації форми технологічно-деформованих вагонних металоконструкцій є механічна правка але однією з найбільш раціональних з точки зору зниження залишкових деформацій і стабілізації структури є процедура правки термічним впливом, за допомогою якої їх виправлення здійснюється за рахунок пластичних деформацій, які виникають при місцевих високотемпературних нагрівах металу газовою горілкою. Це пояснюється тим, що при нагріванні виробу до температури, яка складає $0{,}8-0{,}9$ температури плавлення, зусилля пластичного деформування зменшуються в $12-15$ разів без істотних змін фізико-механічних властивостей металу. Порівняно з процедурою холодної правки процедура правки термічним впливом не потребує ніякого спеціального обладнання, окрім звичайного газового зварювального апарату. Однак термічна правка залишається все ж таки трудомісткою операцією, оскільки виконується вручну і вимагає високої кваліфікації правильників, які повинні враховувати вплив багатьох параметрів, які спільно відбиваються на результаті правки.

Одним з найбільш економічно-доцільних методів правки термічним впливом технологічно-деформованих вагонних металоконструкцій, як показав аналіз наукової літератури, є метод термічної правки з місцевим нагріванням [1, 7 – 9]. Основною перевагою цього виду правки є її універсальність, тобто з її допомогою можливо виправити будь-яку зварювальну металоконструкцію, яка має складну конфігурацію та габарити (наприклад хребтову балку напіввагону). Термічна правка полягає в нагріванні відповідних ділянок зварювальної конструкції з подальшим їх охолодженням. При температурі нагрівання деформованої ділянки, яка коливається в

межах $750-850^{\circ}C$, нагріта ділянка прагне розширитися, але навколишній холодний метал обмежує цю можливість, в результаті чого виникають пластичні деформації стискання. Після охолодження лінійні розміри нагрітої ділянки зменшуються, що призводить до зменшення або повного усунення деформацій.

Також слід зазначити, що термічна правка з місцевим нагріванням може бути виконана практично у всьому діапазоні робіт по виправленню вертикального прогину елементів несучих систем вагонів (зокрема балки хребтової) та грибовидності кузова, в той час як холодна правка має області, коли її здійснення неможливе. Таким чином, потенційні можливості термічної правки вище, ніж холодної. В той же час використання термічної правки з місцевим нагріванням пов'язано з виконанням наступних етапів: виявлення деформацій, які виникають в конструкції; вимірювання величин цих деформацій та розкладання складних деформацій на прості; в залежності від характеру та величини деформацій встановлення розташування, форми, розміру та режиму нагрівання; за необхідністю застосування попередньої пружної деформації; застосування нагрівання, а потім повного охолодження конструкції. З усіх вищенаведених етапів особлива увага приділяється вибору форми та розмірів нагріву. За існуючою класифікацією форм нагрівання, що застосовуються, розрізняють наступні: нагрівання точками, які розташовані за концентричними колами; кругове нагрівання по кільцю; кругове нагрівання по спіралі; нагрівання полосою або кружками, які розташовані один за одним в один ряд; нагрівання з використанням трикутників («клинів»); використання «клинів нагріву» в комбінації з полосою нагріву; застосування «хреста нагріву» в комбінації з полосою нагріву [10, 11]. Кількість полос, пятен, трикутників нагріву підбирається таким чином, щоб остаточні пластичні деформації от нагрівання зменшували існуючі деформації до допустимих величин.

З аналізу існуючих форм нагрівання приходимо до висновку, що згинаючий момент, необхідний для вирівнювання металоконструкцій, можна отримати використовуючи повздовжнє, або поперечне скорочення металу. Прикладом використання повздовжнього скорочення металу при місцевому нагріванні є форма нагріву полосою. В свою чергу поперечне скорочення металу використовується при застосуванні форми нагрівання у вигляді «клина», який збільшується по мірі наближення до опуклого боку елементу, що деформується. Встановлено, що у випадку виконання процедури правки технологічно-деформованих вагонних металоконструкцій шляхом створення внутрішнього напруженого стану термічним впливом доцільно використовувати поперечне скорочення металу та форму нагрівання у вигляді «клина».

Для правки технологічно-деформованої балки хребтової напіввагону, яка показана на рис. 1, авторами було запропоновано використання теплової безударної правки, яка отримала назву методу прогрівання «клинів» і реалізується шляхом створення внутрішнього напруженого стану термічним впливом. Цей метод передбачає прогрів трикутників («клинів») рис. 2 на зетових профілях рис. 3.

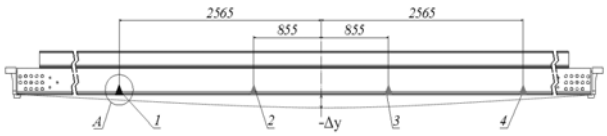


Рис. 1. Балка хребтова з місцями для прогрівання методом «клинів»

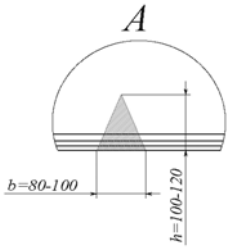


Рис. 2. «Клин»

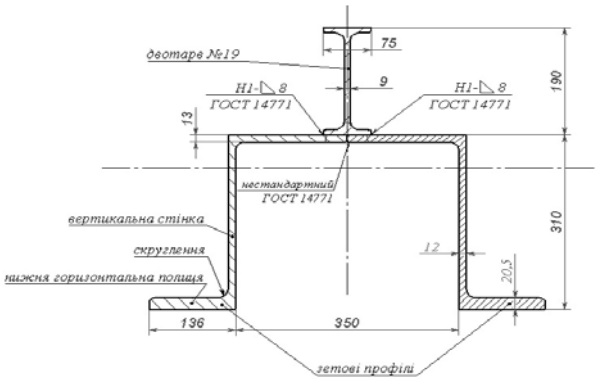


Рис. 3. Поперечний переріз балки хребтової

Процедура правки технологічно-деформованої балки хребтової напіввагону з використанням вищезазначеного методу реалізується наступним чином. Два гозорізчики одночасно та симетрично за допомогою нагрівального обладнання (при термічній правці нагрів проводиться газокисневим полум'ям або електричною дугою) виконують прогрівання рівнобічних трикутників («клинів») (рис. 2) на зетових профілях (рис. 1, місця 1-4), до набуття вишнево-червоного – вишневого кольору сталі у зоні прогріву, тобто прогрівають відповідні зовнішні частини нижньої горизонтальної полиці, скруглення та вертикальної стійки зетових профілів (рис. 3). Після виконання процесу прогрівання усіх клинів балку хребтову залишають для остигання у виробничому приміщенні. Після остигання на балці спостерігається вертикальне додатне переміщення середніх точок до вирівнювання її поздовжньої вісі з горизонталлю, або навіть вертикальний вигин угору (допускається технічною документацією до *10* мм).

Висновки і перспективи подальшого використання. Застосування запропонованого технічного рішення, а саме використання процедури тепло-

вої безударної правки, яка полягає в створенні внутрішнього напруженого стану за рахунок термічного впливу, дозволить отримати стійку форму виправлених технологічно-деформованих вагонних металоконструкцій та уникнути погіршення властивостей їх основного металу. Також наведені в статті матеріали можуть бути використані фахівцями в галузі вагонобудування при виконанні технологічних операцій при створенні або модернізації вагонів.

Література

1. Фомін О.В. Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних напіввагонів: монографія / О. В. Фомін. – Київ: ДЕТУТ, 2014. – 299 с.
2. Фомін О.В. Аналіз експлуатаційних пошкоджень кузовів залізничних напівагонів / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький, В.В. Фомін // Будівництво України: науково-виробничий журнал. – 2013. – №3. – С. 37-48.
3. Шляпин В.Б. Ремонт вагонов сваркой / В.Б. Шляпин, А.Ф. Павленко, В.Ю. Емельянов // Справочник. – М.: Транспорт, 1983. – 246 с.
4. Фомін О.В. Особливості методики визначення втомної довговічності напіввагону з урахуванням експлуатаційних ушкоджень / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Х., 2013. – Вип. 2/7. – С. 12-16.
5. Биргер И.А. Остаточные напряжения / И.А. Биргер. – М.: Транспорт, 1983. – 232 с.
6. Винокуров В. А. Сварочные деформации и напряжения / В.А. Винокуров. – М.: Машгиз., 1963. – 235 с.
7. Бурлуцький О.В. Застосування математичного моделювання процесів правки при виготовленні елементів напіввагонів / О.В. Бурлуцький, О.А. Логвіненко // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту (серія «Транспортні системи і технології»). – Київ: ДЕТУТ, 2016. – № 28. – С. 110-123.
8. Бурлуцький О.В. Визначення зварювальних деформацій які виникають під час життєвого циклу напіваго-на / О.В. Бурлуцький, Н.С. Кочешкова // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту (серія «Транспортні системи і технології»). – Київ: ДЕТУТ, 2015. – № 26-27. – С. 92-101.
9. Burlutskyi O.V. Application methods changes plastic deformation after welding sill gondola cars / O.V. Burlutskyi // Metallurgical and mining industry (Machine building). – Dnipropetrovsk, 2015. – No.10. – P. 190-197. (www.metaljournal.com.ua).
10. Веретник Л.Д. Правка сварных конструкций / Л.Д. Веретник. – Харьков: Прапор, 1966. – 52 с.
11. Речкалов С.Д. Напряжённо-деформированное состояние сварных элементов кузова вагона для сыпучих металлургических грузов с учётом температурных воздействий: дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / Речкалов Сергей Дмитриевич; Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. – М., 1987. – 295 с. – Библиогр.: с. 174-186.

References

1. Fomin O.V. Doslidzhennja defektiv ta poshkodzhen' nesuchih sistem zaliznichnih napivvagoniv: monografija / O. V. Fomin. – Kii'v: DETUT, 2014. – 299 s.
2. Fomin O.V. Analiz ekspluatacijnyh poshkodzhen' kuzoviv zaliznychnyh napivagoniv / O.V. Fomin, O.V. Burlutskyi, V.V. Fomin // Budivnyctvo Ukrai'ny: naukovo-vyrobnychyj zhurnal. – 2013. – №3. – S. 37-48.
3. Shljapin V.B. Remont vagonov svarkoj / V.B. Shljapin, A.F. Pavlenko, V.Ju. Emel'janov // Spravochnik. – M.: Transport, 1983. – 246 s.
4. Fomin O.V. Osoblyvosti metodyky vyznachennja vtomnoi' dovgovichnosti napivvagonu z urahuvannjam ekspluatacijnyh ushkodzhen' / O.V. Fomin, O.V. Burluc'kyj // Shidno-Jevropejs'kyj zhurnal peredovyh tehnologij. –H., 2013. – Vyp. 2/7. – S. 12-16.
5. Birger I.A. Ostatochnye naprjazhenija / I.A. Birger. – M.: Transport, 1983. – 232 s.
6. Vinokurov V. A. Svarochnye deformacii i naprjazhenija / V.A. Vinokurov. – M.: Mashinostroenie, 1968. – 235 s.
7. Burlutskyi O.V. Zastosuvannja matematychnogo modeljuvannja procesiv pravky pry vygotovlenni elementiv napivvagoniv / O.V. Burlutskyi, O.A. Logvinenko // Zbirnyk naukovyh prac' Derzhavnogo ekonomiko-tehnologichnogo universytetu transportu (serija «Transportni systemy i tehnologii'»). – Kyi'v: DETUT, 2016. – № 28. – S. 110-123.
8. Burlutskyi O. V. Vyznachennja zvarjuval'nyh deformacij jaki vynykajut' pid chas zhyttjevogo cyklu napivvagona / O.V. Burlutskyi, N.S. Kocheshkova // Zbirnyk naukovyh prac' Derzhavnogo ekonomiko-tehnologichnogo universytetu transportu (cerija «Transportni systemy i tehnologii'»). – Kyi'v: DETUT, 2015. – № 26-27. – S. 92-101.
9. Burlutskyi O.V. Application methods changes plastic deformation after welding sill gondola cars / O.V. Burlutskyi // Metallurgical and mining industry (Machine building). – Dnipropetrovsk, 2015. – No.10. – P. 190-197. (www.metaljournal.com.ua).
10. Veretnik L.D. Pravka svarnyh konstrukcij / L.D. Veretnik. – Har'kov: Prapor, 1966. – 52 s.
11. Rechkalov S.D. Naprjazhjonno-deformirovannoe sostojanie svarnyh jelementov kuzova vagona dlja sypuchih metallurgicheskih gruzov s uchjotom temperaturnyh vozdejstvij: dis. kand. tehn. nauk: 05.22.07 / Rechkalov Sergej Dmitrievich; Moskovskij institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – M., 1987. – 295 s. – Bibliogr.: s. 174-186.

Фомин А.В., Логвиненко А.А., Бурлуцкий А.В. Процедура правки технологически-деформированных вагонных металлоконструкций путём создания внутреннего напряжённого состояния термическим влиянием.

В статье отмечена важная роль железнодорожного транспорта в транспортной системе страны. Обоснована актуальность повышения надежности отечественного парка грузовых вагонов. Отмечено, что в развитии вагоностроения важную роль играет сварочное производство, как один из ведущих технологических процессов в создании сварных вагонных металлоконструкций, применение которых обеспечивает значительную экономию материалов и трудовых ресурсов. Представлены описание, а также преимущества и недостатки существующих методов правки, которые позволяют восстановить геометрические формы металлоконструкций после сварки. Обоснована целесообразность применения метода прогревания «клиньев» при правке балки хребтовой полувагона. Приведена последовательность реализации этого метода.

Ключевые слова: *железнодорожный транспорт, вагоностроение, технологически-деформированная вагонная ме-*

таллоконструкция, правка термическим воздействием, местный нагрев, метод прогревания «клиньев».

Fomin O.V, Logvinenko O.A, Burlutsky O.V. The procedure for straightening technologically-deformed wagon metal structures by creating an internal stress state by thermal influence.

The article highlights the important role of railway transport in the country's transport system. The urgency of increasing the reliability of the domestic fleet of freight cars is substantiated. It is noted that welding production plays an important role in the development of car building, as one of the leading technological processes in the creation of welded carload metal structures, the use of which provides significant savings in materials and labor resources. The description, as well as the advantages and disadvantages of existing straightening methods, which allow restoring the geometric shapes of metal structures after welding, are described. The expediency of using the method of heating the "wedges" when correcting a beam of a spinal gondola car is substantiated. The sequence of realization of this method is given.

Keywords: *railway transport, car building, technologically deformed carload metalwork, heat treatment by heat treatment, local heating, method of heating "wedges".*

Фомін О.В. – д.т.н., професор кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту, e-mail: fomin1985@list.ru.
Логвіненко О.А. – к.т.н., доцент кафедри «Механіка і проектування машин» Українського державного університету залізничного транспорту,
e-mail: lovinenko.alexandr@rambler.ru.
Бурлуцький О.В. – завідувач навчальними лабораторіями кафедри «Механіка і проектування машин» Українського державного університету залізничного транспорту,
e-mail: leha200681@mail.ru.

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

Стаття подана 30.03.2017

УДК 697.32

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ЕГО РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

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

RESEARCH INFLUENCE GRANULOMETRIC COMPOSITION WATER-COAL FUEL TO RHEOLOGICAL AND HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS

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

В статье было установлено, что сложность получения водоугольного топлива (ВУТ) заключается в упрочнении пространственной структурной сетки, образованной частицами угля, по мере возрастания концентрации твердой фазы. Получение ВУТ с необходимыми технологическими свойствами возможно при достижении бимодального гранулометрического состава, а также при введении реагентов, создающих затруднение для коагуляции частиц угля и формировании электростатического барьера между частицами твердой фазы. Установлено, что бимодальность гранулометрического состава способствует снижению вязкости суспензии за счет роли мелкой фракции твердого компонента ВУТ. Определены реологические и гидродинамические характеристик ВУТ, изучены закономерности влияния гранулометрического состава твердого компонента ВУТ на его характеристики. Установлено, что наиболее перспективным направлением дальнейших исследований является применение полученного уравнения регрессии для определения сопротивления движению ВУТ трубопроводным транспортом по уравнению Букингама.

Ключевые слова: *водоугольное топливо, эффективная вязкость, напряжение сдвига, концентрация, бимодальность, гранулометрический состав.*

Введение. Современное топливо должно отвечать жестким требованиям современного рынка, таким как стабильные значения основных технологических характеристик, задаваемых потребителем, рентабельность производства и минимально возможное опасное экологическое воздействие на окружающую среду при его получении и использовании. Эффективное использование и переработка угля в энергетическое топливо напрямую связанно с экологическими проблемами, которые при этом неизбежно возникают. Повышение энергоэффективности следует рассматривать в рамках угольно-энергетического комплекса по всем звеньям технологической цепочки: добыча – переработка - производство и потребление энергии. Технологические процессы угольно-энергетического производства, дополняя друг друга, позволяют эффективно использовать природные ресурсы, создавать и применять безотходные, малоотходные и энергосберегающие технологии с учетом преимуществ оптимального производственного цикла.

Перспективным направлением, которое реализуется во многих странах, является разработка технологий получения и транспортирования высококонцентрированного водоугольного топлива (ВУТ) [1-3]. Разработка эффективных процессов получения и применения ВУТ должна базироваться на научно обоснованных методах физического и физико-химического воздействия на исходный уголь с учетом свойств его органической и минеральной составляющих [4].

Постановка проблемы. Сложность получения ВУТ заключается в упрочнении пространственной структурной сетки, образованной частицами угля, по мере возрастания концентрации твердой фазы, что препятствует реализации максимальной текучести при сохранении наименьшего значения эффективной вязкости (η=1-2 Па·с при скорости сдвига $Dr \approx 9c^{-1}$). Естественно, что успешное решение одной из проблем неизбежно приводит к возникновению препятствий в решении остальных. Увеличение содержания твердой фазы в области критических значений характеризируется резким возрастанием вязкости и напряжения сдвига. С другой стороны высокое значение прочности, вязкости и особенно концентрации твердой фазы в жидкой среде способствует седиментационной устойчивости, то есть исключает опасность их расслоения, за счет создания стерического препятствия между частицами [5].

Исходя из методов регулирования реологических свойств высококонцентрированных дисперсных систем, получение ВУТ с необходимыми технологическими свойствами возможно при достижении бимодального гранулометрического состава, а также при введении реагентов, создающих стерическое затруднение для коагуляции частиц угля и формировании электростатического барьера между частицами твердой фазы [6].

Эффект бимодального гранулометрического состава обусловлен тем, что мелкие частицы угля размещаются между крупными частицами. Тем самым мелкие частицы вытесняют находящуюся в агрегатах воду, вследствие чего вязкость суспензии становится меньше, а степень наполнения дисперсной фазы больше [7]. Исходя из теории смазки [8], мелкие фракции угля выполняют роль элементов, которые заполняют поверхность крупной частицы, отделяют крупные частицы друг от друга, препятствуя непосредственному контакту крупномасштабных неровностей и способствуют ее перемещению в составе ВУТ с более низкими показателями сопротивления.

Поверхность угля является мозаичной, то есть имеет гидрофильные и гидрофобные участки. Поэтому, при выборе добавок для получения устойчивого и вместе с тем текучего ВУТ, необходимо учитывать эффективность их влияния на три основных физико-химических процесса: смачивание твердой поверхности, диспергирование твердой фазы во время механоактивации и стабилизацию системы. От этих факторов будет зависеть характер дисперсной структуры, ее реологические свойства, а также агрегативная и седиментационная устойчивость. Также имеет место применение различных добавок и реагентов, например технического лигносульфоната натрия (ЛСТ) и других, в качестве диспергирующего и пластифицирующего реагента для получении ВУТ на основе углей различной степени метаморфизма. Благодаря введению ЛСТ во время измельчения, в отличие от ВУТ полученных без добавки ЛСТ, значительно повышается концентрация дисперсной фазы ВУТ на основе исследованных марок угля, при сохранении вязкости до 1,5 Па·с [7].

В настоящее время большое внимание уделяется изучению электроповерхностных свойств дисперсных систем, которые позволяют получить необходимую информацию о вкладе электрического фактора в общий баланс энергии при контактных взаимодействиях частиц. Такая информация позволяет целенаправленно регулировать силу контактных взаимодействий между частицами, а, следовательно, управлять процессами структурообразование в дисперсных системах, к которым принадлежит ВУТ. Одним из параметров, который позволяет получить прямую информацию о состоянии двойного электрического слоя, который формируется на поверхности частиц угля, является электрокинетический потенциал (ζ).

Как метод физико-химического модифицирования поверхности механохимическая обработки угля в процессе измельчения позволяет в достаточно широких пределах влиять на структуру поверхностных слоев и химические свойства поверхности твердой фазы.

Характер механохимических процессов довольно специфический, а путь их течения зависит от комплекса свойств измельчаемого вещества, условий проведения диспергирования, дисперсионной среды и химической добавки. При диспергировании образуется принципиально новая поверхность, которая может стимулировать химические реакции [1,2]. Механохимическая активация угля может привести к изменению межмолекулярных связей, сопровождающаяся их ослаблением, а иногда вызывает механический разрыв химических связей и образования активных центров с повышенной реакционной способностью [9].

В процессе мокрого измельчения с участием химических добавок происходит механохимическая модификация угольных частиц. Молекулы поверхностно-активных веществ (ПАВ) адсорбируются на поверхности частиц угля, при этом уменьшается межфазная энергия сцепления и облегчается дезагрегация частиц. Кроме того, адсорбированный слой сглаживает микрошероховатость частиц, уменьшая коэффициент трения между ними. Создание одноименного электрического заряда на поверхности частиц твердой фазы в результате адсорбции добавок исключает возможность их сцепления благодаря электростатическим силам. Совокупность указанных процессов дает возможность снижать вязкость угольной суспензии и существенно увеличивать концентрацию твердой фазы при получении ВУТ.

Теоретической предпосылкой получения ВУТ с максимальной текучестью и высокой концентрацией дисперсной фазы при поддержании низкого уровня неньютоновской вязкости является знание основных параметров высококонцентрированных дисперсных систем, их критических значений и непосредственного влияния этих факторов на процессы структурообразования. В частности рост напряжения сдвига обусловлен не столько повышением концентрации высокодисперсной фазы, а в значительной степени соотношением крупных и мелких фракций.

Реализация оптимального гранулометрического состава для систем с $D_0 << D_0, KP$ возможна только в условиях предельного разрушения структуры $(P_0 \to 0)$ или же при регулировании силы и энергии взаимодействия частиц таким образом, чтобы избежать образования устойчивых структур. В условиях сухого измельчения, частицы угля приобретают несферическую форму, а доля сильноанизометричних частиц возрастает. При мокром измельчении, особенно в сочетании с модификаторами поверхности, содержание анизометричных частиц, наоборот, уменьшается [10], что создает высокую концентрацию ВУТ.

Исследование электроповерхностных свойств дисперсных систем позволяет определить состояние и характеристики адсорбционных слоев химических реагентов непосредственно в реальных дисперсия. Кроме того, они необходимы для получения информации о роли электрического фактора в общем балансе энергии при контакте взаимодействующих частиц. При адсорбции на поверхности угольных частиц химические добавки поддерживают частицы в суспензионном состоянии благодаря отталкивающему эффекту (электростатическое диспергирование).

Смачивание поверхности частиц угля сопровождается адсорбционными процессами. В присутствии модификаторов поверхности - ПАВ, полимеры, электролиты - процессы, происходящие в адсорбционном слое, характеризуются изменением в двойном электрическом слое (ДЭС).

Выделяют два основных механизма формирования поверхностного заряда коллоидных частиц. Первый связанный с адсорбцией ионов и ПАВ на поверхности частиц [11]. Во втором механизме заряд появляется в результате химических реакций, происходящих на границе раздела фаз. Для реализации заряда обычно используют поливалентные электролиты или ионогенные ПАВ.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что бимодальность гранулометрического состава способствует снижению вязкости суспензии за счет роли мелкой фракции твердого компонента ВУТ, которая способствуют перемещению крупной фракции угля в составе ВУТ с более низкими показателями сопротивления.

С помощью методов коллоидной химии и физико-химической механики можно эффективно создавать высококонцентрированное водоугольное топливо на основе угля различных марок концентрацией до 75% [6], с необходимыми коллоидно-химическими свойствами. Конечный продукт готов к использованию в котлоагрегатах и не требует специальной подготовки перед сжиганием. Полученные реологические, электро-кинетические, адсорбционные, гранулометрические и теплотехнические характеристики позволили не только охарактеризовать процессы, происходящие на стадиях получения топлива, но и управлять ими в зависимости от технологического назначения.

Анализ последних исследований и публикаций. Фундаментальные исследования в области развития технологий приготовления и транспортирования ВУТ 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, ОПУ Белово-Новосибирск, ученых Н.С. Рассудова, В.В. Манцева и др. Основную веху исследования вопросов управления структурно-реологическими характеристиками ВУТ закрепил С.П. Костовецкий.

Цель статьи. В работе ставится задача улучшения способа управления реологическими свойствами при приготовлении ВУТ, что позволит получить требуемые параметры гранулометрического состава, минимизировать основной интегральный показатель - удельные потери напора при транспортировании.

Результаты исследований. Максимально возможная концентрация ВУТ с удовлетворительными реологическими и седиментационными характеристиками определяется гранулометрическим составом измельченного исходного продукта, а также применением диспергирующих и стабилизирующих химических добавок. При не контролируемом бимодальном гранулометрическом составе, приближающемся к составу максимальной упаковки, полученном в результате двухстадийного помола угля в шаровой мельнице, без применения химических добавок можно достичь массовой концентрации 56 % – 58 % при весьма неудовлетворительных реологических характеристиках (высокий уровень эффективной вязкости и напряжения сдвига) при неудовлетворительной агрегативной устойчивости и седиментационной стабильности. Снижение концентрации, тем более при повышенной зольности, снижает энергетический потенциал водоугольного топлива, что ставит под сомнение экономическую целесообразность его использования как котельного и печного топлива.

Следует учесть, что теория пластифицирующего и диспергирующего эффекта различных химических добавок в плане регулирования реологических характеристик высококонцентрированных дисперсных (особенно угольных) систем к настоящему времени разработана недостаточно, поэтому выбор их в каждом конкретном случае целесообразно осуществлять опытным путем.

Одной из основных операций в технологии приготовления водоугольного топлива является гомогенизация. Назначение аппаратов-гомогенизаторов сводится к созданию квазигомогенной суспензии (дисперсии) тонко измельченного угля в воде с небольшим количеством химических добавок. При этом упорядоченное распределение (взаиморасположение) различных по крупности частиц (дискретной фазы) и сплошной жидкой диспергирующей среды должно обеспечить меньшую вязкость и гидравлические сопротивления в трубах по сравнению с суспензией, не прошедший стадию гомогенизации [12].

Анализ исследований показал, что для приготовления ВУТ максимально возможной концентрации следует измельчать уголь до гранулометрического состава максимальной упаковки, который описывается формулой Альфреда [13,14].

Гранулометрическое распределение по формуле Альфреда предполагает наличие в угле от 5% до 20 % коллоидных частиц, крупность которых не превышает 0,003 мм, находящихся в дефлокулированном состоянии и препятствующих оседанию бо-

лее крупных частиц при движении потока в ламинарном режиме. В то же время, способствуя повышению текучести суспензий, коллоидные частицы требуют увеличения энергозатрат на их получение и увеличивают стоимость приготовления ВУТ. Совершенно очевидно, что на практике измельчить исходный уголь до такого гранулометрического распределения весьма затруднительно [15].

Исходя из этого обстоятельства, отечественными и зарубежными исследователями применительно к конкретным условиям приготовления и использования ВУТ были предложены различные модели гранулометрического состава измельчённого угля, обеспечивающие максимальную упаковку и уплотнение [16,17]. Все эти модели обладают одним общим свойством – бимодальностью, которая достигается путём двухстадийного или одностадийного измельчения в различных мельницах; смешиванием в различных соотношениях крупных и мелких продуктов двух или нескольких помолов с одновременным удалением из общей совокупности одного или нескольких средних классов, однако отсутствует методология определения оптимального соотношения крупной и мелкой фазы твердого в ВУТ.

ВУТ состоит из частиц угля, помещенных в воду т.е. имеет корпускулярную природу. Очевидно, что увеличение объемной плотности приводит к увеличению числа контактов частиц, и как следствие увеличению суммы сил взаимодействия частиц, к тому же при плотном расположении частиц уменьшается подвижность всей совокупности частиц. Кроме того дальнее взаимодействие частиц не позволяет им сблизиться ближе расстояния дальней коагуляции. Необходимо оценить варианты, плотных и свободных упаковок с учетом фиксации частиц на расстоянии дальней коагуляции.

По мере уменьшения влажности увеличивается число контактов на поверхности крупной частицы, изменяется упаковка от свободной к плотной, что увеличит сопротивление сдвигу и как следствие вязкость ВУТ.

В работе были проведены экспериментальные исследования, целью которых является определение реологических и гидродинамических характеристик ВУТ, изучение закономерностей влияния гранулометрического состава твердого компонента ВУТ на его характеристики и получение уравнения регрессии для дальнейшего определения сопротивления движению ВУТ по трубопроводам на основе использования уравнения Букингама. Общий вид экспериментальной установки для исследования реологических и гидродинамических характеристик ВУТ представлен на рис.

Анализ существующих теоретических исследований и экспериментальных данных показывает, что наиболее важными факторами, влияющими на параметры гидротранспортирования водоугольного топлива являются концентрация твердого компонента (С) и параметры, характеризующие бимодальность гранулометрического состава твердой фазы ВУТ в качестве которых предложены:

$$\Gamma_1 = \frac{P_1}{P_2}; \Gamma_2 = \frac{P_3}{P_2}$$

где P_1 - доля частиц мелкой фракции, %;

P_2 - доля частиц промежуточной фракции, %;

P_3 - доля частиц крупной фракции, %.

Что позволяет в полной мере определить бимодальность гранулометрического состава. В работе были исследованы три варианта массовой концентрации твердого компонента (С=60,62,62%) угля марки А, а также параметр Γ_1 который выражает отношение мелкой фракции угля к его промежуточной фракции по массе и по диаметру частиц и параметр Γ_2 который выражает отношение крупной фракции к промежуточной соответственно. Использование данных параметров позволяет наиболее точно оценить влияние гранулометрического состава твердого компонента ВУТ на его реологические и гидродинамические характеристики.

Рис. Экспериментальная установка
для исследования реологических и гидродинамических
характеристик ВУТ

Как показал анализ существующих методов определения удельного гидравлического сопротивления ВУТ (например, классической формулы Букингама) необходимо иметь данные о эффективной вязкости и напряжении сдвига в широком диапазоне гранулометрического состава ВУТ.

В связи с этим для определения основных реологических характеристик водоугольного топлива, а именно эффективной вязкости и предельного напряжения сдвига, была использована методика планирования эксперимента. Выбранная матрица планирования эксперимента является планом, особенностью которого является расчет уравнения квадрики на ортогональном планировании равноотстоящих узлов. При этом матрица планирования эксперимента содержит полный трехфакторный план.

Для упрощения записи плана эксперимента и обработки опытных данных натуральные значения факторов были кодированы с помощью преобразования

$$x_i = \frac{\widetilde{x}_i - x_{i0}}{\Delta x_i},$$

где x_i –кодированное значение $i-го$ фактора;

$\widetilde{x}_i$ –натуральное значение $i-го$ фактора;

x_{i0} –основной уровень (натуральный) $i-го$ фактора;

Δx_i –интервал варьирования (натуральный) $i-го$ фактора.

Уравнение регрессии для плана выбранного типа запишется в виде

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + \\ + a_{23}x_2x_3 + a_{123}x_1x_2x_3$$

где a_0 – свободный коэффициент уравнения регрессии;

a_i –коэффициент при линейных составляющих уравнения регрессии;

a_{ij} –коэффициент при смешанной комбинации факторов эксперимента;

Значения неизвестных коэффициентов квадрики a_{ij} получены по формуле

$$a_{\text{ij}} = \frac{\sum_{n=1}^{8} y_i}{8},$$

где y_i - экспериментальные данные параметров вязкости и напряжения сдвига.

Погрешности результатов экспериментов для каждой из серий опытов согласно матрице планирования оценивались по методике [18].

Проанализировав экспериментальные данные гранулометрического распределения исходного угля и проведя оценку значимости коэффициентов уравнения регрессии были исключены незначащие члены уравнения [19,20]. В связи с этим уравнения регрессии для выбранной матрицы планирования запишутся в виде кодированных параметров:

$$y(\eta) = 0{,}518 + 0{,}0744x_1 + 0{,}0465x_2 + 0{,}0369x_3 + 0{,}00263x_1x_2 \\ - 0{,}00513x_1x_3 + 0{,}00363x_2x_3 - 0{,}00438x_1x_2x_3$$

$$y(\tau_0) = 6{,}236 + 2{,}61x_1 + 1{,}064x_2 + 0{,}826x_3 + 0{,}159x_1x_2 \\ + 0{,}846x_1x_3$$

где $y(\eta)$ - эффективная вязкость ВУТ;

$y(\tau_0)$ - предельное напряжение при сдвиге ВУТ.

На основании полученных результатов были определены значения реологических параметров ВУТ, эффективной вязкости и предельного напряжения сдвига для трех вариантов концентраций твердого компонента. Оптимальным гранулометрическим составом угля, позволяющим получить водоугольное топливо с высокой степенью насыщения, обладающее сравнительно высокой стабильностью реологических характеристик, седиментационной и агрегативной устойчивостью и обеспечивающее беспрепятственное его прохождение через каналы и отверстия форсунок при подаче топливной системы на сжигание, является гранулометрический состав, при котором значения η составляют 0,38, 0,44 и 0,53 Па с, для концентраций 60, 62 и 65% соответственно. Значения τ_0 при этом составили 3,0, 4,51 и 6,76 соответственно.

В дальнейших исследованиях для описания зависимости расхода ВУТ от действующего перепада давлений предлагается использовать полное уравнение Букингама, которое определяет зависимость между гидравлическим уклоном и объемным расходом [21,22].

Вывод. На основании проведенного анализа было установлено, что сложность получения ВУТ заключается в упрочнении пространственной структурной сетки, образованной частицами угля, по мере возрастания концентрации твердой фазы, что препятствует реализации максимальной текучести при сохранении наименьшего значения эффективной вязкости. Исходя из методов регулирования реологических свойств высококонцентрированных дисперсных систем, получение ВУТ с необходимыми технологическими свойствами возможно при достижении бимодального гранулометрического состава, а также при введении реагентов, создающих затруднение для коагуляции частиц угля и формировании электростатического барьера между частицами твердой фазы.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что бимодальность гранулометрического состава способствует снижению вязкости суспензии за счет роли мелкой фракции твердого компонента ВУТ, которая способствуют перемещению крупной фракции угля в составе ВУТ с более низкими показателями сопротивления. Установлено, что с помощью методов коллоидной химии и физико-химической механики можно эффективно создавать высококонцентрированное водоугольное топливо на основе угля различных марок концентрацией до 75% с необходимыми коллоидно-химическими свойствами. Анализ исследований показал, что для приготовления ВУТ максимально возможной концентрации следует измельчать уголь до гранулометрического состава максимальной упаковки, который описывается формулой Альфреда.

В результате проведения экспериментальных исследований были определены реологические и гидродинамические характеристик ВУТ, изучены закономерности влияния гранулометрического состава твердого компонента ВУТ на его характеристики. В работе было установлено, что наиболее перспективным направлением дальнейших исследований является применение полученного уравнения регрессии для определения сопротивления движе-

нию ВУТ трубопроводным транспортом по уравнению Букингама.

Литература

1. Макаров А.С., Кобітович О.М., Савіцький Д.П., Егурнов О.І. Колоїдно-хімічні методи отримання палива на основі відходів вуглезбагачення // Вісник НАН України. – 2009. - №1. – С.56-67.
2. Савицкий Д.П., Макаров А.С., Завгородний В.А. Реологические свойства водоугольных суспензий на основе бурых углей в присутствии натриевых лигносульфонатов и щелочи // Химия твердого топлива. – 2009. - №5. – С.73–77.
3. Макарова К.В., Савицкий Д.П., Макаров А.С., Егурнов А.И. Водоугольное топливо на основе антрацита // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2010. – №5. – С. 3–5.
4. Mosa E.S., Saleh A.M., Taha T.A. Effect of chemical additives on flow characteristics of coal slurries // Physicochemical Problems of mineral Processing. – 2008. – Vol. 42. – P.107–118.
5. Урьев Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. – М.: Химия., 1980. – 320с.
6. Ходаков Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование // Российский химический журнал. – 2003. Т.47. - №2. – С.33–44.
7. Keat-Teong Lee, Kok-Chong Tan, Irvan Dahlan, Abdul Rahman Mohamed. Development of kinetic model for the reaction between SO2/NO and coal fly ash/ CaO/CaSO4 sorbent // Fuel. — 2008. — Vol. 87. — P. 23–28.
8. Камерон Алистер. Теория смазки в инженерном деле [Текст] / Перевод с англ. инж. В. А. Бородина ; Под ред. д-ра техн. наук В. К. Житомирского. - Москва : Машгиз, 1962. - 296 с.
9. Хренкова Т.М. Механохимическая активация углей. — М., 1993.
10. Олофинский Е.П. Исследования гидромеханики трубопроводного транспортирования суспензии // Исследования гидромеханики суспензий в трубопроводном транспорте. — М.: ВНИИПИгидротрубопровод, 1985. — С. 4–8.
11. Pearson J.T. Hydrotropic and Adsorption Properties of Some Bis — Quaternary Ammonium Compaunds and Related Cationic surfactants // J. Colloid and Interface Sci. — 1971. — Vol. 37. — №3. — P. 509–520.
12. Круть О.А. Водовугільне паливо / О.А. Круть. – К.: Наукова думка, 2002. – 172 с.
13. Білецький В.С. Перспективи впровадження технології водовугільного палива у малій теплоенергетиці України / В.С. Білецький, О.А. Круть, Ю.Г. Світлий // Форум гірників: матеріали міжнародної конференції. – Дніпропетровськ, 2007. – С. 177 – 180.
14. Круть А.А. Высокозольные угольные шламы – дополнительный источник энергоносителей / А.А. Круть // Зб. наукових праць ДНТУ: серія електротехніка та енергетика.– 2001.– № 21.– С. 34 – 37.
15. Helle G., Nygaarda B, Søren Kiilb, Johnssonb Jan E., Jørgen N. Jensena, Jørn Hansenb, Folmer Foghc, Kim Dam-Johansenb. Full-scale measurements of SO2 gas phase concentrations and slurry compositions in a wet flue gas desulphurisation spray absorber // Fuel. — 2004. — Vol. 83. — p. 151–164.
16. Fu Xiao-an. A New Kind of Light Fuel Composed of Water/-Coal /Hydrocarbon / Xiao-an Fu [et al.] // The Proceedings of the 21st International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, March 1996. – Clearwater, Florida, USA, 1996. – P. 259 – 266.
17. Huettenhain Horst. Premium Coal-Water Fuel (CWF) / Horst Huettenhain, M.V. Chari // The Proceedings of the 23rd International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, March 1998. – Clearwater, Florida, USA, 1998. – p. 1099 – 1108.
18. Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Издательство “Наука”, Москва 1976, 279с.
19. Longlian Cui, Liqian An, Hejin Jiang. A novel process for preparation of an ultra-clean superfine coal–oil slurry // Fuel. — 2007. — Vol. 83. — P. 1016.
20. Гюльмалиев А.М., Головин Г.С., Гладун Т.Г. Теоретические основы химии угля. — М.: Изд-во МГГУ, 2003. — 524 с.
21. Рабинович Е.З. Гидравлика: учебное пособие для вузов / Е.З. Рабинович.– М.: Недра, 1990. – 278 с.
22. Смолдырев А.Е. Трубопроводный транспорт концентрированных гидросмесей / А.Е. Смолдырев, Ю.К. Сафонов. – М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.

References

1. Makarov A.S., Kobitovich O.M., Savic'kij D.P., Egurnov O.I. Koloïdno-himichni metodi otrimannja paliva na osnovi vidhodiv vuglezbagachennja // Visnik NAN Ukraïni. – 2009. - №1. – S.56-67.
2. Savickij D.P., Makarov A.S., Zavgorodnij V.A. Reologicheskie svojstva vodougolnyh suspenzij na osnove buryh uglej v prisutstvii natrievyh ligno-sulfonatov i shhelochi // Himija tverdogo topliva. – 2009. - №5. – S.73–77.
3. Makarova K.V., Savickij D.P., Makarov A.S., Egurnov A.I. Vodougolnoe toplivo na osnove antracita // Jenergotehnologii i resursosberezhenie. – 2010. – №5. – S. 3–5.
4. Mosa E.S., Saleh A.M., Taha T.A. Effect of chemical additives on flow characteristics of coal slurries // Physicochemical Problems of mineral Processing. – 2008. – Vol. 42. – P.107–118.
5. Ur'ev N. B. Vysokokoncentrirovannye dispersnye sistemy. – M.: Himija., 1980. – 320s.
6. Hodakov G.S. Reologija suspenzij. Teorija fazovogo techenija i ee jeksperimental'noe obosnovanie // Rossijskij himicheskij zhurnal. – 2003. T.47. - №2. – S.33–44.
7. Keat-Teong Lee, Kok-Chong Tan, Irvan Dahlan, Abdul Rahman Mohamed. Development of kinetic model for the reaction between SO2/NO and coal fly ash/ CaO/CaSO4 sorbent // Fuel. — 2008. — Vol. 87. — P. 23–28.
8. Kameron Alister. Teorija smazki v inzhenernom dele [Tekst] / Perevod s angl. inzh. V. A. Borodina ; Pod red. d-ra tehn. nauk V. K. Zhitomirskogo. - Moskva : Mashgiz, 1962. - 296 s.
9. Hrenkova T.M. Mehanohimicheskaja aktivacija uglej. — M., 1993.
10. Olofinskij E.P. Issledovanija gidromehaniki truboprovodnogo transportirovanija suspenzii // Issledovanija gidromehaniki suspenzij v truboprovodnom transporte. — M.: VNIIPIgidrotruboprovod, 1985. — S. 4–8.
11. Pearson J.T. Hydrotropic and Adsorption Properties of Some Bis — Quaternary Ammonium Compaunds and Related Cationic surfactants // J. Colloid and Interface Sci. — 1971. — Vol. 37. — №3. — P. 509–520.
12. Krut O.A. Vodovugilne palivo / O.A. Krut'. – K.: Naukova dumka, 2002. – 172 s.

13. Bileckij V.S. Perspektivi vprovadzhennja tehnologiï vodovugilnogo paliva u malij teploenergetici Ukraïni / V.S. Bileckij, O.A. Krut, J.G. Svitlij // Forum girnikiv: materiali mizhnarodnoï konferenciï. – Dnipropetrovs'k, 2007. – S. 177 – 180.
14. Krut A.A. Vysokozolnye ugolnye shlamy – dopol-nitelnyj istochnik jenergonositelej / A.A. Krut // Zb. naukovih prac DNTU: serija elektrotehnika ta energetika.– 2001.– № 21.– S. 34 – 37.
15. Helle G., Nygaarda B, Søren Kiilb, Johnssonb Jan E., Jørgen N. Jensena, Jørn Hansenb, Folmer Foghc, Kim Dam-Johansenb. Full-scale measurements of SO2 gas phase concentrations and slurry compositions in a wet flue gas desulphurisation spray absorber // Fuel. — 2004. — Vol. 83. — p. 151–164.
16. Fu Xiao-an. A New Kind of Light Fuel Composed of Water/-Coal /Hydrocarbon / Xiao-an Fu [et al.] // The Proceedings of the 21st International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, March 1996. – Clearwater, Florida, USA, 1996. – P. 259 – 266.
17. Huettenhain Horst. Premium Coal-Water Fuel (CWF) / Horst Huettenhain, M.V. Chari // The Proceedings of the 23rd International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, March 1998. – Clearwater, Florida, USA, 1998. – p. 1099 – 1108.
18. J.P. Adler, E.V. Markova, J.V. Granovskij. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimalnyh uslovij. Izdatelstvo “Nauka”, Moskva 1976, 279s.
19. Longlian Cui, Liqian An, Hejin Jiang. A novel process for preparation of an ultra-clean superfine coal–oil slurry // Fuel. — 2007. — Vol. 83. — P. 1016.
20. Gjulmaliev A.M., Golovin G.S., Gladun T.G. Teoreticheskie osnovy himii uglja. — M.: Izd-vo MGGU, 2003. — 524 s.
21. Rabinovich E.Z. Gidravlika: uchebnoe posobie dlja vuzov / E.Z. Rabinovich.– M.: Nedra, 1990. – 278 s.
22. Smoldyrev A.E. Truboprovodnyj transport koncentrirovannyh gidrosmesej / A.E. Smoldyrev, Ju.K. Safonov. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 256 s.

Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Остапенко В.М., Мірошникова М.В. Дослідження впливу гранулометричного складу водовугільного палива на його реологічні і гідродинамічні характеристики.

У статті було встановлено, що складність отримання водовугільного палива (ВВП) полягає в зміцненні просторової структурної сітки, утвореної частками вугілля, у міру зростання концентрації твердої фази. Отримання ВВП з необхідними технологічними властивостями можливо при досягненні бімодального гранулометричного складу, а також при введенні реагентів, що створюють ускладнення для коагуляції часток вугілля і формування електростатичного бар'єру між частками твердої фази. Встановлено, що бімодальність гранулометричного складу сприяє зниженню в'язкості суспензії за рахунок ролі дрібної фракції твердого компонента ВВП. Визначено реологічні і гідродинамічні характеристик ВВП, вивчені закономірності впливу гранулометричного складу твердого компонента ВВП на його характеристики. Встановлено, що найбільш перспективним напрямком подальших досліджень є застосування отриманого рівняння регресії для визначення опору руху ВВП трубопровідним транспортом по рівнянню Букінгама.

Ключові слова: *водовугільне паливо, ефективна в'язкість, напруження зсуву, концентрація, бімодальність, гранулометричний склад.*

Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Ostapenko V., Miroshnykova M. Research influence granulometric composition water-coal fuel to rheological and hydrodynamic characteristics.

The paper established that with the help methods of colloid chemistry and physico-chemical mechanics is possible to efficiently create highly concentrated water coal fuel based on coal various grades with a concentration to 75% with necessary colloidal-chemical properties. Analysis studies showed to prepare the water-coal fuel (WCF) much possible concentration, it is necessary refine coal granulometric composition of maximum package, which is described by Alfred formula.

Obtaining WCF with necessary technological properties is possible when bimodal granulometric composition is reached, as well by introducing reagents make it difficult coagulate coal particles and form electrostatic barrier between particles of solid phase. It is established that bimodality granulometric composition helps reduce viscosity suspension due to role of fine fraction solid component WCF. The rheological and hydrodynamic characteristics WCF are determined, regularities influence of granulometric composition solid component WCF on its characteristics are studied.

Analysis existing theoretical studies and experimental data shows that most important factors affecting parameters of hydrotreating water-coal fuel are concentration solid component (C) and parameters characterizing bimodality of grain size distribution solid phase WCF.

Keywords: *water-coal fuel, effective viscosity, shear stress, concentration, bimodality, granulometric composition.*

Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.
Баранов І.О. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля. mail: baranov_90@inbox.ru
Остапенко В.М. – науковий співробітник кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.
Мірошникова М.В. - асистент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 28.03.2017

УДК 620.179.14

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАССЕЯНИЯ ДЕФЕКТОВ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Шведчикова И. А., Шевченко А. И., Путкарадзе Н. Л.

THE EXPERIMENTAL SETUP FOR THE STUDY MAGNETIC STRAY FIELDS OF DEFECTS OF FERROMAGNETIC ITEMS

Shvedchikova I. A., Shevchenko A. I., Putkaradze N. L.

В статье описана экспериментальная установка для измерения магнитных полей рассеяния дефектов типа нарушения сплошности ферромагнитных деталей. Определены метрологические характеристики магнитометрического канала. Выполнена апробация на натурных образцах. Произведена оценка общей погрешности эксперимента.

Ключевые слова: *дефект, несплошность, магнитное поле рассеяния, феррозонд, импульсное возбуждение, магнитометрический канал, погрешность.*

Введение. В настоящее время феррозондовый метод контроля дефектов является широко распространенным и имеет такие достоинства, как высокая чувствительность, производительность и возможность автоматизации процесса контроля. Однако недостаточная селективность феррозондов (отношение амплитуды полезного сигнала к помехе), вызванная негладкостью контролируемой поверхности (ступенчатые переходы, края детали и т.д.), в ряде случаев существенно снижает достоверность контроля и ограничивает область применения данного вида контроля. Для решения научно-технической задачи повышения помехоустойчивости, а именно, селективности феррозондовых дефектоскопов, требуются теоретические и экспериментальные исследования магнитных полей как дефектов, так и магнитных полей рассеяния, индуцированных неровностью контролируемой поверхности изделий, а также локальной магнитной неоднородностью ферромагнитного материала.

Целью работы является создание установки для экспериментальных исследований магнитных полей рассеяния, вызванных дефектами несплошности, а также неровностями и магнитной неоднородностью контролируемой поверхности ферромагнитных изделий. Экспериментальные исследования на натурных образцах позволят установить корректность разработанных математических моделей магнитных полей рассеяния дефектов, выполнить измерение топографии магнитного поля помехи, создаваемого намагниченностью контролируемой детали конечных размеров и негладкой поверхностью, а также заложить основу для разработки и изготовления промышленных образцов систем диагностирования. Поэтому разработка и определение метрологических характеристик данной установки является актуальной и перспективной задачей.

Материал и результаты исследования. В состав разработанной экспериментальной установки входят феррозондовый магнитометр, устройство намагничивания, образцы с дефектами, регистрационная аппаратура, аппаратура для тарировки феррозондового полемера.

Феррозондовый магнитометрический канал, блок-схема которого приведена на рис. 1, состоит из амплитудного детектора 1, дифференциального усилителя 2, преобразователя напряжение – ток (ПНТ) 3, масштабирующего усилителя 4, цифрового вольтметра 5, источника опорного напряжения 6, генератора возбуждения 7.

Феррозонд выполнен из аморфного сплава пермаллоя 10НСР, размеры его сердечника $3\times0{,}5\times0{,}25$ мм. Обмотка возбуждения имеет $W_1=100$ витков, выходная обмотка $W_2=200$, обмотка обратной связи $W_{oc}=100$, обмотка компенсации $W_k=100$ витков, соответственно. Феррозонд возбуждается прямоугольными импульсами амплитудой 15

В, частотой 25 кГц и длительностью 1 мкс со скоростью нарастания переднего фронта 3 В/нс [1].

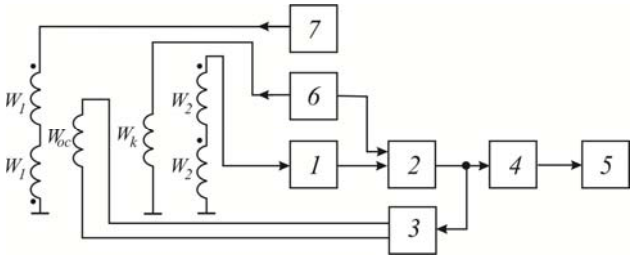


Рис. 1. Блок-схема магнитометрического канала феррозонда: 1 – амплитудный детектор; 2 – дифференциальный усилитель; 3 – преобразователь напряжение – ток; 4 – масштабирующий усилитель; 5 – цифровой вольтметр; 6 – источник опорного напряжения; 7 – генератор возбуждения феррозонда

После детектирования амплитудным детектором 1 (рис. 1) амплитуды импульса первой гармоники сигнал поступает на вход дифференциального усилителя 2 с коэффициентом усиления $K_{ду} = 10$. Для линеаризации статической характеристики магнитометра и увеличения её стабильности в устройстве обработки выходных сигналов феррозонда предусмотрена отрицательная обратная связь, которая состоит из преобразователя напряжение – ток (ПНТ) 3 с коэффициентом передачи $K_{\text{пнт}} = 0{,}03$ А/В и обмотки обратной связи $W_{ос}$ феррозонда.

Коэффициент передачи цепи обратной связи равен

$$K_{ос} = K_{\text{пнт}} \cdot K_{woc}\,, \qquad (1)$$

где $K_{woc}(C_к) = W_{ос} / l_к$ – коэффициент передачи (постоянная) катушки обратной связи; l – длина сердечника феррозонда.

При числе витков обмотки обратной связи $W_{ос} = 100$ и длине сердечника $l = 3$ мм коэффициент передачи обмотки обратной связи равен $K_{woc} = 3{,}33 \cdot 10^4$ 1/мм.

Коэффициент передачи устройства обработки выходных сигналов феррозонда определяется как

$$K = \frac{K_ф K_{ад} K_{ду}}{1 + K_ф K_{ад} K_{ду} K_{ос}}\,, \qquad (2)$$

где $K_ф$ – коэффициент передачи феррозонда по амплитудному значению сигнала, определялся в соответствии с [2] ($K_ф = 0{,}0175$ Вм/А); $K_{ад} \approx 1$ – коэффициент передачи амплитудного детектора.

Таким образом, коэффициент передачи магнитометрического канала имеет величину $K = 5{,}025 \cdot 10^{-4}$ Вм/А.

Регистрационная аппаратура (рис.1) состоит из масштабирующего усилителя напряжения 4 с регулируемым коэффициентом усиления в пределах $K_{му} = 50 - 100$ и цифрового вольтметра 5 (типа В7-35), имеющего основную погрешность измерения постоянного напряжения $\delta_v = \pm(0{,}1 + 0{,}1\frac{x_к}{x})$ ($x_к$ – номинальное значение установленного предела измерения, x – измеренное значение напряжения).

Общий коэффициент передачи магнитометрического канала находится в пределах $2{,}52 \cdot 10^{-2} \div 5{,}025 \cdot 10^{-2}$ Вм/А. Таким образом, при измерении напряженности H полей рассеяния дефектов в диапазоне $H = (1...200)$ А/м, выходное напряжение U магнитометрического канала изменяется в пределах (при максимальном коэффициенте усиления) $U = (5{,}025 \cdot 10^{-2}...10{,}5)$ В. Максимальная погрешность измерения напряжения вольтметром В7-35 в данных пределах составляет $\delta_v = 1{,}1\%$.

Режим однополярного импульсного возбуждения [3] характеризуется тем, что при отсутствии напряжённости измеряемого поля на выходе феррозонда имеется аддитивная помеха, обусловленная неидентичностью полуэлементов феррозонда. Значение и полярность этой помехи, которая определяет порог чувствительности феррозонда, заранее предсказать трудно. Поэтому для снижения порога чувствительности, а также для обеспечения измерения полей разной полярности феррозонд преднамеренно разбалансировался при помощи тока $I_к$, подаваемого от источника опорного напряжения в обмотку компенсации $W_к$. Величина компенсационного поля $H_к$, а следовательно, и величина тока $I_к$ выбирается из условия равенства напряжения на выходе феррозонда U_0 половине напряжения, определяющего рабочий диапазон феррозонда без обратной связи.

$$U_o = 0{,}5(U_{вых.маг} - U_{нач})\,, \qquad (3)$$

где $U_{вых.маг}$ – максимальная амплитуда выходного сигнала; $U_{нач}$ – начальное напряжение, определяемое неидентичностью полуэлементов феррозонда (аддитивной помехой).

Напряжение U_0 компенсируется напряжением источника опорного напряжения, подаваемого на второй вход дифференциального усилителя. Вследствие чего на его выходе формируется точка искусственного нуля, определяемая серединой рабочего диапазона феррозонда [4]. Порог чувствительности феррозонда в этом случае определяется стабильностью компенсирующего напряжения источника опорного напряжения.

При $U_0 = 1{,}5$ В и коэффициенте нестабильности напряжения источника $\delta_{u\,оп} = 0{,}2\%$, $\Delta U_0 = 3$ мВ. Это напряжение, приведенное к входу феррозонда, составит

$$\Delta H_0 = \frac{\Delta U_0}{K_ф K_{ад} K_{ду}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А/м.} \qquad (4)$$

Оценим результирующую погрешность магнитометрического канала по погрешностям входящих в него узлов.

Погрешность $\delta_к$, вызванная нестабильностью коэффициента преобразования устройства, охваченного отрицательной обратной связью, определяется выражением [5]

$$\delta_к = \frac{\Delta K}{K} = \frac{1}{1+K_{пр}K_{ос}}\frac{\Delta K_{пр}}{K} - \frac{K_{пр}K_{ос}}{1+K_{пр}K_{ос}}\frac{\Delta K_{ос}}{K_{ос}} \quad (5)$$

,

где $K_{пр} = K_ф K_{ад} K_{ду}$ – коэффициент преобразования прямой цепи; $K_{ос}$ – коэффициент преобразования цепи обратной связи.

Следовательно, погрешность от нелинейности коэффициента преобразования прямой цепи уменьшается в $1+K_{пр}K_{ос}=296$ раза и ею можно пренебречь. Тогда, при $K_{пр}K_{ос}=296>>1$

$$K = \frac{1}{K_{ос}} = \frac{1}{K_{пнт}K_{wос}} = \frac{R_\Sigma}{C_к}, \quad (6)$$

где $K_{пнт} = \frac{1}{R_\Sigma}$ – коэффициент передачи ПНТ; R_Σ – сопротивление, определяющее коэффициент передачи ПНТ.

Относительная погрешность коэффициента преобразования

$$\delta_к = \frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta R_\Sigma}{R_\Sigma} - \frac{\Delta C_к}{C_к}, \quad (7)$$

где $\frac{\Delta R_\Sigma}{R_\Sigma}$ – относительная погрешность изменения коэффициента передачи ПНТ.

При выбранной схеме ПНТ и резисторов обратной связи с допуском ±0,5% относительная погрешность. $\frac{\Delta R_\Sigma}{R_\Sigma}=1\%$.

Согласно [6] $\frac{\Delta C_к}{C_к}$ катушки, у которой витки намотаны плотно друг к другу,

$$\frac{\Delta C_к}{C_к} = \frac{\Delta l_к}{l_к} = 1{,}7\cdot 10^{-5} \quad 1/^{o}\text{C}.$$

При изменении температуры на 40ºС $\frac{\Delta l_к}{l_к} = 0{,}1\%$.

Далее оценим погрешность начальной компенсации поля. Напряженность компенсирующего поля $H_к$ определяется выражением

$$H_к = I_к C_{кп} = \frac{U_{оп}}{R_к} C_к, \quad (8)$$

где $I_к$ – ток компенсации; $C_{кп}$ – постоянная катушки компенсации; $U_{оп}$ – напряжение источника опорного напряжения; $R_к$ – суммарное сопротивление цепи компенсации.

Погрешность начальной компенсации поля с учётом неконтролируемого интервала температур 1º С

$$\delta_{комп} = \frac{\Delta H_к}{H_к} = \sqrt{\delta^2_{C_{кп}} + \delta^2_{оп} + \delta^2_{R_к}} = 0{,}02\%, \quad (9)$$

где $\delta_{C_{кп}} = \frac{\Delta C_{кп}}{C_{кп}} = 1{,}2\cdot 10^{-5}$; $\delta_{оп} = \frac{\Delta U_{оп}}{U_{оп}} = 2\cdot 10^{-4}$ (для стабилизатора К142ЕН8); $\delta_{R_к} = \frac{\Delta R_к}{R_к} = 4\cdot 10^{-5}$ (для резисторов типа С2-29В).

Погрешность измерения поля зависит также от смещения и дрейфа нуля как собственно феррозонда, так и устройства обработки выходного сигнала, которая в основном сосредоточена в дифференциальном усилителе (ДУ). При начальной коррекции нуля ДУ его погрешность будет вызываться в основном температурным дрейфом. Приведенная к входу феррозонда погрешность будет равна

$$\delta_{ду} = \frac{TKu_{см}}{K_ф K_{ад} H_{И\,max}}\Delta\Theta^0 = 0{,}026\%, \quad (10)$$

где $TKu_{см} = 20$ мкВ/К – температурный коэффициент напряжения смещения (для ОУ типа К140УД17А [7]); $H_{Иmax} = 200$ А/м – максимальное значение напряжённости измеряемого поля.

Дрейф нуля феррозонда определялся экспериментально, так как он зависит от многих факторов. В рассматриваемом диапазоне температур $\delta_{ср} = 0{,}2\%$.

Результирующая погрешность магнитометрического канала:

$$\delta_м = \sqrt{\delta^2_к + \delta^2_{комп} + \delta^2_{ду} + \delta^2_{ср}} = 1{,}8\%. \quad (11)$$

Погрешность магнитометрического канала проверялась на тарировочной установке, схема которой показана на рис. 2.

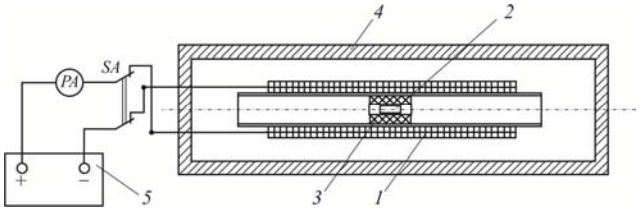


Рис. 2. Схема тарировочной установки: 1 – соленоид; 2 – феррозонд; 3 – центрирующая втулка; 4 – ферромагнитный экран; 5 – регулируемый источник тока

Феррозонд 2 размещался в геометрическом центре соленоида 1 с помощью центрирующей втулки 3, питание обмотки соленоида осуществлялось от регулируемого источника тока типа Б5-47, работающего в режиме стабилизации

тока. Основная погрешность установки выходного тока не превышала $\delta_I = \pm(1\% I_{уст} + 0{,}2\% I_{\max})$.

Величина тока I регулировалась в пределах $I = (1...100)$ мА. Влияние внешних магнитных полей приводилось к уровню $H = 0{,}01$ А/м при помощи ферромагнитного экрана 4. Ток соленоида контролировался амперметром PA. Изменение полярности измеряемого магнитного поля осуществлялось переключателем SA. Выходные обмотки феррозонда подключались к магнитоизмерительному каналу, выходной сигнал которого регистрировался цифровым вольтметром В7-35. Измерения проводились в нормальных условиях. Установлено, что основная погрешность магнитометрического канала не превышала 2,7%.

Погрешность тарировочной установки составила

$$\delta_m = \sqrt{\delta_C + \delta_I} = \sqrt{1{,}2^2 + 1^2} = 1{,}56\%, \qquad (12)$$

где δ_C – относительная погрешность соленоида; δ_I – относительная погрешность источника тока.

Погрешность измерения магнитного поля в нормальных условиях δ_n можно оценить величиной

$$\delta_n = \sqrt{\delta_m^2 + \delta_м^2} = \sqrt{1{,}8^2 + 2{,}5^2} = 3\%. \qquad (13)$$

Поскольку феррозонд измеряет поле не в точке, а усреднённое по длине сердечника значение $H_{ср}$ напряжённости поля, то следует учитывать эту погрешность. Усреднённое значение напряжённости поля в сердечнике феррозонда определяется как

$$H_{ср} = \frac{1}{l}\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} H(x)dx. \qquad (14)$$

Величина *H(x)* рассчитывалась теоретически. Установлено, что при измерении вертикальной составляющей напряжённости поля погрешность не превышает $\delta_{ср} = 1{,}8\%$, если значение измеряемого поля брать на высоте $F = 0{,}3F_0$ (рис.3). При измерении горизонтальной составляющей – не более $\delta_ф = 2{,}2\%$.

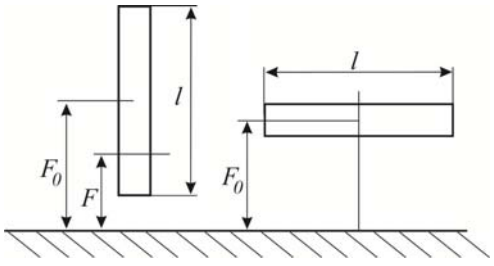


Рис. 3. К расчету погрешности измерения поля феррозонда

Общая относительная погрешность $\delta_{мк}$ магнитометрического канала экспериментальной установки с учётом погрешности регистрирующей аппаратуры ($\delta_p = 1\%$) составляла

$$\delta_{мк} = \sqrt{\delta_m^2 + \delta_м^2 + \delta_ф^2 + \delta_p^2} = 3{,}8\%. \qquad (15)$$

В качестве установки намагничивания образцов использовалась баллистическая установка БУ-3, позволяющая изменять намагниченность в пределах $M = (1000...5000)$ А/м. Погрешность установки намагничивания оценивается величиной $\delta_н = 4{,}5\%$.

Для перемещения феррозондов при исследовании топографии магнитного поля рассеяния дефекта использовалось устройство, приведенное на рис. 4. Феррозонд 1 крепился к гайке 3, которая перемещалась по направляющей 4 при вращении микрометрического винта 2. Зазор между сердечником феррозонда и поверхностью металла составлял $F = 0{,}5$ мм, а шаг перемещения $\Delta x = 0{,}5$ мм, соответственно. Следует отметить, что на каждом шаге могут фиксироваться как величины горизонтальной составляющей H_x, так и вертикальной составляющей H_y напряжённости магнитного поля, а также отношение приращения напряжённости поля к величине шага перемещения, то есть градиент поля – $gradH_x = \Delta H_x / \Delta x$, $gradH_y = \Delta H_y / \Delta x$.

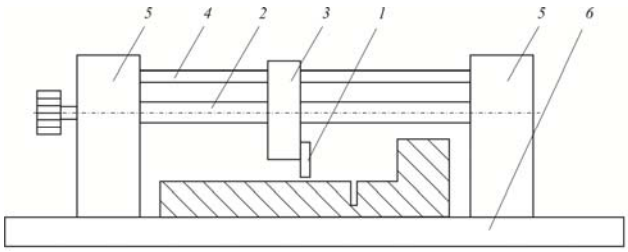


Рис. 4. Установка для исследования поля рассеяния дефекта: 1 – феррозонд; 2 – винт; 3 – гайка; 4 – направляющая; 5 – стойки; 6 – основание

Погрешность отсчёта перемещения не превышала $\delta_{пф} = 1{,}5\%$. Общая погрешность эксперимента была равной

$$\delta_э = \sqrt{\delta_{м.к}^2 + \delta_н^2 + \delta_{пф}^2} = 6{,}1\%. \qquad (16)$$

Апробация экспериментальной установки выполнялась путем измерения магнитных полей рассеяния имитации дефекта в виде прямоугольного паза (шириной $2b$ и глубиной h), выполненного электроискровым способом в середине образца с одной его стороны во всю ширину. В качестве образцов использовались прямоугольные бруски размерами 60×100×100 мм из стали Ст.45 с коэрцитивной силой $H_c = 500$ А/м (рис.5).

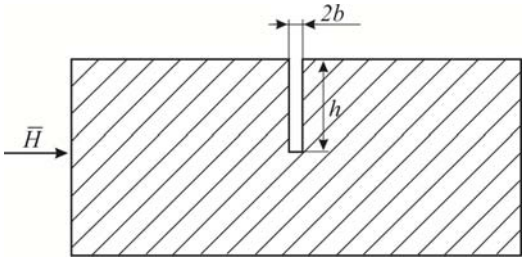


Рис. 5. Образец для экспериментальных исследований полей рассеяния дефектов

На рис. 6 сплошной линией показаны зависимости, полученные в результате теоретических расчетов [8], а пунктиром – зависимости, полученные в результате эксперимента. Расхождение результатов теоретических расчетов и экспериментальных данных в среднем не превысило 8…10%.

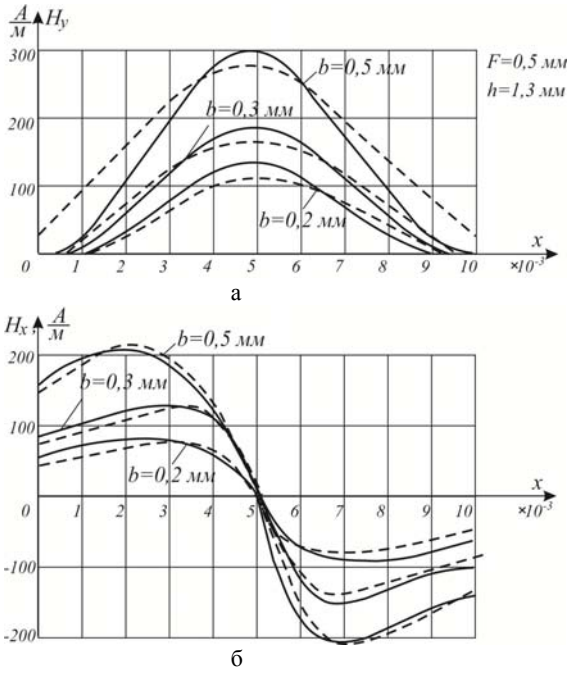


Рис. 6. Вертикальная H_y (а) и горизонтальная H_x (б) составляющие вектора напряженности поля рассеяния дефектов, полученные расчетным путем и в результате экспериментов

Выводы.

Представленная в работе экспериментальная установка позволяет с приемлемой погрешностью измерять магнитные поля рассеяния дефектов и различных магнитных неоднородностей, что обеспечивает возможность установления корректности разработанных математических моделей и может служить основой для разработки промышленных феррозондовых дефектоскопов.

Главная причина расхождения результатов теоретических исследований и полученных экспериментальных данных заключается в неточном определении намагниченности в образцах, так как при расчете коэффициента размагничивания использовались эмпирические формулы. В то же время необходимо отметить высокую повторяемость результатов эксперимента, которая составляет 97%, что дает возможность идентифицировать дефекты при работе на реальном объекте.

Литература

1. Шевченко А.И., Рубинская И.Ю. Схемотехника феррозондовых магнитометров с однополярным импульсным возбуждением// Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2012. – № 18 (189). – С. 304-310.
2. Яковенко В.В. Магнитные датчики механических величин (в книге «Датчики и методы повышения их точности») – К. Вища школа, 1989. – 215с.
3. Шаповаленко Т.В.. Яковенко В.В., Шведчикова И.А., Шевченко А.И. Расчет функции преобразования феррозондов при различных способах возбуждения // Вісник Східноукраїнського державного університету. – 1996. – С. 38–43.
4. Пат. 39325А Україна, МПК[7] G 01 N 27/90. Феррозондовий магнітовимірювальний канал / Мирошников В.В, Шевченко О.И., Романенко А.В, Калашникова О.М. (Україна); Східноукраїнський державний університет. – № 2000031600; Заявл. 21.03.2000; Опубл. 15.06.2001. – 3 с.
5. Семенов Н.М., Яковлев Н.И. Цифровые феррозондовые магнитометры. – Л.: Энергия, 1978. – 168с.
6. Афанасьев Ю.В., Студенцов Н.В., Хорев В.Н., Чечурина Е.Н., Щелкин А.П. Средства измерений магнитного поля. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1979. – 320 с.
7. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / под. ред. С.В. Якубовского. – М.: Радио и связь, 1989. – 496 с.
8. Мужицкий В.Ф. К расчету магнитостатических полей рассеяния от поверхностных дефектов конечной глубины.// Дефектоскопия. – 1987. – №7. – С.8-13.

References

1. Shevchenko A.I., Rubinskaja I.Yu. Shemotehnika ferrozondovyh magnitometrov s odnopoljarnym impul'snym vozbuzhdeniem// Visnik SNU im. V. Dalja. – 2012. – № 18 (189). – S. 304-310.
2. Jakovenko V.V. Magnitnye datchiki mehanicheskih velichin (v knige «Datchiki i metody povyshenija ih tochnosti») – K. Vysha shkola, 1989. – 215s.
3. Shapovalenko T.V.. Jakovenko V.V., Shvedchikova I.A., Shevchenko A.I. Raschet funkcii preobrazovanija ferrozondov pri razlichnyh sposobah vozbuzhdenija // Visnik Shidnoukraïns'kogo derzhavnogo universitetu. – 1996. – S. 38–43.
4. Pat. 39325A Ukraïna, MPK7 G 01 N 27/90. Ferrozondovii magnitovimiryuval'nii kanal / Miroshnikov V.V, SHevchenko O.I., Romanenko A.V, Kalashnikova O.M. (Ukraïna); Shidnoukraïns'kii derzhavnii universitet. – № 2000031600; Zajavl. 21.03.2000; Opubl. 15.06.2001. – 3s.
5. Semenov N.M., Jakovlev N.I. Cifrovye ferrozondovye magnitometry. – L.: Yenergija, 1978. – 168s.
6. Afanas'ev Yu.V., Studencov N.V., Horev V.N., CHechurina E.N., SH'elkin A.P. Sredstva izmerenii magnitnogo polja. – L.: Yenergija. Leningr. otd-nie, 1979. – 496 s.

7. Cifrovye i analogovye integral'nye mikroshemy: Spravochnik / pod. red. S.V. Jakubovskogo. – M.: Radio i svjaz', 1989. – 496 s.
8. Muzhickii V.F. K raschetu magnitostaticheskih polei rassejanija ot poverhnostnyh defektov konechnoi glubiny.// Defektoskopija. – 1987. – №7. – S. 8-13.

Шведчикова І.О., Шевченко О.І., Путкарадзе Н.Л. Експериментальна установка для дослідження магнітних полів розсіювання дефектів феромагнітних виробів

У статті описана експериментальна установка для вимірювання магнітних полів розсіювання дефектів типу порушення суцільності феромагнітних деталей. Визначено метрологічні характеристики магнітометричного каналу. Виконана апробація на натурних зразках. Здійснено оцінку загальної похибки експерименту.

Ключові слова: *дефект, несуцільність, магнітне поле розсіювання, ферозонд, імпульсне збудження, магнітометричний канал, похибка.*

Shvedchikova I. A., Shevchenko A. I., Putkaradze N. L. The experimental setup for the study magnetic stray fields of defects of ferromagnetic items

The article describes experimental setup for measuring the magnetic stray fields of defects such as discontinuities of ferromagnetic parts. It is shown that development and metrological characteristics definition of setup is relevance and perspective task. Block diagram of flux-gate magnetometric channel and installation calibration designed. Experimental setup testing with application of rectangular bars samples done. Established that inaccurate determination of samples magnetization is main cause of results difference between theoretical research and experimental data, as in demagnetization coefficient calculation used empirical formula. Determined metrological characteristics of the magnetic measuring channel. Performed testing with real samples. The total error of the experiment is 6.1%.

Keywords: *defect, inconsistent, magnetic stray field, the flux-gate, pulse excitation, magnetic measuring channel, an error.*

Шведчикова Ірина Олексіївна – д.т.н., професор, завідувач кафедри електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк), ishved@i.ua

Шевченко Олександр Іванович – к.т.н., доцент, доцент кафедри електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк), alexshev2014@i.ua

Путкарадзе Нана Лайсманівна – студентка групи ЕТ-351м, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк), nana-tesla@mail.ru

Рецензент: д.т.н., професор ***Горбунов М.І.***

Стаття подана 1.02.2017

УДК 339.54

СПРОЩЕННЯ МИТНИХ ФОРМАЛЬНОСТЕЙ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ

Шворнікова Г.М., Барабаш В.В., Марченко А.В.

SIMPLIFICATION OF CUSTOMS FORMALITIES AS A PREREQUISITE FOR EUROINTEGRATION OF UKRAINE

Shvornikova A., Barabash V., Marchenko A.

У роботі запропоновано розширити використання Єдиного перевізного документу в України та розширити географію використання в цілому. На основі методів аналізу, синтезу та порівняння детально розглянуті поняття інтероперабельності як способу гармонізації технічних вимог та адаптації залізничного транспорту для його інтеграції до суміжних транспортних систем. Також розглянуто умови забезпечення експлуатаційної сумісності залізничних систем та обґрунтовані напрями вирішення проблем на цьому шляху. Досліджено процес впровадження уніфікованої накладної ЦІМ/СМГС, як єдиного перевізного документу для країн із різним транспортним правом (ЦІМ та СМГС).

Ключові слова: *гармонізація, інтероперабельність, митні формальності, сумісність, залізничний транспорт, перевезення.*

Постановка проблеми. Залізничний транспорт в усі часи залишається однією із основних галузей економіки. На даний час залізниці загалом задовольняють потреби суспільного виробництва та населення у перевезеннях. Але стан виробничо-технічної бази залізниць і технологічний рівень перевезень за багатьма параметрами не відповідає зростаючим потребам суспільства та європейським стандартам якості надання транспортних послуг, що найближчим часом може стати перешкодою для подальшого соціально-економічного розвитку держави [1].

Для України залізничний транспорт на тривалу перспективу залишиться основним перевізником вантажів та пасажирів, проте транспортна система країни все ще не відповідає стандартам і вимогам ЄС і відзначається суттєвим відставанням щодо інфраструктури, обладнання і норм [1, 3].

Сьогодні залізнична конкурентоспроможність держав-членів ЄС обмежується відмінностями в устаткуванні, технологіях, сигналізації, правилах безпеки, системі гальмування, тяговому струмі, обмеженнях по швидкості тощо [2].

Така ситуація вимагає зупинок на кордоні міжнародних потягів, які проходять кілька країн, що в свою чергу призводить до ряду ускладнень. Тому виникає необхідність у здатності здійснювати безперебійний рух на різних ділянках мережі залізниць [2].

Правове регулювання діяльності транспортного комплексу відіграє чималу роль у забезпеченні високої якості та культури обслуговування одержувачів транспортних послуг [4].

Завдяки правовому регулювання діяльності транспорту можна [5]:

- максимально сприяти перетворенню його в прогресивну галузь суспільного виробництва;
- збільшити відповідальність за виконання договірних зобов'язань;
- забезпечити схоронність вантажів, які перевозяться, безпеки руху і ліквідації аварійності, додержанню строків доставки вантажів;
- вдосконалити договірні відносини щодо перевезень;
- чіткому дотриманню договірної дисципліни,
- поліпшенню експлуатаційної роботи на підприємствах транспорту.

Варто зазначити, що економічні відносини між державами, юридичними й фізичними особами без застосування транспорту неможливі, тому виникає необхідність адаптації транспортного законодавства України до європейського, зміцнення позицій вітчизняного перевізника на транспортних ринках, що можливо за умови позитивних змін у законодавстві [4, 5].

Аналіз останніх публікацій. В Україні проводились дослідження транспортного законодавства і транспортних відносин, але нажаль питанням вивчення зарубіжного досвіду приділялося недостатньо уваги.

Питаннями транспортного законодавства займались такі вчені, як Г. О. Анцелевич, В. М. Гурнак, Л. І. Ковалевська, А. О. Покрещук, Г. С. Федіняк, Н. Л. Шелухін та інші.

Мета дослідження. На шляху євроінтеграції національних транспортних систем виникає потреба у розробці та впровадженні нових стандартів, які б зблизили транспортні системи різних держав шляхом створення умов щодо їх здатності обмінюватися та використовувати необхідну інформацію.

Саме тому, метою дослідження є поширення використання Єдиного перевізного документу в Україні як напрям та необхідна умова спрощення митних формальностей для узгодженої взаємодії учасників транспортних послуг на міжнародному рівні.

Викладення основного матеріалу. Необхідність створення нових стандартів, спрямованих на забезпечення роботи з гармонізації технічних вимог та адаптації залізничного транспорту для його інтеграції в суміжні транспортні системи об'єднуються під визначенням інтероперабельності [6].

Згідно визначенню, даному в стандарті ISO/IEC 24765, Systems and Software Engineering Vocabulary, Інтероперабельність – це здатність двох чи більше систем або елементів обмінюватися інформацією та використовувати цю інформацію. Однак термін «інтероперабельність» визначає не тільки простий обмін інформацією та її використання, але й забезпечення узгодженої взаємодії учасників, для чого повинно бути досягнуто загальне поняття цілей і методів взаємодії [6].

Отже, інтероперабельність – це здатність трансєвропейської системи залізниць забезпечувати безпечний, безперешкодний і безперервний рух поїздів, що відповідає експлуатаційним вимогам до цих ліній. Ця здатність ґрунтується на сукупності регламентних, технічних і експлуатаційних умов, які повинні бути виконані з метою задоволення основних вимог [7].

У багатьох роботах з обраної тематики доведено можливість вирішення проблеми актуалізації схеми залізничних повідомлень за рахунок підвищення ефективності застосування принципів інтероперабельності у межах міжнародних транспортних коридорів України. В свою чергу, проведення технологічних та технічних перетворень на залізничному транспорті сприятиме прискоренню темпів європейської інтеграції, налагодженню більш тісного міжнародного економічного співробітництва, а також надасть можливість ефективно використовувати вигідне геополітичне розташування України [8, 9].

Запровадження інтероперабельних перевезень має багато ускладнень та потребує вирішення ряду проблем:

- різниця в ширині колії;
- різниця у габаритах споруд та рухомого складу;
- різниця у напрузі електрифікованих ліній;
- необхідність оновлення фондів локомотивного та вагонного господарств;
- необхідність застосування ІТ;
- необхідність створення транспортно-логістичних розподільних центрів та термінальних комплексів;
- необхідність розвитку господарства електрифікації та електропостачання на основі передових досягнень в області електроенергетики і залізничного транспорту;
- необхідність активної міжнародної співпраці.

Надзвичайно важливим аспектом реформування потрібно вважати міжнародні перевезення, які в свою чергу не можливі без співпраці залізниць різних країн світу.

Міжнародні залізничні перевезення характеризуються вражаючими масштабами переміщення пасажирів і вантажів на значні відстані, особливостями діяльності транспорту, передачею перевізних засобів у тимчасове користування перевізникам іноземних держав. Вони мають ряд особливостей, які стосуються як організації міжнародних залізничних сполучень, так і процедури здійснення перевезень, а також системи міжнародних джерел, які їх регулюють [10].

Основною сферою застосування залізничного транспорту України є масові перевезення вантажів і пасажирів, проте переважають вантажні перевезення, що дають близько 80% прибутку [11]. У таблиці наведені показники вантажних перевезень за 9 місяців 2016 року [12].

Таблиця

Найменування показників	Статистичні дані
Перевезено, млн. тонн, у т.ч.	253,0
транзит	12,7
імпорт	28,0
експорт	83,7
внутрішні	128,7
Вантажообіг, млн. т-км., у т.ч.	137117,9
транзит	14778,0
імпорт	13972,5
експорт	56634,8
внутрішні	51732,6

За інформацією Державної служби статистики України вантажообіг на залізничному транспорті за січень-листопад 2016 року склав 170325,1 млн. т-км, що дорівнює 95,6% до січня-листопада 2015 року, коли вантажообіг склав 177766,1 млн. т-км. Тобто спостерігаємо зменшення вантажообігу за останні роки [12]. Проаналізуємо стан міжнародного сполучення та співпраці України.

Процес перетину кордону пасажирськими та вантажними потягами у міжнародному сполученні має багато ускладнень пов'язаних із митними формальностями та технічними відмінностями залізничної інфраструктури країн світу.

Існування двох правових систем ЦІМ і СМГС створює безліч перешкод гармонійному розвитку транспортної системи Європи й Азії. Найголовніші з них – правові розбіжності транспортного і митного регулювання [15].

Робота з гармонізації двох правових систем, із урахуванням характерних особливостей митних процедур, проводилася протягом багатьох років, починаючи з 50-х років минулого століття. Однак через політичне протистояння між Сходом і Заходом ця робота не принесла очікуваних результатів, а ідея єдиної накладної не знайшла підтримки. У 90-х роках цю роботу було відновлено при абсолютній підтримці залізничних адміністрацій зацікавлених країн і міжнародних транспортних організацій [15].

Рішення про розробку уніфікованої накладної ЦІМ/СМГС було прийняте з ініціативи Укрзалізниці в жовтні 2003 року в Києві, на Міжнародній конференції з транспортного права, а рішення про її впровадження на 34-й сесії Наради Міністрів транспорту ОСЗ, що відбулася 13-15 червня 2006 року в Софії [15, 16].

У розробці документа, що тривала протягом 2003-2006 років, брали участь фахівці залізниць України, Німеччини, Польщі, України, Білорусі, Латвії, Росії та Литви, за підтримки Комітетів Організації співпраці залізниць (ОСЗ) і Міжнародного комітету залізничному залізничного транспорту (ЦІТ) [16].

В Україні уніфікована накладна ЦІМ/СМГС набула чинності з 1 вересня 2006 року. Перше експериментальне вантажоперевезення за уніфікованою накладною ЦІМ/СМГС було здійснене у липні 2006 року за ініціативою Укрзалізниці. Експериментальний поїзд із 27 вагонів, оформлених за накладною ЦІМ/СМГС, прямував зі станції Донецьк Донецької залізниці та Нижньодніпровськ Придніпровської залізниці, призначенням на станції Цайтхайн та Ільзенбург Німецьких залізниць. Вантаж експериментального потяга складав понад 1120 тонн прокату чорних металів, виробництва ЗАТ „Мініметалургійний завод «Істіл-Україна» [17].

За висновками фахівців Укрзалізниці, німецьких та польських представників експериментальне перевезення пройшло успішно та показало, що організація перевезень за уніфікованою накладною ЦІМ/СМГС має великі перспективи, а від запровадження її на постійній основі держави можуть очікувати значного економічного ефекту. Аналіз отриманих результатів надав підстави стверджувати доцільність широкого застосування цього виду перевезень [17].

З часом, практика підтвердила, що є певний ефект при роботі за єдиним перевізним документом - уніфікованою накладною ЦІМ/СМГС. З 2010 року активізована робота щодо широкого її застосування [17].

Укрзалізниця спільно із залізничними адміністраціями інших країн систематично здійснювала перевезення за накладною ЦІМ/СМГС у напрямку Європа – Азія. Загалом за 2007-2012 роки здійснено понад 61 тисячу відправлень, оформлених накладними ЦІМ/СМГС (рис.).

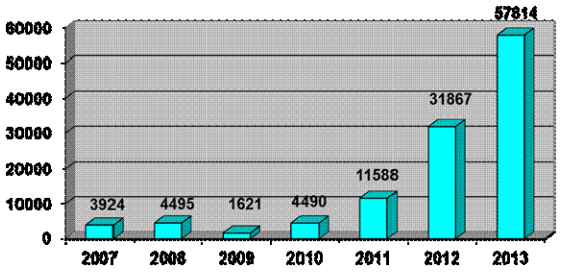


Рис. Кількість відправок зовнішньоторгових вантажів з використанням ЦІМ/СМГС у 2007-2013 рр.

В ході експерименту увага приділялася ще одному аспекту - інформаційному обміну. Саме він, за результатами аналізу, відіграє значну роль в успішному вирішенні питань з митного оформлення вантажів та складання графіку руху поїздів по території суміжних країн. Даний експеримент довів ефективність використання зазначеного документу і при здійсненні транзитних перевезень Україною, при умові погодження залізничних адміністрацій основних транзитних партнерів України на Сході [17].

Окрім цього, під час експерименту було завершено тестові випробування комп'ютерної програми з електронного заповнення накладної ЦІМ/СМГС. Внесена в електронному вигляді в Донецьку інформація про вантаж експериментального перевезення через робоче місце товарного касира надійшла в автоматизовану систему і у той же час була отримана на станції Мостиська Львівської залізниці. Впровадження нововведень надало можливість у випереджаючому режимі сформувати усі наступні операції з просування вантажу заявленим маршрутом [17].

Уніфікована накладна ЦІМ/СМГС, як перевізний документ, зближує дві правові транспортні системи Сходу і Заходу, оскільки у міжнародному вантажному сполученні діють різні правові системи щодо перевезення вантажів (ЦІМ та СМГС). Використання уніфікованої накладної надало можливість для спрощення процедур перетину кордону, прискорення руху вантажів через кордон, забезпечення правові гарантії клієнтам при перевезеннях вантажів залізничним транспортом із країн Європи до країн Азії, підвищення ефективності товарообігу, покращення якості обслуговування та зменшення транспортних витрат вантажовідправників [16].

На думку фахівців Укрзалізниці, застосування уніфікованої накладної на сьогодні є актуальним в тому числі і в залізнично-поромному сполученні на Чорному морі та в євразійському залізничному просторі [18].

Міжнародна накладна ЦІМ/СМГС застосовується для залучення обсягів перевезень вантажів між країнами-учасницями ЦІМ і СМГС, оскільки її основними перевагами є уникнення переоформлення перевізних документів на кордоні, спрощення митного оформлення вантажів та зменшення простою вагонів на прикордонних станціях [16].

Впровадження уніфікованого документу для України має особливе значення, а саме: стало підг-

рунтям для підвищення конкурентоспроможності національного залізничного транспорту, поглиблення міжнародної інтеграції транспортної системи України, що є однією із передумов економічного росту. Спрощення умов перевезення вантажів, перехід на електронний документообіг сприяє збільшенню вантажопотоків, в тому числі і транзитних територією України [19].

Основні вантажі, що перевозяться за накладною ЦІМ/СМГС [16]:

- на експорт: контейнерні відправки – порожні контейнери під навантаження до Румунії; вагонні відправки – ліс і лісоматеріали, металопрокат, хімічні добрива, кварцит, цукор та ін. вантажі;

- імпорт: контейнерні відправки – лісоматеріали, плити деревостружні та порожні власні контейнери; вагонні відправки – плити ДСП, сталь, бензин;

- транзитом: контейнерні відправки – запчастини до автомобілів, порожні контейнери, дерев'яна тара (повернення); вагонні відправки – повернення власних порожніх піввагонів, цистерн, цукор, меблі, папір.

На сьогодні уніфікований документ набуває актуальності при мультимодальних перевезеннях вантажів у напрямку Балтійське море-Чорне море, а також між Європою, Кавказом, Азією і країнами Балканського регіону, Туреччиною і Китаєм. Тому, з метою уникнення переоформлення накладної СМГС на ЦІМ, і навпаки, при мультимодальних та комбінованих перевезеннях (в тому числі поїздом комбінованого транспорту «Вікінг») та розширення географії дії уніфікованої накладної, Укрзалізниця є ініціатором приєднання до використання накладної ЦІМ/СМГС залізницям і морським перевізникам країн Балтійського регіону, Греції, Туреччини та Китаю. [16]

Використання уніфікованої накладної покращує якість обслуговування та зменшує транспортні витрати вантажовідправників. Економія часу при перетині кордону за новою накладною складає щонайменше 4 год., а за підрахунками фахівців Укрзалізниці, кожна хвилина прискорення обігу вагона в масштабах залізниць України приносить економію до одного мільйона гривень. Тому не виникає зайвих запитань щодо необхідності поширення використання уніфікованої накладної ЦІМ/СМГС [20].

Укрзалізниця підтвердила практичне застосування нової накладної. На часі створення робочої координаційної групи, яка вирішуватиме всі проблемні питання. В майбутньому за новою накладною можна буде працювати на всьому континенті на ринку експортно-імпортних перевезень. Але потрібен час, щоб виконати величезну роботу з широкого впровадження накладної ЦІМ/СМГС. Це і наміри партнерів працювати за цією накладною, і навчання персоналу, і створення єдиної електронної бази даних та ін. На спільних нарадах Укрзалізниці з іншими залізничними адміністраціями всі учасники висловлюють свою зацікавленість в новому виді перевезень із застосуванням перевізного документу ЦІМ/СМГС. Але зараз триває час адаптації нової технології, і Укрзалізниця сподівається, що отримає розуміння усіх зацікавлених сторін. Адаптація СМГС/ЦІМ триває уже понад півстоліття. До того ж, процеси відповідальності адаптувати просто неможливо. Тому, саме Київська конференція з міжнародного права 2003 року започаткувала новітній етап розвитку процесу гармонізації світових правових систем у галузі залізничного транспорту. Саме тут було започатковано справу щодо створення єдиного перевізного документу. За три останні роки відбулося більше 30 нарад спеціалістів Укрзалізниці, ОСЗ, КОТІФ, залізничних адміністрацій країн - членів ОСЗ з розробки нового документу, а паралельно відпрацьовувався документ з заповнення цієї накладної [17, 20].

Немає винятку при застосуванні уніфікованої накладної щодо будь-яких товарів, в тому числі і підакцизних. Укрзалізниця у всіх питаннях, пов’язаних з проведенням експериментального рейсу та введенням нового перевізного документу, мала розуміння і підтримку Уряду, митних та інших контролюючих органів [20].

Основне завдання, яке потрібно було вирішити Укрзалізниці, щоб усі опорні станції могли працювати у полі дії накладної ЦІМ/СМГС, це створення національної електронної бази даних перевізних документів.

У липні 2012 року команда інженерів, програмістів та технічних спеціалістів Укрзалізниці реалізувала довгоочікуваний проект – запрацював Єдиний Центр обробки даних Укрзалізниці. Платформою для реалізації проекту стала розробка та підключення Єдиної автоматизованої системи управління вантажними перевезеннями Укрзалізниці (скорочено АСК ВП УЗ-Є), яка об’єднала в собі електронні бази даних з усіх шести залізниць України [21].

Відтепер залізничники мають Єдину спільну електронну інформаційну платформу, яка поєднує усі бази даних, моніторинг та контроль над перевезеннями. Без створення такого єдиного інформаційного фундаменту перехід на нову якість здійснення перевезень, нові технології роботи, прийняття оперативних управлінських рішень, середньострокове та довготермінове планування усіх ресурсів залізничного транспорту неможливо здійснити [21].

Щодоби в системі опрацьовується понад 650 тис. запитів, у тому числі базоформуючих понад 250 тис. та інформзапитів понад 204 тисячі. Середній час обробки повідомлень - менше 0.8 секунди на кожному з майже 100 потоків обробки [21].

Середньодобова навантаження на програмно-апаратний комплекс АСК ВП УЗ-Є у перші два тижня роботи складає 44%, а у години пік - до 74% [21].

Європейська спільнота визначає, що шлях до реалізації нових завдань зі спрощення митних процедур та процедур логістики при постачанні товарів для ввезення та вивезення з території країни, змен-

шення ризиків порушення безпеки мешканців, зменшення відмінностей між митними процедурами країн світу та називає механізм реалізації такого завдання «Електронною митницею» [22].

Метою автоматизованої системи «Електронна митниця» є забезпечення митної безпеки держави, завдяки [23]:

- постійному двосторонньому потоку інформації від суб'єктів ЗЕД, органів державної влади, а також митних адміністрацій інших держав;
- автоматизації всіх процесів митних процедур, з митного контролю та оформлення вантажів до їх супроводження;
- інформаційному забезпеченню правоохоронної діяльності та контролю за переміщенням товарів.

Висновки. Актуальність використання та поширення Єдиного перевізного документу показує, що його введення в дію необхідне на всіх залізницях України.

Розширення використання Єдиного транспортного документу відкриває багато можливостей для України, насамперед, це забезпечення узгодженої взаємодії із країнами-сусідами.

При цьому, можливо досягти наступних результатів:

- суттєве спрощення митних формальностей під час перетину кордону між державами;
- збільшення швидкості доставки вантажів/пасажирів та скорочення часу доставки/перевезення;
- збільшення вантажопотоків;
- збільшення дальності перевезення при транспортуванні швидкопсувних вантажів;
- скорочення часу на проведення митних операцій;
- зникає потреба переоформлення накладних.

Поширення використання Єдиного перевізного документу потребує:

- проведення заходів для розвитку і вдосконалення міжнародних залізничних перевезень, перш за все в сполученні між Європою і Азією, включаючи комбіновані перевезення;
- залучення різних структур і організацій, в тому числі міжнародних, що вимагають об'ємної аналітичної консалтингової роботи;
- залучення національних підприємств;
- розширення сфери регіонального охоплення дії ЄПД;
- розширити практичне застосування ЄПД у інтермодальних перевезеннях;
- удосконалення Міжнародного транспортного права (МТП);
- ведення справ щодо Угоди про міжнародне залізничне вантажне сполучення (СМГС) та по іншим правовим документам, пов'язаним з міжнародними залізничними перевезеннями.

В першу чергу, застосування Єдиного перевізного документа повинно розглядатися для українських експортних вантажів. В якості основи можна почати з великих підприємств країни, орієнтованих на експорт. Їм такий проект в короткий термін принесе відчутну економію на транспортних витратах.

Література

1. Про схвалення Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту: розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. [Електронний ресурс] // [Офіційний сайт Верховної Ради України]. - Режим доступу: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/651-2006-р
2. Електронний ресурс. Режим доступу: http://1430mm.ru/
3. Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу / Т.Сирійчик та ін.; [за ред. Марчіна Свєнчіцкі]. – К.: Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки, 2010. – 102 с.
4. Макаренко А.С. Порівняльна характеристика транспортного законодавства зарубіжних країн та України / А.С. Макаренко, О.В. Стасюк // Митна справа. – 2011. - №3(75), частина 2.
5. Електронний ресурс. Режим доступу: http://subject.com.ua/technology/transport/94.html
6. Калашнікова Т.Ю. Інтероперабельність як необхідна складова функціонування залізниці та її підрозділі / Т.Ю. Калашнікова, С.О. Масалов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2015. – вип.152. – С. 30-36
7. Директива 2001/16/ЄС від 19 березня 2001 р. щодо експлуатаційної сумісності залізничних систем. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ten-t.org.ua/data/upload/catalog/main/ua/127/directive_2001_16_ua.doc.
8. Ткаченко О.П. Застосування європейського законодавства до залізничної системи 1520 / Ткаченко О.П. // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2014. - №5. – С. 13-18
9. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/
10. Єдина накладна ЦІМ/СМГС вже діє на залізницях України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://uz.gov.ua/press_center/latest_news/archive/main_news/221469/
11. Укрзалізниця майже у 2 рази збільшила відправки вантажів за уніфікованим перевізним документом [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/ru/publish/article?art_id=246765782&cat_id=248446167
12. Електронний ресурс. Режим доступу: http://uz.gov.ua/press_center/
13. Електронний ресурс. Режим доступу: https://railway.wordpress.com/2006/09/21/ЦІМСМГС/
14. Бєсєда І.О. Електронне митне декларування в Україні - крок до майбутнього// Митна справа. – 2012 . – №4 – С. 140 – 150

References

1. Pro shvalennja Koncepcії Derzhavnoї programi reformuvannja zaliznichnogo transportu: rozporjadzhennja Kabinetu Ministriv Ukraïni vid 27 grudnja 2006 r. [Elektronnij resurs] // [Oficijnij sajt Verhovnoї Radi Uk-raïni]. - Rezhim dostupu: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/651-2006-r
2. Elektronnij resurs. Rezhim dostupu: http://1430mm.ru/
3. Transportna politika Ukraïni ta її nablizhennja do norm Єvropejs'kogo Sojuzu / T.Sirijchik ta in.; [za red. Marchina Svenchicki]. – K.: Analitichno-doradchij centr Blakitnoї strichki, 2010. – 102 s.

4. Makarenko A.S. Porivnjal'na harakteristika transpor-tnogo zakonodavstva zarubizhnih kraïn ta Ukraïni / A.S. Makarenko, O.V. Stasjuk // Mitna sprava. – 2011. - №3(75), chastina 2.
5. Elektronnij resurs. Rezhim dostupu: http://subject.com.ua/technology/transport/94.html
6. Kalashnikova T.Ju. Interoperabel'nist' jak neobhidna skladova funkcionuvannja zaliznici ta ïï pidrozdili / T.Ju. Kalashnikova, S.O. Masalov // Zbirnik naukovih prac' UkrDAZT. – 2015. – vip.152. – S. 30-36
7. Direktiva 2001/16/ЄS vid 19 bereznja 2001 r. shhodo ekspluatacijnoï sumisnosti zaliznichnih sistem. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.ten-t.org.ua/data/upload/catalog/main/ua/127/directive_2001_16_ua.doc.
8. Tkachenko O.P. Zastosuvannja єvropejs'kogo zakonodavstva do zaliznichnoï sistemi 1520 / Tkachenko O.P. // Visnik sertifikaciï zaliznichnogo transportu. – 2014. - №5. – S. 13-18
9. Derzhavna sluzhba statistiki Ukraïni [Elektronnij resurs]. - Rezhim dostupu: http://www.ukrstat.gov.ua/
10. Єdina nakladna CIM/SMGS vzhe dië na zaliznicjah Ukraïni [Elektronnij resurs]. - Rezhim dostupu: http://uz.gov.ua/press_center/latest_news/archive/main_news/221469/
11. Ukrzaliznicja majzhe u 2 razi zbil'shila vidpravki vantazhiv za unifikovanim pereviznim dokumentom [Elektronnij resurs]. - Rezhim dostupu: http://www.kmu.gov.ua/control/ru/publish/article?art_id=246765782&cat_id=248446167
12. Elektronnij resurs. Rezhim dostupu: http://uz.gov.ua/press_center/
13. Elektronnij resurs. Rezhim dostupu: https://railway.wordpress.com/2006/09/21/CIMSMGS/
14. Bєsєda I.O. Elektronne mitne deklaruvannja v Ukraïni - krok do majbutn'ogo// Mitna sprava. – 2012 . – №4 – S. 140 – 150

Шворникова А.М., Барабаш В.В., Марченко А.В. Упрощение таможенных формальностей как необходимое условие евроинтеграции Украины.

В работе предложено расширить использование Единого перевозочного документа в Украине и расширить географию использования в целом. На основе методов анализа, синтеза и сравнения подробно рассмотрены понятия интероперабельности как способа гармонизации технических требований и адаптации железнодорожного транспорта для его интеграции в смежные транспортные системы. Также рассмотрены условия обеспечения эксплуатационной совместимости железнодорожных систем и обоснованные направления решения проблем на этом пути. Исследован процесс внедрения унифицированной накладной ЦИМ/УМВС, как единого перевозочного документа для стран с разным транспортным правом (ЦИМ и УМВС).

Ключевые слова: *гармонизация, интероперабельность, таможенные формальности, совместимость, железнодорожный транспорт, перевозки.*

Shvornikova A., Barabash V., Marchenko A. Simplification of customs formalities as a prerequisite for eurointegration of Ukraine.

On the road to European integration of national transport systems, there is a need to develop and implement new standards that bring the transport systems of different countries closer together by creating the conditions for their ability to exchange and use the necessary information. This is why the author proposed to expand the use of the Unified Transport Document in Ukraine and expand the geography of use as a whole. Based on the methods of analysis, synthesis and comparison, the concepts of interoperability as a way of harmonizing technical requirements and adaptation of railway transport for its integration into adjacent transport systems are discussed in detail; Conditions for ensuring the interoperability of railway systems, directions and conditions for solving problems along this path; Features of international rail services; Features of turnover on the railway transport in Ukraine; Peculiarities of registration of transportations in international traffic; The process of implementing the unified CIM / SMGS consignment note as a single transport document for countries with different transport law (this and SMGS). The necessity and direction of the distribution of the use of the Uniform Traffic Document is substantiated.

Keywords: *harmonization, interoperability, customs formalities, compatibility, rail transport, transportation.*

Шворнікова Г.М. – к.т.н., доц. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк, e-mail: shvorni@mail.ru
Барабаш В.В. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк.
Марченко А.В. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк.

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

Стаття подана 27.03.2017

УДК 621.87

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖОПІДНІМАЛЬНИХ КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ

Шевченко С.І.

INCREASE IN OVERALL PERFORMANCE OF LOAD-LIFTING CRANES OF BRIDGE TYPE

Shevchenko S.

У статті розглянуто результати теоретичного розв'язку науково-технічного завдання підвищення ефективності роботи вантажопідніmальних кранів мостового типу шляхом поліпшення їх динамічних характеристик у перехідних процесах. У цьому зв'язку розроблена математична модель процесу гальмування, що дозволяє по заданих параметрах визначати основні вихідні параметри перехідного процесу. З урахуванням багатофакторних досліджень базованих на детермінованому підході до динаміки та математичної теорії планування багатофакторних експериментів отримане рівняння регресії, що дозволяє в заданому інтервалі визначати "якість" перехідного процесу гальмування та раціональні гальмові характеристики мостового крана.

Ключові слова: *мостовий кран, раціональні характеристики, динамічні навантаження, процес гальмування, гальмівний момент.*

Вступ. За останні роки в Україні загальний парк вантажопідніmальних кранів становить близько 91 тис. одиниць, з яких 40% доводиться на крани мостового типу. Проведений статистичний аналіз стану парку вантажопідніmальних кранів вказує на збільшення кількості кранів, які експлуатуються після досягнення ними встановленого амортизаційного терміну експлуатації. Так, для кранів мостового типу із загальної кількості 35 тис. одиниць 88% відпрацювали амортизаційний термін експлуатації і продовжують експлуатуватися. Ця тенденція пов'язана із задовільним станом їхньої металоконструкції і можливістю продовження терміну експлуатації. Основним елементом мостового крана, що лімітує його довговічність є металоконструкція, в якій завдяки динамічним навантаженням, що виникають в перехідних процесах, накопичуються залишкові деформації і розвиваються втомні тріщини. Зниження динамічних навантажень, що виникають в металоконструкції при перехідних процесах в мостових кранах, дозволить поліпшити умови їхньої експлуатації і більш повно використовувати їхній фактичний ресурс.

Постановка проблеми. Одним із напрямків забезпечення ефективної і безпечної експлуатації вантажопідніmальних кранів є підвищення їх продуктивності і строку служби шляхом покращення динамічних характеристик.

Відомо, що головними причинами, які обмежують строк служби вантажопідніmальних кранів, є залишкові деформації і втомлювальні тріщини, які накопичуються і розвиваються в металоконструкції особливо під час перехідних процесів при роботі їх механізмів [1-3]. Супроводжуються ці процеси різким підвищенням додаткових динамічних навантажень коливального характеру, які необхідно зменшувати до значно меншої величини. Одним з напрямків вирішення цієї задачі є розрахунок раціональних параметрів перехідного процесу [4-5].

У зв'язку з цим, підвищення ефективності роботи вантажопідніmальних кранів мостового типу в зв’язку з поліпшення їх динамічних характеристик є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Класичні роботи дослідження динаміки вантажопідніmальних кранів, оптимізації управління механізмів в перехідних режимах та підвищення ефективності їх роботи, отримали значний розвиток в роботах М.П. Александрова, І.І. Артоболевського, С.М. Борисова, Л.Я. Будікова, Д.П. Волкова, О.І. Вольченка, В.Ф. Гайдамаки, М.М. Гохберга, О.В. Григорова, Ф.К. Іванченка, В.Г. Іноземцева, С.А. Казака, Б.С. Ковальського, М.С. Комарова, М.О. Лобова, В.С. Ловейкина, А.П. Нестерова, М.М. Рунова, В.Ф. Семенюка, С.Т. Сергєєва, В.М. Федосєєва, А.В. Чічінадзе та ін., а також в роботах зарубіжних дослідників Х. Дресіга (H. Dresig), Ф. Зедльмайєра (F. Sedlmayer), М. Коса (M. Kos), Ф. Курта (F. Kurth), Х. Терша (H. Tersch), М. Шеффлера (M. Scheffler) та ін. Результати цих досліджень отримали широке застосування в розробці но-

вих стандартів, норм розрахунків, рекомендацій при проектуванні і експлуатації, створенні пристроїв і систем, що сприяють підвищенню ефективності роботи вантажопідйомних кранів. Проте аналіз експлуатації кранів свідчить про недостатній рівень ефективності роботи автоматичних гальмівних пристроїв в перехідних процесах гальмування [6-7]. Чимала кількість недоліків спостерігається в механізмах, обладнаних гальмівними пристроями нормально закритої конструкції автоматичної дії, широко застосовуваних в механізмах вантажопідйомних кранів. Одним з напрямів підвищення ефективності роботи вантажопідйомних кранів та зниження динамічних навантажень при гальмуванні є застосування приладів і гальмівних пристроїв, здатних змінювати гальмівний момент за ступінчастою або плавнонаростаючою характеристикою [6, 8].

Узагальнюючи дослідження багатьох вчених, відзначимо істотний вплив механічних характеристик приводів на динамічні навантаження при гальмуванні вантажопідйомних кранів. Застосування керованих пускових і гальмівних пристроїв і регульованих приводів в механізмах пересування дозволяє понизити динамічні навантаження, поліпшити техніко-експлуатаційні показники та ефективність роботи кранів. Проте в більшості розглянутих способів зниження динамічних навантажень існують недоліки: істотне збільшення тривалості гальмування і, як наслідок, гальмівного шляху; не враховуються коливання вантажу на початку перехідних режимів, що помітно позначається на ефективності системи; трудність реалізації деяких способів управління приводів унаслідок великих матеріальних витрат; ускладнення конструкції.

Мета статті. Мета роботи полягає в підвищення ефективності роботи вантажопідйомних кранів мостового типу шляхом поліпшення їх динамічних характеристик в перехідних процесах.

Основний зміст. Процес гальмування мостових кранів характеризується безліччю параметрів, визначаючими з яких є: час гальмування крана $t_Г$, максимальне горизонтальне інерційне навантаження на металоконструкцію $P_м^{max}$, що характеризує максимальні динамічні навантаження, максимальне навантаження в приводі механізму пересування P_n^{max}, максимальна амплітуда відхилення вантажу від вертикалі після зупинки крана A^{max}. Вказані параметри всебічно і досить повно характеризують перехідний процес і багато в чому визначають техніко-експлуатаційні характеристики мостового крана. Оскільки апріорна інформація дозволяє дати попередню оцінку кожному окремому параметру, то їхню сукупність можна представити за допомогою узагальненого критерію оптимізації, використовуючи узагальнену функцію бажаності Харрінгтона (E.C. Harington) [9] (рис. 1).

Для найпоширенішого мостового крана вантажопідйомністю 15/3 т з прольотом 26 м, частинні функції бажаностей запишуться у вигляді:

$$d_1 = \exp\left[-\left(\left|\frac{2\cdot t_Г - (t_{\max}+t_{\min})}{t_{\max}-t_{\min}}\right|\right)^{1,365}\right]; \quad (1)$$

$$d_2 = \exp\left[-\exp\left(-4,4524+0,1235\cdot\left|P_м^{\max}\right|\right)\right]; \quad (2)$$

$$d_3 = \exp\left[-\exp\left(-3,9583+0,0898\cdot\left|P_i^{\max}\right|\right)\right]; \quad (3)$$

$$d_4 = \exp\left[-\exp\left(-5,9346+9,8813\cdot\left|A^{\max}\right|\right)\right]. \quad (4)$$

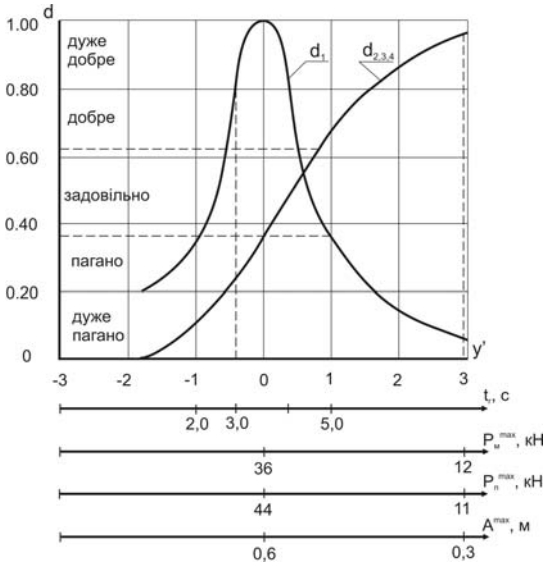


Рис. 1. Графіки функцій бажаності параметрів $t_Г$, $P_м^{max}$, P_n^{max}, A^{max}

Як варійовані чинники прийнято величину максимального гальмівного моменту $\tilde{z}_1$ і час його наростання $\tilde{z}_2$, оскільки вони значно впливають на механічну характеристику і динамічні навантаження в процесі гальмування механізму пересування крана.

Моделювання процесу гальмування механізму пересування виконувалося на математичній моделі крана:

$$\begin{cases} m_n\cdot\ddot{x}_n + k_D^n\cdot(\dot{x}_n-\dot{x}_к) + C_n\cdot(x_n-x_к) + P_c(z_1,z_2,..z_n) = 0; \\ m_к\cdot\ddot{x}_к - k_D^n\cdot(\dot{x}_n-\dot{x}_к) - C_n\cdot(x_n-x_к) + k_D^c\cdot(\dot{x}_к-\dot{x}_м) + C_м^c\cdot(x_к-x_м) + P_w = 0; \\ m_м\cdot\ddot{x}_м - k_D^c\cdot(\dot{x}_к-\dot{x}_м) - C_м^c\cdot(x_к-x_м) + C_к^c\cdot(x_м-x_в) = 0; \\ m_в\cdot\ddot{x}_в - C_к^c\cdot(x_м-x_в) = 0, \end{cases}$$

де m_i - приведена до ходових коліс маса частин привода, що обертаються;

$m_к$ - маса моста, приведена до переміщення кінцевих балок; $m_м$ - приведена до середини прольоту маса середніх частин моста і порожнього візка;

$m_в$ - маса вантажу;

P_c - приведена до поступального пересування крана гальмівна сила привода в різних режимах;

P_w - сила статичного опору пересуванню крана;

C_i - приведений до ходових коліс коефіцієнт жорсткості приводу механізму пересування крана;

$C_м^г$ - коефіцієнт жорсткості металоконструкції крана в горизонтальній площині;

$C_к^г$ - горизонтальна складова натягнення вантажних канатів при $(x_м-x_в)=1$ (при цьому горизонтальна складова вважається пропорційною амплітуді відхилення вантажу);

k_D^i - коефіцієнт загасання коливань (демпфування) приводу пересування крана;

$k_D^г$ - коефіцієнт загасання коливань (демпфування) металоконструкції в горизонтальній площині;

$x_п$, $x_к$, $x_м$, $x_в$ - переміщення, що проходять відповіді маси від початку координат.

В результаті розв'язання математичної моделі одержано значення $t_Г$, $P_м^{max}$, $P_п^{max}$, A^{max}, які за допомогою рівнянь (1-4) перетворені в частинні бажаності d_1, d_2, d_3, d_4. Об'єднання частинних бажаностей в узагальнену бажаність D_i^E виконується за формулою:

$$D_i^E = \sqrt[4]{d_{1i} \cdot d_{2i} \cdot d_{3i} \cdot d_{4i}}$$

В результаті обробки отриманих даних методами регресивного аналізу, отримано рівняння:

$$D = 0,49 + 7,25 \cdot 10^{-3} \cdot M_T - 0,2312 \cdot t_i + \\ +6,89 \cdot 10^{-3} \cdot M_T \cdot t_i - 0,34 \cdot 10^{-5} \cdot M_T^2 - 1,3913 \cdot t_i^2 . \quad (5)$$

При перевірці рівняння (5) на адекватність набуте значення коефіцієнта варіації $\nu=4,98\%$, отже модель адекватна [10].

Рівняння регресії (5) дозволяє досліджувати вплив прийнятих чинників на величину параметрів і характер протікання перехідного процесу і розраховувати для досліджуваного мостового крана значення узагальненого критерію D для будь-яких поєднань $M_Г$ і $t_н$, в цьому інтервалі їхнього варіювання, причому точність розрахунку має той же порядок, що і при розв'язанні системи рівнянь руху, про що свідчить його перевірка на адекватність. Іншою характерною особливістю є можливість за значенням коефіцієнтів при чинниках оцінювати їхній вплив на визначений параметр процесу гальмування (рис. 2).

В результаті проведених досліджень одержано раціональні значення величини гальмівного моменту $M_Г$ і часу його наростання $t_н$ з урахуванням основних параметрів перехідного процесу гальмування: часу гальмування $t_Г$; максимального горизонтального інерційного навантаження на металоконструкцію $P_м^{max}$; максимального навантаження в приводі механізму пересування $P_п^{max}$, максимальної амплітуди відхилення вантажу після зупинки крана A^{max}. Так, в результаті моделювання отримано значення критерію оптимізації D=0,924, якому відповідають регулювання гальма на гальмівний момент $M_Г$=125 Н·м і час його наростання $t_н$=0,18 с. При цьому основні параметри перехідного процесу гальмування: час гальмування $t_Г$=3,72 с; величина максимального горизонтального інерційного навантаження на металоконструкцію $P_м^{max}$=16,21 кН; величина максимального навантаження в приводі механізму пересування $P_п^{max}$=13,46 кН; максимальна амплітуда відхилення вантажу від вертикалі після зупинки крана A^{max}=0,36 м.

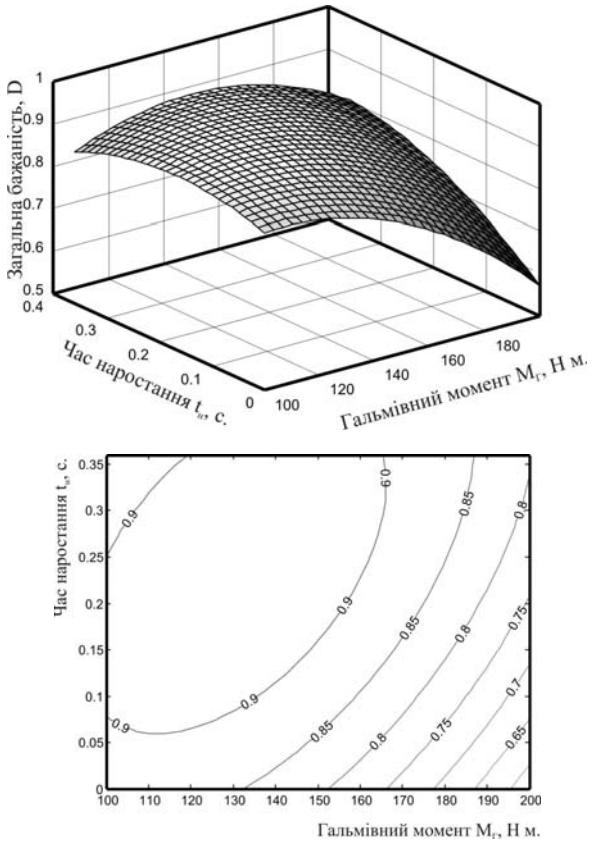


Рис. 2. Графічне зображення функції бажаності D

Висновок. Таким чином, отримане рівняння регресії (5) з урахуванням багатофакторних досліджень і розрахунку динаміки мостових кранів, що базуються на детермінованому підході до динаміки і математичної теорії планування багатофакторних експериментів, дозволяє в заданому інтервалі визначати "якість" перехідного процесу і раціональні гальмівні характеристики механізмів мостового крана.

Література

1. Dresig H., Vulfson J.I. Dynamik der Mechanismen. – Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1989. – 370 p.
2. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
3. Dresig, H.; Holzweißig, F.: Maschinendynamik. 12. aktualisierte Auflage, Springer- Verlag Berlin – Heidelberg, Nov. 2016, ISBN 978-3-662-52712-2; ISBN 978-3-662-52713-9 (eBook)
4. Будиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1997. – 210 с.
5. Dresig, H.; Fidlin, A.: Schwingungen mechanischer Antriebssysteme (Modellbildung, Berechnung, Analyse, Synthese). Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 3.überarbeitete

und erweiterte Auflage, Okt. 2014.ISBN 978-3-642-24116-1 ; ISBN 978-3-642-24117-8 (eBook)
6. Гайдамака В.Ф. Работа грузоподъемных машин при бесступенчатом торможении. – Харьков: Вища школа, 1988. – 141 с.
7. Старченко В.Н., Шевченко С.И., Кобзева Л.И., Мушкаев Я.В., Игнатьев О.Л. Повышение эффективности работы мостового крана в процессе торможения // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля №5(123) 2008. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2008. – С. 112-117.
8. Шевченко С.И. Снижение динамических нагрузок кранов мостового типа путем применения тормозных устройств с самоусилением // Науково-технічний та виробничий журнал "Підйомно-транспортна техніка" №4 2008. – Дніпропетровськ: Вид-во ДІІТ, 2008. – С. 38-46.
9. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Изд. 2-е. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
10. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. 2-е изд., пер. И доп. Учебное пособие для магистров – М.: Юрайт, 2015. – 395 с.

R e f e r e n c e s

1. Dresig H., Vulfson J.I. Dynamik der Mechanismen. – Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1989. – 370 p.
2. Lobov N. A. Dynamics of load-lifting cranes. – M.: Mechanical engineering, 1987. – 160 p.
3. Dresig, H.; Holzweißig, F.: Maschinendynamik. 12. aktualisierte Auflage, Springer- Verlag Berlin – Heidelberg, Nov. 2016, ISBN 978-3-662-52712-2; ISBN 978-3-662-52713-9 (eBook)
4. Boutiques L.Ya. Multiple parameter analysis of dynamics of load-lifting cranes of bridge type. – Luhansk: Look-in the EUGU, 1997. – 210 p.
5. Dresig, H.; Fidlin, A.: Schwingungen mechanischer Antriebssysteme (Modellbildung, Berechnung, Analyse, Synthese). Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 3.überarbeitete und erweiterte Auflage, Okt. 2014.ISBN 978-3-642-24116-1 ; ISBN 978-3-642-24117-8 (eBook)
6. Gaydamaka V. F. Operation of load-lifting machines at stepless braking. – Kharkiv: Vishcha school, 1988. – 141p.
7. Starchenko V. N., Shevchenko S. I., Kobzeva L. I., Mushkayev Ya. V., Ignatyev O. L. Increase in overall performance of the bridge crane in the course of braking//Vesnik Of Volodymyr Dal East Ukranian National University No. 5(123) 2008. – Luhansk: Look-in the EUNU of. V. Dahl, 2008. – P. 112-117.
8. Shevchenko S. I. Decrease in dynamic loadings of cranes of bridge type by use of brake mechanisms with self-strengthening//Naukovo-tekhn_chny that the virobnichy magazine "Podyomno-transportna of a Tekhnik" No. 4 2008. – Dnepropetrovsk: Look-in DIIT, 2008. – P. 38-46.
9. Adler YU. P., Markova E. V., Granovsky Yu. V. Planning of an experiment by search of optimum conditions. Prod. the 2nd. – M.: Science, 1976. – 279 p.
10. Sidnyaev N. I. Theory of planning of an experiment and analysis of statistical data. 2nd prod., lane. And additional. The manual for masters – M.: Yurait, 2015. – 395 p.

Шевченко С.И. Повышение эффективности работы грузоподъемных кранов мостового типа.

В статье рассмотрены результаты теоретического решения научно-технической задачи повышение эффективности работы грузоподъемных кранов мостового типа путём улучшения их динамических характеристик в переходных процессах. В этой связи разработана математическая модель процесса торможения, позволяющая по заданным параметрам определять основные выходные параметры переходного процесса.

С учетом многофакторных исследований базирующихся на детерминированном подходе к динамике и математической теории планирования многофакторных экспериментов получено уравнение регрессии, позволяющее в заданном интервале определять "качество" переходного процесса торможения и рациональные тормозные характеристики мостового крана.

Ключевые слова: *мостовой кран, рациональные характеристики, динамические нагрузки, процесс торможения, тормозной момент.*

Shevchenko S. Increase in overall performance of load-lifting cranes of bridge type.

In article results of the theoretical solution of a scientific and technical task increase in overall performance of load-lifting cranes of bridge type by improvement of their dynamic characteristics in transition processes are considered. In this regard the mathematical model of process of braking allowing to determine the key output parameters of transition process by the set parameters is developed.

Taking into account the multiple-factor researches which are based on the determined approach to dynamics and the mathematical theory of planning of multiple-factor experiments the regression equation allowing in the set interval is received to define "quality" of transition process of braking and rational brake characteristics of the bridge crane.

Keywords: *the bridge crane, rational characteristics, dynamic loadings, process of braking, the brake moment.*

Шевченко С.І. – к.т.н., доц. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк.

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

Стаття подана 30.03.2017

УДК 629. 612 436

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОМИСЛОВО-ТРАНСПОРТНИХ ПРОБЛЕМ ЕКОЛОГІЇ В ЗАПОРІЗЬКОМУ РЕГІОНІ

Юдін В.П., Васильєва Л.О., Падченко О.О., Харченко Т.В.

THE WAYS OF SOLVING INDUSTRIAL AND TRANSPORT ECOLOGICAL PROBLEMS IN ZAPORIZHZHYA REGION

Yudin V., Vasyl'yeva L., Padchenko O., Harchenko T.

У статті розглянуто стан забруднення атмосфери індустріального міста шкідливими викидами промислових підприємств та автотранспорту. Представлена інформація про впроваджені організаційно-технічні заходи по широкомасштабній модернізації металургійного виробництва з врахуванням передових технологій у сфері екології, участі інвесторів в будівництві газоочисних споруд і реконструкції доменних печей, що дозволило досягнути європейських нормативів по викидам шкідливих речовин. Проаналізовані екологічні проблеми викидів пересувних джерел (автотранспорту) і основні напрямки їх зменшення.

***Ключові слова**: екологія, шкідливі викиди, промисловість, автотранспорт, газо очистка, модернізація, конроль, технічні заходи.*

Вступ. Місто Запоріжжя входить до п'ятірки міст України з загальним несприятливим екологічним станом. Підприємства металургійної галузі викидають щорічно на кожного жителя міста до 120 кг. хімічних речовин (майже 300 гр. за добу). В таких умовах транспортний «додаток» забруднюючого букету є особливо небезпечним. Чисельність автотранспортних засобів міста (без урахування транзитного) вже перевищила 300 000 одиниць. При середньому коефіцієнті використання парку 0,7 на вулиці міста щоденно виїзжає понад 200 тис. автомобілів. По ступеню ураження території і факторів погіршення екологічної ситуації Запорізький індустріальний регіон відноситься до категорії надзвичайно забрудненого.

Постановка проблеми. В умовах індустріального міста з розвинутою металургійною промисловістю на перший план виходять питання ураження атмосферного повітря і впровадження сучасних технологій по зменшенню рівня шкідливих викидів. Одночасно важливим є додаток викидів автотранспорту, чисельність якого зростає з кожним роком. Їх зменшення в значній мірі залежить як від конструктивних, так і від організаційних факторів, переустрія міських магістралей тощо.

На рис. представлена схема розташування промислової зони, зовнішніх транспортних сполучені і рози вітрів м. Запоріжжя. Зі схеми видно, що переважним є південно-східний вітер, який покриває центр міста викидами промислових підприємств. До того ж міжміські автотранспортні потоки у 5-ти основних напрямках також перетинають основні райони міста.

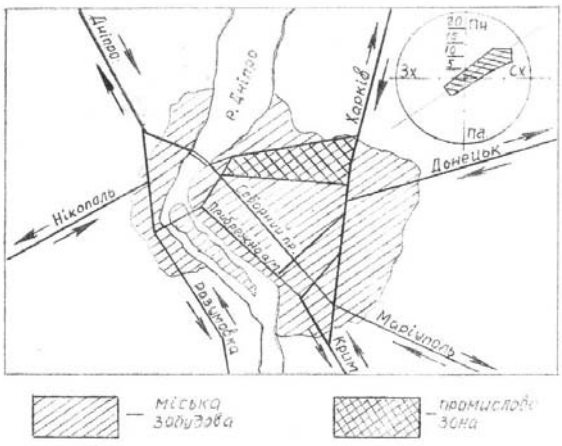


Рис. Схема розташування промислової зони, зовнішніх транспортних сполучень і рози вітрів м. Запоріжжя

Зрозуміло, що такий екологічний стан не може не турбувати як керівництво міста, так і громадськість. На цей час в місті діє «Програма природоохоронних заходів, спрямованих на охорону довкілля, раціональне використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки міста Запоріжжя », яка затверджена рішенням міської ради від 24.12.2012 року, №24 [7].

Аналіз досліджень і публікацій. Екологічні проблеми, пов'язані з подальшим підвищенням потужності підприємств металургійної галузі і різким приростом чисельності автотранспортних засобів в містах-мегаполісах, знайшли своє відображення в працях [1-5]. Разом з тим, впровадження нових технологій з широким застосуванням сучасної електронної техніки вносить певні корективи в науково-практичні підходи до екологічних проблем, як в промисловості, так і на транспорті. Окремі аспекти цих підходів наведені в пропонуємій роботі.

Мета статті: узагальнення заходів по зменшенню шкідливих викидів промислових підприємств міста Запоріжжя і пересувних джерел. Визначення основних напрямів покращення екологічного стану атмосфери індустріального міста.

Результати дослідження. Скорочення кількості шкідливих викидів від стаціонарних джерел досягнуто за рахунок:

- технічного переоснащення підприємств металургійної і машинобудівної галузей;
- модернізація технічного обладнання;
- оснащення джерел шкідливих викидів сучасним газоочисним обладнанням;
- використання якісної сировини;
- підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів;

Серед потужних Запорізьких підприємств металургійної галузі особливе місце займає ПАТ «Запоріжсталь» як по обсягам виробництва металопродукції, так і по темпам екомодернізації технологічних процесів. Тільки за перші 3 місяці 2016 року підприємством вироблено понад 900 тис. тон чавуну, 970 тис. тон сталі і 867 тис. тон прокату. У порівнянні з аналогічним періодом 2015 року приріст виробництва металу склав 4,3%.

В рамках стратегії групи «Метінвест» комбінат «Запоріжсталь» реалізує широкомасштабну програму модернізації виробництва, спрямовану на оновлення основних фондів і технологічних процесів з врахуванням передових технологій у сфері екології. За останні п'ять років комбінат інвестував в екологічну модернізацію виробництва 5,6 млрд. гривень власних коштів.

Головними проектами за 4 роки стали:

- будівництво газоочисток на усіх 6-ти агломашинах;
- масштабна модернізація доменних печей №2 і №4 з установкою системи аспірації ливарних дворів і підбункерної естакади;
- будівництво нової травильної лінії цеху прокатки.

Все це дозволило скоротити рівень шкідливих викидів з 18 до 14 кг на тону продукції, знизити викиди пилу до 20 мг/м3, що відповідає європейським нормативам. При цьому усі кошти, які комбінат «Запоріжсталь» заробляє, починаючи з 2012 року, реінвестувались в економічну модернізацію виробництва.

За офіційними даними річні викиди комбінату в атмосферу перевищують 59 000 тон. Впровадження вищенаведених заходів дозволило знизити їх на 1700 тон, тобто усього на 3,0%.

Тому на черзі – будівництво кисневоконвертерного цеху, який дозволить комбінату повністю відмовитись від застарілого мартенівського виробництва з очікуваємим скороченням викидів шкідливих речовин і пилу в атмосферу міста на рівні 25%. Але реалізація цього проекту залежить від обсягу закордонних кредитів, які можливі лише в умовах нормального інвестиційного клімату в державі. А внаслідок складної політико-економічної ситуації в Україні інвестори поки що відмовляються надавати необхідні кредити.

Транспортно-екологічні проблеми м. Запоріжжя. Основними напрямками заходів по охороні атмосферного повітря від пересувних джерел, перш за все автотранспорту, можна виділити наступні:

- удосконалення транспортно-планувальної структури м. Запоріжжя, а саме спорудження Набережної автомагістралі, спрямлення заїздів по вул. Лермонтова, Космічному шосе, вул. Автозаводській тощо;
- удосконалення світлофорного регулювання дорожнього руху на основних магістралях міста;
- розробка і впровадження міських пасажирських маршрутів з урахуванням забруднення атмосферного повітря;
- дослідження найбільш напружених автомагістралей і перехресть міста з видачею науково-обґрунтованих рекомендацій по їх удосконаленню.

Саме цією проблемою плідно займалися вчені транспортного факультету Запорізького національного технічного університету сумісно з управлінням з питань екології Запорізької міськради і спеціалістами Київського інституту санітарії і гігієни ім. Морзєєва.

Результатом цих досліджень, які проводились шляхом безпосереднього приладного вимірювання транспортних потоків і їх ретельною комп'ютерною обробкою з'явились науково-обґрунтовані пропозиції щодо зменшення екологічного навантаження у прилеглій до напружених перехресть житлової забудови місто [6].

На жаль на цей час після ліквідації служби з технічного нагляду ДАЇ і виходом з ладу газоаналітичної апаратури ця важлива робота значно послаблена. У зв'язку з створенням дорожньої поліції України необхідно терміново розробити і впровадити на рівні міста поліцейську технічну службу, оснащену сучасними газоаналізаторами для оперативного екологічного контролю автотранспорту. Разом з тим, необхідно залучити до цієї важливої роботи районні станції технічного обслуговування для поглиблення контролю автомобілів і кваліфікованого усунення несправностей.

Висновки. Сучасні газоочисні споруди металургійного виробництва не забезпечують кардинального зменшення шкідливих викидів в атмосферу

міста Запоріжжя. Найбільш ефективним методом є перехід на киснево-конверторне виробництво сталі. Саме цю задачу в найближчі терміни планують вирішити запорізькі металурги шляхом отримання інвестиційної підтримки держави або закордонних інвесторів. Що стосується додатку викидів шкідливих речовин від пересувних джерел, представляється необхідним відновлення чіткої роботи служби технічного контролю автотранспорту на базі створеної дорожньої поліції з широким застосуванням сучасної газоаналітичної апаратури.

Література

1. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт [текст]: навч. пос. / Ю.Ф.Гутаревич. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
2. Двигуни внутрішнього згоряння Т.5. Екологізація [текст] / за ред. проф. А.П. Марченко та проф. А.Ф.Шеховцова. – Харків: Прапор, 2004. – 360 с.
3. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная екология / Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. [под ред В.Н.Луканина]. – М.: Высш. шк., 2001. – 273с.
4. Завьялов С.В. Транспорт и контроль за выбросами отравляющих веществ в атмосферу. – М.: Транспорт, 2001. – 114 с.
5. Юдін В.П. Транспортно-екологічні проблеми індустріальних міст [Текст] / В.П. Юдін, О.О. Падченко, І.Л.Бройде. – Дніпро: АМСУ, 2007. – С.17-19.
6. Шкарупа С.С. Газовая атака на запорожцев из выхлопной трубы [Текст] / С.С. Шкарупа // газ. «Миг». – 2013. - №39.
7. Программа природоохоронних заходів, спрямована на охорону довкілля, раціональне використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки міста Запоріжжя [Текст] – Управління з питань екобезпеки міської ради. – Запоріжжя, 2012.

References

1. Gutarevich U.F. Ekologia to avtomobilniy transport [text]: navch. pod. / U.F.Gutarevich. – K.: Aristey, 2006. – 292 p.
2. Dvyguny vnutrishniogo zgoriannia V.5. Ekologizatsiya [text] / za red. prof. A.P. Marchenko to prof. A.F.Shekhovtsev. – Harkiv: Prapor, 2004. – 360 p.
3. Lukanin V.N. Promyshlenno-trasportnaya ekologiya / Lukanin V.N., Trofimenko Y.V. [pod red. V.N. Lukanina]. – M.: Vysh. shk., 2001. – 273 p.
4. Zavyalov S.V. Transport i kontrol za vybrosami otravliayuschikh veschestv v atmosferu. – M.: Transport, 2001. – 114 p.
5. Yudin V.P. Transportno-ekologichni problemy industrialnyh mist [Text] / V.P. Yudin, O.O. Padchenko, I.L..Broyde. – Dnipro: AMSU, 2007. – P.17-19.
6. Shkarupa S.S. Gazovaya ataka na zaporozhtsev iz vykhlopnoy truby [Text] / S.S. Shkarupa // gaz. «Mig». – 2013. - №39.
7. Programma pryrodoohoronnyh zakhodiv, spramovana, na okhoronu dovkil'lia, ratsionalne vykorystannia pryrodnuh resursiv ta zabezpechennia ekologichnoyi bezpeky mista Zaporizhzhya [Text] – Upravlinnia z pytan ekobezpeky miskoyi rady. - Zaporizhzhya, 2012.

Юдін В.П., Васильєва Л.О., Падченко О.О., Харченко Т.В. Шляхи вирішення промислово-транспортних проблем екології в Запорізькому регіоні.

У статті розглянуто стан забруднення атмосфери індустріального міста шкідливими викидами промислових підприємств та автотранспорту. Представлена інформація про впроваджені організаційно-технічні заходи по широкомасштабній модернізації металургійного виробництва з врахуванням передових технологій у сфері екології, участі інвесторів в будівництві газоочисних споруд і реконструкції доменних печей, що дозволило досягнути європейських нормативів по викидам шкідливих речовин. Проаналізовані екологічні проблеми викидів пересувних джерел (автотранспорту) і основні напрямки їх зменшення.

***Ключові слова**: екологія, шкідливі викиди, промисловість, автотранспорт, газо очистка, модернізація, контроль, технічні заходи*

Yudin V., Vasyl'yeva L., Padchenko O., Harchenko T. The ways of solving industrial and transport ecological problems in Zaporizhzhya region.

The condition of air pollution in the industrial city caused by industrial enterprises and motor transport is being reviewed. Information about organizational and technical taken actions of metallurgical industry wide-ranging modernization with taking into account the very current technologies in the field of ecology, investors participation in the process of gas purification structures building and reconstruction of blast-furnaces, those have helped us to achieve European standards of exhausted fumes level is being provided. Moving sources of exhausted fumes (motor transport) ecological problems and the main directions of their reduction are being analyzed.

***Keywords:** ecology, exhausted fumes, industry, motor transport, gas purification, modernization, control, technical actions.*

Юдін В.П. – канд. техн.. наук, доцент кафедри «Транспортних технологій», ЗНТУ. e-mail: kafedra_tt@zntu.edu.ua
Васильєва Л.О. – старший викладач кафедри «Транспортних технологій», ЗНТУ. e-mail: kafedra_tt@zntu.edu.ua
Падченко О. О. – старший викладач кафедри «Транспортних технологій», ЗНТУ. e-mail: kafedra_tt@zntu.edu.ua
Харченко Т.В. – старший викладач кафедри «Транспортних технологій», ЗНТУ. e-mail: kafedra_tt@zntu.edu.ua

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

Стаття подана 31.03.2017

УДК 629.4.018

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗАХ

Яровий Р.О., Чернецька-Білецька Н.Б.

THE EFFECTIVENESS OF COMBINED STORAGE OF ELECTRICAL ENERGY ON SHUNTING LOCOMOTIVES

Yarovoy R., Chernetska-Biletska N.

В статі розглянуто питання ефективності застосування накопичувачів енергії на маневрових локомотивах типу ЧМЕ3. Запропонована імітаційна модель маневрового локомотиву ЧМЕ3, з комбінованим накопичувачем енергії у силовому ланцюгу, для розрахунку витрат палива. Представлені основні розрахункові блоки імітаційної моделі та взаємозв'язки між ними. У першому блоці розраховується тягова потужність локомотива на ободі колісної пари. Другий блок служить для визначення потужності двигуна, де враховуються втрати в силовій передачі і витрати потужності на допоміжні навантаження. Третій блоку визначення стану накопичувача. Блок порівняння служить для узгодження енергетичних параметрів всіх компонентів силової установки локомотива. Далі проводиться оптимізація режимів роботи силової установки тепловоза по мінімуму витрати палива, яка здійснюється в блоці вибору оптимальної потужності дизеля і режимів його роботи. Цей блок пов'язаний з блоком визначення витрати палива, в якому використані аналітичні залежності витрати палива від потужності і частоти обертання. Отримана модель доводить що використання комбінованого накопичувача енергії у силовому ланцюгу маневрового локомотива дозволяє зменшити витрати палива на маневрову роботу.

Ключові слова: *рухомий склад, електродинамічне гальмування, накопичення енергії, гібридний привід.*

Вступ. Одним з інноваційних енергозберігаючих напрямків є застосування енергоємних накопичувачів енергії на маневрових локомотивах. Режими роботи з постійно змінним навантаженням і періодичним поєднанням тяги і гальмування в значній мірі схильні до високоефективного використання накопичувачів. Їх застосування покращує проходження перехідних процесів одночасно в перетворювачах і приводі локомотивів. Вони також дозволять в найбільш повній мірі використовувати енергію рекуперативного гальмування, яка буде витрачатися при пуску рухомого складу. Завдяки кращим противоюзним властивостям електродинамічний гальмо дозволяє реалізувати більш високі гальмівні зусилля, обмежені за умовами зчеплення коліс з рейками. Завдяки великій потужності електродинамічного гальма в ряді випадків можливе виконання службового гальмування одним лише локомотивом, без включення пневматичного гальма (ПТ) складу або з використанням її в мінімальному ступені. За допомогою накопичувача можна підвищити ефективність електричного гальмування на 15-20%, так як в якості споживача енергії використовується накопичувач на борту тепловоза.

Постановка проблеми. Основна проблема визначення ефективності використання накопичувачів енергії полягає в урахуванні багатьох факторів починаючи з профілю шліху і закінчуючи кількістю накопленої енергії у накопичувачі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначенню та обґрунтуванню основних показників локомотивів присвячено багато наукових досліджень. В.П. Казанцев визначив вплив на рівень оптимальної потужності маневрових локомотивів і тривалості виконання розрахункової маневрової операції наступних факторів: маса складу, довжина і уклон елементів маневрового району, способи виконання маневрів [2]. В роботах М.Є. Гончарова було проведено ряд досліджень щодо визначення величини питомої гальмівної сили під час гальмування МТ і його сили тяги [3]. С. О. Нікіпелий в роботі [4] вирішував задачу підвищення якості робочого процесу дизеля в несталих режимах за рахунок використання накопичувача енергії у силовій мережі тепловозу. Також було теоретично обґрунтовано спосіб керування силовою установкою тепловоза з накопичувачем з метою зменшення необхідної розрахованої енергоємності накопичувача. В роботах Є.П. Лосєва [5] розглянуто спосіб вибору необхідних параметрів комбінованих силових установок локомоти-

вів на основі завантаження силових установок локомотивів при їх роботі на конкретних ділянках. Тепловий двигун забезпечує деяку середню потужність тепловозу, необхідну в експлуатації, а перевищення або дефіцит тягової потужності покривається накопичувачем, необхідна енергоємність якого визначається за тривалістю режимів заряджання і розряджання, а також за часткою потужності, яку має реалізувати накопичувач в цих режимах. Недоліком цього підходу є те, що при його використанні не враховуються багато факторів які впливають на параметри накопичувача.

Мета. Метою роботи є визначення ефективності використання комбінованого накопичувача енергії у силовому ланцюгу маневрового локомотиву.

Результати досліджень. Для визначення енергетичної ефективності комбінованих накопичувачів енергії при експлуатації тепловоза ЧМЕ3 на маневрових роботах була розроблена імітаційні моделі, що дозволяють за заданим режимом роботи тепловоза визначити необхідну потужність теплового двигуна і оцінити величину економії палива, що отримується в результаті застосування накопичувача енергії.

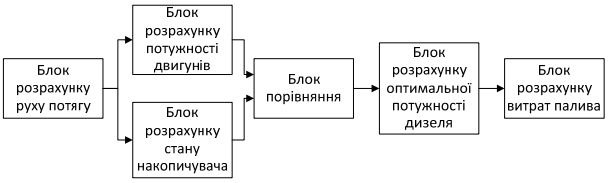


Рис. 1. Структурна схема для розрахунку ефективності використання накопичувача енергії

Схема математичних моделей для розрахунку ефективності представлена на рис. 1. На ній показано шість блоків.

У першому блоці розраховується тягова потужність локомотива на ободі колісної пари по відомим залежностям швидкості від шляху і тягової (гальмівний) характеристиці, або за заданим режимом ведення поїзда (позиції контролера, положенню гальмівного крана машиніста).

Другий блок служить для визначення потужності двигуна, де враховуються втрати в силовій передачі і витрати потужності на допоміжні навантаження.

Третій блоку визначення стану накопичувача (ступінь заряду, накопичена енергія).

Блок порівняння служить для узгодження енергетичних параметрів всіх компонентів силової установки локомотива. В цьому блоці містяться всі обмеження на параметри двигунів і накопичувача енергії. Залежно від потужності на ободі колеса і свого стану (ступеня зарядженості) накопичувач або накопичує, або віддає енергію.

Далі проводиться оптимізація режимів роботи силової установки тепловоза по мінімуму витрати палива, яка здійснюється в блоці вибору оптимальної потужності дизеля і режимів його роботи. Цей блок пов'язаний з блоком визначення витрати палива, в якому використані аналітичні залежності витрати палива від потужності і частоти обертання валу двигуна.

Методом, градієнта визначається оптимальний рівень заряду накопичувача перед відправленням поїзда на ділянку. В аналітичних моделях визначаються оптимальні значення потужності дизеля, необхідної для заряду накопичувача в режимах часткової тяги, на вибігу і при рекуперативному гальмуванні.

При моделюванні за експериментальними даними режимів роботи тепловоза вибирається робоча позиція контролера, що забезпечує мінімальну витрату палива протягом поїздки в порівнянні з іншими режимами з урахуванням можливості заряду накопичувача в режимі рекуперації.

Дослідження режимів роботи тепловозів з накопичувачами енергії на моделях дозволило визначити енергетичну ефективність рекуперативних силових установок і оцінити економічний ефект від їх впровадження.

Потяг є складною системою, що складається з багатьох частин, пружно і жорстко пов'язаних один з одним. Тому рух поїзда по рейковому шляху можна представити як вираз для його кінетичної енергії по теоремі Кеніга:

$$A_k = \frac{mv^2}{2} + \sum \frac{J_д w_д^2}{2} + \sum \frac{J_n w_n^2}{2} + \sum \frac{J_я w_я^2}{2},$$

де A_k – кінетична енергія потяга;

m – маса потяга;

v – швидкість поїзда;

$J_д w_д$ - момент інерції і кутова швидкість рушійної колісної пари при застосуванні диференціальної передачі з пов'язаними з ними елементами рушійного механізму;

J_n, w_n – момент інерції і кутова швидкість підтримуючої колісної пари або коліс;

$J_я$, $w_я$ – момент інерції і кутова швидкість якоря двигуна, включаючи частини передачі, укріплені на його валу.

Основним параметром є швидкість потяга та маса, також додається за допомогою суматора значення величини ухилу на ділянці, вихідні сигнали після цього перемножуються за допомогою блоку «produkt» з відповідними масами. У підсистемі формування профілю вхідною величиною є пройдений шлях.

В залежності від значення вхідної величини у вихідний суматор поступає те чи інше значення, яке

на виході з суматору дає значення ухилу на цій ділянці.

Ефективність управління транспортним дизель-генератором однозначно визначається ефективністю витрати палива.

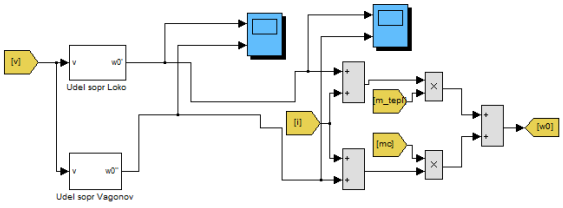


Рис. 2. Структура блока, що моделює рух потяга

Існує певний взаємозв'язок частоти дизеля, положення рейки паливних насосів і коефіцієнта надлишку повітря. Він може використовуватися як критерій для визначення, наприклад, такого темпу розгону системи, при якому спалювання палива призводить до вчинення корисної роботи, а не до обігріву атмосфери.

В основу моделі покладено наступна передумова - математична модель установки повинна бути максимально простою, оскільки по ній буде простежуватися зв'язок параметра всього з двома величинами: ходом рейки h і частотою дизеля n.

Інші особливості динамічних процесів для вирішення поставлених завдань визначального значення не мають. Тому зазори і малі інерційності слід виключити з розгляду. Таким чином, математична модель не повинна копіювати поведінку всіх конструктивних елементів, електромагнітні та теплові процеси, але повинна повторювати поведінку установки в фізичному експерименті.

Вихідне рівняння руху дизель-генератора прийнято у вигляді:

$$J_{дг}\frac{d\omega}{dt} = +M_д - M_н - M_c,$$

де $J_{дг}$ – приведений момент інерції обертових частин дизель-генератора, $кг \cdot м^2$;

$\omega_д$ – кутова швидкість обертання вала дизеля, рад/с;

$M_д$ – активний момент на валу дизеля, $Н \cdot м$;

$M_н$ – момент навантаження на валу дизеля, $Н \cdot м$;

M_c – момент опору обертанню вала дизеля, $Н \cdot м$.

На рис 3. представлена математична модель дизеля K6S310DR маневрового тепловоза ЧМЕ3.

Існує декілька методик визначення витрат палива на роботу тепловоза. Скористуємось однією з них, згідно якої величина витрат палива E може бути визначена як

$$E = \sum_{i=1}^{n} g_{ki}\Delta t + \sum_{i=1}^{m} g_{xi}\Delta t,$$

де g_{ki} – витрати палива за одиницю часу при роботі дизеля під навантаженням, кг/с;

g_{xi} – витрати палива за одиницю часу при роботі дизеля на холостому ході.

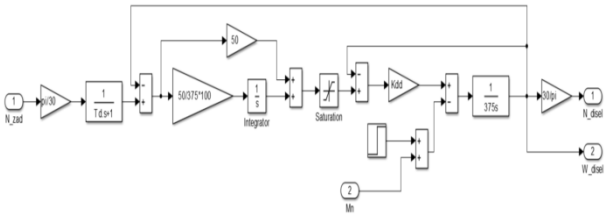


Рис. 3. Математична модель дизеля K6S310DR тепловоза ЧМЕ3

В режимі тяги величина витрат палива g_{kj} приймається відповідно до позиції n_{kj}, що використовується на j-му кроці.

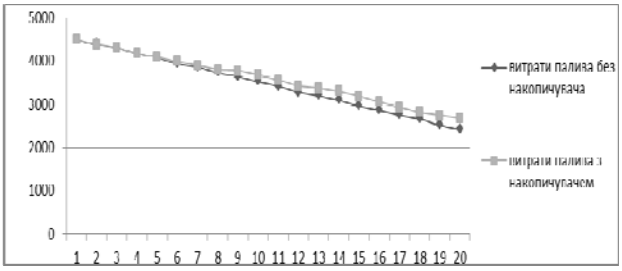


Рис. 4. Витрати палива з накопичувачем енергії та без

Висновок. Таким чином використання комбінованого накопичувача енергії у силовому ланцюгу маневрового локомотива дозволяє зменшити витрати палива на маневрову роботу.

Література

1. Краснянская С.Н. Исследование электрического торможа с целью повышения экономичности и эксплуатационной надежности тепловозов: Автореферат дис. … канд. техн. наук./ С.Н. Краснянская – М.:МИИТ, 1979. – 26 с.
2. Казанцев В.П. Выбор оптимальной мощности маневрового локомотива для работы на вытяжке в текущих эксплуатационных условиях и на перспективу [Текст]: дис. … к. т. н. / В.П. Казанцев. – М,:1966. – 156с.
3. Гончаров Н.Е. Маневровая работа на железнодорожном транспорте [Текст] / Н.Е. Гончаров, В.П. Казанцев – М.: Транспорт, 1978. – 183 с.
4. Никипелый, С.О. Повышение эффективности работы тепловозов при применении накопителя энергии в силовой цепи [Текст]: дис. ... к. т. н.: спец. 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация / С.О. Никипелый. – М.: МГУПС, 2011. – 167 с.
5. Лосев, Е.П. Эффективность применения накопителей энергии в силовых установках автономных локомотивов [Текст] : дис. … к. т. н. : спец. 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог и тяга поездов / Е.П. Лосев. – М.: МГУПС, 2000. – 211с.

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. Liudvinavičius L. Lingaitis L. P. 2010. New locomotive energy management systems. / Maintenance and reliability = Eksploatacja i niezawodność / Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. Warszawa. ISSN 1507-2711. No 1, 2010, p. 35-41
9. P. Barrade, Series connexion of Supercapacitors : comparative study of solutions for the active equalization of the voltage, École de Technologie Supérieure (ETS), Montréal, Canada, 2001
10. J. D. Boyes and H. H. Clark, Technologies for energy storage flywheels and super conducting magnetic energy storage, IEEE, 2000.

References

1. Krasnyanskaya S. N. Investigation of electric brakes with the aim of increasing efficiency and of exploitation of operational reliability of locomotives: author's abstract of dis. kand. tech. Sciences./ S. N. Krasnyanskaya, M.:engineering, 1979. – 26 S.
2. Kazantsev V. P. the Choice of optimum capacity shunting locomotive to work on the hood in ongoing operating conditions and future prospects [Text]: dis. ... Ph. D. / V. P. Kazantsev. – M:1966. – 156s anchor.
3. Goncharov N. E. Shunting work on railway transport [Text] / N. E. Goncharov, V. P. Ka-tancev – M.: Transport, 1978. – 183 S.
4. Nicely S. O. Improving the efficiency of the locomotives in the application of energy storage in the power circuit [Text]: dis. ... Ph. D.: spec. 05.22.07 – dvojnoj of Railways, traction of trains and electrification of the S. O. Nicely. – M.: Moscow state railway University, 2011. – 167 p
5. Losev E. P. Efficiency of use of energy storage in power plants of Autonomous Loco-motives [Text] : dis. ... Ph. D. : spec. 05.22.07 – dvojnoj of Railways and deadlifts train / E. P. Lo-SEV. – M.: Moscow state railway University, 2000. – 211c.
6. Kossov, E. E. influence of the effectiveness of energy storage to fuel efficiency of locomotive E. E. Kossov, V. A. Azarenko, A. N. Kornev, M. Komarnicki // Locomotivity. – Kharkiv:Tekhnostandart. No. 3, 2008. – S. 44 – 45.
7. Golubenko A. Energy of diesel locomotive's electrodynamic braking for increase of efficiency of diesel locomotive engines / A. Golubenko, V. Mogila, Nozhenko H. // Coll. of scientific labours. - 2007. – Issue 69. – P. 147 – 153
8. Liudvinavičius L. Lingaitis L. P. 2010. New locomotive energy management systems. / Maintenance and reliability = Eksploatacja i niezawodność / Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. Warszawa. ISSN 1507-2711. No 1, 2010, p. 35-41
9. P. Barrade, Series connexion of Supercapacitors: comparative study of solutions for the active equalization of the voltage, École de Technologie Supérieure (ETS), Montréal, Canada, 2001
10. J. D. Boyes and H. H. Clark, Technologies for energy storage flywheels and super conducting magnetic energy storage, IEEE, 2000.

Яровой Р.А., Чернецкая-Белецкая Н.Б. Эффективность использования ком-бинированных накопителей электрической энергии на маневровых локомотивах.

В статье рассмотрены вопросы эффективности применения накопителей энергии на маневровых локомотивах типа ЧМЭ3. Предложена имитационная модель маневрового локомотива ЧМЭ3, с комбинированным накопителем энергии в силовой цепи, для расчета расхода топлива. Представлены основные расчетные блоки имитационной модели и взаимосвязи между ними. Имитационная модель состоит из шести блоков. В первом блоке просчитывается тяговая мощность локомотива на ободе колесной пары. Второй блок служит для определения мощности двигателя, где учитываются потери в силовой передаче и потери мощности на вспомогательные нагрузки. Третий блока определения состояния накопителя. Блок сравнения служит для согласования энергетических параметров всех компонентов силовой установки локомотива. Далее проводится оптимизация режимов работы силовой установки тепловоза по минимуму расхода топлива, которая осуществляется в блоке выбора оптимальной мощности дизеля и режимов его работы. Этот блок связан с блоком определения расхода топлива, в котором использованы аналитические зависимости расхода топлива от мощности и частоты вращения вала. Полученная модель доказывает, что использование комбинированного накопителя энергии в силовой цепи маневрового локомотива позволяет уменьшить расход топлива на маневровую работу.

Ключевые слова: *подвижной состав, электродинамическое торможение, накопления энергии, гибридный привод.*

Yarovoy R., Chernetskaya-Beletskaya N. The effectiveness of combined storage of electrical energy on shunting locomotives.

The article considers the questions of efficiency of application of energy storage on shunting locomotives type CHME3. The proposed simulation model of shunting locomotive CHME3, with a combined energy storage in the power circuit, to calculate fuel consumption. Presents the main design blocks of the simulation model and the relationships between them. The simulation model consists of six blocks. In the first block is calculated tractive power of the locomotive on the rim of the wheel pair. The second block is used to determine engine power, which takes into account losses in the power transmission and power losses in the auxiliary load. The third unit determine the status of the drive. The compare unit is used to adapt the energy parameters of all components of the power plant of the locomotive. Next is the optimization of operation modes of the power plant of the locomotive at a minimum fuel consumption, which is carried out in the block selection of the optimal power diesel and modes of its work. This unit is associated with the block determining fuel consumption, which used the analytical dependence of fuel consumption from power and frequency of rotation of the shaft. The resulting model demonstrates that the combined use of

energy storage in the power circuit shunting locomotive allows to reduce fuel consumption on shunting work.

Keywords: *rolling stock, electrodynamic braking, energy storage, hybrid drive.*

Яровой Р.О. – ст. викладач кафедри "Обчислювальної техніки та систем управління", УкрДУЗТ, м. Харків, Україна, e-mail: kzf_liman@bigmir.net.
Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 31.03.2017

ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 3 (233) 2017

Науковий журнал

Відповідальний за випуск Чернецька-Білецька Н.Б.

Оригінал-макет Шворнікова Г.М.

Статті надруковано в авторській редакції

Підписано до друку 31.05.2017 р.
Формат 60 х 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 32,5. Обл.-вид. арк. 34,1.
Наклад 300 прим. Вид. № 3116. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: просп. Центральний 59-А
м. Сєвєродонецьк, 93400, Україна
E-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com

Надруковано у ПП «Поліграф-Сервіс»
Свідоцтво про реєстрацію серія АОО №049269
93406, м. Сєвєродонецьк, проспект Гвардійський,30
тел.: (0645) 70-14-41, (095) 850-61-53
e-mail: poligrafsdlk@ukr.net-