

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

В І С Н И К

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 1 (225)
2016**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Сєвєродонецьк 2016

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 1(225) 2016

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ

ВИХІД З ДРУКУ - ВІСІМНАДЦЯТЬ РАЗІВ НА РІК

Засновник

Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

Журнал зареєстровано
в Міністерстві юстиції України

Свідоцтво про державну реєстрацію

серія КВ № 15607-4079ПР

від 18.08.2009 р.

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAHL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 1 (225) 2016

THE SCIENTIFIC JOURNAL

WAS FOUNDED IN 1996

IT IS ISSUED EIGHTEEN TIMES A YEAR

Founder

Volodymyr Dahl East Ukrainian National
University

Registered by the Ministry
of Justice of Ukraine

Registration Certificate

KB № 15607-4079ПР

dated 18.08.2009

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України (Наказ ВАК №1328 21.12.2015 р.), (Бюл. ВАК №5 2010 р.), (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №11 2010 р.), (Бюл. ВАК №7 2011 р.) в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з технічних, економічних, історичних, хімічних та фізико-математичних наук відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія:

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),
Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук, (заступник
головного редактора),
Михайлюк В.П., докт. іст. наук, (заступник головного
редактора),
Галстян Г.А., докт. хім. наук, (заступник головного
редактора),
Архипов О.Г., докт. техн. наук,
Глікін М.А., докт. техн. наук,
Горбунов М.І., докт. техн. наук,
Кравченко О.П., докт. техн. наук,
Носко П.Л., докт. техн. наук,
Осенін Ю.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,
Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,

Даніч В.М., докт. екон. наук,
Заблюцька І.В., докт. екон. наук,
Козаченко Г.В., докт. екон. наук,
Костирко Л.А., докт. екон. наук,
Надьон Г.О., докт. екон. наук,
Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,
Чернявська Є.І. докт. екон. наук,
Чиж В.І., докт. екон. наук,
Голубничий П.І., докт. фіз.-мат. наук,
Ємець О.О., докт. фіз.-мат. наук,
Татарченко Г.О., докт. техн. наук,
Філоненко А.Д., докт. фіз.-мат. наук,
Барабаш Ю.В., докт. іст. наук,
Войтович Л.В., докт. іст. наук,
Довжук І.В., докт. іст. наук,
Дьомін О.Б., докт. іст. наук,
Д'яконіхін А.В., канд. іст. наук,
Сапицька О.М., канд. іст. наук,
Сергієнко Ю.Г., докт. іст. наук,
Стяжкіна О.В., докт. іст. наук,
Чернявський Г.Й., докт. іст. наук,
Голосман Є.З., докт. хім. наук,
Кудюков Ю.П., докт. хім. наук,
Новіков В.П., докт. хім. наук,
Кондратов С.О., докт. хім. наук,
Галстян А.Г., докт. хім. наук

Відповідальний за випуск: Чернецька-Білецька Н.Б.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 7 від 29. 04. 2016 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2016
© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2016

ЗМІСТ

Анісімова Т.І., Андріанова О.О., Андріанов В.С. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ МОНТАЖНИХ РОБІТ	9
Багров О.М. ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИТИХ НАДРЕСОРНИХ БАЛОК ТА БОКОВИХ РАМ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ.....	17
Бандрівський П.П., Федунь Т.І., Баб'як М.О. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ.....	22
Барабаш В.В., Шворнікова Г.М., Медведєв Є.П. ТЕРМІНАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ ЯК УМОВА ВПРОВАДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ НА ЗАЛІЗНИЦІ	26
Бойків М.В. ЗМІНА БЕЗПЕЧНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ У ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛОСТІ ЗАСЛІПЛЕННЯ ВОДІЇВ.....	31
Василик Х.Я. Баб'як М.О. ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РІВНЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	35
Возненко С.І., Фалендиш А.П. ПІДСИЛЕННЯ ВОДОПРОПУСКНОЇ ТРУБИ З ЗАСТОСУВАННЯМ СКЛАДУ ЗС-3.....	40
Горбунов М.І., Просвірова О.В., Кравченко К.О., Ковтанець М.В. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ З УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ГАЛЬМІВНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	44
Горобець В.Л., Мямлин С.В., Горобець Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ВАЛОВ С НЕСОВЕРШЕНСТВАМИ МАТЕРИАЛА	50
Грицунь О.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАТРИМОК НА ПІДХОДАХ ДО РЕГУЛЬОВАНИХ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ КООРДИНАЦІЇ	55
Гужевська Л.А., Денис О.В. АПРОБАЦІЯ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ КОТРЕЙЛЕРНОГО СПОЛУЧЕННЯ ПРИ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ВАНТАЖІВ	60
Гусенцова Е.С. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ОХЛАЖДАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ ТЕПЛОВОЗА	65
Давідіч Н.В. МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РОБОТИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	69
Довганюк М.Ю., Баб'як М.О., Довганюк Л.М. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ.....	74
Єрмак О.М. ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНФЛІКТІВ МІЖ ТРАНСПОРТНИМИ ТА ПІШОХІДНИМИ ПОТОКАМИ НА ВІДСТАНЬ МІЖ ПІШОХІДНИМИ ПЕРЕХОДАМИ.....	78
Іванов І.Є. ВПЛИВ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ НА ПОКАЗНИКИ КІЛЬКОСТІ ПАСАЖИРОМІСЦЬ	83

Кельріх М.Б., Федосов-Ніконов Д.В. ДОСЛІДЖЕННЯ НА МІЦНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ДОВГОБАЗНОЇ ПЛАТФОРМИ	90
Кичкина Е.И., Кичкин А.В. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	95
Кічка О.І., Русак А.Л. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ «ХОЛОДНОГО СКЛАДУ» НА ПІДСТАВІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ	99
Клюев С.О. ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЦІ	104
Кузьменко Н.Н. АНАЛИЗ СТАНОЧНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ, В КОТОРОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ КОЛЕСО ЯВЛЯЕТСЯ ЭВОЛВЕНТНЫМ	108
Куш Є.І., Скрипін В.С. ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ НА ЗМІННУ СКЛАДОВУ ЗАГАЛЬНИХ ВИТРАТ	111
Лисак Д.В. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ КРИТЕРІЇВ ВИЗНАЧЕННЯ ХИБНИХ ЛУНА-СИГНАЛІВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛІ ЗАЛІЗНИЧНИХ БАНДАЖІВ ..	117
Михайлов Е.В., Семенов С.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТИ ТРЕНИЯ ГРЕБНЯ КОЛЕСА ПО РЕЛЬСУ	122
Моркун В.С., Бурнасов П.В. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ ВНЗ.....	129
Нестеренко Г. И., Музыкаина С. И., Музыкин М. И. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ УКРАИНЫ....	139
Новак Г.Л., Григоренко Т.Г. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНО- ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА	147
Олісевич М. С. СТАБІЛІЗАЦІЯ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ	150
Ольховська Т.О. ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАПАСІВ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УТРИМАННЯ ТЕПЛОВІЗІВ	155
Пархотко А.В. ПУТИ И ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ МОРСКОГО ПОРТА	160
Півторак Г.В., Вариницька О.В. ОЦІНКА ВПЛИВУ УМОВ РУХУ ТА ХАРАКТЕРИСТИК МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТІВ НА ВИБІР ЗУПИНОК ЯК КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК	166
Підпригора А.І., Клецька О.В., Хижа О.В. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПАТ «УКРАЇНСЬКІ ЗАЛІЗНИЦІ»	170
Понкратов Д.П. ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ У МІСТАХ.....	175
Потапенко О.А., Могила В.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С УЧЕТОМ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ	180

Роговий А.С., Хорошилов Д.В.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ
РОЗРАХУНКУ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ.....185

Роговой А.С.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК..... 189

Ройко Ю.Я.

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ В ПЕРІОД ПРОМІЖНИХ ТАКТІВ СВІТЛОФОРНОЇ
СИГНАЛІЗАЦІЇ 197

Санько Я.В.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ
МЕРЕЖІ МІСТ.....201

Серебряк К.І.

СКЛАДОВІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІЖРЕГІОНАЛЬНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА206

Смалій О. В.

СТАН ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ БАСЕЙНУ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ.....214

Уваров П.Е., Татарченко Г.О., Шпарбер М.Е., Юзин А.А.

АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАВЕСНОГО
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ПОДЗЕМНЫХ
ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ 219

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

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-РЕОЛОГИЧЕСКИМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА.....226

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Баранов И.О., Мирошников В.В., Петрусенко А.С.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В КРУПНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ...231

Черников В.Д., Мирошникова М.В., Пазушко Н.В., Ворожцов Р.А.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЭКСПЛУАТАЦИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, СВЯЗАННЫХ С НЕДОСТАТКОМ
ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ, В УСЛОВИЯХ РЕФОРМИРОВАНИЯ ОТРАСЛИ.....236

Шидловський Р.М., Баб'як М.О., Артемчук В.В.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОВОЗІВ 240

Яровий Р.О.

КОМБІНОВАНІ НАКОПИЧУВАЧІ ЕНЕРГІЇ У СИЛОВОМУ ЛАНЦЮГУ МАНЕВРОВИХ
ЛОКОМОТИВІВ.....245

CONTENTS

Anisimova T.I., Andrianova O.O., Andrianov V.S. THE STUDY OF METHODS OF ECONOMIC EFFICIENCY OF MEASURES ON LABOR PROTECTION ANALYSIS DURING PERFORMING INSTALLATION WORK.....	9
Bahrov O.M. THE EVALUATION OF MANUFACTURING ACCURACY OF CAST BOLSTER AND SIDE FRAME PRODUCTION FOR FREIGHT CAR BOGIES.....	17
Bandrivskiy P., Fedun T., Babyak M. COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT METHODS OF PROGNOSTICATION OF PASSENGER TRANSPORTATION BY RAILWAY TRANSPORT	22
Barabash V., Shvornikova A., Medvedev E. TERMINAL COMPLEX AS A IMPLEMENTATION CONDITION OF INTEGRATED LOGISTICS SYSTEMS FOR RAILWAY	26
Boykiv M. CHANGE IN SAFE SPEED IN THE NIGHT-TIME, BASED ON LENGTH OF BLINDNESS DRIVERS	31
Vasylyk K.Y. Babiak M.O. WAYS OF IMPROVING THE INNOVATION RAILWAY	35
Voznenko S., Falendysh A. STRENGTHENING OF CULVERT BY USING A COMPOUND ZS-3.....	40
Gorbunov N., Prosivirova O., Kravchenko K., Kovtanets M. DETERMINING PERSPECTIVE TENDENCIES OF RAILWAY BRAKING EQUIPMENT IMPROVEMENT METHODS	44
Horobec V, Myamlin S, Horobec E RESEARCH OF BILLOWS DURABILITY WITH IMPERFECTIONS OF MATERIAL	50
Hrytsun O. STUDY ON TRANSPORT DELAYS TO APPROACHES ADJUSTABLE CROSSWALK THE DIFFERENT MODES OF COORDINATION.....	55
Guzhevska L., Denys O. TESTING OF THE MODEL ZONE DEFINITION OF EFFECTIVE USE PIGGYBACK IN INTERNATIONAL TRANSPORTATION OF GOODS	60
Gusentsova E.S. AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF GAS FLOW IN COOLING DEVICE OF DIESEL LOCOMOTIVE.....	65
Davidich N. DESIGN PARAMETERS QUALITY OF PUBLIC PASSENGER TRANSPORT	69
Dovganjuk M., Babyak M. Dovganjuk L. ANALYSIS OF CURRENT MONITORING SYSTEMS AT LEVEL CROSSINGS.....	74
Iermak O. DETERMINE THE IMPACT OF THE CONFLICT BETWEEN TRANSPORT AND PEDESTRIAN FLOWS TO THE DISTANCE BETWEEN THE PEDESTRIAN CROSSING.....	78
Ivanov I. IMPACT ON ROUTE NETWORK OF THE NUMBER OF PASSENGERS PLACES.....	83
Kel'rich M., Fedosov-Nikonov D. THE STRENGTH RESEARCH OF THE LONG-WHEELBASE FLATCAR CONSTRUCTION	90
Kichkina E.I., Kichkin A.V. FORMALIZATION OF information support MATERIAL FLOWS IN LOGISTICS SYSTEMS.....	95

Kichkina O.I., Rusak A.L. MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE "COLD WAREHOUSE" BASED PREDICTION OF THE ENERGY CONSUMPTION.....	99
Klyuev S. MOTION SAFETY IMPROVEMENT ON RAILWAY.....	104
Kuzmenko N. THE ANALYSIS OF MACHINE GEARING IN WHICH THE CYLINDRICAL WHEEL IS EVOLVENT.....	108
Kush Y. Skrypin V. INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PROCESS PARAMETERS OF CARGO TRANSPORTATION ON THE VARIABLE COMPONENT OF THE TOTAL COSTS	111
Lysak D. PROVIDING THE NEW CRITERIA FOR DETERMINING OF THE FALSE ECHO-SIGNALS IN ULTRASONIC CONTROL OF A RAILWAY TIRES.....	117
Mikhaylov E.V., Semenov S.A. DETERMINATION OF WAY OF FRICTION OF COMB OF WHEEL ON RAIL.....	122
Morkun V.S. , Burnasov P.V. METHODS OF QUALITY OF TIMETABLE SCHEDULING DETERMINATION AT HIGER EDUCATIONAL INSTITUTIONS.....	129
Nesterenko H. I., Muzykina S. I., Muzykin M. I. ANALYSIS OF THE EXISTING SYSTEM OF ORGANIZATION OF TRANSPORTATION PASSENGERS WITH DISABILITIES BY RAILWAY TRANSPORT IN UKRAINE	139
Novak G., Grigorenko T. INNOVATIVE TEACHING METHODS IN VOCATIONAL AND PRACTICAL TRAINING OF COLLEGE STUDENTS	147
Oliskevych M. S. THE STABILIZATION OF MATERIAL FLOWS AT TRANSPORT TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF CARGO DELIVERY	150
Olxovskay T.O. DEFINITION OF CHARACTERISTICS OF STOCKS OF SPARE PARTS FOR MAINTENANCE OF THE MAINTENANCE OF DIESEL LOCOMOTIVES	155
Parkhotko A. WAYS AND PROBLEMS OF INCREASE OF OVERALL PERFORMANCE OF INFRASTRUCTURE OF SEAPORT	160
Pivtorak H.V., Narynytska O.V. ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF TRAFFIC CONDITIONS AND CHARACTERISTICS CITIES BUS ROUTES ON CHOICE PUBLIC STOP AS TIME POINT.....	166
Pidprugora A., Kletska O., Khizha O WAYS IMPROVING THE EFFICIENCY OF FUEL AND ENERGY COMPLEX OF "UKRAINIAN RAILWAYS"	170
Ponkratov D. PASSENGER FLOWS MODELING FEATURES IN CITIES	175
Potapenko O., Mogila V. INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF MOBILE CONNECTIONS OF FREIGHT CARS WITH CONSIDERING THE CONDITION OF THE RAILWAY TRACK.....	180
Rogovoy A.S., Horoshilov D.V. USE OF SIMULATION MODELING METHODS FOR CALCULATION OF RAILWAY STATIONS CAPACITY.....	185
Rogovyi A. ENERGY EFFICACY OF PNEUMATIC TRANSPORT PLANTS	189
Royko Yu. RESEARCH VELOCITY BETWEEN THE INTERMEDIATE CYCLES TRAFFIC LIGHT SIGNALING	197

Sanko Ia.	
EVALUATION OF TRANSPORT FLOWS FOR FORMING TRANSPORT NETWORK.....	201
Serebryac C.I.	
COMPONENTS OF INFORMATION INFRASTRUCTURE INTER-REGIONAL COOPERATION	206
Smalii O. V.	
STATE WATER RESOURCES BASIN OF THE RIVER SEVERSKY DONETS.....	214
Uvarov P., Tatarchenko G., Shparber M., Uzin A.	
ASPECTS OF MODELING THE RELIABILITY OF THE LIFE CYCLE ATTACHMENTS	
SPECIALIZED EQUIPMENT FOR LAYING UNDERGROUND PIPE NETWORKS	219
Chernetskaya N. Baranov I., Miroshnykova M.	
IMPROVEMENT METHOD OF MANAGEMENT STRUCTURAL AND RHEOLOGICAL	
CHARACTERISTICS COAL-WATER FUEL.....	226
Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Miroshnykov V., Petrusenko A.	
ANALYSIS OF PASSENGER TRAFFIC IN LARGE TRANSPORT HUBS	232
Chernikov V., Miroshnykova M., Pazushko N., Vorogtsov R.	
ANALYSIS PROBLEMS RAILWAY OPERATION ASSOCIATED WITH LACK OF TRANSPORT	
CAPACITY IN THE SECTOR REFORM.....	236
Shydlovskiy R., Babyak N., Artemchuk V.	
ANALYSIS OF OPPORTUNITIES IMPROVING THE PERFORMACE OF MECHANICAL PARTS	
ELECTRIC LOCOMOTIVES.....	240
Yarovoy R.	
COMBINED ENERGY STORAGE IN THE POWER CIRCUIT SHUNTING LOCOMOTIVES	245

УДК 616.345.56

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ МОНТАЖНИХ РОБІТ

Анісімова Т.І., Андріанова О.О., Андріанов В.С.

THE STUDY OF METHODS OF ECONOMIC EFFICIENCY OF MEASURES ON LABOR PROTECTION ANALYSIS DURING PERFORMING INSTALLATION WORK

Anisimova T.I., Andrianova O.O., Andrianov V.S.

У статті проведено аналіз методів економічної ефективності заходів з охорони праці при виконанні монтажних робіт. Вказано статистичні дані рівня травматизму в Україні. Проведено дослідження причин високого рівня травматизму у країні, у зв'язку із складною економічною та політичною ситуацією. Також розглянуто основні заходи з поліпшення умов та охорони праці на підприємстві, з урахуванням витрат на їх реалізацію. Проведено аналіз методики розрахунку економії від зменшення рівня захворюваності чи травматизму здійснюється у вказаній у статті послідовності, обумовлено основні причини витрат на підприємствах, пов'язані з безпекою праці. Надано методику розрахунку витрат на здійснення заходів з поліпшення умов і охорони праці та показників ефективності витрат підприємства на заходи з охорони праці при виконанні монтажних робіт.

Ключові слова: охорона праці, монтажні роботи, травматизм, ефективність заходів.

Аналіз стану питання. Розглядаючи охорону праці в умовах ринкової економіки, особливу увагу слід звернути на економічні аспекти охорони праці при проведенні монтажних робіт. Здійснення заходів з поліпшення умов і охорони праці чинить стимулюючий вплив як на економічні, так і соціальні результати виробництва.

Проблема виробничого травматизму при виконанні монтажних робіт є дуже гострою [1,2] - щорічно на виробництві травмується близько 50 тис. чоловік, з них 1,5 тис. гинуть, понад 3,5 тис. отримують професійні захворювання. Через непрацездатність щорічно втрачається 2,5-3 млн. людино-днів, середня важкість кожної травми досягла 25,1 людино-дня непрацездатності. Однак і ці показники не дають достатньо об'єктивної картини, оскільки не слід забувати, що їх ми маємо за умов систематичного спаду виробництва. За статистичними даними, протягом останніх років в народному господарстві в умовах, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормативам, працюють понад 3 млн. чоловік, з них-близько 1 млн. -

жінок. Практично кожний третій, а в окремих виробництвах (вугільна, металургійна, легка промисловість, сільське господарство) - кожний другий працює у шкідливих умовах. Зайнято майже 22 тис. неповнолітніх та жінок на заборонених для них роботах. Близько 800 тис. машин, механізмів, транспортних засобів експлуатуються, не відповідаючи вимогам безпеки і гігієни праці, а понад 40 тис. виробничих будівель і споруд є аварійними. Аналіз чинників, які призводять до професійних захворювань, свідчить, що найбільша небезпека від впливу фізичних чинників (вібрація і шум) - 32%; забруднення повітря пилом та іншими шкідливостями - 22%; біологічних чинників - 11,7%; від не ергономічності обладнання - 11,2%. Матеріальні збитки в результаті нещасних випадків в середньому за рік становлять 2100-2200 тис. грн. Через травми потерпілих за рік втрачається 19 000-20 000 людино-днів робочого часу. Найчастіше травмування працюючих відбувається через ураження їх предметами і деталями, що рухаються, обертаються - 22%; падіння потерпілих з висоти - 17-18%; внаслідок падіння, обвалів предметів, матеріалів - 16%; дії екстремальних температур - 6-7%; дорожньо-транспортні пригоди - 4-5%; ушкодження в результаті контакту з тваринами - 4-5%; внаслідок стихійного лиха - 2-3%; ураження електричним струмом - 1-2%. Як свідчить аналіз, на виробництві погіршується стан умов і безпеки праці. В умовах, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормам, працюють майже 20 тис. чоловік. В експлуатації знаходиться 2 518 машин, механізмів, устаткування та транспортних засобів, які не відповідають нормативним актам про охорону праці, 46 790 одиниць обладнання вичерпали передбачений паспортний ресурс роботи. В аварійному стані знаходяться 230 будівель і споруд, у 428 об'єктів технічний стан не відповідає будівельним нормам і правилам, 1140 об'єктів не пройшли капітального ремонту відповідно до нормативних актів. В Україні щорічно виникає 40-50 тис. пожеж, із них 72% - пожежі в житловому сек-

торі. За останні роки кількість загиблих становить 7534 особи, із них 900 - діти. Незадовільне становище із пожежною безпекою в харчовій промисловості. Щорічно трапляється 25-30 пожеж. Матеріальні збитки від знищення та пошкодження сировини, матеріалів, продукції, будівельних об'єктів, устаткування та транспортних засобів за один рік становлять близько 110 000 грн.

Для аналізу виробничого травматизму застосовуються всі можливі методи, найпопулярнішим з яких є статистичний. Просте порівняння статистичних даних підтверджує, що рівень виробничого травматизму знизився на 23%. Особливу увагу при проведенні статистичних даних привертають нещасні випадки із смертельними наслідками і ті, які закінчуються інвалідністю.

Статистичний метод аналізу травматизму має велике значення при оперативному плануванні роботи для перевірки стану профілактичної роботи в охороні праці на підприємствах. Аналіз показав, що з 2011 року рівень травматизму значно зріс [1].

Україна за кількістю нещасних випадків на виробництві є одним із лідерів в Європі. Серед основних причин нещасних випадків – брак сучасних засобів механізації, великий обсяг ручної праці, а також застаріле рятувальне устаткування. Це особливо стосується підприємств транспортної промисловості.

Близько 17 тисяч українських робітників щороку стають на роботі інвалідами. П'ята частина працівників, що отримали в Україні групу інвалідності, мають працездатний вік 45-50 років. Наслідки нещасних випадків коштують у 10 разів дорожче, ніж вартість заходів щодо їхнього попередження.

Загальна сума відшкодування шкоди працівникам, які потерпіли від нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання, становить 350-400 млн. грн. на рік, що за складних економічних умов сьогодення призводить до накопичення заборгованості з цих виплат і зростання соціальної напруги в окремих регіонах.

Постійно погіршуються умови й безпека праці у сфері малого бізнесу: на приватних, орендних, малих підприємствах, у кооперативах та фірмах, де працюють понад 7 млн. осіб, а служби охорони праці практично відсутні.

Водночас високий рівень травматизму пояснюється не тільки об'єктивними причинами: складною соціально-економічною ситуацією в країні, зміною характеру виробничих відносин між підприємствами та всередині підприємств, зломом усталеної схеми (вертикалі) управління охороною праці, старінням основних фондів й ін. Це пояснюється зменшенням витрат на охорону праці, ослабленням виробничої дисципліни, неритмічністю роботи, спрацьованістю устаткування, скороченням служб охорони праці, збільшенням кількості малих неконтрольованих підприємств. Це - наслідок переважно незадовільної організації праці та порушень технологічної дисципліни, неадекватного мислення і ставлення до питань безпеки учасників трудових і виробничих процесів по всій

вертикалі управління та виконання, відсутності ефективних стимулів працювати безпечно, без ризику для здоров'я, тобто всього того, що пов'язано із самим працівником і прийнято називати «людським фактором».

Незадовільний стан умов і безпеки праці, високий рівень травматизму та професійних захворювань зумовлюються комплексом об'єктивних і суб'єктивних причин. Серед найголовніших з них є численні порушення чинного законодавства про охорону праці, та наявність суттєвих недоліків у цьому законодавстві.

Досягти істотного поліпшення ситуації з охороною праці можна лише за умови, коли одночасно із заходами щодо забезпечення поступового зростання економіки держави буде вжито ефективних заходів щодо усунення зазначених недоліків за обома напрямками.

Ціль роботи. Основні завдання дослідження складаються у детальному розгляді основних методів аналізу економічної ефективності заходів з охорони праці при виконанні монтажних робіт.

Матеріали та результати дослідження. До економічних результатів впливу умов праці на людину, які мають позитивне значення, слід віднести підвищення продуктивності праці, раціональне використання основних виробничих фондів.

Сприятливі умови забезпечують підвищення продуктивності праці як за рахунок інтенсивних змін (скорочення витрат робочого часу на виробництво одиниці продукції), так і екстенсивного (підвищення ефективності використання робочого часу завдяки зниженню цілоденних втрат за тимчасовою непрацездатністю та виробничим травматизмом) [3,4].

Зростання продуктивності праці супроводжується також, як правило, досягненням високої якості виробничої продукції або послуг, а скорочення витрат робочого часу сприяє зниженню собівартості продукції.

За даними досліджень, комплекс заходів з поліпшення умов праці може забезпечити приріст продуктивності праці на 15-20%. Так, нормалізація освітлення робочих місць збільшує продуктивність праці на 6-13% та скорочує брак на 25%. Раціональна організація робочого місця підвищує продуктивність праці на 21%, раціональне фарбування робочих приміщень - на 25%.

Збільшення ефективного фонду робочого часу може бути досягнуто за рахунок скорочення тимчасової непрацездатності працівників внаслідок хвороб та виробничого травматизму.

Витрати робочого часу внаслідок тимчасової непрацездатності на різних підприємствах різноманітні і становлять приблизно 2,5% річного фонду робочого часу на підприємствах зі сприятливими умовами праці і 5-10% на підприємствах з небезпечними і шкідливими умовами праці.

Поліпшення умов і впровадження заходів із забезпечення безпеки праці скорочують плинність кадрів. За мотивами «важкі і несприятливі умови» звіль-

няються в промисловості до 20% усіх вивільнених, а в будівництві - понад 25%.

Слід зазначити, що позитивні економічні результати тісно пов'язані як з особистими факторами (дієздатність, працездатність), так і з соціальними результатами.

Зростання продуктивності праці пов'язано зі скороченням цілоденних витрат робочого часу, обумовлених тимчасовою непрацездатністю, підвищенням ефективності використання робочого часу і продовженням періоду активної трудової діяльності.

Несприятливі умови призводять до зворотних результатів: різних форм та ступенів втомлюваності працівників, функціонального напруження організму.

До негативних економічних результатів належать недоодержання додаткового продукту, затримка з введенням нових фондів, непродуктивне споживання робочої сили, зниження продуктивності праці.

Крім того, слід звернути увагу на соціальні результати впливу умов праці на працівників.

До позитивних соціальних результатів можна віднести: ступінь сприятливого впливу процесу праці на здоров'я людини та розвиток її особистості; стан здоров'я, ставлення до праці; соціальну активність; максимальне задоволення однією з найвагоміших потреб людини — потреби в сприятливих умовах праці і безпосередньо пов'язаної з цим потреби в змістовній, творчій, високопродуктивній праці; зміцнення здоров'я.

Негативний соціальний результат включає зниження творчої активності, зацікавленості в праці, зниження трудової дисципліни, зростання плинності кадрів внаслідок несприятливих умов праці.

Розглядаючи механізм витрат підприємств на заходи щодо поліпшення умов та охорону праці при виконанні монтажних робіт, слід знати, що виділяють п'ять груп витрат:

- витрати, пов'язані з відшкодуванням потерпілим внаслідок травм і професійних захворювань;
- витрати на попередження і компенсації несприятливого впливу умов праці (пільги і компенсації тим, хто працює в важких і шкідливих умовах);
- витрати на профілактику травматизму і професійних захворювань;
- витрати на ліквідацію наслідків аварій та нещасних випадків;
- штрафи та інші відшкодування.

Існують наступні складові витрат:

Група I (відшкодування потерпілим внаслідок травм і професійних захворювань) - тимчасова непрацездатність; одноразова допомога (включаючи членів сімей і утриманців загинувших); моральна шкода; відшкодування витрат лікувальним закладам; санаторно-курортне обслуговування; протезування, придбання транспортних засобів, витрати на соціальну допомогу інвалідам; доплати до попереднього заробітку в разі переведення на легшу роботу; пенсії інвалідам і утриманцям загинувших;

Група II (пільги та компенсації за працю у важ-

ких і шкідливих умовах) - додаткові відпустки; скорочений робочий день; лікувально-профілактичне харчування; одержання молока чи інших рівноцінних продуктів; підвищені тарифні ставки; доплати за умови та інтенсивність праці; пенсії на пільгових умовах;

Група III (витрати на профілактику травматизму, профзахворювань) - витрати на заходи з охорони праці за рахунок джерел фінансування, регламентовані нормативними актами держави; витрати на заходи з охорони праці за колективними договорами; витрати на заходи з охорони праці з фонду охорони праці підприємства;

Група IV (витрати на ліквідацію наслідків аварій та нещасних випадків на виробництві) - вартість зіпсованого устаткування, інструментів, зруйнованих будівель, споруд; витрати на врятування потерпілих; розслідування нещасних випадків; виплати заробітної плати і доплати за час простою; вартість ремонту частково зіпсованого обладнання, машин і механізмів, будівель і споруд; вартість підготовки чи перепідготовки працівників замість вибулих внаслідок загибелі чи інвалідності;

Група V (штрафи та інші відшкодування) - штрафи, виплачені за наявність нещасних випадків та приховування від обліку потерпілих; штрафи на підприємства, установи і організації за недотримання нормативних вимог щодо безпеки праці; штрафи на працівника за порушення вимог законодавства та інших нормативних актів з охорони праці; компенсації за час вимушеного простою через небезпечність виконання робіт та через припинення робіт органами державного нагляду за охороною праці; штрафи, пеня, виплати за недотримання договірних зобов'язань з іншими підприємствами; компенсаційні виплати за ураження населення, житлового фонду, приватного майна та забруднення довкілля.

Розглядаючи витрати з охорони праці, слід зазначити, що вони також поділяються на:

- доцільні витрати, спрямовані на збереження здоров'я працівників, раціональне витрачання життєвих сил на відновлення працездатності;
- частково доцільні витрати, які включають видатки за пільгами і компенсаціями за несприятливі умови;
- недоцільні витрати, які обумовлюють підвищення собівартості продукції, зниження її обсягу тощо.

Доцільні витрати забезпечують поліпшення умов праці, частково доцільні і недоцільні витрати приводять до збитків підприємства, до зниження ефективності виробництва.

Дослідження свідчать, що основні витрати на підприємствах припадають не на створення безпечної техніки, запобігання виробничому травматизму і захворюваності, не на нормалізацію умов праці, а на пільги та компенсації, пов'язані з небезпечними і шкідливими умовами праці. Співвідношення між витратами на поліпшення умов і охорони праці до видатків на доплати, пенсії, пільгові відпустки становить 1 : 10.

В умовах недосконалості ринкових механізмів усі ці витрати відносять на собівартість продукції, і в результаті за недбале ставлення до охорони праці на підприємствах розплачуються не їх керівники, а суспільство. Чинна система пільг і компенсацій не спонукає керівників поліпшувати умови праці, тому що ці витрати розкладаються на всіх споживачів і не впливають на економічні результати роботи підприємства.

З іншого боку, штрафні санкції, а також виплати, що повинні здійснюватися підприємством у разі незадовільної роботи з охорони праці, наявності фактів травмування працівників та профзахворювань, нині досить значні, а тому змушують будь-якого власника (уповноважений ним орган) серйозно замислитися, що краще: зазнавати величезних збитків (які часом можуть призвести навіть до цілковитого банкрутства), не займаючись охороною праці, чи своєчасно вкласти кошти у профілактичні заходи, зберігаючи при цьому життя і здоров'я людей та не конфліктувати з Законом.

Справжній власник, який вміє рахувати гроші, безумовно, обере другий варіант. Адже перелік штрафних санкцій та інших економічних втрат підприємства передбачає: штрафи, що накладаються на підприємство органами державного нагляду за охороною праці; штрафи за кожен нещасливий випадок на виробництві або професійне захворювання; відшкодування шкоди, одноразову допомогу та всі інші виплати особам, які потерпіли на виробництві, або членам сімей та утриманцям загиблих; виплати тим підприємствам, установам, організаціям, яким завдано шкоди (наприклад, внаслідок випуску небезпечної техніки, неякісного проектування виробничого об'єкта, нового устаткування, несвоєчасного виконання обов'язків, передбачених угодою з партнером тощо); компенсацію лікарням, іншим медичним та оздоровчим закладам витрат на лікування та реабілітацію потерпілих працівників, на надання їм санаторно-курортних послуг тощо; компенсацію витрат органів соціального забезпечення на виплату пенсій відповідним інвалідам праці; витрати на виконання рятувальних робіт під час аварій та нещасних випадків, на проведення розслідування та експертизи їх причин, на ритуальні послуги під час поховання загиблих, на складання санітарно-гігієнічної характеристики робочого місця працівника, який одержав професійне захворювання тощо.

Значними є витрати на пільги й компенсації, передбачені чинним законодавством і колективними договорами, за важкі та шкідливі умови праці (включаючи надання додаткової відпустки, видачу лікувально-профілактичного харчування, молока чи рівноцінних йому харчових продуктів, оплату регламентованих перерв санаторно-оздоровчого призначення, що надаються під час виконання виборонезабезпечених та інших робіт тощо). Отже, ці витрати також повинні враховуватися власником у загальній сумі економічних втрат, що мають місце

на даному підприємстві через недостатню увагу до розв'язання проблем охорони праці.

Поліпшення умов праці потребує капітальних вкладень і поточних витрат [5,6].

Слід знати, що до капітальних вкладень належать одноразові та постійні витрати, спрямовані на:

- створення чи оновлення основних фондів працезахоронного призначення;
- удосконалення техніки й технології з метою поліпшення умов і охорони праці.

Поточні (експлуатаційні) витрати — це витрати на утримання й обслуговування обладнання, що має працезахоронне призначення. Вони забезпечують його функціонування в необхідному режимі.

Витрати на здійснення заходів з поліпшення умов і охорони праці розраховуються за формулою:

$$B = C_0 + K_0, \quad (1)$$

де C_0 - поточні (експлуатаційні) витрати на здійснення заходів, грн.;

K_0 - капітальні витрати на поліпшення умов і охорони праці, грн.

Чимало значення набуває визначення ефективності витрат підприємства на охорону праці.

Показник ефективності витрат підприємства на заходи з охорони праці розраховується за формулою:

$$E = \frac{E_p}{B}, \quad (2)$$

де E_p - річна економія від поліпшення умов і охорони праці на підприємстві (прибуток або зменшення збитків);

B - загальні витрати (вкладення) підприємства на охорону праці.

Загальні витрати підприємства на охорону праці як до запровадження комплексу заходів щодо поліпшення умов праці, так і після цього розраховуються за формулою:

$$\sum_{K=1}^3 B_K = B_1 + B_2 + B_3, \quad (3)$$

де B_1 - витрати на заходи з охорони праці за рахунок усіх джерел фінансування, регламентованих нормативними актами держави;

B_2 - витрати на заходи з охорони праці за колективними договорами;

B_3 - витрати з фонду охорони праці підприємства.

Особливу увагу слід звернути на показники ефективності заходів з поліпшення умов та охорони праці на підприємстві.

Для оцінки результатів заходів з поліпшення умов та охорони праці згідно з методиками, розробленими ВЦНДІОП ВЦРПС та ННДІОП України, запропоновані чотири групи показників:

- зміна стану умов і охорони праці;
- соціальні;

- соціально-економічні;
- економічні.

Зміна стану умов і охорони праці характеризується підвищенням рівня безпеки праці, поліпшенням санітарно-гігієнічних, естетичних, психофізіологічних показників.

Підвищення рівня безпеки праці характеризується збільшенням кількості машин і механізмів, виробничих будівель, приведених у відповідність до вимог стандартів безпеки праці та інших нормативних актів.

Поліпшення санітарно-гігієнічних показників характеризується зменшенням вмісту шкідливих речовин у повітрі, поліпшенням мікроклімату, зниженням рівня шуму та вібрації, поліпшенням освітленості.

Поліпшення психофізіологічних показників характеризується зменшенням фізичних і нервово-психічних навантажень, у тому числі й монотонності праці.

Поліпшення естетичних показників характеризується раціональним компонуванням робочих місць і машин, упорядкуванням приміщень і території, поєднанням кольорових відтінків тощо.

Зміни стану виробничого середовища за факторами оцінюються різницею абсолютних величин до і після запровадження заходів, а також порівнянням відносних показників, що характеризують ступінь відповідності тих чи інших факторів гранично допустимим концентраціям (ГДК), гранично допустимим рівням (ГДР) або заданим.

Комплексна оцінка зміни стану умов праці здійснюється за показниками приросту кількості робочих місць, на яких умови праці приведені у відповідність до нормативних вимог.

Соціальні результати заходів з поліпшення умов і охорони праці визначаються за такими показниками [7]:

- збільшення кількості робочих місць, які відповідають нормативним вимогам (як у комплексі, так і за окремими факторами) та скорочення кількості працюючих у незадовільних умовах праці;
- зниження рівня виробничого травматизму;
- зменшення кількості випадків професійної захворюваності, пов'язаної з незадовільними умовами праці;
- зменшення кількості випадків інвалідності внаслідок травматизму чи професійної захворюваності;
- зменшення плинності кадрів через незадовільні умови праці.

Для оцінки соціальних результатів можуть також використовуватись інші показники (ступені задоволення працею та її престижності тощо) [8].

Показники соціальної та соціально-економічної ефективності розраховуються як відношення величини соціальних або соціально-економічних результатів до витрат, необхідних для їх здійснення.

Економічні результати заходів щодо поліпшення умов і охорони праці виражаються у вигляді

економії за рахунок зменшення збитків унаслідок аварій, нещасних випадків і професійних захворювань як в економіці в цілому, так і на кожному підприємстві.

Вивчаючи економічні аспекти охорони праці, слід ознайомитися з методами оцінки соціальної й економічної ефективності заходів з удосконалення умов та охорони праці [9,10].

Для оцінки соціальної ефективності заходів з удосконалення умов та охорони праці використовуються такі показники:

1. Скорочення кількості робочих місць (ΔK), що не відповідають вимогам нормативних актів щодо безпеки виробництва, розраховується за формулою:

$$\Delta K = \frac{K_1 - K_2}{K_3} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де K_1 , K_2 - кількість робочих місць, що не відповідають вимогам санітарних норм до і після проведення заходів;

K_3 - загальна кількість робочих місць.

2. Скорочення чисельності працівників ($\Delta \text{Ч}$), які працюють в умовах, що не відповідають вимогам санітарних норм, визначається за формулою:

$$\Delta \text{Ч} = \frac{\text{Ч}_1 - \text{Ч}_2}{\text{Ч}_3} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де Ч_1 , Ч_2 - чисельність працівників, які працюють в умовах, що не відповідають санітарним нормам до і після здійснення заходу, чол.;

Ч_3 - річна середньооблікова чисельність працівників, чол.

3. Збільшення кількості машин, механізмів (ΔM) та виробничих приміщень (ΔB), приведених до вимог норм охорони праці, визначається за формулами:

$$\begin{aligned} \Delta M &= \frac{M_1 - M_2}{M} \cdot 100\%, \\ \Delta B &= \frac{B_1 - B_2}{B} \cdot 100\%, \end{aligned} \quad (6)$$

де M_1 , M_2 - кількість машин, механізмів, що не відповідають нормативним вимогам до і після проведення заходу, шт.;

M - загальна кількість машин і механізмів, шт.;

B_1 , B_2 - кількість виробничих приміщень, які не відповідають нормативним вимогам до і після здійснення заходу, шт.;

B - загальна кількість виробничих приміщень, шт.

4. Зменшення коефіцієнта частоти травматизму ($\Delta K_{\text{ч}}$) визначається за формулою:

$$\Delta K_{\text{ч}} = \frac{N_1 - N_2}{\text{Ч}_3} \cdot 1000, \quad (7)$$

де N_1, N_2 — кількість випадків травматизму відповідно до і після проведення заходу;

\mathcal{C}_3 — річна середньооблікова чисельність працівників, чол.

5. Зменшення коефіцієнта тяжкості травматизму (ΔK_T) розраховується за формулою:

$$\Delta K_T = \frac{D_1}{N_1} - \frac{D_2}{N_2}, \quad (8)$$

де D_1, D_2 - кількість днів непрацездатності через травматизм відповідно до і після здійснення заходу.

6. Зменшення коефіцієнта частоти професійної захворюваності через незадовільні умови:

$$\Delta K_3 = \frac{3_1 - 3_2}{\mathcal{C}_3} \cdot 100, \quad (9)$$

де $3_1, 3_2$ - кількість випадків професійних захворювань відповідно до і після проведення заходу.

7. Зменшення коефіцієнта тяжкості захворювання:

$$\Delta K_{3T} = \frac{D_{31}}{N_{31}} - \frac{D_{32}}{N_{32}}, \quad (10)$$

де D_{31}, D_{32} - кількість днів тимчасової непрацездатності через хвороби відповідно до проведення заходу і після проведення;

N_{31}, N_{32} - кількість випадків захворювання відповідно до і після заходу.

8. Зменшення кількості випадків виходу на інвалідність внаслідок травматизму чи професійної захворюваності:

$$\Delta \mathcal{C}_i = \frac{\mathcal{C}_{i1} - \mathcal{C}_{i2}}{\mathcal{C}_3} \cdot 100, \quad (11)$$

де $\mathcal{C}_{i1}, \mathcal{C}_{i2}$ - чисельність працівників, що стали інвалідами до і після заходу, чол.

9. Скорочення плинності кадрів через незадовільні умови праці:

$$\Delta \mathcal{C}_\Pi = \frac{\mathcal{C}_{\Pi 1} - \mathcal{C}_{\Pi 2}}{\mathcal{C}_3} \cdot 100, \quad (12)$$

де $\mathcal{C}_{\Pi 1}, \mathcal{C}_{\Pi 2}$ - кількість працівників, що звільнилися за власним бажанням через незадовільні умови праці відповідно до і після здійснення заходу, чол.

Річна економія підприємства від поліпшення безпеки праці (табл. 1) складається з:

- економії від зменшення професійної захворюваності;

- економії від зменшення випадків травматизму;

- економії від зниження плинності кадрів;

- економії від скорочення пільг і компенсацій за роботу в несприятливих умовах.

Таблиця 1

Структура річної економії підприємства від поліпшення безпеки праці

Найменування груп показників економії	Складові річної економії
Економія від зменшення професійної захворюваності	заробітної плати; за рахунок зменшення собівартості продукції; коштів за рахунок зменшення виплат по тимчасовій непрацездатності
Економія від зменшення випадків травматизму	заробітної плати; за рахунок зменшення собівартості продукції; коштів за рахунок зменшення виплат по тимчасовій непрацездатності
Економія від зниження плинності кадрів	за рахунок зменшення собівартості продукції; збільшення прибутку; у витратах на підготовку кадрів
Економія від скорочення пільг і компенс. за роботу в несприятл. умовах	заробітної плати; витрат на лікувально-профілактичне харчування; витрат на безкоштовне одержання молока або інших рівноцінних харчових продуктів

Розрахунок економії від зменшення рівня захворюваності чи травматизму здійснюється в такій послідовності:

1. Скорочення витрат робочого часу за рахунок зменшення рівня захворюваності (аналогічно для травматизму) за певний час ΔD визначається за формулою:

$$\Delta D = \frac{D_1 - D_2}{100} \cdot \mathcal{C}_3, \quad (13)$$

де D_1, D_2 - кількість днів непрацездатності через хвороби чи травми на 100 працюючих відповідно до і після проведення заходів;

\mathcal{C}_3 - річна середньооблікова чисельність працівників, чол.

2. Зростання продуктивності праці:

$$\Delta W = \frac{\Delta D \cdot 3_v}{P_\Pi}, \quad (14)$$

де 3_v - вартість виробленої продукції за зміну на одного працівника промислово-виробничого персоналу;

P_Π - вартість річної товарної продукції підприємства.

3. Річна економія зарплати за рахунок зростання продуктивності праці при зменшенні рівня захворюваності і травматизму:

$$E_3 = \frac{\Delta W \cdot 3_p}{100} \cdot \mathcal{C}_{cp}, \quad (15)$$

де \mathcal{C}_{cp} - середньорічна чисельність промислово-виробничого персоналу;

3_p - середньорічна заробітна плата одного працівника з відррахуваннями на соцстрахування.

4. Річна економія на собівартості продукції за рахунок зменшення умовно-постійних витрат:

$$E_c = \frac{Y \cdot \text{ДД} \cdot Z_b}{P_n}, \quad (16)$$

де Y - умовно-постійні витрати у виробничій собівартості річного обсягу товарної продукції.

5. Економія за рахунок зменшення коштів на виплату допомоги по тимчасовій непрацездатності:

$$E_{cc} = \Delta D \cdot P_d, \quad (17)$$

де P_d - середньоденна сума допомоги по тимчасовій непрацездатності.

6. Річна економія за рахунок зменшення рівня захворюваності:

$$E_{pz} = E_z + E_c + E_{cc}. \quad (18)$$

Стимулювання заходів з охорони праці здійснюється згідно з розділом IV «Стимулювання охорони праці» Закону України «Про охорону праці».

Так, ст. 29 «Економічне стимулювання охорони праці» визначає, що до працівників підприємств можуть застосовуватися будь-які заохочення за активну участь та ініціативу у здійсненні заходів щодо підвищення безпеки та поліпшення умов праці.

Види заохочень визначаються колективним договором (угодою, трудовим договором). Порядок пільгового оподаткування коштів, спрямованих на заходи щодо охорони праці, визначається чинним законодавством про оподаткування. Економічне стимулювання націлене на посилення діяльності та зацікавленості підприємств у поліпшенні умов праці на робочих місцях, а також підвищення економічної відповідальності власників (адміністрації) підприємств за шкоду, заподіяну несприятливими умовами праці [11].

Висновки. Таким чином, можна зробити висновки про те, що поліпшенню умов праці сприяють такі заходи: податкові пільги на засоби, спрямовані на оздоровлення умов праці; диференціювання страхових внесків залежно від частоти і важкості травматизму і професійних захворювань; вживання санкцій за бездіяльність власників щодо поліпшення умов охорони праці.

Література

1. Меры безопасности при работе рельсового транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dnop.kiev.ua/>
2. Roman, Monica: The efficiency analysis applied for the evaluation of labour market policies: Study case for Romania / Monica, Roman // Published in: Revista Romana de Statistica, – Vol. 6, No. 11. – 2008. P. 58-78.
3. Гогіташвілі Г.Г. Системи управління охороною праці / Г.Г. Гогіташвілі // Л.: Афіша. – 2002. – 320 с.

4. Encyclopaedia of occupational health and safety // 4th edition. – edited by Jeanne Mager Stellman. – 4 Vols. – Geneva. – 1998.
5. Alli, Benjamin O. Fundamental principles of occupational health and safety / Benjamin O. Alli // International Labour Office. – Geneva. – 2001.
6. Закон України «Про охорону праці» (Відомості Верховної Ради України), - 1992. - №49. - ст. 668.
7. Technical and ethical guidelines for workers. health surveillance // Occupational Safety and Health Series. – No.72. – Geneva. – 1999.
8. Weeks J.L. A public health approach to preventing occupational diseases and injuries. Preventing Occupational Disease and Injury / J.L. Weeks, G.R. Wagner, K.M. Rest, B.S. Levy // Second Edition ed. – Washington, DC: American Public Health Association. – 2005. – P.11-37.
9. Work-related injuries experienced by young workers in Australia 2009–10 // Canberra. – 2013. – 65 p.
10. Owner's Manual - Containing Installation, Operation and Maintenance Instructions // Original installation instructions in accordance with ECMachinery Directive 2006/42/EC. – Version 01. – Press proof 23.02.2010.
11. Загальна документація, що регулює організаційні функції з охорони праці при створенні підприємства та в процесі його діяльності // Охорона праці. – 2006. – № 1. – С. 4-18.

References

1. Mery bezopasnosti pri rablote rel'sovogo transporta [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.dnop.kiev.ua/>
2. Roman, Monica: The efficiency analysis applied for the evaluation of labour market policies: Study case for Romania / Monica, Roman // Published in: Revista Romana de Statistica, – Vol. 6, No. 11. – 2008. P. 58-78.
3. Gogitashvili G.G. Sistemi upravlinnya ohoronoyu praci / G.G. Gogitashvili // L.: Afisha. – 2002. – 320 s.
4. Encyclopaedia of occupational health and safety // 4th edition. – edited by Jeanne Mager Stellman. – 4 Vols. – Geneva. – 1998.
5. Alli, Benjamin O. Fundamental principles of occupational health and safety / Benjamin O. Alli // International Labour Office. – Geneva. – 2001.
6. Zakon Ukraini «Pro ohoronu praci» (Vidomosti Verhovnoi Radi Ukraini), - 1992. - №49. - st. 668.
7. Technical and ethical guidelines for workers. health surveillance // Occupational Safety and Health Series. – No.72. – Geneva. – 1999.
8. Weeks J.L. A public health approach to preventing occupational diseases and injuries. Preventing Occupational Disease and Injury / J.L. Weeks, G.R. Wagner, K.M. Rest, B.S. Levy // Second Edition ed. – Washington, DC: American Public Health Association. – 2005. – P.11-37.
9. Work-related injuries experienced by young workers in Australia 2009–10 // Canberra. – 2013. – 65 p.
10. Owner's Manual - Containing Installation, Operation and Maintenance Instructions // Original installation instructions in accordance with ECMachinery Directive 2006/42/EC. – Version 01. – Press proof 23.02.2010.
11. Zagal'na dokumentaciya, shcho reguluyue organizacijni funkci z ohoroni praci pri stvorenni pidpriemstva ta v procesi jogo diyal'nosti // Ohorona praci. – 2006. – № 1. – S. 4-18.

Анисимова Т.И., Андрианова А.А., Андрианов В.С. Исследование методов анализа экономической эффективности мероприятий по охране труда при выполнении монтажных работ.

В статье проведен анализ методов экономической эффективности мероприятий по охране труда при выполнении монтажных работ. Указаны статистические данные уровня травматизма в Украине. Проведено исследование причин высокого уровня травматизма в стране, в связи со сложной экономической и политической ситуацией. Также рассмотрены основные подходы по улучшению условий и охраны труда на предприятии, с учетом затрат на их реализацию. Проведен анализ методики расчета экономии от уменьшения уровня заболеваемости или травматизма осуществляется в указанной в статье последовательности, обусловлено основные причины затрат на предприятиях, связанные с безопасностью труда. Предоставлена методика расчета затрат на осуществление мероприятий по улучшению условий и охраны труда и показателей эффективности затрат предприятия на мероприятия по охране труда при выполнении монтажных работ.

Ключевые слова: охрана труда, монтажные работы, травматизм, эффективность мероприятий.

Anisimova T.I., Andrianov A.A., Andrianov V.S. Investigation of methods for the analysis of economic efficiency of measures on protection of labor when performing installation work.

In the article the analysis of methods of economic efficiency of measures on labor protection at the implementation research Institute installation works. Includes statistical data of injuries in Ukraine. Conducted research study of the reasons for the high injury rate in the country, due to the difficult economic and political situation. Also considered are the main approaches for improvement of conditions and labour protection at the enterprise, taking into account their costs. The analysis of the methodology for calculating the savings from reducing the level or incidence of injuries is carried out in said article in sequence, due to the main causes of overspending in enterprises, security-related labor. Given the method of calculation of costs for implementation of measures for improvement of conditions and labour safety and cost effectiveness, for enterprises on the protection of labor when performing installation work.

Keywords: labor protection, installation work, injuries, performance of activities.

Анісімова Т.І. – ст. викл., в.о. зав. кафедри «Охорона праці» СХУ ім. В. Даля.

Андріанова О.О. – ст. викл. кафедри «Охорона праці» СХУ ім. В. Даля., e-mail: Sashandrianova@mail.ru

Андріанов В.С. – аспірант кафедри «Охорона праці» СХУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 20.03.2016

УДК 669.018/629.4.027

ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИТИХ НАДРЕСОРНИХ БАЛОК ТА БОКОВИХ РАМ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Багров О.М.

THE EVALUATION OF MANUFACTURING ACCURACY OF CAST BOLSTER AND SIDE FRAME PRODUCTION FOR FREIGHT CAR BOGIES

Bahrov O.M.

Показником високого рівня технології виробництва є виготовлення литих деталей з мінімальними відхиленнями товщини стінок та ребер. В статті розглянуто методи вимірювання окремих показників литих надресорних балок і бокових рам візків вантажних вагонів та викладена методика визначення запасу технологічної точності з метою оцінки технологічної точності їх виготовлення, що дозволяє своєчасно коригувати технологічний процес виготовлення деталей. При викладенні методів враховуються вимоги чинних нормативних документів на продукцію, а також специфіка та характер виробництва.

Ключові слова: балка надресорна, рама бокова, точність виливків, вимірювання товщини, технологічна точність.

Постановка проблеми. Одним із показників, які характеризують дотримання рівня технологічної точності виготовлення литих надресорних балок та бокових рам візків вантажних вагонів, є граничне відхилення товщини стінок та ребер литих деталей. З метою підтвердження стабільності технології виготовлення виконується оцінка технологічної точності виготовлення литих деталей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення якості литих деталей в своїх роботах висвітлюють такі вчені як Моргунов В.М. [1], Титов М.Д., Степанов Ю.О. [2, 3], Трухов О.П., Сорокін Ю.О., Ершов М.Ю. [4] та ін. Однак, в силу складності продукції, що виготовляється можуть виникати розкиди в розмірах. Своєчасний контроль розмірів деталі дозволяє коригувати технологію виготовлення з метою отримання стабільного результату.

Метою роботи є викладення методики проведення вимірювань товщини стінок та ребер литих деталей та подальшої обробки результатів з метою визначення технологічної точності.

Викладення основного матеріалу. У зв'язку з тим, що вантажні вагони курсують в межах єдиного залізничного простору країн СНД, відносно надре-

сорних балок та бокових рам їх візків одночасно діють вимоги принаймні нормативних документів (НД) України та Росії.

Визначення цього показника вимагає чинний в Україні ДСТУ 7570:2014 „Візки вантажних вагонів. Деталі литі. Загальні технічні умови” [5], а також чинний на цю продукцію в Росії ГОСТ 32400-2013 „Рама боковая и балка наддресорная литые тележек железнодорожных вагонов. Технические условия” [6].

Вимоги щодо позначення точності виливків у кресленнях, контролю точності виливків, допусків розмірів тощо встановлені чинним в Україні ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку» [7], а також чинним в Росії ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку» [8].

Відповідно до вимог ГОСТ 26645-85 [7] та ГОСТ Р 53464-2009 [8] норми точності виливка зазначають в технічних вимогах креслення виливка або деталі, на якому зазначені розміри балки або рами. Їх наводять у наступному порядку: клас розмірної точності, ступінь короблення, ступінь точності поверхонь, клас точності маси та допуск зміщення виливка. Ненормовані показники точності виливків замінюють нулями, а позначення зміщення виливків не зазначають.

Відповідність виливків класу розмірної точності, що заданий, визначають за розміром, що задається з класом точності із найбільшим відхиленням від класу, що заданий для нього.

Сталеливарні підприємства, що виготовляють литі надресорні балки та бокові рами візків вантажних вагонів, контролюють товщини стінок та ребер литих надресорних балок та бокових рам візків вантажних вагонів, як правило, один раз в місяць, під час проведення періодичних або типових випро-

бувань на зразках балки та рами, які були піддані випробуванням граничним вертикальним навантаженням до втрати несучої спроможності.

Після руйнування зразки розрізають стрічковою пилою на окремі частини по перерізам згідно із затвердженою схемою.

Товщини стінок та ребер литих деталей перевіряють в контрольних точках за допомогою універсальних засобів вимірювальної техніки (штангенциркулів тощо). Результати вимірювань записують у таблицю розмірів стінок литих деталей та порівнюють із розмірами за креслеником литої деталі з урахуванням допуску згідно з ГОСТ 26645-85 [7] та ГОСТ Р 53464-2009 [8] для прийняття рішення про відповідність параметра вимогам кресленика.

Наприклад: в технічних вимогах кресленика 100.00.002-4 «Рама бокова» зазначено: «Точність вилівка 11-0-0-13т. Дозволяється встановлювати верхнє граничне відхилення товщин стінок та ребер, що не обробляються, за класом точності 13т».

Це означає, що на розмір 20 мм згідно з ГОСТ 26645-85 [7] та ГОСТ Р 53464-2009 [8] нижнє граничне відхилення за класом точності 11 складає мінус 1,6 мм, верхнє граничне відхилення за класом точності 13т складає 5 мм, а для розміру 32 мм нижнє граничне відхилення за класом точності 11 складає мінус 1,8 мм, верхнє граничне відхилення за класом точності 13т складає 5,6 мм.

Якщо під час вимірювань розміру 20 мм фактичний результат склав 20,3 мм, а при вимірюванні розміру 32 мм отримали 33,2 мм, то приймають рішення, що лита деталь за цими розмірами відповідає вимогам кресленика.

У зв'язку з тим, що зони контролювання встановлюються нормативною документацією, зокрема Т 06.08 «Нормативи виробнично-технічного призначення сталевих литих деталей двовісних візків вантажних вагонів залізниць колії 1520 мм. Балка надресорна і рама бокова. Технічні вимоги» [9], контролювання інших зон виконують за рішенням та інструкцією підприємства-виробника.

Варіант схеми розрізання бокової рами та таблиці розмірів стінок литих деталей наведений на рисунку 1.

Варіант схеми розрізання надресорної балки та таблиці розмірів стінок литих деталей наведений на рисунку 2.

Але вимірювання товщини стінок та ребер литих деталей в контрольних точках за допомогою штангенциркулів не дозволяє отримати повну інформацію про товщини стінок та ребер литих деталей в місцях з обмеженим доступом.

Для вимірювання товщини стінок та ребер литих деталей доцільно також використовувати ультразвукові товщиноміри наприклад моделей УТ-31, Булат-1S. Ці моделі дозволяють зберігати в пам'яті результати вимірювань з подальшим переглядом на ПЕОМ, що дає можливість автоматизувати обробку та аналіз інформації. Основні технічні характеристики товщиномірів вказано в таблиці 1.

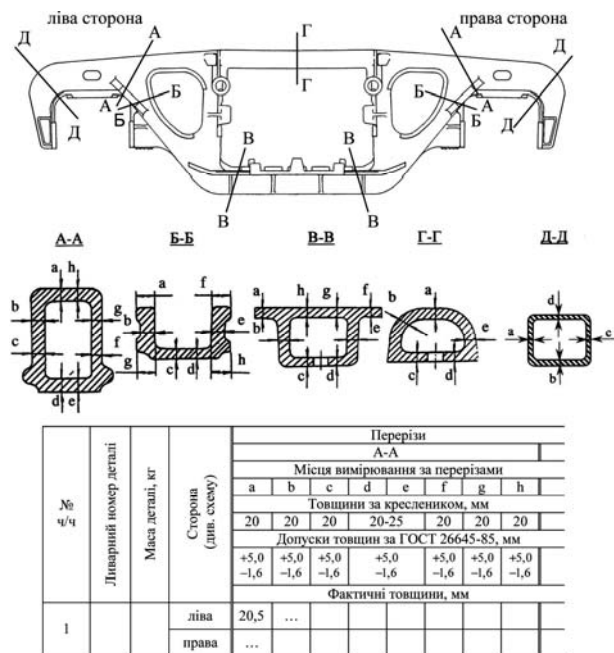


Рис. 1. Схема розрізання бокової рами із таблицею розмірів

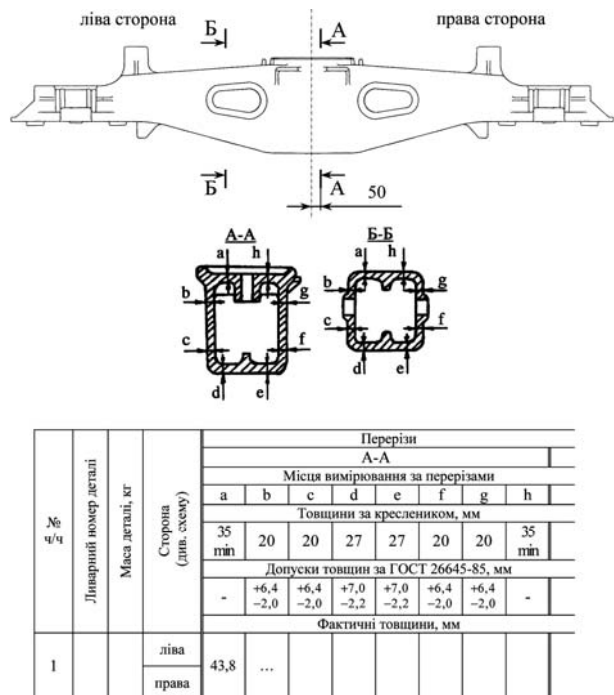


Рис. 2. Схема розрізання надресорної балки із таблицею розмірів

Таблиця 1
Основні технічні характеристики товщиномірів

Характеристики товщиноміра	Булат-1S	УТ-31
Діапазон товщин (залежить від типу перетворювача), що вимірюються, мм	0,8-200	1-75
Границя допустимого значення основної похибки, мм, не більше	$t \leq \pm(0,1T + 0,05)$	
Час встановлення показників на індикаторі з моменту акустичного контакту перетворювача з виробом, с	0,5	
Кількість результатів вимірювань, що зберігаються в пам'яті	1000	4000
Вимоги до якості поверхні товщин (залежить від типу перетворювача), шорсткість, R_z , не більше	200	
Габарити, мм	160×87×30	132×82×22

Перед застосуванням товщиноміра, якщо необхідно, треба підготувати поверхню, а саме видалити бруд, фарбу, окалину та досягнути необхідної шорсткості у відповідності до ГОСТ 2789-73 «Шероховатість поверхності. Параметри і характеристики» [10]. Під час проведення вимірювань необхідно дотримуватись певної схеми для спрощення подальшої обробки результатів. Після вимірювань результати завантажують в комп'ютер та обробляють.

У зв'язку з тим, що литво має неоднорідну структуру, та в контрольних точках можлива поява ливарних дефектів, вимірювання доцільно проводити не менше трьох разів з визначенням похибки вимірювання.

Переваги методу вимірювання товщини стінок та ребер литих деталей за допомогою ультразвукового товщиноміра:

- дозволяє контролювати товщини стінок та ребер литих надресорних балок та бокових рам візків без руйнування об'єктів вимірювання;
- дозволяє, на підставі даних про товщини стінок, робити висновки про можливий знос та пошкодження моделей;
- дозволяє визначати помилки виготовлення та установки стержнів, оперативно впливати на удосконалення технології виготовлення литих деталей;
- у поєднанні з традиційним методом руйнівного контролю дозволяє отримати найбільш повну інформацію про товщини стінок та ребер литих деталей в місцях з обмеженим доступом для вимірювання універсальними засобами вимірювальної техніки;
- дозволяє отримати значну кількість статистичних даних для оцінки якості продукції та стабільності технології її виготовлення;
- в цілому сприяє зменшенню економічних витрат під час виготовлення невеликих партій литих деталей, особливо на початковій стадії освоєння технології виготовлення литих деталей.

Відповідно до вимог НД підприємство-виробник окрім інших технологічних інструкцій повинно мати узгоджену у встановленому порядку з Укрзалізницею (УЗ) технологічну інструкцію «Контроль товщини стінок литих рам та балок при приймально-здавальних випробуваннях».

Тому під час розробки або перегляду цієї інструкції доцільно приділити увагу методу вимірювання товщини стінок та ребер литих деталей за допомогою ультразвукового товщиноміра.

Фактичні результати вимірювань порівнюють із розмірами за креслениками литих деталей, з урахуванням допусків згідно з ГОСТ 26645-85 [7] та ГОСТ Р 53464-2009 [8] і використовують для оцінки технологічної точності.

Оцінку технологічної точності виготовлення литих надресорних балок та бокових рам візків вантажних вагонів за показником товщини стінок та ребер литих деталей можна виконувати також із застосуванням запасу технологічної точності виготовлення, характеристики, що рекомендована ДСТУ 3414-96 «Система сертифікації УкрСЕПРО. Атестація виробництва. Порядок проведення» [11].

Під час обробки результатів виключаються результати вимірювань, що відрізняються від середнього значення показника більше, ніж на 5 %.

За фактичне значення показника приймають середньоарифметичне значення результатів вимірювань.

Розрахунок середньоарифметичного значення результатів вимірювань параметрів B_j , виконують за формулою (1).

$$\bar{B}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{ij}, \quad (1)$$

де e_{ij} – i -й результат вимірювання j -го параметру;
 n – кількість вимірювань.

Відносну похибку i -го вимірювання j -го параметру (δ_{ij} , %) розраховують за формулою (2).

$$\delta_{ij} = \frac{e_{ij} - \bar{B}_j}{\bar{B}_j} \cdot 100 \quad (2)$$

Відносну похибку вимірювання j -го параметру (δ_j , %) розраховують за формулою (3).

$$\delta_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{ij} \quad (3)$$

Відносну похибку результатів випробувань з метою визначення j -го параметру (δ_j^e , %) розраховують за формулою (4).

$$\delta_j^e = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \delta_i^2}, \quad (4)$$

де δ_i – границя i -й похибки визначення параметра (δ_1 – відносна похибка методу вимірювання параметру, δ_2 – відносна похибка засобу вимірювальної техніки, що використовується для вимірювання параметру, ..., δ_m – похибка оператора);

k – коефіцієнт, що визначається прийнятою довірчою імовірністю.

Якщо довірчу імовірність приймають рівною 0,95, то $k = 1,1$.

Після, розрахунків (обробки) та аналізу результати випробувань оформлюють у вигляді таблиць протоколу випробувань.

Граничний рівень дефектності продукції оцінюють внаслідок статистичного аналізу результатів випробувань продукції як ймовірність виходу параметру за границі допуску для показників (характеристик), що мають кількісні дані. Для показників, контроль яких здійснюють за альтернативною ознакою, рівень дефектності оцінюють як частку негативних результатів випробувань за певний період.

Граничний рівень дефектності (P_j , %) продукції (частка дефектної продукції) за j -м параметром оцінюють за формулою (5).

$$P = \frac{n'}{n} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де n' – кількість результатів визначення j -го показника продукції, що виходять за границі допуску для j -го показника (за певний час спостережень);
 n – загальна кількість спостережень j -го показника за певний час.

Рекомендований граничний рівень дефектності (P , %) продукції (частка дефектної продукції) за j -м параметром не повинен перевищувати 5 %, якщо інше значення не встановлено вимогами технічної документації на продукцію.

Запас технологічної точності (S) оцінюють тільки для показників продукції, що контролюють методами вибіркового контролю.

Середнє арифметичне значення (\bar{A}) показника (характеристики) оцінюють статистичними методами за результатами спостережень показника в репрезентативній вибірці продукції, вилученої з виробництва або виготовленої спеціально. Розрахунок \bar{A} виконують за формулою (6).

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad (6)$$

де x_i – i -е значення показника продукції;
 n – кількість спостережень показника.

Середнє квадратичне відхилення (σ) показника (характеристики) розраховують за формулою (7).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{A})^2}{n-1}}. \quad (7)$$

Запас технологічної точності (S) оцінюють як відношення абсолютного значення різниці між граничним (x_{cp}) і середнім значенням (\bar{A}) показника (характеристики) до середнього квадратичного відхилення (σ). Як правило, запас технологічної точності (S) виражають в частках середнього квадратичного відхилення. Розрахунок S виконують за формулою (8).

$$S = \left| \frac{x_{cp} - \bar{A}}{\sigma} \right|. \quad (8)$$

За рекомендаціями ДСТУ 3414-96 [11], під час вибіркового контролю показника, критерієм для оцінки технологічної точності є умова:

$$S \geq 2\sigma, \quad (9)$$

якщо має місце виконання умови, роблять висновок про забезпечення стабільності технології деталей.

Висновок. Таким чином, якщо, зазначена умова не виконується, це свідчить про нестабільність технологічного процесу, при цьому необхідно приймати рішення о спостереженні і глибокому аналізі для виявлення причин, що викликали нестабільність.

Література

1. Моргунов В.Н. Основы конструирования отливок. Параметры точности и припуски на механическую обработку: Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 164 с.: 21 ил., 39 табл., библиогр. 23 назв.
2. Титов Н. Д., Степанов Ю. А. Технологий литейного производства. М., «Машиностроение», 1974, 472 с.
3. Титов Н. Д., Степанов Ю. А. Технология литейного производства. Учебник для машиностроительных техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 400 с.
4. Технология литейного производства: Литье в песчаные формы: Учебник для студ. высш. учеб. заведений/ А.П. Трухов., Ю.А. Сорокин., М.Ю. Ершов и др.; Под ред. А.П. Трухова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 528 с.
5. ДСТУ 7570:2014 «Візки вантажних вагонів. Деталі литі. Загальні технічні умови»
6. ГОСТ 32400-2013 «Рама боковая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных вагонов. Технические условия»
7. ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»
8. ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»
9. Т 06.08 «Нормативи виробнично-технічного призначення сталевих литих деталей двовісних візків вантажних вагонів залізниць колії 1520 мм. Балка надрессор-

на і рама бокова. Технічні вимоги»

10. ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики»
11. ДСТУ 3414-96 «Система сертифікації УкрСЕПРО. Атестація виробництва. Порядок проведення»

References

1. Morgunov O.V. The basis of foundry formation. The accuracy parameters and machining allowance.- Penza, 2004. -164 p.:21 draw., 39 tab., ref.list 23 titles.
2. Titov N.D. Stepanov Y. A. Foundry production technologies. M., "Mashinostroeniye",1974, 472p.
3. Titov N.D. Stepanov Y. A. Foundry production technologies. The guide-book for engineering technical school. M., "Mashinostroeniye",1985. 400p.
4. Foundry production technologies: Foundry in sand mold: The guide-book for students of high educational establishments. M.: Publishing centre "Academiya", 2005. 528 p.
5. DSTU 7570:2014 "The freight car bogies. Molded pieces. General specifications"
6. GOST 32400-2013 "Molded side frame and bolster beam of bogies for railway freight wagons. Specifications"
7. GOST 26645-85 "Metal and alloy foundry. Dimensions and mass tolerances and machining allowances"
8. GOST R 53464-2009 "Metal and alloy foundry. Dimensions and mass tolerances and machining allowances"
9. Т 06.08 "Limits of technical assignments of steel molded pieces for freight car two-axles bogies of the gauge width 1520 mm. Bolster and side frame. Specification"
10. GOST 2789-73 "Surface roughness. Parameters and characteristics"
11. DSTU 3414 -96 "Certification system for Ukrainian certification of products. Attestation of production. Procedure of realization."

Багров А.Н. Оценка технологической точности изготовления литых наддрессорных балок и боковых рам тележек грузовых вагонов.

Показателем высокого уровня технологии производства является изготовление литых деталей с минимальными отклонениями толщины стенок и ребер. В статье рассмотрены методы измерения отдельных показателей

литых наддрессорных балок и боковых рам тележек грузовых вагонов и изложена методика определения запаса технологической точности для оценки технологической точности их изготовления, что позволяет своевременно корректировать технологический процесс изготовления деталей. При изложении методов учитываются требования действующих нормативных документов на продукцию, а также специфика и характер производства.

Ключевые слова: балка наддрессорная, рама боковая, точность отливок, измерения толщины, технологическая точность.

Bahrov O.M. The evaluation of manufacturing accuracy of cast bolster and side frame production for freight car bogies

The high level indicator of production technology is the production of molded parts with minimum thickness variations of walls and edges. Determination of these parameters is performed as in the initial stage, during the development of the technology of production as well as for the further periodic control. The article describes methods for measuring individual indicators of freight car bogies molded bolsters and side frames and the determination of the technical accuracy reserve for technical accuracy evaluation in manufacturing process. It allows timely to make adjustments to the technological process of manufacturing parts. The use of modern methods of calculation and control allows to reduce the time required for making decisions. The requirements of the normative documents for products, as well as the specificity and nature of production are taken into account in methods describing.

Keywords: bolster, side frame, foundry formation accuracy, thickness dimension, technical accuracy

Багров Олександр Миколайович – старший науковий співробітник лабораторії наукових та експериментальних досліджень на втому конструкцій залізничної техніки Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування».

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

Стаття подана 24.03.2016

УДК 656.025.2

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Бандрівський П.П., Федунь Т.І., Баб'як М.О.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT METHODS OF PROGNOSTICATION OF PASSENGER TRANSPORTATION BY RAILWAY TRANSPORT

Bandrivskyi P., Fedun T., Babyak M.

У роботі розглянуто математичні методи прогнозування пасажирських перевезень, проаналізовано зміну точності прогнозування в нормальних умовах та під впливом зовнішніх факторів, проведено порівняння методів та висвітлено їх переваги та недоліки.

Ключові слова : методи прогнозування, залоз - нодорожний транспорт, планування, пасажирські перевезення.

Актуальність проблеми. Низький рівень точності прогнозування пасажирських перевезень.

Мета роботи. Визначення оптимальних методів прогнозування перевезення пасажирів на залізничному транспорті

Об'єкт досліджень: прогнозування перевезень пасажирів.

Предмет досліджень: методи прогнозування.

Майбутня політична і економічна інтеграція України у Європейське співтовариство вимагає від нашої країни суттєвих змін у транспортно-дорожньому комплексі. Особливо це стосується пасажирських перевезень. Розвиток цієї галузі відіграє важливу роль в удосконаленні організації виробництва, задоволенні потреб населення в перевезеннях, розвитку міжнародних зв'язків і інтегральних процесів. Це викликало необхідність збільшення точності виробництва, що спрямоване на задоволення зростаючих потреб населення у перевезеннях.

Для порівняння і оцінки методів прогнозування перевезень було обрано два методи досліджень: перший – метод екстраполяції, і другий – метод лінійного регресії.

Мета прогнозування за методом екстраполяції – показати, до яких результатів можна дійти в майбутньому, якщо рухатися до нього з тією самою швидкістю або прискоренням, що й у минулому.

Розрізняють формальну і прогнозу екстраполяцію. Формальна базується на передбаченні збереження в майбутньому минулих і теперішніх тенденцій розвитку об'єкта прогнозу. При прогнозній екстраполяції фактичний розвиток пов'язаний з гіпотезами про динаміку процесу, що вивчається, з урахуванням зміни впливу різних факторів у перспективі.

Методи екстраполяції є найбільш поширеними і розробленими. Основу екстраполяційних методів прогнозування складає вивчення динамічних рядів. Динамічний ряд – це безліч спостережень, проведених послідовно в часі (табл.1).

Таблиця 1
Обсяг перевезення пасажирів за 2009-2013 рр, млн.пас

Рік	Період року	Перевезено пасажирів, млн.	
		N (по періодах)	N (за рік)
2009	січень-червень	213,2	425,9
	липень- грудень	212,7	
2010	січень-червень	211,5	426,6
	липень- грудень	215,1	
2011	січень-червень	213,1	430,1
	липень- грудень	217,0	
2012	січень-червень	214,0	429,6
	липень- грудень	215,6	
2013	січень-червень	211,5	425,4
	липень- грудень	213,9	

Тенденція, що описана функцією в часі, називається трендом. Тренд – це тривала тенденція зміни економічних показників. Функція являє собою найпростішу математико-статистичну (трендову) модель вивченого об'єкта.

Прогноз визначає очікувані варіанти економічного розвитку виходячи з гіпотези, що основні фактори і тенденції минулого періоду зберуться на період прогнозу, що можна обґрунтувати, і врахувати напрямок їхніх змін у розглянутій перспективі. Подібна гіпотеза висувається, виходячи з часткової інертності економічних явищ і процесів. Яка спостерігається і у наших дослідженнях за 2009-2013рр., що підкреслює правильність напрямку нашої роботи.

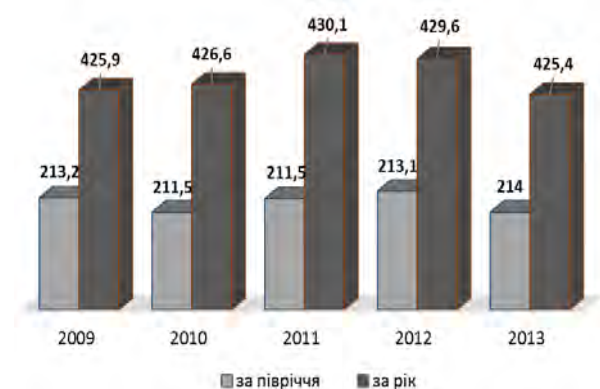


Рис. 1 Динаміка перевезень пасажирів за 2009-2013 рр, млн.пас

За статистичними даними обсягів перевезень пасажирів за 2009-2013 рр (табл. 1), знаходимо максимальне (N_{\max}) та мінімальне (N_{\min}) значення кількості перевезень мільйонів пасажирів, відповідно: $N_{\max} = 430,1$ $N_{\min} = 425,4$ млн. пас. Середнє значення перевезення пасажирів ($N_{\text{сер}}$) обчислюється за формулою:

$$N_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^5 N_i}{5}$$

Отримавши значення $N_{\text{сер}} = 427,52$, млн. пас. розраховується різниця максимального (Δ_1), та мінімального (Δ_2) від середнього ($N_{\text{сер}}$), та різниця максимального і мінімального значень (Δ_3) за формулами наведеними нижче (млн. пас.):

$$\Delta_1 = N_{\max} - N_{\text{сер}} = 2,58$$

$$\Delta_2 = N_{\text{сер}} - N_{\min} = 2,12$$

$$\Delta_3 = N_{\max} - N_{\min} = 4,7$$

Отримавши їх значення, наступним кроком є знаходження відхилення мінімального (δ_1) та максимального (δ_2) значень від середнього:

$$\delta_1 = \frac{N_{\text{сер}} \cdot 100\%}{N_{\min}} - 100\%$$

$$\delta_2 = \frac{N_{\text{сер}} \cdot 100\%}{N_{\max}} - 100\%$$

Визначивши відхилення мінімального $\delta_1 = 0,498\%$ та максимального $\delta_2 = 0,599\%$

значення від середнього найбільше $\delta_{1-2} = 0,599\%$.

Тобто можна вважати, що наступного року кількість перевезень пасажирів буде складати $427,5 \pm 0,599\%$.

З вище наведених міркувань можна вважати, що похибка даного методу складає 0,599%, крім того потрібно врахувати при прогнозуванні, що раз на чотири роки вводиться додатковий коефіцієнт $r = 0,27\%$ від похибки через більшу кількість днів у році.

Під час аналізу досліджень перевезень пасажирів методом екстраполяції отримане прогнозоване значення не дало очікуваних результатів. Прогнозована похибка перевищила очікування на 2,4%, що в сумі склало 3%.

Оскільки в Україні за розглянутий період склалася непередбачувана політична ситуація, обсяги пасажирських перевезень зазнали змін, і встановилися на позначці 389,1 млн.пас. Похибка прогнозу становить 9,11%, з яких 6% припадає на АР Крим. Виходячи з цього похибка точності прогнозування пасажирських перевезень становитиме 3,11%

Фактичні перевезення пасажирів в межах АР Крим складає 6% від загальної кількості перевезень пасажирів, його вплив на дані розрахунки не враховували, проте перевезення до Кримського півострова з материка до загальних даних зараховані.

Гіпотеза про використання методу екстраполяції для отримання прогнозування пасажирських перевезень на залізничному транспорті, не підтвердилася, але не була спростована, оскільки метод можна використовувати, якщо його точність (до 3%) задовольняє прогноз, але слід також враховувати, що значення похибки може суттєво збільшуватися при різкій зміні тенденції пасажирських перевезень.

При використанні лінійної регресії взаємозв'язок між даними моделюється за допомогою лінійних функцій, а невідомі параметри моделі оцінюються за вхідними даними.

З метою прогнозування перевезень Y_i запишемо рівняння лінійної регресії перевезень на роки x_i . Це рівняння подаємо у вигляді: $Y_i = \rho x_i + b$. Параметри ρ і b визначимо методом найменших квадратів. Обрано розрахунковий період з 2009-2013 рр. (табл. 2).

Таблиця 2

**Фактичні обсяги перевезень пасажирів
у розрахунковому періоді, млн. пас**

Рік	x_i	y_i
2009	1	425,9
2010	2	426,6
2011	3	430,1
2012	4	429,6
2013	5	425,4

Після проведення елементарних математичних перетворень:

$$F(\rho, b) = \sum_{i=1}^5 (\rho x_i + b - y_i)^2$$

$$\begin{cases} \left(\sum_{i=1}^5 x_i^2 \right) \rho + \left(\sum_{i=1}^5 x_i \right) b = \sum_{i=1}^5 x_i y_i \\ \left(\sum_{i=1}^5 x_i \right) \rho + 5b = \sum_{i=1}^5 y_i \end{cases},$$

отримуємо систему двох лінійних рівнянь відносно ρ і b , що випливає з розв'язку системи наведеної вище.

$$\begin{cases} \rho = \left(5 \sum_{i=1}^5 x_i y_i - \sum_{i=1}^5 x_i \sum_{i=1}^5 y_i \right) / \left(5 \sum_{i=1}^5 x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^5 x_i \right)^2 \right) \\ b = \left(\sum_{i=1}^5 x_i^2 \sum_{i=1}^5 y_i - \sum_{i=1}^5 x_i \sum_{i=1}^5 x_i y_i \right) / \left(5 \sum_{i=1}^5 x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^5 x_i \right)^2 \right) \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \rho = 0,2 \\ b = 426,92 \end{cases}$$

Після проведення всіх розрахунків зводимо результати у таблицю 3, знаходимо похибку отриманих нами значень від реальних.

Остаточне рівняння лінійної регресії:

$$Y_i = 0,2x_i + 426,92.$$

Таблиця 3

**Прогнозовані обсяги пасажирських перевезень
у розрахунковий період**

Рік	x_i	Y_i
2009	1	427,12
2010	2	427,32
2011	3	427,52
2012	4	427,72
2013	5	427,92

Максимальна похибка становить $\pm 0,592\%$, після розрахунку прогнозованого значення на 2014 рік отримуємо $Y_{2014} = 428,12$ млн.пас.

Висновки

Потреби людей у переміщенні, як правило, важко передбачувати, тому прогнозування пасажирських перевезень, є одним з найважливіших та найскладніших завдань на транспорті. Методи екстраполяції та лінійної регресії є доволі успішними для прогнозування відносно стабільних пасажирських перевезень, якщо не враховувати додаткові фактори та обставини. Але при різкій зміні вони дають занадто великі похибки. Використання таких методів може привести до некоректного управління експлуатаційною роботою, що може призвести до збитки.

Тому для дослідження обсягів пасажирських перевезень необхідно проводити не тільки конкретні математичні дослідження в галузі залізничного транспорту, а і оцінювати поведінку потенційних пасажирів. Це може включати в себе: проведення широкомасштабних і поглиблених досліджень пасажирських перевезень та поведінки пасажирів, для вивчення та оцінки нерозкритих факторів впливу на вибір транспортного засобу, що при відповідному використанні суттєво полегшить процеси пов'язані з прогнозуванням пасажирських перевезень.

Література

1. Редченко, К. І. Стратегічний аналіз у бізнесі [Текст]: навчальний посібник / К. І. Редченко. – Л.: Новий Світ-2000, Альтаїр-2002, 2003. – 272 с.
2. Фатхудинов, Р. А. Стратегический менеджмент [Текст]: учебник для вузов / Р. А. Фатхудинов. – М.: ЗАО «Бизнес-школа «Интел-Синтез», 1999. – 416 с.
3. Макаренко, М. В. Стратегічне прогнозування роботи залізничного транспорту [Текст] / М. В. Макаренко // Залізничний трансп. України. – 2004 – № 2. – С. 49-51.
4. Дані Державного комітету статистики [Електронний ресурс] - <http://www.ukrstat.gov.ua/>
5. Дані Укрзалізниці [Електронний ресурс] - <http://uz.gov.ua/>
6. Акуленко А. А., Яновський П. О. Прогноз обсягів вантажних і пасажирських перевезень на перспективу до 2020 року / Акуленко А. А. Яновський П. О. // Залізничний транспорт України – 2009 - № 6 – с. 41-43.
7. Глазков Д. В. Расчет числа и назначения поездов в дальнем и местном сообщении в зависимости от структуры пассажиропотока дис. канд. техн. наук: 05.22.08 / Глазков Дмитрий Владимирович – Москва, 2005, 168с.

References

1. Redchenko, KI Strategic analysis of business [To] tutorial / KI Redchenko. - L.: the New World, 2000, Altair 2002, 2003. - 272 p.
2. Fathudynov RA Stratehichesky management [Text]: Textbook for Universities / RA Fathudynov. - M.: ZAO "Business School" Intel-Synthesis, 1999. - 416p.
3. Makarenko MV strategic forecasting of rail transport [Text] / MV Makarenko // iron. transp. Ukraine. - 2004 - № 2. - P. 49-51.
4. The State Statistics Committee [electronic resource] - <http://www.ukrstat.gov.ua/>
5. Data Ukrzaliznytsia [electronic resource] - <http://uz.gov.ua/>

6. Akulenko AA, Yanovsky PA Pronozobsyahiv freight and passenger traffic in the future 2020 / Akulenko A. Yanovsky PA // Railway Transport of Ukraine -2009 - number 6 - p. 41-43.
7. Glazkov D. Calculation of the number of trains and destinations in the far and local traffic, depending on the structure of the passenger dis. ... Cand. tehn. Sciences: 05.22.08 / Dmitry Glazkov - Moscow, 2005, 168 c

Бандривский П.П., Федунь Т.И., Баб'як Н.А.
Сравнительный анализ различных методов прогнозирования перевозок пассажиров на железнодорожном транспорте

В работе рассмотрены математические методы прогнозирования пассажирских перевозок, проанализированы изменения точности прогнозирования в нормальных условиях и под влиянием внешних факторов, проведено сравнение методов и освещены их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: методы прогнозирования, железнодорожный транспорт, планирование, пассажирские перевозки.

Bandrivskyi P., Fedun T., Babyak M. Comparative analysis different methods of prognostication transportation passengers by railway transport.

The paper considers the mathematical methods of prognostication the passenger transportation, analysis the changes of accuracy under normal conditions, under the influence of external factors, conducts the comparison of methods, and elucidates their advantages and disadvantages.

Keywords: forecasting methods, railway transportation, planning, passenger transportations.

Бандрівський П.П. – студент Львівської філії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Федунь Т.І. - студент Львівської філії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Баб'як М.О. – к.т.н., доц. кафедри Транспортних технологій Львівської філії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

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

Стаття подана 12.03.2016

УДК 656.212

**ТЕРМІНАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ ЯК УМОВА ВПРОВАДЖЕННЯ
ЛОГІСТИЧНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ НА ЗАЛІЗНИЦІ****Барабаш В.В., Шворнікова Г.М., Медведєв Є.П.****TERMINAL COMPLEX AS A IMPLEMENTATION CONDITION
OF INTEGRATED LOGISTICS SYSTEMS FOR RAILWAY****Barabash V., Shvornikova A., Medvedev E.**

В статті розглянуто питання впровадження логістичної комплексної системи для підвищення якості надання логістичних послуг у системі залізничних транспортних перевезень. У роботі зазначено, що перспективним напрямком для України є створення транспортної логістичної системи, що являє собою складний комплекс інфраструктури, транспортних засобів і організацій. Впровадження логістичної комплексної системи на залізниці дозволить виявляти та використовувати господарчо-організаційний резерв на ринку транспортних послуг, встановлювати нові господарські зв'язки, мінімізувати витрати при транспортуванні та час доставки.

Ключові слова: логістика, термінал, термінальний комплекс, логістична система, послуга, якість.

Постановка проблеми. Перед транспортною системою нашої країни стоїть нагальне питання впровадження сучасних, економічно обґрунтованих форм та методів організації надання транспортних послуг з метою інтеграції національної транспортної системи до світової на засадах встановлених міжнародних вимог.

Сучасне поняття транспортування вантажів у нашій країні останнім часом істотно змінилося. Для споживача транспортних послуг сервіс повинен забезпечувати основні логістичні правила, а саме: доставку вантажу належної якості в зручне для нього місце й час із мінімальними витратами. Тому споживачі вибирають такі види транспорту й способи транспортування, які забезпечували б найкращу якість логістичного сервісу. Отже, перспективним напрямком для України є створення транспортної логістичної системи, що являє собою складний комплекс інфраструктури, транспортних засобів і організацій [9].

Залізничний транспорт є провідною галуззю у дорожньо-транспортній системі нашої країни. Його

частка у загальному обсязі перевезень становить 82% переміщення вантажів та 50% переміщення пасажирів, що є досить великим показником для даного виду транспорту. Незважаючи на важкі часи для залізничної галузі та економіки країни в цілому, залізниця має великий потенціал та великі можливості щодо запровадження новітніх технологій, формування єдиної та цілісної системи перевезень. Тому вкрай важливим є забезпечення такої якості логістичного сервісу на залізничному транспорті, щоб залізничні перевезення стали привабливими для споживача транспортних послуг. Важливою складовою та основою для модернізації системи залізничних транспортних перевезень може стати створення та впровадження логістичної комплексної системи (ЛКС).

Логістична комплексна система - це система, елементами якої є матеріальні, фінансові, інформаційні, сервісні потоки, що підлягають змінненню логістичними операціями для забезпечення виконання декількох логістичних функціональних завдань одночасно, та взаємопов'язаних і об'єднаних єдиною системою управління логістичним процесом для реалізації загальної мети та критеріїв ефективності. Вона представляє собою складну структурно-функціональну систему, що організовує та контролює просування всіх вищезазначених потоків на протязі їх життєвого циклу в процесі надання послуг споживачам.

Впровадження логістичної комплексної системи на залізниці дозволить виявляти та використовувати господарчо-організаційний резерв на ринку транспортних послуг, встановлювати нові господарські зв'язки, мінімізувати витрати при транспортуванні та час доставки, більш ефективно реагувати на попит транспортних послуг, перейти від «індустрія-

льної» до «сервісної» економіки підприємства з метою підвищення ефекту корисності, більш повного задоволення потреб клієнтів та підвищення якості послуг, зорієнтованих на споживача.

У зв'язку з тим, що вантажні перевезення складають більшу частку у загальному обсязі перевезень, впровадження комплексної логістичної системи у систему вантажних перевезень є найбільш доцільним.

Однією з основних умов впровадження ЛКС є необхідність створення вантажних терміналів та термінальних комплексів, що на сьогодні має важливе значення у марко- та мікрологістичних системах.

Аналіз досліджень та публікацій. Проблеми розвитку термінальних комплексів та підвищення якості логістичного сервісу на вантажних терміналах розглядали у своїх роботах багато науковців.

С.В. Земблінюк, Б.І. Шафіркін, С.М. Резер, досліджували умови створення, координації та взаємодії різних видів транспорту у термінальних системах перевезень [1, 2, 3]. Організацію перевезень за участю залізничного та автомобільного видів транспорту на підставі системного підходу вивчав Д.В. Ломотько [4]. Л.Б. Миротин велику увагу приділяв практиці функціонування транспортних термінальних комплексів закордоном. Цей вчений на підставі логістичного підходу виділив умови щодо організації, управління та проектування транспортних вузлів та терміналів [5].

Умови функціонування термінальної системи як ресурсозберігаючої технології доставки вантажів досліджував Н.Ю. Шраменко. Науковець обґрунтував перспективні напрями розвитку термінальних систем, визначив комплекс послуг та доцільність їх надання на вантажному терміналі; окреслив функціональне спрямування вантажного терміналу та ін. Він визначив, що впровадження термінальних систем дозволить забезпечити високий рівень сервісного обслуговування клієнтів, врахувати їх вимоги, підвищити ефективність логістичного менеджменту, знизити логістичні витрати [6-9].

Мета дослідження. Метою статті є дослідження питання організації та функціонування вантажних терміналів та термінальних комплексів як однієї з необхідних умов щодо впровадження логістичної комплексної системи на підприємствах залізничного транспорту.

Викладення основного матеріалу. На сучасному етапі розвитку економіка нашої країни вимагає використання сучасних комплексних підходів для формування сучасної транспортної інфраструктури. Важливою умовою у даному напрямку є розвиток та впровадження сучасних терміналів - спеціалізованих підприємств та утворень, яким передаються логістичні операції для більш ефективного їх виконання.

Як організатори термінальних перевезень виступають транспортно-експедиторські фірми або оператори різних видів транспорту, що використо-

вують універсальні чи спеціалізовані термінали та термінальні комплекси. Зокрема, вантажним терміналом є спеціальний комплекс споруд, технічних і технологічних пристроїв, організаційно взаємопов'язаних і призначених для приймання, навантаження-розвантаження, зберігання, сортування, вантажопереробки різних партій вантажу, а також для комерційно-інформаційного обслуговування перевізників, вантажоодержувачів та інших логістичних посередників [10, 12].

Термінальний комплекс – транспортно-розподільчий логістичний центр з широким спектром послуг, що представляє собою комплекс інженерно-технічних споруд із сучасним технологічним обладнанням [9, 13, 15].

Завдання терміналів полягає в забезпеченні єдності транспортного процесу, вантажопереробки і тимчасового складування товарів при передачі вантажів з магістрального транспорту на транспорт підвозу/розвозу вантажів та при інших перевезеннях у комбінованих або змішаних сполученнях.

Термінальні комплекси використовують для раціоналізації системи руху вантажів і товарів, підвищення ефективності функціонування транспортних систем, забезпечення високого рівня транспортно-логістичного сервісу.

Терміналами в сучасній логістичній системі виконуються ряд функцій, які можна об'єднати у чотири основні групи:

1. Забезпечення максимальної ефективності магістральних перевезень, яке передбачає:

- консолідацію вантажопотоків. Розмір партій, які формуються на терміналах, повинен забезпечувати використання на перевезеннях між терміналами транспортних засобів максимальної вантажопідйомності, створюючи ефект масштабу;

- забезпечення швидкої обробки магістральних транспортних засобів. Висока швидкість навантаження і розвантаження в поєднанні з адекватним режимом роботи терміналу (оптимальний варіант - 365 x 7 x 24) повинна зводити до розумного мінімуму простою магістрального транспорту під вантажними операціями.

2. Надання послуг, пов'язаних з транспортуванням, до яких відносяться [14]:

- прийом вантажів від відправників і видача їх одержувачам (у випадках, коли транспортний оператор не забезпечує доставки "від дверей" або "до дверей");

- організація підвезення і розвезення вантажів в зоні терміналу;

- формування транспортних пакетів і контейнеризація вантажів;

- оформлення транспортних та інших супутніх процесу руху вантажу документів;

- короткострокове зберігання та надання завантажених і порожніх контейнерів, напівпричепів та знімних кузовів;

- тимчасове зберігання піддонів та контейнерів;
- підготовка обмінних транспортних одиниць (причепів, напівпричепів, знімних кузовів);
- обслуговування та дрібний ремонт транспортного устаткування тощо.

3. Надання послуг, пов'язаних з процесом товароруху. Такі послуги, часто іменовані *value added services* (послуги, що створюють додану цінність), отримують все більший розвиток у міру інтеграції терміналів в логістичні системи. До них відносяться:

- маркування, упаковка і сортування товарів;
- короткочасне зберігання товарів;
- розподіл товарів в зоні терміналу відповідно до інструкцій клієнта;
- нескладні технологічні операції з товарами (наприклад, складання виробів, що доставляються в частково розібраному стані, передпродажна підготовка тощо).

4. Управління вантажними і транспортними потоками. Ці функції можуть бути реалізовані за умови, що декілька терміналів діють в єдиній системі. Чим більше в системі терміналів, тим вище потенційний ефект функцій управління потоками. До них відносяться:

- концентрація вантажної роботи за рахунок закриття менш завантажених терміналів і перемикання потоків на більш потужні об'єкти. Збільшення дальності підвезення і розвезення при цьому компенсується зниженням вартості послуг терміналів і магістральних перевезень;
- інтеграція однорідних технологічних операцій (наприклад, переробка на терміналі різних типів інтермодальних транспортних одиниць за допомогою універсального обладнання);
- залучення вантажопотоків на недостатньо завантажені або незбалансовані за вантажопотоками напрямками перевезень шляхом диференціації перевізних і перевалочних тарифів;
- залучення вантажопотоків на певні напрямки шляхом відкриття регулярних сервісів;
- підвищення ефективності системи за рахунок інтеграції окремих терміналів в інфраструктуру [11].

Сучасний стан термінальних технологій в Україні характеризується як організаційно та технологічно проблемний, що унеможливує, без модернізації вантажних терміналів та термінальних комплексів, впровадити ЛКС на залізниці.

Умови модернізації існуючих вантажних терміналів та термінальних комплексів для впровадження ЛКС:

- 1) розробка прогресивних схем розміщення усіх терміналів (великих, середніх) за зональним принципом;
- 2) складання раціональної системи маршрутів і траєкторій руху вантажів, раціонального графіку сумісної роботи різних видів транспорту залучених до процесу перевезень;

2) уніфікація технологічних процесів вантажних і сортувальних процесів;

3) забезпечення кваліфікованими кадрами, постійне та систематичне підвищення кваліфікації персоналу, мотивація до професійного росту;

4) впровадження системи ІТ з метою оптимізації роботи складів, скорочення оборотного часу, управління інформацією вантажопотоку тощо;

5) постійний комплексний логістичний моніторинг попиту, ризиків тощо;

6) управління операціями за методом «24/7» (контроль щогодини);

7) забезпечення безпеки вантажів при їх переміщенні;

8) запровадження інтермодальних термінальних перевезень за єдиним перевізним документом;

9) організація спільних проектів з вантажоперевезення із створеними асоціаціями/співками логістичних перевізників з метою залучення їх до управління перевезеннями, визначення потреб у перевезеннях, їх напрямків, обсягів і структури, послідовності перевезень із збереженням їхньої господарської самостійності (досягається індивідуальна відповідальність, зацікавленість учасників, виконання системи «точно в час»).

Висновки. В контексті логістичної комплексної системи вантажні термінали та термінальні комплекси виконують наступні завдання: сприяють ефективності шляхом одночасного вирішення не однієї, а декількох функціональних завдань, що призводить до підвищення результативності; забезпечують здатність до швидкого реагування на зміни кон'юнктури ринку, споживчого попиту тощо; підносять транспортні послуги на новий якісний рівень; збільшують й урізноманітнюють сервісні послуги; сприяють залученню об'єктів господарювання (малий та середній бізнес), із збереженням їх юридичної самостійності, до різноманітних форм співпраці (асоціації, спілки тощо).

Для впровадження на залізниці логістичної комплексної системи необхідно створення вантажних терміналів та термінальних комплексів, які відповідають найновітнішим вимогам, та модернізація існуючих.

Напрями модернізації існуючих в Україні терміналів:

- 1) професійне кадрове забезпечення;
- 2) застосування ІТ на усіх логістичних етапах та ланках, з метою створення єдиної інформаційної системи;
- 3) впровадження інтермодальних перевезень;
- 4) відкритість термінальних систем до логістичних партнерів, клієнтів.

Література

1. Земблинов С.В. Основы построения транспортных узлов : учебн. / С.В. Земблинов, В.А. Бураков и др. - М. : Трансжелдориздат, 1959. - 447 с.
2. Шафиркин Б.И. Единая транспортная сеть СССР и взаимодействие различных видов транспорта : учебн. / Б.И. Шафиркин. - М. : Высшая школа, 1983. - 191 с.
3. Резер С.М. Взаимодействие транспортных систем : учебн. / С.М. Резер. - М. : Наука, 1985. - 245 с.
4. Ломотко Д.В. Системний підхід до організації перевезень за участю залізничного та автомобільного видів транспорту : зб. наук. праць ХДАМГ : ч. 2. / Д.В. Ломотко. - Харків : ХДАМГ, 2002. - С.18-19.
5. Транспортно-складские комплексы: Учебное пособие / Л.Б. Миротин, А.В. Бульба, В.А. Демин. - М.: Академия, 2015. - 224 с.
6. Шраменко Н.Ю. Виявлення проблем функціонування транспортно-складського комплексу в сучасних умовах / Н.Ю. Шраменко, Н.В. Кохановська // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук.-техн. журнал/ редкол.: Г.І. Загарій (відп. ред) та ін. - Харків: 2010. - №3. - С 37-41.
7. Шраменко Н.Ю. Теоретико-методологічні основи ефективного функціонування термінальних систем при доставці дрібнопартійних вантажів: Монографія - Харків: ХНАДУ, 2010. - 156 с.
8. Шраменко Н. Ю. Методологический подход к формализации процесса функционирования терминальных систем в условиях ресурсосбережения / Н.Ю. Шраменко/ Вестник ПНИПУ «Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности» - Пермь: 2013. - № 1. - С.186-194.
9. Шраменко Н.Ю. Определение технологических параметров функционирования терминального комплекса / Н.Ю. Шраменко // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля: наук. журнал. - Луганськ: 2010. - № 7 (149). - С. 197-201.
10. Дудар Т. Г., Волошин Р. В. Основы логистики. Навч. посіб. - К.: Центр учбової літератури, 2012. - 176 с.
11. Павлов В.І. Транспортно-логістичний комплекс регіону: інтеграційні процеси: монографія. / В.І. Павлов, С.М. Бортник; Відповідальний редактор М.І. Долішній. - Луцьк : Надстир'я, 2005. - 256 с.
12. http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/28_2013/257-266.pdf
13. Goover E. M. The Location of Economic Activity /E. M. Goover. - NY. : McGraw Hill Book Company, 1938.
14. Pokrovskaya O. Sui Metodi Di Selezione Preferita Di Rete Terminale Della Regione / O. Pokrovskaya // Italian Sci. Rev. - 2014. - Is. 4 (13). - P. 20-23. - URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Pokrovskaya.pdf>.
15. Pokrovskaya O. D. Terminalistics as a new methodology for the study of transport and logistics systems of the regions / O. D. Pokrovskaya // Sustainable economic development of regions : monogr. - Vol. 3 / ed. by L. Shlossman. - Vienna : «East West» Assoc. for Advanced Studies and Higher Ed. GmbH, 2014. - 261 p.

References

1. Zemblinov S.V. Osnovy postroeniya transportnyh uzlov : uchebn. / S.V. Zemblinov, V.A. Burakov i dr. - M. : Transzhel-dorizdat, 1959. - 447 s.
2. Shafirkin B.I. Edinaja transportnaja set' SSSR i vzaimodejstvie razlichnyh vidov transporta : uchebn. / B.I. Shafirkin. - M. : Vysshaja shkola, 1983. - 191 s.
3. Rezer S.M. Vzaimodejstvie transportnih sistem : uchebn. / S.M. Rezer. - M. : Nauka, 1985. - 245 s.
4. Lomot'ko D.V. Sistemnij pidhid do organizacii perevezen' za uchastju zaliznichnogo ta avtomobil'nogo vidiv transportu : zb. nauk. prac' HDAMG : ch. 2. / D.V. Lomot'ko. - Harkiv : HDAMG, 2002. - S.18-19.
5. Transportno-skladskie komplekсы: Uchebnoe posobie / L.B. Mirotin, A.V. Bul'ba, V.A. Demin. - M.: Akademija, 2015. - 224 s.
6. Shramenko N.Ju. Vijavlennja problem funkcionuvannja transportno-sklads'kogo kompleksu v suchasni umovah / N.Ju. Shramenko, N.V. Kohanovs'ka // Informacijno-kerujuchi sistemi na zaliznichnomu transporti: nauk.-tehn. zhurnal/ redkol.: G.I. Zagarij (vidp. red) ta in. - Harkiv: 2010. - №3. - S 37-41.
7. Shramenko N.Ju. Teoretiko-metodologichni osnovi efektyvnogo funkcionuvannja terminal'nih sistem pri dostavci dribnopartionnih vantazhiv: Monografija - Harkiv: HNADU, 2010. - 156 s.
8. Shramenko N. Ju. Metodologicheskij podhod k formalizacii processa funkcionirovanija terminal'nyh sistem v uslovijah resursosberezhenija / N.Ju. Shramenko/ Vestnik PNIPU «Ohrana okruzhajushhej sredy, transport, bezopasnost' zhiznedejatel'nosti» - Perm': 2013. - № 1. - S.186-194.
9. Shramenko N.Ju. Opredelenie tehnologicheskikh parametrov funkcionirovanija terminal'nogo kompleksa / N.Ju. Shramenko // Visnik Shidnoukr. nac. un-tu im. V. Dalja: nauk. zhurnal. - Lugansk: 2010. - № 7 (149). - C. 197-201.
10. Dudar T. G., Voloshin R. V. Osnovi logistiki. Navch. posib. - K.: Centr uchbovoi literatury, 2012. - 176 s.
11. Pavlov V.I. Transportno-logistichnij kompleks regionu: integracijni procesi: monografija. / V.I. Pavlov, S.M. Bortnik; Vidpovidal'nij redaktor M.I. Dolishnij. - Luc'k : Nadstir'ja, 2005. - 256 s.
12. http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/28_2013/257-266.pdf
13. Goover E. M. The Location of Economic Activity /E. M. Goover. - NY. : McGraw Hill Book Company, 1938.
14. Pokrovskaya O. Sui Metodi Di Selezione Preferita Di Rete Terminale Della Regione / O. Pokrovskaya // Italian Sci. Rev. - 2014. - Is. 4 (13). - P. 20-23. - URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Pokrovskaya.pdf>.
15. Pokrovskaya O. D. Terminalistics as a new methodology for the study of transport and logistics systems of the regions / O. D. Pokrovskaya // Sustainable economic development of regions : monogr. - Vol. 3 / ed. by L. Shlossman. - Vienna : «East West» Assoc. for Advanced Studies and Higher Ed. GmbH, 2014. - 261 p.

Барабаш В.В., Шворникова А.М., Медведев Е.П.
Терминальный комплекс как условие внедрение логистической комплексной системы на железной дороге.

В статье рассмотрены вопросы внедрения логистической комплексной системы для повышения качества предоставления логистических услуг в системе железнодорожных транспортных перевозок. В работе отмечено, что перспективным направлением для Украины является создание транспортной логистической системы, которая представляет собой сложный комплекс инфраструктуры, транспортных средств и организаций. Внедрение логистической комплексной системы на железной дороге позволит выявлять и использовать хозяйственно-организационный резерв на рынке транспортных услуг, устанавливать новые хозяйственные связи, минимизировать затраты при транспортировании и время доставки.

Ключевые слова: логистика, терминал, терминальный комплекс, логистическая система, услуга, качество.

Barabash V., Shvornikova A., Medvedev E. Terminal complex as a implementation condition of integrated logistics systems for railway.

The article discusses the introduction of an integrated system of logistics to improve the quality of logistics services to the rail transport system. The paper noted that promising direction for Ukraine is the creation of transport logistics system, which is a complex infrastructure, vehicles and companies. Implementation of an integrated logistics system on the railway will allow to identify and exploit the economic and organizational provision of transport services in the market,

establish new economic ties and minimize costs during transportation and delivery time.

In the context of an integrated system of logistics freight terminals perform the following tasks: promote efficiency through the simultaneous solution of not one but several functional tasks; It provides the ability to react quickly to changing market conditions; teaches transportation services to a new level; increase and diversify maintenance services; promote attraction of facilities management to various forms of cooperation.

To implement the railroad logistics complex system requires the establishment of freight terminals and terminal facilities, conform to the latest requirements and modernization of existing ones.

Keywords: logistics, terminal, terminal facilities, logistic system, service, quality.

Барабаш В.В. – студентка доцент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Шворникова Г.М. – к.т.н., доцент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, e-mail: shvorni@mail.ru.

Медведев Є.П. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 15.03.2016

УДК 656.13

ЗМІНА БЕЗПЕЧНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ У ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛОСТІ ЗАСЛІПЛЕННЯ ВОДІЇВ

Бойків М.В.

CHANGE IN SAFE SPEED IN THE NIGHT-TIME, BASED ON LENGTH OF BLINDNESS DRIVERS

Boykiv M.

В статті розглядається результати дослідження зміни швидкості руху на неосвітлених ділянках доріг у темну пору доби. Оскільки зміна швидкостей у транспортному потоці окремих автомобілів призводить до нерівномірності всього транспортного потоку. Встановлено, що тривалість адаптації зору водія після засліплення залежить від його функціонального стану. Визначено зміну швидкості руху та сповільнення автомобіля залежно від тривалості засліплення водія, яка вказує що процес адаптації після засліплення може коливатись у значних межах. На основі результатів досліджень існує зв'язок між функціональним станом водія та безпечним режимом руху.

Ключові слова: швидкість руху, засліплення водія, функціональний стан, темна пора доби.

Вступ. Незважаючи на значне зниження інтенсивності руху, вночі небезпека руху зростає. Водій у процесі сприйняття величезного потоку інформації, зобов'язаний не лише виявити її, але і опрацювати, ухвалити відповідне рішення і на підставі нього провести дії. У всіх сферах людської діяльності до 50 % травм люди отримують через недостатню або несвоєчасну отриману зорову інформацію. Багаторічним досвідом встановлено, що кількість ДТП залежать від рівня освітленості проїзної частини дороги [1]. Водіям необхідно пам'ятати, що у темну пору доби при недостатній освітленості доріг порушуються основні функції органів зору, тому водію важливо правильно вибрати швидкість руху.

Велика кількість, як вітчизняних, так і закордонних досліджень стосуються впливу рівня освітлення на безпеку руху транспортних засобів та пішоходів у темний період доби. Як свідчить статистика при належному рівні освітлення загальна кількість дорожньо-транспортних подій може бути зменшена приблизно на 30% [2].

Постановка проблеми. Постійне зростання динамічних характеристик транспортних засобів призводить до збільшення швидкісних режимів руху

на вулично-дорожній мережі. В таких умовах питання безпеки руху та правильності прийняття рішення водієм набувають важливого значення, особливо під час руху в темну пору доби. Статистика нещасних випадків вказує на те, щоб більше уваги приділяти дослідженню водіїв у темну пору доби, для кращого прогнозування їх поведінки в умовах недостатньої освітленості [3]. Процес адаптації, тобто відновлення зорових функцій після засліплення, може коливатися в значних межах і досягати кількох секунд. За цей час автомобіль навіть за малої швидкості проїжджає досить значну відстань.

Надійність професійної діяльності водія в значній мірі визначається інтегральним вираженням його психофізіологічних функцій. Вивчення таких функцій має важливе значення для прогнозування безпомилкових дій водія. Подальший комплексний підхід до оцінки надійності роботи водіїв повинен сприяти зниженню аварійності на дорогах [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На основі результатів досліджень режимів руху транспорту в періоди вечірніх і ранкових сутінок з використанням закону Вебера-Фехнера [5] висунута гіпотеза про те, що на основі цього закону існує наявність зворотного зв'язку між горизонтальною освітленістю в періоди сутінок та режимом руху і його безпекою [6].

Освітлення вулиць та доріг здійснює значний вплив на безпеку руху. У роботі [7] досліджено, що дорожнє освітлення сприяє зниженню кількості аварій та їх важкості. Статистичний аналіз [8] показав, що кількість нічних аварій корелює з інтенсивністю транспортного потоку і неякісним освітленням.

При обмежених відстанях видимості дотримання безпечної швидкості руху помітно позначається на функціональному стані (ФС) водія. У раніше проведених дослідженнях [9] вказується, що вибір швидкісного режиму значною мірою впливає на безпеку руху. Водій повинен сприймати та аналізу-

вати великий обсяг інформації про характер і режим всіх учасників дорожнього руху, стан проїзної частини, оточуючого середовища, засоби регулювання, стан вузлів і агрегатів транспортного засобу, та забезпечити безпечний рух на дорозі. Ці обов'язкові функції водія забезпечуються комплексом психофізіологічних чинників [10].

Мета статті Дослідити зміни безпечної швидкості руху у темну пору доби залежно від тривалості засліплення водія.

Результати досліджень. Засліплення є явищем, яке негативно впливає на функціональний стан (ФС) водія у простих та складних ситуаціях та призводить до збільшення часу його реакції.

Складність визначення видимості дорожніх об'єктів пояснюється тим, що при визначенні такого поняття як видимість, необхідно враховувати і пов'язувати між собою параметри, які характеризують: об'єкт розрізнення (кутовий розмір, коефіцієнт відбиття світла), світлотехнічні параметри світлового приладу (силу світла, кути розсіювання), рівень зорового сприйняття водія.

Збільшення швидкості руху автомобіля призводить до скорочення видимості дороги в темну пору доби. Вона є однією з найважливіших показників безпеки руху, що визначає режими руху автомобіля у нічний час. Проведено дослідження зміни швидкості руху у темну пору доби, за умов засліплення водія світлом фар зустрічних автомобілів.

На час проведення дослідження покриття було сухим. В процесі дослідження проводилась реєстрація зміни швидкості руху автомобіля та тривалості засліплення. Тривалість засліплення була в межах від 1 до 4 с, а сам факт засліплення був випадковим і здійснювався за швидкості руху транспортного потоку від 20 до 110 км/год. Графічний характер зміни швидкості руху водієм у транспортному потоці під час засліплення наведено на рис. 1.

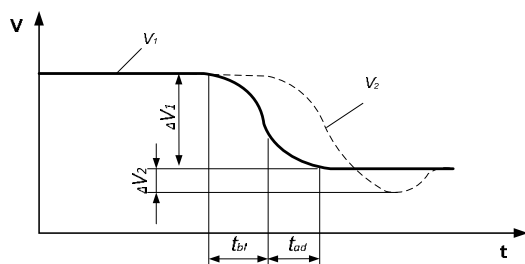


Рис. 1. Характер зміни швидкості руху під час засліплення водія:

V_1 – швидкість автомобіля 1; V_2 – швидкість автомобіля 2; t_{ad} – тривалість адаптації водія; t_{sl} – тривалість засліплення водія; ΔV_1 – зміна швидкості транспортного потоку; ΔV_2 – різниця зміни швидкостей автомобілів у потоці

Експериментальні дані показують, що зі зменшенням освітленості не тільки знижується дальність бачення, але водночас збільшується час адаптації зору. Це пов'язано з психофізіологічними особливостями зору водія.

Дослідження показують, що постійно діючими чинниками у темну пору доби, які здійснюють вплив на ФС водія є швидкість руху автомобіля та обмежена видимість у темний період доби. Це зумовлено відстанню світла фар, де об'єкти в освітленій зоні із збільшенням швидкості з'являються раптово.

На рис. 2 наведено залежність пониження швидкості руху від тривалості засліплення при різних швидкостях руху транспортного потоку. Максимальна зміна швидкості руху транспортного потоку становила до 25%. Згідно з проведеними дослідженнями зміни швидкісних режимів руху у транспортному потоці, для безпечного руху між автомобілями в умовах, де відсутнє освітлення проїзної частини та водій піддається засліпленню фарами зустрічних автомобілів, швидкість автомобіля якого засліплюють та який рухається за ним, повинна не перевищувати 60 км/год.

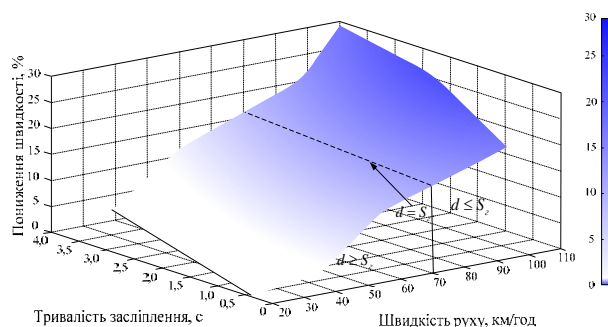


Рис. 2. Залежність зміни швидкості руху залежно від тривалості засліплення:

d – дистанція безпеки, м; S_b – шлях гальмування, м

Встановлено, що транспортний потік за нетривалого засліплення водія (до 2 с) сповільнення транспортного потоку збільшується на 10%. При розрахунку безпечної швидкості руху автомобіля з урахуванням часу реакції водія дистанція безпеки повинна бути рівною або меншою відстані видимості: $d \leq S$. Якщо брати транспортний потік, який рухається зі швидкістю руху 60 км/год, то за тривалого засліплення (до 4 с) його дистанція безпеки із врахуванням зміни і швидкості буде рівна гальмівному шляху, подальше збільшення швидкості буде не оправданим і може призвести до конфліктної ситуації.

У реальних умовах, за швидкості руху 60 км/год та тривалості засліплення 2 с, відстань проходження автомобіля в стані засліплення складатиме 33,5 м.

Зниження швидкості руху та пройдений шлях автомобіля за відсутності видимості водієм є досить суттєвим. У зв'язку із цим зростанням динамічних характеристик транспортних засобів та недотриманням безпечної дистанції руху у темну пору доби необхідно враховувати збільшення тривалості реакції водія в умовах засліплення під час розрахунків безпечних режимів руху.

Пониження швидкості змінюється залежно від функціонального стану водіїв. Середній темп сповільнення швидкісного режиму спостерігається у межах 7-12%. У стані напруги і втоми тривалість адаптації зору водія збільшується, що вимагає від водія збільшення дистанції безпеки під час руху у транспортному потоці.

Тривалість засліплення водія за кожного розряду швидкостей по-різному позначалась на динаміці руху всього транспортного потоку. Загальні результати пониження швидкості руху наведено на рис. 3. За результатами натурних досліджень у реальних умовах руху у темну пору доби було визначено величину зміни сповільнення автомобіля залежно від тривалості засліплення.

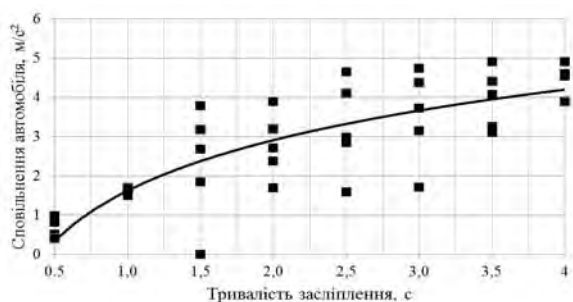


Рис. 3. Залежність сповільнення автомобіля від тривалості засліплення водія

Дана залежність описується рівнянням:

$$j = 1,86 \ln(t_{\text{засл}}) + 0,33$$

Висновки. Проведені натурні дослідження зміни швидкісних режимів руху ТП у темну пору доби в умовах засліплення підтвердили потребу врахування ФС водіїв. Оскільки зниження швидкості руху викликане тривалістю засліплення є досить суттєвим, доцільно враховувати вплив ФС водія на прийняття рішень з вибору безпечних режимів руху.

Варто зазначити, що після перевищення середньої швидкості руху транспортного засобу 70 км/год, навіть незначне засліплення призводить до нерівномірності руху всього транспортного потоку. У зв'язку із зростанням динамічних характеристик транспортних засобів та складністю визначення безпечної дистанції руху у темну пору доби необхідно враховувати збільшення тривалості реакції водія в умовах засліплення під час розрахунків дистанції безпеки. Для досягнення безпечних умов руху в темний час доби, необхідно збільшувати відстань видимості шляхом освітлення вулиць та доріг або обмежувати швидкість руху

Література

1. Calvi A., F. Bella, Parameters for evaluation of speed differential: contribution using driving simulator, Transp. Res. Rec. 2023 (2007) P. 37-43.
2. Armas, J.; Laugis, J. (2007). Road Safety by Improved Road Lighting: Road Lighting Measurements and Analysis. Lahtmet, R. (Toim.). 4th International

Symposium "Topical problems of education in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology : Kuressaare, Estonia, January 15-20, 2007. P (83 – 90).

3. Wanvik, P O, 2009, Effects of road lighting: An analysis based on Dutch accident statistics 1987– 2006, Accident Analysis and Prevention (41) P. 123–128
4. Garaga M.V. Analysis of psychophysiological factors of reliability of professional activity of motor transport drivers / M.V. Garaga, O.A. Panchenko, L.V. Panchenko // European Science and Technology [Text] : materials of the IV international research and practice conference, Vol. II, Munich, April 10th – 11th, 2013 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2013. – P. 571-577.
5. Рейцен Є.О. Дослідження операцій в містобудівництві / Є.О. Рейцен // Містобудування та територіальне планування. наук.-техн. збірник. – 2008. – № 31. С. 312-316.
6. Masin, S.C.; Zudini, V.; Antonelli, M. (2009). "Early alternative derivations of Fechner's law" (PDF). J. History of the Behavioral Sciences 45:P. 56–65.
7. Yannis G., Kondyli A., Mitzalis N., "Effects of lighting on frequency and severity of road accidents", Proceedings of the ICE - Transport, Volume 166, Issue 5, March 2013. P. 271 –281.
8. Matin S. Nabavi Niaki, Nicolas Saunier, Luis F. Method for Road Lighting Audit and Safety Screening at Urban Intersections / Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board / Volume 2458 / Visibility; Work Zone Traffic Controls; Highway-Rail Grade Crossings 2014 P. 27-36.
9. Matin S. Nabavi Niaki, Nicolas Saunier, Luis F. Method for Road Lighting Audit and Safety Screening at Urban Intersections / Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board / Volume 2458 / Visibility; Work Zone Traffic Controls; Highway-Rail Grade Crossings 2014 P. 27-36.
10. Ковалишин В.В. Швидкісні режими руху автомобіля у гірських умовах з урахуванням психофізіологічних особливостей водія : дис. канд. техн. наук: 05.22.01/ Ковалишин Володимир Володимирович. – Л., 2013 – 167 с.

References

1. Calvi A., F. Bella, Parameters for evaluation of speed differential: contribution using driving simulator, Transp. Res. Rec. 2023 (2007) P. 37-43.
2. Armas, J.; Laugis, J. (2007). Road Safety by Improved Road Lighting: Road Lighting Measurements and Analysis. Lahtmet, R. (Toim.). 4th International Symposium "Topical problems of education in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology : Kuressaare, Estonia, January 15-20, 2007 P. (83 - 90)
3. Wanvik, P O, 2009, Effects of road lighting: An analysis based on Dutch accident statistics 1987– 2006, Accident Analysis and Prevention (41) P. 123–128
4. Garaga M.V. Analysis of psychophysiological factors of reliability of professional activity of motor transport drivers / M.V. Garaga, O.A. Panchenko, L.V. Panchenko // European
5. Reytsen Ye.O. Doslidzhennya operatsiy v mistobudivnytstvi / Ye.O. Reytsen // Mistobuduvannya ta terytorial'ne planu-vannya. nauk.-tekhn. zbirnyk. – 2008. – # 31. P. 312-316.

6. Masin, S.C.; Zudini, V.; Antonelli, M. (2009). "Early alternative derivations of Fechner's law" (PDF). *J. History of the Behavioral Sciences* 45: 56–65.
7. Yannis G., Kondyli A., Mitzalis N., "Effects of lighting on frequency and severity of road accidents", *Proceedings of the ICE - Transport*, Volume 166, Issue 5, March 2013 P. 271–281.
8. Matin S. Nabavi Niaki, Nicolas Saunier, Luis F. Method for Road Lighting Audit and Safety Screening at Urban Intersections / *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* / Volume 2458 / Visibility; Work Zone Traffic Controls; Highway-Rail Grade Crossings 2014 P. 27-36.
9. Matin S. Nabavi Niaki, Nicolas Saunier, Luis F. Method for Road Lighting Audit and Safety Screening at Urban Intersections / *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* / Volume 2458 / Visibility; Work Zone Traffic Controls; Highway-Rail Grade Crossings 2014 P. 27-36.
10. Kovalyshyn V.V. Shvydkisni rezhymy rukhu avtomobilya u hirs'kykh umovakh z urakhuvannyam psykhoфизиологичних особливостей водія : dys. kand. tekhn. nauk: 05.22.01/ Kovalyshyn Volodymyr Volodymyrovych. – L., 2013 – 167 s.

Бойків М.В. Изменение безопасной скорости движения в темное время суток в зависимости от продолжительности ослепления водителя.

В статье рассматриваются результаты исследования изменения скорости движения на освещенных участках дорог в темное время суток. Поскольку изменение скорости в транспортном потоке отдельных автомобилей приводит к неравномерности всего транспортного потока. Установлено, что продолжительность адаптации

зрения водителя после ослепления зависит от его функционального состояния. Определены изменение скорости движения и замедления автомобиля в зависимости от продолжительности ослепления водителя, которая указывает, что процесс адаптации после ослепления может колебаться в значительных пределах. На основе результатов исследований существует связь между функциональным состоянием водителя и безопасный режим движения.

Ключевые слова: скорость движения, ослепление водителя, функциональный состояние, темное время суток.

Boykiv M. Change in safe speed in the night-time, based on length of blindness drivers.

In the article the results of research on changes in the speed of the areas covered road in the night-time. Since the change in traffic flow speeds of individual vehicles leads to uneven total traffic flow. It was established that the length adaptation of the driver after blinding depends on its functional state. The changes in speed and deceleration of the vehicle depending on the length of blinding the driver, indicating that the process of adaptation after blinding can fluctuate widely. Based on research, there is a connection between the functional state of the driver and safe mode of movement.

Keywords: speed, blinding the driver, functional status, dark time of day.

Бойків М.В. – асистент кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, bojkiv.mykola@gmail.com.

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

Стаття подана 21.03.2016

УДК 656.2

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РІВНЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Василик Х.Я. Баб'як М.О.

WAYS OF IMPROVING THE INNOVATION RAILWAY

Vasylyk K.Y. Babiak M.O.

У роботі досліджено особливості інноваційної концепції та стратегічні напрямки розвитку транспортного сектора економіки України, розглянуто обґрунтування необхідності вивчення майбутнього залізничного транспорту для підвищення ефективності його функціонування, встановлено стратегічні напрямки управління інноваційною діяльністю та запропоновано інноваційні проекти.

Ключові слова: залізничний транспорт України, інноваційний розвиток, інноваційна діяльність, ефективне функціонування

Постановка проблеми: немає єдиної цілісної стратегії інноваційного розвитку залізничного транспорту, яка визначила б основні цілі й механізми розвитку залізничного транспорту на перспективу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема аналізу ефективності функціонування залізничного транспорту в умовах реформування є новою: її теоретичному та практичному вирішенню присвячені дослідження провідних вчених транспортної галузі, серед яких необхідно відмітити Ю.С. Бараша, І.С. Беседіна, Н.І. Богомолу, В.Г. Галабурду, В.Л. Диканя, Г.Д. Ейтугіса, Н.М. Колесникову, Б.М. Лапідуса, Л.А. Мазо, М.В. Макаренка, Н.П. Терешину, М.Ф. Трихункова, Ю.М. Цвєтова [1-8].

Мета статті: дослідження та удосконалення процесу управління інноваційною діяльністю залізничного транспорту.

Об'єкт дослідження: системи інноваційного розвитку залізничного транспорту України.

Предмет дослідження. Ефективна функціональність залізничного транспорту України займає виняткову роль в утворенні умов для модернізації, стійкого зростання національної економіки та переходу на інноваційний шлях розвитку.

На даний момент інновації та інноваційна діяльність набувають все більшого значення для економічної і фінансово-господарської діяльності тран-

спортних підприємств, будучи одним з базових елементів ефективної стратегії та важливим інструментом отримання і збереження конкурентних переваг.

Потенціал України та інших країн світу неможливо оцінювати, не враховуючи до уваги загальні тенденції розвитку світового господарства: активізацію глобалізаційних процесів, формування єдиного економічного простору та регіональних товарних ринків з фактором стабільності. У сучасних умовах активних процесів інтеграції транспортної системи України до єдиної європейської системи, та глобалізації світового господарства перед залізничниками постають глобальні виклики, без врахування яких неможливий ефективний розвиток, пов'язаний з новими вимогами до транспортних систем, що обумовлюють перехід від екстенсивної до інтенсивної моделі розвитку на основі платформи сучасних інноваційних технологій; з посиленням рівня внутрішньо-галузевої і міжнародної конкуренції в транспортному секторі. У посиленні кількісних та якісних характеристик транспортної інфраструктури, позицій у мережі міжнародних транспортних коридорів, взаємодії між різними видами транспорту, впровадженні ефективних транспортних технологій та реалізації інноваційних проектів полягає розвиток потенціалу транспортної системи. Результат розвитку - є формування та функціонування ефективної конкурентоспроможної транспортної системи, що здатна забезпечувати функціонування високопродуктивної, високотехнологічної та безпечної транспортної інфраструктури, високу якість транспортних послуг.

Інноваційна активність визначає темпи розвитку національної економіки в сучасних умовах. При наявності динамічного розвитку інноваційних процесів можлива інтеграція в світовий економічний простір. Без технологічного оновлення виробництва та освоєння інноваційних важелів конкурентоспроможності економіки Україна не може стати в ряд

європейських держав. Для підтримки її конкурентоспроможності визначаючим стає інноваційний чинник розвитку галузі.

Залізничний транспорт України – є основною ланкою транспортної системи та галуззю на якій базується економіка країни. За останні роки залізничний транспорт України знаходиться на рівні інтенсивних перетворень, які спрямовані на підвищення його ефективності. Розвиток залізничного транспорту направлений на забезпечення потреб, що постійно зростають у перевезеннях вантажів і пасажирів в умовах зростаючої економіки України за умови дотримання високих стандартів якості в обслуговуванні споживачів. Це стає можливим на основі ефективності функціонування та модернізації залізничного транспорту, запровадження новітніх технологій обслуговування ремонту рухомого складу, постійного оновлення техніки та передавальних пристроїв, інфраструктури удосконалення процесів організації праці і управління на залізничному транспорті.

Галузі залізничного транспорту доводиться мати справу з низкою проблем: технологічне та технічне відставання залізниць України від залізничного транспорту розвинених країн світу; ізолюваність результатів науково-дослідних й конструкторських робіт від виробничих систем, що суттєво знижує конкурентоспроможність залізничного транспорту, інноваційна політика не має чіткої спрямованості, яка б була здатна забезпечити створення умов для ефективної інноваційної діяльності.

Передумовою до реформування залізничного транспорту є вимоги підвищення рівня ефективності його роботи. Дані реформи входять в глобальну тенденцію лібералізації економіки, практичні кроки якої знайшли своє підкріплення в теоретичних розробках, що полягають в обґрунтуванні розширення сфери конкуренції на ті сегменти ринку, що традиційно входили до складу природних монополій.

У майбутньому передбачається реалізація позитивних очікувань з приводу ефективності процесу реформування залізничного транспорту (відповідно з програмою реформування галузі) при збереженні або підвищенні попиту на послуги з перевезення вантажів і пасажирів. Такий сценарій також є цілком реалістичним, оскільки номенклатура продукції галузі, тобто види основних перевезених вантажів є досить постійною, та залізничний транспорт має можливість здійснювати перевезення великих обсягів вантажів на значні відстані. Крім цього, прогнозується, що до 2020 р. попит на вантажні перевезення збільшиться в 1,5–2 рази, а на пасажирські – в 1,3–1,5 рази [1, с. 1].

На сьогодні в Україні створена достатня нормативно-правова база, що є основою реалізації стратегічних напрямків розвитку національної транспортної системи на середньострокову перспективу, а саме: Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 р., Державна транспортна стратегія України на період до 2020 р., тощо.

Стабільно функціонуючий залізничний транспорт є гарантом розвитку всіх галузей економіки України. Ефективність залізничного транспорту буде визначатися динамікою відновлення основних виробничих фондів галузі, темпом зростання попиту на залізничні перевезення, результатами реалізації структурної реформи галузі, ефективністю тарифної політики в регульованих державою монопольних секторах діяльності, інтенсивністю використання ділянок міжнародних транспортних коридорів.

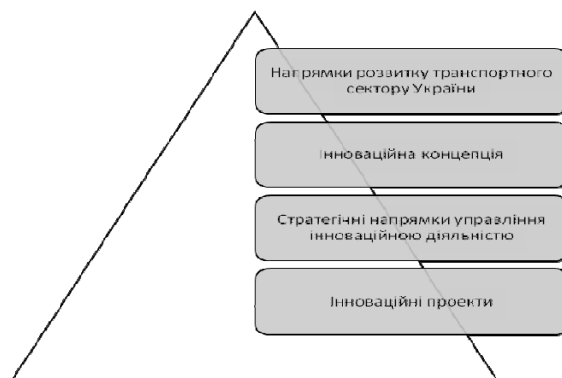


Рис. 1. Піраміда інноваційного розвитку залізничного транспорту

Сучасні тенденції розвитку підприємств залізничного транспорту з використанням інноваційних програм дозволить їм вийти на новий рівень організації перевезень.

На даний час інноваційна політика не має чіткої спрямованості, яка могла б забезпечити створення умов для ефективної інноваційної діяльності.

Основними напрямками розвитку транспортного сектора економіки України є:

- Розвиток транспортної інфраструктури та оновлення рухомого складу для забезпечення зростаючої мобільності населення та прискорення переміщення товаропотоків.
- Забезпечення конкурентоспроможності та якості надання транспортних послуг для економіки.
- Забезпечення доступності та якості надання транспортних послуг населенню.
- Розвиток експорту транспортних послуг та інтеграція до Європейського союзу.
- Підвищення рівня ефективності державного управління та розвиток конкурентоспроможного середовища.
- Підвищення екологічності, енергоефективності транспортних процесів та безпеки перевезень пасажирів і вантажів.

Головним напрямком щодо вдосконалення роботи підприємств «Укрзалізниця» (незалежно від форм власності і самого власника) є модернізація залізничного транспорту для підвищення швидкості руху, провізної здатності основних її дільниць, зокрема використовуючи ефективно транспортні коридори, що проходять через територію України.

15 січня 2016 року Україна запустила демонстраційний рейс контейнерного поїзда по Новому Шовковому шляху за маршрутом Україна–Грузія –

Азербайджан–Казахстан–Китай (через Каспійське і Чорне моря). Він дістався до Китаю на 16-й день шляху. Даний маршрут є новим напрямком "Шовкового шляху" і альтернативою, яка дозволить перенаправити вантажопотоки в східному напрямку в обхід території Росії. Він включає поромні переправи Чорного і Каспійських морів (Іллічівськ–Батумі і Алят–Актау–Порт) і повинен стати конкурентним порівняно з традиційним сухопутним маршрутом.

Одним з важливих напрямків розвитку залізничного транспорту є реконструкція існуючих колій для можливості розвитку швидкісного руху, та у майбутньому будівництво нових колій, які повинні скоротити час поїздок між регіонами, що дозволить знизити в цілому транспортні витрати і буде сприяти підвищенню конкурентоспроможності залізничного транспорту при перевезенні пасажирів та вантажів в порівнянні з автомобільним та авіаційним транспортом. Тому необхідні заходи щодо оптимізації внутрішньої мережі залізниць.

Для подальшого інноваційного розвитку підприємств залізничного комплексу потрібно розробити конкретну концепцію інноваційного розвитку. Основною метою даної концепції повинна бути постановка її на методологічну основу технологічного розвитку залізничного комплексу на принципах забезпечення сталого економічного зростання.



Рис. 2. Новий напрямок «Шовкового шляху»
(за інформацією контактного центру Укрзалізниці)

Доцільно впровадити нові і вдосконалити існуючі технології, які повинні бути спрямовані на формування інноваційної політики залізничного комплексу на рівні підприємств. Необхідно розробити концепцію інноваційного розвитку залізничного комплексу, яка повинна бути спрямована на забезпечення і підтримання конкурентних переваг.

Стратегія розвитку інноваційного потенціалу ПАТ «Укрзалізниця» – це частина стратегії інноваційного розвитку залізничного транспорту, тобто програма дій, основою якої є комплекс методів і підходів з досягнення визначених цілей розвитку потенціалу з урахуванням його вихідного стану та усунення факторів, що блокують цей розвиток. Стратегія інноваційного розвитку – це комплексна програма дій, які спрямовані на досягнення пріоритетів інноваційного розвитку, високої ефективності діяльності за рахунок технологічної модернізації.

Формування, реалізація та розвиток інноваційного потенціалу ПАТ «Укрзалізниця» залежать від умов, за яких соціально-економічна система готова генерувати та сприйняти ту чи іншу інновацію.

Управління розвитком інноваційного потенціалу ПАТ «Укрзалізниця» – це процес здійснення ретельно продуманої інтегрованої політики щодо розвитку інноваційного потенціалу та ініціювання науково-технічних можливостей, спрямованих на ефективну реалізацію інноваційних стратегій і більш повне задоволення потреб покупців.

Зважаючи на специфічність об'єкта управління (управління розвитком інноваційного потенціалу підприємств), для ефективної діяльності та нарощування саме інноваційного потенціалу необхідно використати кластерний механізм управління

Інноваційна концепція повинна включати:

- науково-технічний комплекс для здійснення наукової, науково-технічної діяльності та підготовки працівників;
- висококваліфіковані кадри, матеріально-технічна та дослідно-експериментальна база;
- удосконалення українського законодавства у сфері інноваційного розвитку залізничного транспорту та механізми його реалізації;
- створення ефективної системи управління інноваційною діяльністю Укрзалізниці і розроблення програми інноваційного розвитку залізничного транспорту Укрзалізниці;
- забезпечення необхідними ресурсами і розвинутою комунікаційною інфраструктурою.

Модель інноваційного розвитку залізничного транспорту повинна охоплювати нормативно-правові, управлінські, фінансово-економічні, екологічні та інноваційні аспекти, спрямовані на підвищення конкурентоспроможності залізничної галузі.

Стратегічними напрямками управління інноваційною діяльністю залізничного транспорту з урахуванням рівня зношеності основних засобів повинні стати:

- оновлення парку локомотивів, пасажирських та вантажних вагонів, колійної техніки, інфраструктури та удосконалення ремонтної бази рухомого складу;
- удосконалення системи управління перевізним процесом та транспортної логістики;
- розвиток високошвидкісного руху;
- упорядкування експлуатації і утримання міжнародних транспортних коридорів;
- розробка і впровадження інноваційних супутникових технологій;
- відновлення системи власного транспортного машинобудування;
- створення системи управління якістю послуг, охорони навколишнього середовища.

Удосконалення управління інноваційною діяльністю Укрзалізниці допоможе сформувати систему інноваційного менеджменту щодо якісного відбору ефективних інноваційних проектів, прохо-

дження повного циклу цих проектів, ведення моніторингу за результатами їх впровадження.

Ефективні інноваційні проекти:

- проекти з обміну досвідом молодих фахівців залізничного транспорту на міжнародному рівні.
- створення сайту для підвищення рівня професійної освіти + електронна бібліотека + форуми для обміну досвідом працівників залізниці.
- удосконалення онлайн-системи відстеження знаходження вантажів.
- онлайн-система контролю сервісу.
- встановлення терміналів замість касира у приміському сполученні.
- встановлення систем відеоспостереження та навігаційних пристроїв з метою підвищення схопності вантажів
- створення автоматизованої системи логістики вантажних перевезень «Онлайн-сервіс».
- цілодобова онлайн-допомога пасажиром і вантажовідправникам.
- об'єднання Інтернет-ресурсів Укрзалізниці в єдиний сайт зі значним каталогом можливостей.
- відкриття нових заводів. Модернізація існуючих підприємств для виготовлення та забезпечення власних потреб. Для підтримки вітчизняного виробника.
- створення або розширення залізничного форуму по вивченню новітніх технологій та впровадження у виробництво.
- створення та впровадження мобільного додатку для можливості придбання квитків у поїздах.

Висновки: серед основних завдань управління інноваційним потенціалом ПАТ «Укрзалізниця» є врахування тенденцій, які склалися, та переведення негативних факторів у позитивні шляхом різноманітних заходів, серед яких прийняття та реалізація інноваційної і патентної стратегій залізничного транспорту України.

Отже, інноваційна стратегія ПАТ «Укрзалізниця» – це комплексна програма дій, що спрямовані на досягнення пріоритетів інноваційного розвитку, високої ефективності діяльності за рахунок технологічної модернізації, яка реалізується шляхом:

- розвитку існуючих, розробки та впровадження нових «технологічних платформ»;
 - підвищення енергоефективності та впровадження ресурсозберігаючих технологій;
 - створення транспортно-логістичних систем;
 - розвитку інтелектуальних систем управління перевізним процесом;
 - кардинального оновлення об'єктів інфраструктури та рухомого складу за світовим стандартом
- Патентна стратегія повинна визначати:
- механізм використання створених на кошти залізничного транспорту результатів наукових досліджень і розробок, які є його інтелектуальною власністю, в інноваційному процесі;
 - цілі та пріоритети у сфері створення та правової охорони результатів інтелектуальної діяльності;

- участь і роль усіх структурних підрозділів у формуванні системи інноваційної діяльності.

Література

1. Бараш Ю.С. Управління залізничним транспортом країни: [монографія] / Ю.С. Бараш. – Д.: ДНУЗТ, 2006. – 252с.
2. Богомолова Н.І. Фінансова стратегія розвитку залізничного транспорту: сутність та особливості формування / Н.І. Богомолова // Ефективна економіка. –2012. – № 1. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=881>.
3. Дикань В.Л. Реформирование железнодорожного транспорта (стратегия преобразований в системе управления отраслью) / В.Л. Дикань, Д.І. Бойко // «Бизнес-информ». – 2000. – № 11–12. – С. 48–50.
4. Ейтутіс Г.Д. Теоретико-практичні основи реформування залізниць України: [монографія] / Г.Д. Ейтутіс. – Ніжин: ТОВ АСПЕКТ Поліграф, 2009 – 240 с.
5. Колесникова Н.М. Адаптивно-гармонізаційний механізм ціноутворення на залізничному транспорті: формування, функціонування та розвиток:[монографія] / Н.М. Колесникова. – К.: КУЕТТ, 2006. – 564 с.
6. Лapidус Б.М. Основные направления экономических исследований на железнодорожном транспорте в условиях его кардинального реформирования /Б.М.Лapidус, И.С. Беседин, Л.А.Мазо//Вестник ВНИИЖТ–2004.–№ 3–С.3–13
7. Макаренко М.В. Проблеми та основні напрямки реформування залізничного транспорту України / М.В. Макаренко, Ю.М. Цветов та ін. – К.: КУЕТТ, 2007.– 222 с.
8. Економика железнодорожного транспорта / Н.П. Терёшина, В.Г. Галабурда, М.Ф. Трихунков и др.; Под ред. Н.П. Терёшиной, Б.М. Лapidуса, М.Ф. Трихункова. – М.: УМЦ ЖДТ, 2006. – 802 с.
9. Кравченко О.О. Передумови використання сценарного підходу до фінансового планування і прогнозування на залізничному транспорті /О.О. Кравченко //Вісник економіки транспорту і промисловості.–2012.–№ 37 - С. 140–144
10. Реформа идет по графику // Магистраль. – 2012. – № 55 (1741), 25–31 июля. – С. 1,4.

References

1. Barash Ju.S. Upravlinnja zaliznychnym transportom krai'ny: [monografija] / Ju.S. Barash.–D.: DNUZT, 2006-252s.
2. Bogomolova N.I. Finansova strategija rozvytku zaliznychnogo transportu: sutnist' ta osoblyvosti formuvannja / N.I. Bogomolova // Efektyvna ekonomika. –2012. – № 1. [Elektronnyj resurs] – Rezhym dostupu: <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=881>.
3. Dikan' V.L. Reformirovanie zheleznodorozhnogo transporta (strategija preobrazovanij v sisteme upravlenija otrasl'ju) / V.L. Dikan', D.I. Bojko // «Biznes-inform». – 2000. – № 11–12. – S. 48–50.
4. Ejtutis G.D. Teoretyko-praktychni osnovy reformuvannja zaliznyh' Ukrainy: [monografija] / G.D. Ejtutis. – Nizhyn: TOV ASPEKT Poligraf, 2009 – 240 s.
5. Kolesnykova N.M. Adaptivno-garmonizacijnyj mehanizm cinoutvorennya na zaliznychnomu transporti: formuvannja, funkcionuvannja ta rozvytok:[monografija] / N.M. Kolesnykova. – K.: KUETT, 2006. – 564 s.
6. Lapidus B.M. Osnovnye napravlenija jekonomicheskikh issledovanij na zheleznodorozhnom transporte v uslovijah

- ego kardinal'nogo reformirovaniya /B.M. Lapidus, I.S. Besedin, L.A. Mazo // Vestnik VNIIZhT. – 2004. – № 3. – S. 3–13.
7. Makarenko M.V. Problemy ta osnovni naprjamky reformuvannya zaliznychnogo transportu Ukrai'ny / M.V. Makarenko, Ju.M. Cvjetov ta in. – K.: KUETT, 2007. – 222 s.
8. Jekonomika zheleznodorozhnogo transporta / N.P. Terjoshina, V.G. Galaburda, M.F. Trihunkov i dr.; Pod red. N.P. Terjoshinoj, B.M. Lapidusa, M.F. Trihunkova. – M.: UMC ZhDT, 2006. – 802 s.
9. Kravchenko O.O. Peredumovy vykorystannja scenarnogo pidhodu do finansovogo planuvannja i prognozuvannja na zaliznychnomu transporti/O.O.Kravchenko //Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti. – 2012. - № 37 - S. 140–144.
10. Reforma idet po grafiku // Magistral'. – 2012. – № 55 (1741), 25–31 ijulja. – S. 1,4.

Василик Х.Я., Баб'як М.О. Шляхи удосконалення інноваційного рівня залізничного транспорту.

У роботі досліджено особливості інноваційної концепції та стратегічні напрямки розвитку транспортного сектора економіки України, розглянуто обґрунтування необхідності вивчення майбутнього залізничного транспорту для підвищення ефективності його функціонування,

я, встановлено стратегічні напрямки управління інноваційною діяльністю та запропоновано інноваційні проекти.

Ключові слова: залізничний транспорт України, інноваційний розвиток, інноваційна діяльність, ефективне функціонування

Vasylyk K.Y., Babjak M.O. Ways of improving the innovation level of railway transport.

The paper examines the peculiarities of innovative concepts and strategic directions of development of transport sector of Ukraine, considers the necessity to study the future of railway transport to improve the efficiency of its functioning, set strategic direction key management of innovation activities and innovative projects proposed.

Key words: railway transport of Ukraine, innovative development, innovative activities, the effective functioning.

Василик Х. Я. - магістрант спеціальності «Адміністративний менеджмент», чергова по залізничній станції Львів. Email: hristinavasilik@mail.ru

Баб'як М.О. – к.т.н., доц., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (Львівська філія). Email: babjak@mail.ru

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

Стаття подана 13.03.2016

УДК 624.014.27

ПІДСИЛЕННЯ ВОДОПРОПУСКНОЇ ТРУБИ З ЗАСТОСУВАННЯМ СКЛАДУ ЗС-3**Возненко С.І., Фалендиш А.П.****STRENGTHENING OF CULVERT BY USING A COMPOUND ZS-3****Voznenko S., Falendysh A.**

В статті розглянуті питання зміцнення водопропускної труби, яка знаходиться під високим насипом на Південній залізниці. Для цього зроблений аналіз існуючих підходів для вирішення даного питання і експертним методом було визначено, що найбільш ефективним буде зміцнення типу труба в трубі. Для цього виду зміцнення пропонується відповідна методика.

Ключові слова: водопропускна труба, цементний розчин, захисний склад.

Вступ. В умовах недостатнього фінансування інфраструктури залізниць України постає питання збереження штучних споруд при обмежених ресурсах на їх заміну та ремонт. Заміна штучної споруди потребує багато матеріальних та людських ресурсів. Найчастіше призводить до зупинення руху потягів. Запропоновані технології дозволяють робити ремонт штучних споруд (водопропускних труб) не використовуючи багато матеріальних і людських ресурсів. Рух потягів по ділянці під час виконання цих робіт не зупиняється. Кошторисна вартість такого ремонту порівняно з заміною труби в декілька десятків разів менше. Відремонтовану водопропускну трубу можна використовувати без заміни на протязі декількох десятків років. При підсиленні труби за допомогою металоінскційної сорочки використовуються вітчизняні матеріали, та склад ЗС – 3, що розроблений на кафедрі БМКС Українського державного університету залізничного транспорту. Цей склад має властивості затверджуватись на вологих поверхнях, та добре зарекомендував себе при ремонті штучних споруд .

Постановка проблеми. Питанню підсилення труб в насипах приділяється багато уваги. Особливо ця проблема актуальна для залізничного транспорту в даний момент, коли коштів в залізниці для проведення ремонту як рухомого складу, так і інфраструктури не достатньо. Тому застосування нових наукових рішень для вирішення даної проблеми являється актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах Плугіна А.М, Плугіна А.А, Плугіна Д.О, Мірошніченко С.В , Лютого В.А, та ін. неодноразово казалося про те, що збереженню штучних споруд приділяється мало уваги. Але проблема підсилення труб в насипах в основному вирішувалась їх заміною.

Мета статті. В роботі необхідно зробити аналіз існуючих підходів по зміцненню труб в насипах та запропонувати один з найбільш раціональних.

Результати досліджень. Опираючись на праці знаменитих вчених та практиків (1,2,3) був зроблений аналіз варіантів підсилення труби, яка розміщена під високим насипом на Південній залізниці.

В результаті порівняльного аналізу обрано варіанти конструктивно-технологічних рішень відновлення несучої здатності конструкцій труби при капітальному ремонті, які наведені в таблиці 1.

Подальший аналіз переваг і недоліків варіантів конструктивно-технологічних рішень підсилення показав, що найменш принципові недоліки притаманні варіантам №№ 4 і 5.

Тому підсилення труби доцільно виконувати за конструктивно-технологічним рішенням «труба в трубі» (рис.1). Воно полягає в улаштуванні всередині існуючої труби нової і нагнітанні в міжтрубний цементного розчину. Такий спосіб застосовується, наприклад, при ремонті каналізаційних колекторів.

При ремонті водопропускних труб для внутрішньої труби доцільно застосувати двошарові поліпропіленові гофровані труби з гладкою внутрішньою поверхнею та суцільною або порожнистою спіральною чи кільцевою зовнішньою стінкою. Внутрішній шар труби є тонкостінною циліндричною оболонкою, а зовнішній шар – гофрованою хвилястою стінкою. Обидва шари виготовляють одночасно, з'єднують «гарячим» способом і вони утворюють єдину монолітну конструкцію. При цьому між внутрішнім і зовнішнім шаром утворюються порожнини, які значно полегшують конструкцію, у той час як хвилястий зовнішній шар забезпечує високу кільце-

ву міцність. Гофровані поліпропіленові труби з'єднують між собою за допомогою дворозтрубних муфт і гумових ущільнювальних кілець.

Таблица 1

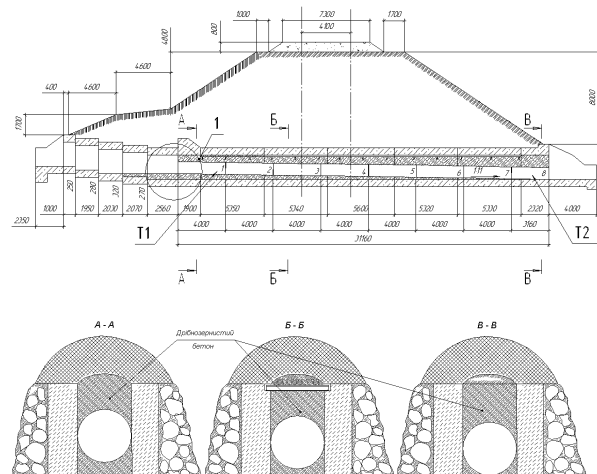
Варіанти конструктивно-технологічних рішень відновлення несучої здатності конструкцій труби при капітальному ремонті

Варіант конструктивно-технологічного рішення	Переваги	Недоліки
1 Повне перевлаштування конструкцій	Відпрацьованість технології, забезпечення максимальної надійності й довговічності за рахунок застосування 100 % нових матеріалів і конструкцій	Надто великі об'єми і вартість робіт, застосування важкої техніки, великі перерви в русі поїздів
2 Підсилення металоконструкціями	Відпрацьованість технології, зручність влаштування	Невисокі корозійна стійкість і довговічність, незахищеність від розкрадання металу
3 Підсилення залізобетонною сорочкою, в т.ч. із застосуванням торкретування	Відпрацьованість технології	Незручність проведення робіт у стиснених умовах, зменшення отвору труби
4 Підсилення за технологією «труба в трубі»	Зручність влаштування	Зменшення отвору труби, важко доступність для оглядів і обслуговування
5 Підсилення металом ін'єкційною сорочкою	Зручність влаштування, збереження отвору труби	Необхідність захисту від корозії

Розроблено конструктивно-технологічне рішення із застосуванням поліпропіленових гофрованих труб. Капітальний ремонт труби при цьому необхідно проводити в такій послідовності:

- гідроструменеве очищення поверхонь існуючої труби;
- улаштування основи для гофрованої труби із дрібнозернистого бетону;
- установлення ланок поліпропіленової гофрованої труби;
- заповнення міжтрубного зазору дрібнозернистим бетоном (нагнітання);
- нанесення на інші внутрішні поверхні труби та оголовків захисного складу ЗС-3.

Гідроструменеве очищення внутрішніх поверхонь труби виконують за допомогою апарату високого тиску «Kärher». Особливо ретельно очищують шви між каменями труби.



Вузол 1

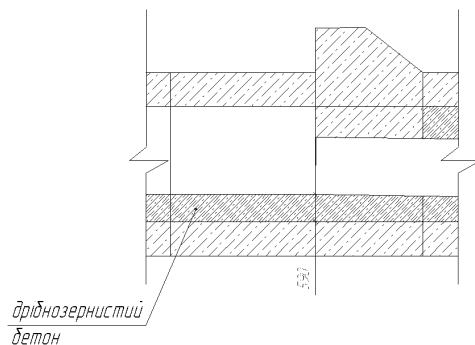


Рис.1. Конструкція підсилення «труба в трубі»

Для основи гофрованих труб і нагнітання в міжтрубний зазор застосовують литу дрібнозернисту бетонну суміш оптимального складу із портландцементу ПЦ І-500 або ПЦ ІІ-А/Ш-400 із застосуванням добавки суперпластифікатора С-3. Такий склад у порівнянні з традиційними не розшаровується, швидше твердіє, що зумовлює його більш високу стійкість до вимивання одразу після нагнітання. При твердінні він піддається значно меншій усадці, а в затверділому вигляді має набагато більшу міцність і практично повну водонепроникність.

Нагнітання здійснюють за допомогою розчинонасоса і розчинопроводу, який з'єднується з ін'єктором в опалубці (рис.2 - 4) .

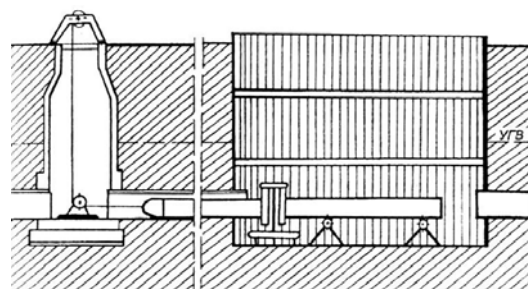


Рис.2. Протягування нових труб в споруду, що ремонтується

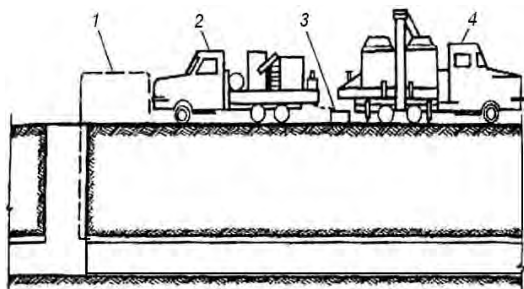


Рис.3. Нагнітання цементного розчину в між трубний зазор за допомогою комплексу обладнання КЦП-1

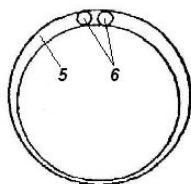


Рис.4. Схема розташування ін'єкторів при нагнітанні

Захисний склад ЗС -3 виготовляють безпосередньо перед використанням з урахуванням часу, необхідного для дозування компонентів, перемішування, нанесення. Склад ЗС-3 використовують при температурі навколишнього середовища не нижче $+10^{\circ}\text{C}$ і не вище $+35^{\circ}\text{C}$. Перед нанесенням складу поверхню очищують від продуктів корозії, забруднень, жирів. Нанесення складу виконують за допомогою пересувного агрегату СО-92А повітряного розпилення (табл.2, рис.5) .

Таблиця 2

Ручні пневматичні фарборозпилювачі

Характеристики	Фарборозпилювач			
	СО-6Б ¹	СО-19Б ¹	СО-71Б ²	СО-123А ³
В'язкість складу за ВЗ-4, с	15÷20	15÷20	30÷35	до 180
Продуктивність, м ² /год	20	50	400	100
Витрата повітря, м ³ /хв.	0,04	0,04	0,2 (0,3)	0,3
Робочий тиск повітря, МПа	0,1÷0,2	0,2	0,4÷0,5	0,3÷0,4
Місткість бачка, л	0,12	0,8	0,7	—
Габаритні розміри, мм	150×56×250	172×138×245	165×93×360	155×45×215
Маса, кг	0,4	0,7	0,77 (0,68)	0,8

¹ тільки з наливним бачком; ² з наливним бачком або фарбонагнітальним баком (значення характеристик в дужках);

³ тільки з фарбонагнітальним баком, для шпаклювальних сумішей

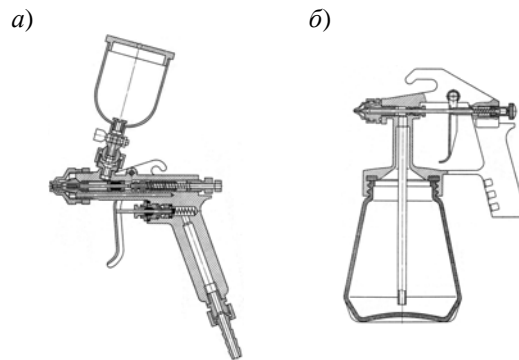


Рис.5. Ручні пневматичні фарборозпилювачі:
а – СО-6Б; б – СО-19Б

Нанесений на поверхню склад повинен являти собою щільне покриття товщиною до 1 мм.

Склад, після отвердження має адгезійну міцність понад 2 МПа.

Висновки. Таким чином, в роботі був зроблений аналіз різних варіантів конструктивно-технологічних рішень відновлення несучої здатності конструкцій труби при капітальному ремонті. Він показав, що для випадку відновлення несучої здатності труби на Південній залізниці найбільш доцільно використовувати варіант труба в трубі. Для даного варіанту були запропоновані відповідні конструктивно-технологічні рішення.

Література

1. Відновлення експлуатаційних властивостей матеріалів і конструкцій: Навчальний посібник / А.М.Плугін, О.А.Калінін,... А.А.Плугін та ін.- Харків: ХарДАЗТ, 1999.- Ч.1.- 117 с.; Ч.2.- 86 с.
2. Плугін А.А. К вопросу надежности, долговечности и безопасности бетонных и железобетонных конструкций и сооружений, эксплуатируемых в условиях обводнения // Безопасность движения поездов: Тр.V научно-практ. конфер.- М.: МГУПС, 2004.- С.VII-11.
3. Плугін А.М., Трикоз Л.В., Плугін А.А. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів і конструкцій: Навчальний посібник.- Харків: ХарДАЗТ, 1999.- Ч.1.- 111 с.; Ч.2.- 134 с.

References

1. Restoration of operational properties: Textbook / A.M.Plugin, A.A.Kalinin ... A.A.Plugin and others- Kharkov: Khar DAZT, 1999.- part.1.- page 117;. part.2.- page 86.
2. Plugin A.A. To a question of reliability, durability and safety of concrete and reinforced concrete structures and constructions operated under irrigation// Railway traffic safety: Scientific-practical conference – MGUPS,2004
3. Plugin A.M., Trikoz L.V., Plugin A.A. Physico-chemical mechanics of building materials and constructions Textbook Kharkov: Khar DAZT, 1999.- part .1.- page 111 ; part.2.- page 134.

Возненко С.И., Фалендыш А.П. Упрочнение водопропускной трубы с использованием состава ЗС-3.

В статье рассмотрены вопросы упрочнения водопропускной трубы, которая находится под высоким насыпом на Южной железной дороге. Для этого сделан анализ существующих подходов для решения данного вопроса и экспертным методом было определено, что наиболее эффективным будет упрочнение по типу труба в трубе. Для этого вида упрочнения предлагается соответствующая методика.

Ключевые слова: водопропускная труба, цементный раствор, защитный состав.

Voznenko S.I., Falendysh A.P. Strengthening of culvert by using a compound ZS-3.

Questions connected with strengthening of the culvert are reviewed in this article. An analysis of existing approaches is made. This analysis will help to solve this issue. An expert method found out that the best and effective solution will be the strengthening of a construction. For this type of strengthening we recommend a suitable way. Under the conditions of inadequate funding infrastructure of railways of Ukraine raises the question of preservation artificial structures with limited resources to its replacement and repair. Exchange of artificial structures needs a lot of resources both material and human. Very often it leads trains to stop. The technology that was proposed will allow to repair artificial

structures without using a lot of resources. Movement of trains on the section during repair will not be stopped. The estimated cost of the repair compared with replacement of pipes is several times lower. It will be possible to use a renovated pipe without replacement for more than ten years. In strengthening pipe domestic metal materials and ZS-3 compounds are used. ZS-3 was developed at the Department BMKS of Ukrainian State University of Railway Transport. This compound has qualities that allow it to be fixed well on wet surface. It recommended itself very good while repairing artificial structures.

Key words: culvert, cement mortar, protective composition.

Возненко С.И. – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Залізничних споруд» Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail: vznenks@rambler.ru

Фалендыш А.П. – д.т.н., професор, зав. кафедри «Теплотехніки та теплових двигунів» Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail: fap_hiit@ukr.net.

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

Стаття подана 11.03.2016

УДК 629.4.077

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ З УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ГАЛЬМІВНОГО ОБЛАДНАННЯ

Горбунов М.І., Просвірова О.В., Кравченко К.О., Ковтанець М.В.

DETERMINING PERSPECTIVE TENDENCIES OF RAILWAY BRAKING EQUIPMENT IMPROVEMENT METHODS

Gorbunov N., Prosvirova O., Kravchenko K., Kovtanets M.

Згідно з пріоритетними напрямками розвитку міжнародної залізничної системи розроблені методи підвищення енергоефективності та безпеки руху за рахунок управління фрикційною передачею «колесо-рейка», управління трибологічними і теплофізичними процесами фрикційних елементів гальм. Запобігання юзу, надійність екстреного гальмування, забезпечення стабільного коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою - важливі завдання, вирішення яких сприятиме значному зниженню ризику виникнення аварійних ситуацій, підвищенню рівня безпеки пасажирів, збереження вантажів, уникненню екологічних катастроф. Впровадження запропонованих інноваційних методів управління температурою гальмових фрикційних поверхонь сприятиме подальшому розвитку високошвидкісного руху залізничного транспорту.

Ключові слова: залізничний транспорт, принципи розвитку, експертне оцінювання, гальмівна система, енергоефективність.

Вступ. Розвиток залізничного транспорту висуває підвищені вимоги до збільшення вагових норм і швидкостей руху поїздів, до умов реалізації яких належать стабілізація коефіцієнта зчеплення коліс локомотива з рейками, підвищення ефективності гальмування залізничного транспортного засобу, оптимізація фрикційної взаємодії коліс локомотива з рейками при екстреному гальмуванні, зменшення додаткових витрат потужності залізничного транспорту в різних режимах руху, підвищення енергозаспокоєної спроможності фрикційних елементів гальм. Здатність залізничного транспорту забезпечувати захист життя пасажирів, збереження вантажів і навколишнього середовища в цілому визначає його розвиток і досягнення ним провідних позицій на ринку перевезень.

Діяльність залізничного транспорту як частини єдиної транспортної системи країни сприяє нормальному функціонуванню всіх галузей суспільного виробництва, соціальному і економічному розвитку та зміцненню обороноздатності держави, міжнарод-

ному співробітництву України. Конкурентоспроможність галузі залізничного транспорту підвищиться впровадженням інноваційних рішень у системі конструювання й експлуатації локомотивів.

До гальмових засобів пред'являються високі вимоги відповідності постійно підвищуваним швидкостям руху поїздів. До числа найбільш важливих проблем широко використовуваної конструкції колodкового гальма, яка передбачає взаємодію гальмової колодки з поверхнею катання коліс, відноситься негативний вплив нагрівання поверхні катання колеса на коефіцієнт зчеплення з рейкою, знос коліс, ризик провороту бандажів відносно колісного центра.

Дискові гальма використовуються для забезпечення достатньої гальмівної потужності та безпеки при швидкісному русі. Сучасні дослідження дискових гальм мають декілька важливих напрямів, серед яких:

- підвищення коефіцієнта зчеплення коліс з рейками при їх використанні;
- зменшення впливу несприятливих атмосферних умов на роботу гальм;
- створення гальмівних накладок з високим стабільним коефіцієнтом тертя і великий зносостійкістю;
- розробка надійної і довговічної конструкції гальмівних дисків, що забезпечують ефективне розсіювання енергії.

Використання дискових гальм набуває все більшого поширення, адже потрібна гальмова потужність не досягається за допомогою колodкових гальм. Експлуатація колodкових гальм на високих швидкостях також є небезпечним через суттєве збільшення зносу коліс. Експлуатація рухомого складу з дисковими гальмами виявила ряд істотних недоліків конструкції елементів фрикційної пари: спроектована без відповідних розрахункових обґрунтувань вентиляційна система гальмівних дисків не забезпе-

чує ефективну тепловіддачу і значно підвищує опір руху поїзда.

Постановка проблеми. Розробка принципів стратегічного розвитку залізничного транспорту – складна багаторівнева задача, вирішенням якої займаються провідні світові фахівці. Відповідність напрямку дослідження пріоритетам стратегічного розвитку в значній мірі визначає його перспективи розвитку та впровадження у виробництво.

Ефективність гальмових засобів є однією з найважливіших умов, які визначають можливість підвищення ваги та швидкості руху поїздів, пропускної і провізної спроможності залізних доріг. Від властивостей і стану гальмового обладнання рухомого складу в значній мірі залежить безпека руху.

Перевищення допустимих температур фрикційних поверхонь призводить до втрати ними знософрикційних властивостей, спостерігається дестабілізація експлуатаційних параметрів (динамічного коефіцієнта тертя, гальмового моменту, механічних і теплових деформацій, зносу і т.д.) гальмових пристроїв. Самовентиляція дискових гальм створює додатковий опір руху та призводить до витрат до 10% додаткової потужності. Зважаючи на це, доцільно для забезпечення вимог щодо стабілізації температури фрикційної пари гальм застосовувати нові перспективні методи адаптивного охолодження, керування вентиляцією та самовентиляцією гальм.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В статті приймаються до розгляду результати намічених на 83-й генеральній асамблеї Міжнародного союзу залізниць (МСЗ) стратегічні принципи розвитку світової залізничної системи на перспективу до 2050. Відштовхуючись від намічених принципів, проведено спільне дослідження наукових організацій-учасників з метою визначення пріоритетних напрямів наукових досліджень, розробка яких буде сприяти ефективному розвитку залізничного транспорту. На основі проведеного комплексного аналізу експериментальних та теоретичних досліджень, висвітленого в роботах [1, 2], визначено, що однією з найважливіших проблем гальмових пристроїв є підтримання поверхневих температур їх пар тертя в певних межах при забезпеченні високої енергоефективності.

Метою статті є аналіз пріоритетів стратегічних напрямів досліджень в галузі залізничного транспорту, оцінка значення і потенціалу перспективних методів підвищення ефективності роботи гальмового обладнання управлінням температурою фрикційних поверхонь в різних режимах руху.

Результати досліджень. На 83-й генеральній асамблеї МСЗ намічені наступні стратегічні принципи розвитку світової залізничної системи на перспективу до 2050 року [3, 7].

Поєднаність. Залізничні - основа взаємозв'язаної та безшовної транспортної системи.

Інтероперабельність. Залізничні технології адаптуються під різні об'єми попиту, вимоги ринку, продуктів, області експлуатації.

Продуктивність. Залізничний транспорт поєднує високу провізну спроможність з можливістю обслуговування дрібних клієнтів.

Стійкість. Залізничні надають ефективне рішення для стійкої мобільності та роблять значний внесок в скорочення емісії парникових газів.

Безпека. Залізничний транспорт - найбезпечніший вид транспорту.

Конкурентоспроможність. Залізничний транспорт - конкурентоспроможний і життєздатний вибір серед видів транспорту за вартістю і якістю послуг.

Привабливість. Пасажири та перевізники отримують послуги стабільно високого рівня.

Керуючись означеними принципами, установи-учасники провели дослідження, спрямоване на визначення пріоритетних напрямів наукових досліджень, розробка яких буде сприяти ефективному розвитку залізничного транспорту.

З використанням методики експертного оцінювання, в рамках дослідження МСЗ проведена обробка близько ста анкет опитування галузевих наукових працівників з країн-учасників дослідження, які поєднують індивідуальний дослідницький досвід поряд з досвідом вирішення конкретних завдань залізничної галузі в своїх державах.

За основним кластерами розвитку складено детальний список напрямів досліджень, який було надано експертам для оцінювання (табл. 1).

Таблиця 1

Кластери та напрями досліджень

Рухомий склад
Конструкція рухомого складу високої продуктивності
Нові матеріали і виробничі процеси для рухомого складу
Стійка конструкція рухомого складу
Внутрішнє оснащення поїздів
Система як ціле
Безпека руху та особиста безпека пасажирів
Інтегровані системи для пасажирських і вантажних перевезень
Збільшення пропускної здатності
Залізничні системи майбутнього
Враження клієнта
Інфраструктура
Технології для моніторингу шляху рухомого складу і сумісність (запобігання сходу з рейок і т. д.)
Розробка нових матеріалів і технологій для інфраструктури
Взаємодія в системі колесо-рейка
Управління активами
Енергоефективність, екологія
Оптимізація енергоспоживання в залізничних системах
Шум і вібрація
Скорочення шкідливих викидів від дизельного рухомого складу
Взаємодія між залізничними енергетичними системами і інтелектуальними енергосистемами
Інтелектуальні системи
ERTMS рівень 2/3 (GSM): Економічна рентабельність для вантажного транспорту
Управління інформацією
Інтелектуальні автоматизовані системи управління рухом

Для визначення затребуваних напрямків досліджень експерти:

- попарно порівняли кожен напрямок з усіма іншими, з точки зору пріоритетності виставляючи 1 бал більш пріоритетному і 0 балів менш пріоритетному напрямку досліджень (якщо обидва мають однаковий пріоритет – виставлялось по 0,5 бала).

- за методом рангової кореляції розставили бали всім напрямкам від 100 для самого пріоритетного – до 5 для найменш пріоритетного, на думку експерта;
- присвоїли напрямкам відповідні місця від 1-го до 20-го.

Аналіз результатів експертного опитування показав, що найбільш затребуваними виявилися напрямки:

1. Стійка конструкція рухомого складу (кластер «Рухомий склад»).

2. Безпека руху та особиста безпека пасажирів (кластер «Система як єдине ціле»).

3. Технології для моніторингу шляху рухомого складу і сумісність (кластер «Інфраструктура»).

4. Розробка нових матеріалів і технологій для інфраструктури (кластер «Інфраструктура»).

5. Нові матеріали і виробничі процеси для рухомого складу (кластер «Рухомий склад»).

6. Взаємодія в системі колесо-рейка (кластер «Інфраструктура»).

Задача підвищення ефективності гальмування та збільшення енергоефективності гальм відповідає низці найбільш пріоритетних напрямків досліджень («Стійка конструкція рухомого складу», «Безпека руху та особиста безпека пасажирів», «Взаємодія в системі колесо-рейка», «Оптимізація енергоспоживання» та ін.), тобто належить до напрямків досліджень з високим пріоритетом в структурі стратегічних принципів розвитку світової системи залізничного транспорту.

За результатами аналізу пріоритетних напрямків досліджень, можна виділити закономірність з найбільшою концентрацією і затребуваністю напрямків у рамках наукових кластерів «Інфраструктура» та «Рухомий склад». Експерти-фахівці визначають надійну і безпечну роботу інфраструктури та рухомого складу як основу ефективного функціонування залізничного транспортного комплексу.

На основі експертного оцінювання у розробленій системі прийняття рішень [4] авторами створено способи підвищення енергоефективності гальмових пристроїв, які включають:

- системи адаптивного охолодження дискових гальм, що перешкоджають самовентиляції в режимах роботи, які не потребують охолодження, що дозволяють знизити додаткові витрати потужності до 10% [8-10];

- систему охолодження і подачі стисненого повітря з гальмової магістралі в гальмівний трибоконтакт колодкового і дискового гальма для охолодження фрикційних поверхонь і видалення продуктів зносу із зони контакту [6, 11];

- систему подачі активного газоподібного середовища в гальмовий трибоконтакт колодкового і дискового гальма для охолодження фрикційних поверхонь і видалення продуктів зносу із зони контакту [5, 12, 13].

Система подачі стисненого повітря в фрикційний контакт. Охолодження, видалення продуктів зносу з фрикційного контакту забезпечується завдяки подачі стисненого повітря з гальмівної магістралі в гальмівну колодку (накладку) з системою отворів на фрикційній поверхні (рис. 1).

Проблема охолодження фрикційної пари, поліпшення гальмівних характеристик транспортного залізничного засобу може бути вирішена шляхом ефективного використання стисненого повітря, яке стравлюється з гальмівного циліндру при гальмуванні, охолодження гальмової колодки й робочої поверхні колеса та віднесення продуктів фрикційного зносу з контакту «гальмівний диск – накладка».

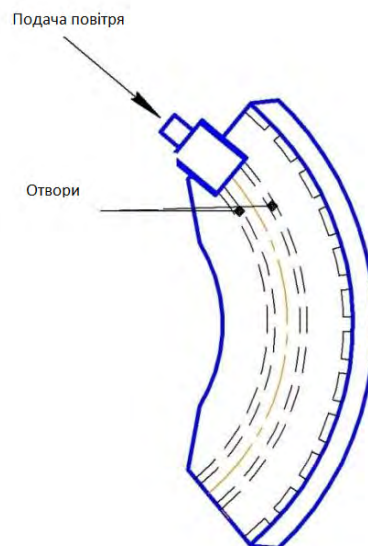


Рис. 1. Гальмова накладка з отворами та канавками для подачі стисненого повітря

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 фрикційного контакту, охолоджує його і відносить продукти зносу у довкілля. Охолодження стисненого повітря, що подається в зону фрикційного контакту, забезпечується використанням вихрової труби Ранка-Хілша у системі подачі акумульованого повітря.

Авторами проведено чисельне визначення факторів, які впливають на процес подачі стисненого повітря між гальмівним диском і гальмівними накладками в процесі гальмування і динаміку їх дії таким чином, щоб сила протидії з боку стисненого повітря не призводила до погіршення основних пара-

метрів фрикційної взаємодії між гальмовим диском та накладкою [8].

Забезпечення гальмівних колодок вставками з газоутворюючих матеріалів - порофорів. Під дією високої температури під час гальмування в колодці починається процес термічного розкладання елементів з порофору (рис. 2), що призводить до виділення газових продуктів.

Одним з основних продуктів розкладання є азот, що взаємодіє з тонкими поверхневими шарами фрикційних вузлів. Це забезпечує ефективне охолодження і позитивно впливає на фрикційні властивості пари тертя - підвищує коефіцієнт зчеплення, зміцнює і стабілізує поверхню матеріалів, тим самим, підвищуючи їх довговічність і зносостійкість.

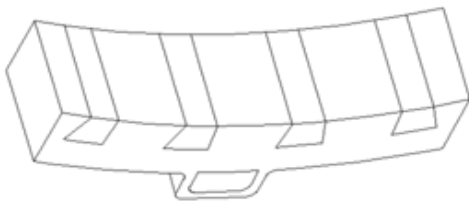


Рис. 2. Гальмова колодка з вставками з порофору

Усунення самовентиляції дискового гальма у режимах тяги і вибігу. Вихідні або входні отвори вентиляційних каналів дискових гальм пропонується закривати за допомогою пластин з матеріалу з ефектом пам'яті форми чи біметалічними пластинами. Кожен фрикційний диск виконується з двох частин (дисків), з'єднаних між собою болтами. По зовнішньому краю фрикційного диска між його частинами біля вихідних отворів вентиляційних каналів встановлюються пластини з матеріалу з ефектом пам'яті форми, які в початковому положенні (коли охолодження не потрібно) закривають вентиляційні канали, а при нагріванні - відкриваються на 135° , що сприяє охолодженню диска, в тому числі і зовнішньої його частини, а також фрикційного контакту диска і гальмівних накладок за рахунок виникаючих турбулентних потоків набігаючого повітря.

Висновки. За результатами намічених стратегічних принципів розвитку світової залізничної системи, аналізу експертного опитування фахівців дослідних організацій у сфері залізничного транспорту, підвищення ефективності роботи гальмового обладнання є одним з найважливіших факторів для підвищення швидкостей руху, безпеки та енергоефективності залізничного транспорту. Запропоновані інноваційні методи управління температурою гальмових фрикційних поверхонь сприятимуть подальшому розвитку високошвидкісного руху локомотивів. Ці методи відрізняються новизною розроблених рішень, представляють теоретичну та практичну цінність в напрямку вдосконалення експлуатаційних характеристик гальм, що матиме велике значення

для стратегічного розвитку залізничного транспорту в цілому.

Л і т е р а т у р а

1. Горбунов М.І. Аналіз технічних рішень по підвищенню енергоспоживачої 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. Горбунов М.І. Технічні рішення по стабілізації температури фрикційних елементів гальм / М.І. Горбунов, К.О. Кравченко, О.С. Ноженко, О.В. Просвірова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля:– Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2013 – № 4(193) – С. 68 – 72.
3. Лапидус Б.М. Приоритетные направления железнодорожных исследований в рамках глобальной экономики / Б.М. Лапидус // Бюллетень ОУС ОАО «РЖД». №5, 2013. – С. 1-10.
4. Свідство про реєстрацію авторського права на твір № 45058 від 06.08.2012. Комп'ютерна програма «Прийняття рішень у задачах залізничного транспорту з використанням методу експертних оцінок» / Горбунов М.М., Ковтанець М.В., Кравченко К.О., Просвірова О.В.
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.
7. Горбунов Н.И. Методология инновационного развития железнодорожного транспорта / Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, Р.Ю. Демин // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2014. – № 3 (210). – С. 22-28.
8. Горбунов Н. Анализ конструктивных особенностей железнодорожных тормозов и методы совершенствования процесса их функционирования / Горбунов Н., Кравченко Е., Демин Р., Ноженко Е., Просвірова О. // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Vol. 13, No. 3, Poland 2013. – р. 63 - 67.
9. Горбунов Н., Ковтанец М., Ноженко В., Просвірова О. Анализ влияния струйно-абразивного потока параметров на коэффициент трения колеса и рельса.// TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Vol. 13, No. 3, Poland 2013 Lublin – Lugansk, н.м. база "Agro" database. – р. 68 - 74.
10. Кравченко Е. Влияние локомотивных эксплуатационных характеристик на колеса в контакте с рельсами / Кравченко Е., Горбунов Н., Сосновенко С., Просвірова О., Брагин Н. // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Vol. 12, No. 4, Poland 2012. – р. 108 - 112.
11. Горбунов Н., Просвірова О., Кравченко Е. Анализ торможения железнодорожного транспортного средства и оценка эффективности технических решений с использованием риск-ориентированных методов технических систем. TEKA Commission of Motorization and

Power Industry in Agriculture Poland 2014, Lublin – Lugansk. Vol. 14, No. 1, p. 73 – 85.

12. Горбунов Н., Кравченко Е., Просви́рова О., Ноженко Е., Ковтанец М., Мокроусов С., Кара С. Способ определения параметров усовершенствования железнодорожных тормозного оборудования // ТЕКА. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE 2015, Vol. 15, No.2, 33-38
13. Демин Р., Горбунов Н., Ковтанец М., Ноженко В., Кравченко Е., Просви́рова О., Черников В. // ТЕКА. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE 2015, Vol. 15, No.2, 39-44

References

1. Gorbunov N.I., Kravchenko K.A., Prosvirova O.V. Analiz tekhnichnykh rishen po pidvyschennyu enerhorozsiyuyuchoyi spromozhnosti elementiv halmovyykh 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. Gorbunov N.I., Kravchenko K.A., Nozhenko O.S., Prosvirova O.V. Tekhnichni rishennya po stabilizatsiyi temperatury fryktsiynykh elementiv halm [Technical solutions for temperature stabilization of the friction elements of the brakes] / Gorbunov M. I., K. A. Kravchenko, A. S. Nozhenko, A. V. Prosvirov // Vestnik of East-Ukrainian national University named after Volodymyr Dahl No. 4(193). Lugansk, VDEUNU, 2013. P. 68 – 72.
3. Lapidus B.M. Prioritetnye napravlenyya zheleznodorozhnykh issledovaniy v ramkakh globalnoy ekonomiki [Priority directions of railway research in the global economy] / Lapidus B.M. // [Bulletin of the ous JSC RZD]. No. 5, 2013. – S. 1-10.
4. Gorbunov N.I., Kovtanets M.V., Kravchenko K.A., Prosvirova O.V. Komp'yuterna prohrama «Prynyattya rishen u zadachakh zaliznychnoho transportu z vykorystanniam metodu ekspertnykh otsinok» [The computer program "decision Making in problems of railway transport with the use of expert evaluation method"]. The certificate of copyright registration UA, no. 45058, 2012
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.
7. Gorbunov N.I., Kovtanets M.V., Dyomin R.Y. Metodologiya innovatsionnogo razvitiya zheleznodorozhnogo transporta [Methodology of railway transport innovative development] / Vestnik of East-Ukrainian national University named after Volodymyr Dahl No. 3(210). Lugansk, VDEUNU, 2014. P. 57-61.
8. Gorbunov N. Analysis of the constructive features of railway brakes and methods of improving the process of their functioning / N. Gorbunov, E. Kravchenko, R. Demin, O. Nogenko, O. Prosvirova // TEKA Commission of Motori-

zation and Power Industry in Agriculture Vol. 13, No. 3, Poland 2013. – p. 63 - 67.

9. Nickolay Gorbunov, Maksim Kovtanets, Volodymyr Nozhenko, Olga Prosvirova Analysis of the influence of jet-abrasive flow parameters on wheel and rail friction coefficient.// TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Vol. 13, No. 3, Poland 2013 Lublin – Lugansk, н.м. база “Agro” database. – p. 68 - 74.
10. Kravchenko C. Influence of locomotive operating characteristics on wheels in contact with the rails / C. Kravchenko, N. Gorbunov, S. Sosnovenko, O. Prosvirova, N. Bragin // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Vol. 12, No. 4, Poland 2012. – p. 108 - 112.
11. Nickolay Gorbunov, Olga Prosvirova, Ekaterina Kravchenko. Analysis of railway vehicle braking and assessment of technical solutions efficiency using risk-based methods for technical systems. TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Poland 2014, Lublin – Lugansk. Vol. 14, No. 1, p. 73 - 85.
12. N. Gorbunov , E. Kravchenko, O. Prosvirova, O. Nozhenko, M. Kovtanets, S. Mokrousov, S. Kara. Method of determining the parameters of improved railway brake equipment // TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE 2015, Vol. 15, No.2, 33-38
13. R. Domin, N. Gorbunov, M. Kovtanets, V. Nozhenko, E. Kravchenko, O. Prosvirova, V. Chernikov. Supplying system abrasive material with automatic dosing control // TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE 2015, Vol. 15, No.2, 39-44

Горбунов Н.И., Просви́рова О.В., Кравченко К.О., Ковтанец М.В. Перспективные направления исследований по совершенствованию железнодорожного тормозного оборудования.

В соответствии с приоритетными направлениями развития международной железнодорожной системы разработана система методов повышения энергоэффективности и безопасности движения за счет управления фрикционной передачей «колесо-рельс», управления трибологическими и теплофизическими процессами фрикционных элементов тормозов. Предотвращение юза, надежность экстренного торможения, обеспечения стабильного коэффициента сцепления колеса с рельсом - важные задачи, решение которых способствует значительному снижению риска возникновения аварийных ситуаций, приводящих к негативным экологическим последствиям. Предложенные инновационные методы управления температурой тормозных фрикционных поверхностей будут способствовать дальнейшему развитию высокоскоростного движения локомотивов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, стратегические принципы, экспертное оценивание, тормозная система, энергоэффективность

Gorbunov N., Prosvirova O., Kravchenko K., Kovtanets M. Determining perspective tendencies of railway braking equipment improvement methods.

In accordance with priority directions of development of international railway systems was developed a system of methods for increasing the efficiency and traffic safety by controlling the friction transmission "wheel-rail", control tribological and thermophysical processes of the friction elements

of the brakes. Prevent skidding and reliability of the emergency braking, to ensure stable cohesion coefficient of wheel and rail, is an important task, the solution of which contributes to a significant reduction in the risk of accidents leading to negative environmental consequences. The proposed innovative methods to manage the temperature of the brake friction surfaces will contribute to the further development of high-speed locomotives.

Keywords: railway transport, development principles, expert evaluation, brake system, energy efficiency.

Горбунов М.І. – д.т.н., проф. професор кафедри залізничного транспорту, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля;

Просвірова О.В. – м.н.с., Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля;

Кравченко К.О. – к.т.н., доц., доцент кафедри залізничного транспорту, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля;

Ковтанець М.В. – к.т.н., ст. викл. кафедри залізничного транспорту, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля).

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

Стаття подана 22.03.2016

УДК 629.424.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ВАЛОВ С НЕСОВЕРШЕНСТВАМИ МАТЕРИАЛА**Горобец В.Л., Мямлин С.В., Горобец Е.В.****RESEARCH OF BILLOWS DURABILITY WITH IMPERFECTIONS OF MATERIAL****Horobec V., Myamlin S., Horobec E.**

В статье рассмотрена методология оценки прочности и допускаемых нагрузок валов с несовершенствами материала, передающих крутящий момент. При составлении методик использованы специальные приложения метода сечений, также методы сопротивления материалов и теории разрушения. Предложен принцип создания специальных расчетных моделей для оценки напряженно-деформированного состояния внутреннего сечения, в котором дислоцирован эллиптический трещиноподобный дефект с целью дальнейшей оценки уровня нагрузок, которые не приводят к росту трещины.

Ключевые слова: прочность, вал, несовершенства, метод сечений.

Введение. Одним из актуальных вопросов теории прочности является проблема инженерного расчета несущей способности силовых (несущих) металлоконструкций с несовершенствами (неметаллическими включениями, усталостными трещинами и т.п.). При решении данной проблемы применено специфическое приложение одного из базовых методов определения внутренних усилий – метода сечений.

Постановка проблемы. Очевидно, что создание идеальных, бездефектных несущих металлоконструкций, например валов электродвигателей для серийного производства, практически невозможно. Даже в случае их жесткого отбора и контроля качества остаются актуальными вопросы обеспечения прочности валов после действия длительных циклических нагрузок и постепенного раскрытия трещин и несплошностей.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [1-5] рассмотрены основные инструменты и принципы расчетов на прочность сплошных тел, подверженных действию переменных нагрузок. В области железнодорожного транспорта, требования, предъявляемые к несущим нагрузку элементам регламентируются Нормами расчета [6] или иными аналогичными документами. Задача определения прочности конструкции с тре-

щиной решается как аналитически [7-9], так и экспериментально [10-13]. Однако, некоторые особенности программных сред для выполнения расчетов на прочность приводят к повышенным погрешностям в определении напряженно-деформированного состояния вблизи границ трещин, что, в свою очередь влияет на общий результат такого расчета.

Цель статьи. В работе предложен подход к оценке прочности элементов металлоконструкции, работающей на кручение (вал) с несовершенством типа несплошности эллиптической формы, дислоцированной в продольной плоскости, проходящей через его ось. Данный подход применим также и для других типов нагружений.

Результаты исследований. С целью оценки требований к нагруженности тяговых электродвигателей (ТЭД) электровозов ВЛ80, ВЛ82, разработаны теоретические основы и проведены расчеты допустимого уровня тягового момента на вале ротора ТЭД, при котором маловероятно быстрое развитие трещин и несплошностей их материала.

Оценивая поведение несущих конструкций при действии на них переменной нагрузки нужно обратить внимание на поведение макроскопических трещин с момента их появления до потери конструкцией несущей способности.

Происхождение трещин в металлах имеет физическую основу, которая связана с его поведением на субмикроскопическом уровне структуры материала, где все металлы имеют монокристаллическую структуру, но с некоторым несовершенством в виде вакансий и дислокаций и несплошностей [1,14].

В поле механического напряжения дислокации могут взаимодействовать и передвигаться. Наиболее возможным движением являются сдвиги или скольжение кристаллических пластов друг относительно друга, наибольшая чувствительность к нагрузке оказывается при этом под углом 45° к направлению действия нагрузки. Во время этого процесса, линии дислокаций обязательно будут двигаться к поверхности кристалла, где их можно увидеть как микро-

скопические полосы, т.е. полосы скольжения, на которой канавки действуют как центры зарождения микротрещин, которые распространяются вдоль межкристаллитных границ.

Эти трещины наиболее чувствительны к компонентам напряжений, направленных под углом 90° к поверхности трещины, под действием циклических нагрузок, они будут расти скачкообразно.

Рассмотрим небольшую плоскую трещину, которая идет из поверхности. Распределение местного напряжения можно описать в локальной системе координат, где оси x и z перпендикулярны линии фронта трещины, как это показано на рисунке 1.

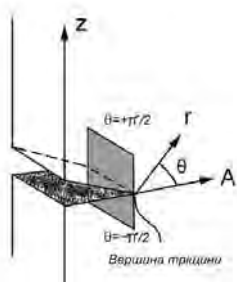


Рис. 1. Координаты, описывающие зависимость между локальными деформациями и напряжениями во фронте вершины трещины

Выражая линейное уравнение связи деформаций и напряжений в полярных координатах (r, θ) и допуская, что эти переменные независимы, компоненты локального напряжения можно записать [1]

$$\sigma_{ij} = R(r) \Theta_{ij}(\theta) \quad (1)$$

На поверхностях, положения которых определяется как $\theta = \pm \pi/2$ относительно направления роста трещины, как нормальные напряжения, так и касательные должны равняться нулю.

Параметр, который описывает напряжение, который объясняет это требование, должен иметь радиальную функцию вида

$$R(r) = r^{\frac{n}{2}-1}$$

где n – величина, равная нулю или целому числу. Реальным значением будет $n=1$, которое дает сингулярность в фронте трещины с порядком $-1/2$.

Для этого значения компоненты напряжений можно записать в виде

$$\sigma_{ij} = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}} \Theta_{ij}(\theta) \quad (2)$$

здесь $\sqrt{2\pi}$ – нормирующий множитель, введенный для удобства. Коэффициентом K , общим для всех компонент напряжения, обозначают интенсивность напряжений. Он зависит от формы трещины и ори-

ентации тензора номинального напряжения и пропорциональный превосходящей компоненте номинального напряжения, которое обозначается как σ_∞ .

В некоторых особых случаях, интенсивность напряжений K может быть выведена аналитически с помощью интегрирования комплексной функции. Для длинной плоской трещины в металлической пластине длиной $2x$, перпендикулярной продольному напряжению, компоненты местного напряжения будут составлять

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\frac{\chi}{2r}} \sigma_\infty \Theta_{ij}(\theta);$$

$$K = \sqrt{\pi \chi} \sigma_\infty$$

Тогда, даже если номинальные напряжения σ_∞ малые, компоненты местного напряжения σ_{ij} в фронте трещины при $r=0$ могут быть чрезвычайно высокими. Они могут быть даже выше, чем прочность материала на разрыв.

Такая неоднородность в поле напряжений может привести к разрушению материала в очень малой области возле вершины трещины и увеличить эту трещину. Тем не менее, если напряжение достаточно мало, неоднородность будет сведена на нет, когда фронт трещины увеличивается на расстояние, сравнимое с размером зерна [1].

Поэтому, будет достаточно корректным принять, что напряжения, превышающие допустимые уровни, могут действовать на расстоянии от острия трещины, которая не превышает среднего размера зерна металла.

Получение адекватных результатов напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции с несплошностью является далеко не тривиальным вопросом. Во-первых, метод конечных элементов (МКЭ) создает локально плохо обусловленную систему уравнений в случае, когда конфигурация конечного элемента содержит углы, близкие к 0° , что приводит к недопустимым погрешностям определения компонент напряженно-деформированного состояния в таких зонах [9]. Во-вторых, при попытках создать какой-либо унифицированный тип стандартного острия трещины, напряжение в его зоне отличаются в разы.

Анализ разрушений валов якорей ТЭД позволяет сделать вывод, что первичной причиной разрушений является крутящий момент тяги, вызывающий возникновение трещины вдоль оси вала (рисунок 3, показано стрелкой) в отличие от изгиба, который служит причиной дальнейшего развития трещины в плоскости его поперечного сечения.

Таким образом, специальная расчетная модель для определения НДС должны моделировать несплошность, расположенную в плоскости, которая проходит через продольную ось вала.



Рис. 2. Вид участка разрушения вала ТЭД от крутящего момента

Для решения данной проблемы предлагается следующий подход:

- применив метод сечений [3], разделить массивное тело в направлении дислокации несплошности (для вала якоря ТЭД это будет плоскость, которая проходит через его продольную ось);
- провести расчет НДС [2] целого вала;
- провести расчет НДС [2] части вала, отделенной плоскостью, которая проходит через продольную ось вала, и закреплениями этой плоскости достичь качественного и количественного совпадения напряжений полной и рассеченной плоскостью моделей;
- выделить в раздельной плоскости отдельный субэлемент, который размером, формой и расположением совпадает с избранной типичной несплошностью;
- внутренняя область субэлемента освобождается от закреплений, моделируя тем самым плоскую трещину.

Идеализация вала якоря ТЭД приведена на рисунке 3.

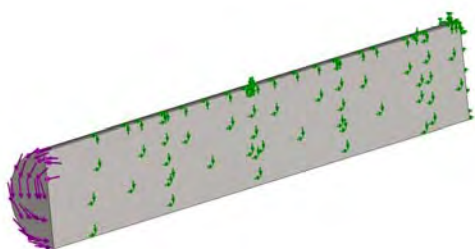


Рис. 3. Идеализация вала якоря ТЭД

В продольной плоскости выбран несплошностью эллиптический элемент (Рисунок 4), размером 20х60 мм, расположенный вдоль продольной оси вала в центральной плоскости его подповерхностной зоне на расстоянии 1 мм от поверхности.

В районе несплошности возникают концентраторы напряжения, показанные на рисунке 5. Будем далее считать, что распределение расчетных напряжений имеет гиперболический характер, в соответ-

ствии с выражением (2) и будет аппроксимирован выражением

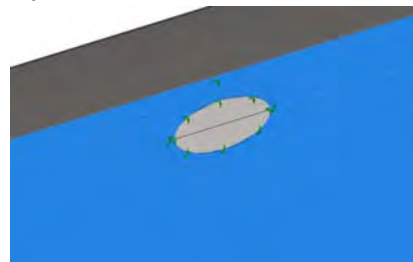


Рис. 4. Расположение модели продольной несплошности вала якоря ТЭД

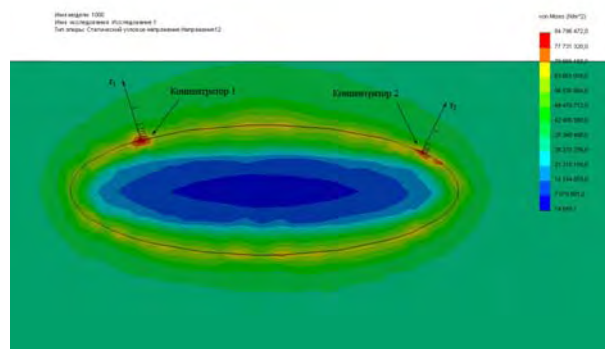


Рис. 5. Напряжения в валу якоря ТЭД с несплошностью и двумя концентраторами напряжения

$$\sigma_R = \frac{K}{\sqrt{r}} \quad (3)$$

где σ_R - расчетное (Von Mises) напряжение; K - коэффициент пропорциональности; r - расстояние по оси, расположенной от острия трещины в направлении ее роста.

Графики расчетных и теоретических зависимостей распределения напряжений в зоне острия трещины, соответственно, для концентраторов 1 и 2, приведены на рисунках 6 и 7.

Следующие ниже расчетные формулы назначаются для определения зон и уровня допустимых напряжений. Учитывая то, что в области острия трещины циклическая нагрузка всегда симметрична, определим величину σ_{-1} с которой будет сравниваться амплитудное теоретическое значение напряжения в острие трещины.

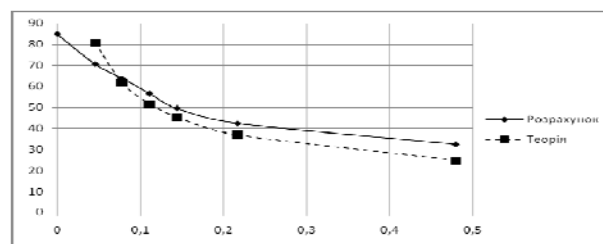


Рис. 6. Расчетные и теоретические напряжения в зоне концентратора 1

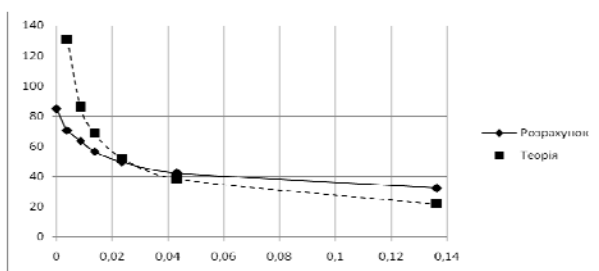


Рис. 7. Расчетные и теоретические напряжения в зоне концентратора 2

В соответствии с [4], с учетом соблюдения нормативного [6] коэффициента запаса $[n]=2$, имеем

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\sigma_s \cdot 0,496 \cdot 0,86}{[n]} \quad (4)$$

Из выражения (3) получим допустимую длину, внутри которой напряжения превышают допустимые

$$[r] = \left(\frac{\kappa}{[\sigma_R]} \right)^2 \quad (5)$$

Будем считать причиной разрушений значительную весовую норму, которая в рассматриваемом случае составляла $P_{тек.}=50000$ кН. Тогда, допустимым можно считать вес, который определяется следующим образом

$$[P] = \frac{\bar{r}}{[r]} P_{тек.} \quad (6)$$

где $[P]$ – допустимый вес поезда, кН.; $[r]$ – допустимая длина, внутри которой напряжение превышают допустимые уровни. \bar{r} – среднее значение зерна металла.

Вывод. Таким образом, предложена система оценки прочности несущей конструкции с несплошностью, передающей крутящий момент (вала). Рассмотрено несовершенство типа несплошности эллиптической формы, дислоцированной в продольной плоскости, проходящей через ось вала. Предложены соотношения для обеспечения прочности рассмотренной конструкции. Данный подход применим также и для других типов нагружений.

Л и т е р а т у р а

- Gran S. A Course in Ocean Engineering. Developments in Marine Technology, Vol. 8. – Elsevier Science Publishers, Amsterdam - London - New York – Tokyo, 1992. – P. 379.
- Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике – М.: Мир, 1975. –543 с.

- Тимошенко С. П. Сопротивление материалов. В 2 т. – М: Наука, 1965. –479 с. Т. 1. Элементарная теория и задачи.
- Хейвуд Р. Б. Проектирование с учетом усталости – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.
- Биргер И. А. Расчет на прочность деталей машин/ И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1993. – 618 с.
- Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. -М: МПС РФ,ВНИИЖТ, 1998. – 145 с.
- Парис П., Си Дж. Анализ напряженного состояния около трещин // Прикладные вопросы вязкости разрушения / Пер с англ. под ред. Б. А.Дроздовского. -М.: Мир, 1968.- с. 64-142.
- Mott N.R. Fracture of Metals. Some Theoretical Considerations // Engineering.-1948.-p.16-18.
- Сборник "Разрушение". Редактор Г.Либовиц. Том 3. Перевод с англ. Москва, Мир, 1976.
- Сроули Дж., Браун У. Методы испытаний на вязкость разрушения / В кн. Прикладные вопросы вязкости разрушения.-М.:Мир, 1968. -с.213-297.
- ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик вязкости разрушения (трещиностойкости) при статическом нагружении. -М.: Изд-во стандартов, 1982.- 56 с.
- Standard method of test for plane-strane fracture toughness of metallic materials // Annual Book of standards.-Philadelphia: ASTM E 399-74, 1974.-432 p.
- Кроули Дж., Браун У.Ф. Методы испытаний на вязкость разрушения.-В кн.: Прикладные вопросы вязкости разрушения.-М.: Мир, 1968.-с.213-297.
- Мармер Э.Н. Углеродистые материалы.- М.:Металлургия, 1973.- 135 с.

References

- Gran S. A Course in Ocean Engineering. Developments in Marine Technology, Vol. 8. – Elsevier Science Publishers, Amsterdam - London - New York – Tokyo, 1992. – P. 379.
- Zenkevich O. Finite Element Method in the Technology - M: . Mir , 1975. -543 p.
- 3.Timoshenko SP Strength of Materials . In 2 vols . - Moscow : Science, 1965. -479 p. Т. 1. Elementary theory and - garden .
- Haywood RB Design for fatigue - M .: Mechanical engineering , 1969. - 504 p.
- Birger IA Calculation of the strength of machine parts / IA Birger , BF Shorr , GB Iosilevich . - M: Machinery - swarming , 1993. - 618 p. .
- The rules for the calculation and evaluation of the strength of load-bearing elements, cops and dynamic qualities and impact on the way the vehicle-part of the Ministry of Railways locomotive 1520 mm gauge railways. -M: The Ministry of Railways, Railway Scientific Research Institute, 1998. - 145 p.
- Paris, P., J. C. Analysis of the stress state of an eye-lo cracks // Applied destroy viscosity-of / Translated from English. ed. B. A.Drozdzovskogo. -M .: Mir, 1968.- p. 64-142.
- Mott N.R. Fracture of Metals. Some Theoretical Considerations // Engineering.-1948.-p.16-18.
- "The destruction of the" Collection. Editor G.Libovits. Volume 3. Translated from English. Moscow, Mir, 1976.

10. Srouli J. Brown W. Test methods for fracture toughness / In. Applied viscosity ra-zrusheniya. M.: Mir, 1968. -s.213-297.
11. GOST 25.506-85 . Calculations and tests of strength . Methods of mechanical testing of metals . The definition of the characteristics , fracture toughness (fractured bone) under static loading . -M .: Publishing house of the mill - dards , 1982.- 56 p.
12. Standard method of test for plane-strane fracture toughness of metallic materials // Annual Book of standards.-Philadelphia: ASTM E 399-74, 1974.-432 p.
13. Crowley J., Brown WF Test methods for elm - bone razrusheniya. - Proc .: Applied vyazkos -minute razrusheniya. -M .: Mir , 1968. - s.213-297 .
14. Marmer EN Carbon and graphite materialy.- Moscow: Metallurgy, 1973.- 135 p.

Горобець В.Л., Мямлін С.В., Горобець Є.В. Дослідження міцності валів з недосконалістю матеріалу.

У статті розглянуто методологію оцінки міцності та допустимої навантаженості валів, з недосконалістю матеріалу, що передають крутний момент. При складанні методик використані спеціальні додатки методу перерізів, а також методи опору матеріалів і теорії руйнування. Запропоновано принцип створення спеціальних розрахункових моделей для оцінки напружено-деформованого стану внутрішнього перерізу, в якому дислокований еліптичний тріщиноподібний дефект з метою подальшої оцінки рівня навантажень, які не призводять до інтенсивного росту тріщини. Розроблена схема закріплення внутрішнього перерізу, що дозволяє оцінювати рівень і характер розподілу напружень поблизу вістря тріщини, яке далі узгоджується з теоретичними залежностями, які аналі-

тично описують ці розподіли. При цьому, умовою міцності і відсутності інтенсивного зростання тріщини в конструкції з дефектом вважається не перевищення напруженої допустимого рівня на середньому розмірі зерна металу.

Ключові слова: міцність, вал, недосконалість, метод перерізів.

Horobec V, Myamlin S, Horobec E. Research of billows durability with imperfections of material

In the article considered methodology of estimation of durability and assumed loading of billows with imperfections of material, transmitted a twisting moment. For drafting of methods the special appendixes of method of sections are used, also methods of resistance of materials and theory of destruction. Principle of creation of the special calculation models is offered for the estimation of the tensely-deformed state of internal section, in which an elliptic crack similar defect is deployed with the purpose of further estimation of level of loading which do not result in the height of crack.

Keywords: durability, billow, imperfection, method of cuts.

Горобець В.Л. – д.т.н., головний наук. співр ДНУЗТ, e-mail: v-gorobets@mail.ru.

Мямлін С.В. – д.т.н., проф., проректор з наукової роботи ДНУЗТ. e-mail: sergeymyamlin@gmail.com.

Горобець Є.В. – асп., e-mail: sparrow.eugene@mail.ru.

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

Стаття подана 14.03.2016

УДК 656.11

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАТРИМОК НА ПІДХОДАХ ДО РЕГУЛЬОВАНИХ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ КООРДИНАЦІЇ

Грицунь О.М.

STUDY ON TRANSPORT DELAYS TO APPROACHES ADJUSTABLE CROSSWALK THE DIFFERENT MODES OF COORDINATION

Hrytsun O.

У роботі розглядаються результати досліджень транспортних затримок на регульованих пішохідних переходах за різних відстаней між стоп-лініями та інтенсивності руху. Уточнено розуміння поняття «транспортна затримка», описано процес утворення черг перед світлофорними об'єктами. Наведені математичні моделі визначення транспортних затримок на стоп-лініях світлофорних об'єктів в умовах координації дозволяють визначити раціональні режими регулювання з погляду мінімізації втрати часу у транспортних та пішохідних потоках.

Ключові слова: транспортна затримка, миттєва швидкість руху, інтенсивність руху, регульований пішохідний перехід, основні такти, проміжні такти, потік насичення.

Вступ. Зростання кількості автомобілів і обсягів перевезень спричиняє збільшення інтенсивності руху, що в умовах міст сприяє виникненню транспортних проблем, наслідком чого є зменшення показників ефективності транспортної системи та безпеки дорожнього руху. Повністю ліквідувати негативні наслідки автомобілізації неможливо, тому для покращення роботи магістральної вулично-дорожньої мережі (ВДМ) впроваджують координоване управління, суть якого полягає в тому, що між суміжними за напрямком руху світлофорними об'єктами встановлюється взаємозв'язок, який забезпечує зміщення увімкнення зелених сигналів [1,2].

Постановка проблеми. Впровадження сучасних автоматизованих систем управління дорожнім рухом (АСУДР) дасть можливість не лише зменшити затримки і черги на завантажених підходах до перехресть, тривалість руху транспортних засобів (ТЗ) між районами міста, але й кількість дорожньо-транспортних подій (ДТП), рівень шуму і викидів в атмосферу відпрацьованих газів за рахунок зменшення кількості гальмувань, прискорень та інших маневрів [3]. Найбільш відчутно ці негативні чинни-

ки впливу проявляються на регульованих перехрестях з магістральними вулицями.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Існуючі роботи щодо систем координованого управління вказують, що найважливішим чинником під час оцінки ефективності їх роботи є швидкість руху. Правильний вибір її проектної величини у таких системах дозволяє з великою точністю розрахувати величину періоду часу, за який групі ТЗ гарантується безупинний проїзд через усі перехрестя вулиці, де застосовується координоване управління. Для найкращої роботи такого управління бажано досягати постійного кута нахилу ліній швидкості руху у системі координат «відстань-час». Щоб досягти такого результату, необхідне регулювання швидкісного режиму. За іншого випадку, у міру зміни величини та складу транспортного потоку (ТП) за різних довжин ділянок вулиць між перехрестями, досягти постійності кута нахилу неможливо, оскільки відбувається процес дифузії ТП. Різними авторами встановлюються межі відстаней між перехрестями, за яких ефективність роботи системи координованого управління є найбільшою. Така відстань, виходячи з певних груп чинників, які визнані найважливішими, становить 100 – 800 м [4], 150 – 600 м [5], 100 – 300 м [5], 600 – 800 м [7].

Отже, проведення постійних досліджень за швидкістю руху на магістральних вулицях, де впроваджено системи координованого управління, дає можливість розробляти чіткі та точні алгоритми для програм координації, що робить транспортну систему ефективнішою, підвищуючи продуктивність роботи рухомого складу, умови безпеки руху та екологічні параметри урбанізованих просторів.

Мета статті. Визначити величину транспортних затримок на вулицях з координованим управлінням за різних відстаней між стоп-лініями та інтенсивності руху.

Результати досліджень. Взявши за основу, результати досліджень, які опубліковані у праці, ви-

значено закономірності утворення та розпаду груп автомобілів за різного складу ТП та довжини ділянок вулиць між перехрестями. До того ж враховується, що перехрестя мають різні геометричні параметри.

Для початку, необхідно розглянути поняття «транспортна затримка», суть якого полягає у визначенні причин погіршення дорожніх умов, а саме зменшення швидкості руху ТП, спричиненої схемами регулювання сигналів світлофора, наявності зупинок громадського транспорту, нерегульованих пішохідних переходів, неоднорідності складу потоку, наявності і частота перехресть в одному рівні з іншими вулицями, геометрії ВДМ (ширини проїзної частини, кількості смуг руху, ширини ділянки перед перехрестям, поздовжнього профілю цієї ділянки, наявності (або відсутності) зон стоянки, радіусів поворотів), стану дорожнього покриття, умов видимості на перехрестях та на перехрестях тощо [7–8].

Враховуючи те, що із постійною тенденцією збільшення інтенсивності руху кількість нерегульованих перехресть зменшується, основну увагу зосереджуємо на дослідженні транспортних затримок в умовах світлофорного регулювання на перехрестях, пішохідних переходах та ділянках вулиць між ними.

Затримка на регульованих перехрестях залежить в основному від режиму роботи світлофornoї сигналізації, оскільки заборонний сигнал формує ТЗ в окремі групи під час руху. Довжина черги перед світлофором за такої схеми залежить від насиченості ТП і тривалості заборонного сигналу. Після ввімкнення дозвільного сигналу світлофора перший автомобіль черги розпочинає рух з деякою затримкою, яка рівна втраті часу на реакцію водія і початку руху з місця. При цьому, інтенсивність в перерізі стоп-лінії поступово зростає і досягає через деякий час постійного значення, яке називають потоком насичення. Затримка в русі на початку основного такту називається стартовою затримкою – це втрачений час у фазі регулювання, оскільки рух в цей період практично відсутній [1–4,9–10].

Дослідження транспортних затримок на регульованих перехрестях проводилися протягом тривалого періоду часу, але досі не отримано точних результатів, таких, як у розділах теорії масового обслуговування. Причиною є той факт, що мікроскопічний рух автомобілів не завжди може розглядатися як стаціонарний процес, оскільки в ньому спостерігаються періодичні зміни. Отже, ми можемо прогнозувати лише наближений аналіз ситуацій. Іншою причиною є те, що автомобілі, які прибувають до стоп-лінії, вже піддалися дії ряду регульованих перехресть, через які вони пройшли. Тому все зводиться до багатофазної системи масового обслуговування, в якій важко визначати навіть характеристики прибуття автомобілів [10]. Для того, щоб підвищити ймовірність прогнозування підходу впорядкованої групи автомобілів до суміжних перехресть, необхідно вводити координоване регулювання, яке дозволить зменшити затримки шляхом зміщення

ввімкнення дозвільного сигналу світлофора на наступних перехрестях. Розглянемо декілька підходів для визначення затримки на координованих регульованих перехрестях.

У роботі [1] запропоновано мінімізувати час затримки автомобілів f_i на кожному окремо взятому перехресті (i -му перехресті) під час координованого управління:

$$f_i = \int_0^t I_{i-1} \left[t_{kpi} + \frac{I_{i-1} \cdot \tau}{C_i} - \tau \right] d\tau, \quad (1)$$

де I_{i-1} – інтенсивність ТП, що прибуває в моменту закінчення дозвільного сигналу світлофора, авт./с; t_{kpi} – тривалість заборонного сигналу світлофора, с; C_i – інтенсивність роз'їзду черги, авт./с; τ – час проїзду ділянки координації, с;

У праці [10] дослідники стверджували: якщо регульовані перехрестя знаходяться на великих відстанях (від 500 до 800 метрів), то потік автомобілів, який прибуває до стоп-лінії, може розглядатися як стаціонарний, а інтервали часу між ТЗ підпорядковуються закону Гіпер-Ерланга. Виходячи з цього, виведена формула, яка описує сумарну затримку автомобілів W за цикл регулювання [10]:

$$W = \frac{q_M q R^2}{2(q_M - q)}, \quad (2)$$

де q і q_M – відповідно інтенсивність прибуття та інтенсивність насичення потоку відправлень, од./год; R – тривалість горіння червоного сигналу, с.

Розглянемо більш детально формулу визначення транспортної затримки, представлену американським дослідником Робертсоном, яка відповідає сучасній методиці оцінки рівня обслуговування координованих регульованих перехресть [2]:

$$q_2(t) = \frac{1}{1 + \alpha\beta\tau} q_1(t) + \left(1 - \frac{1}{1 + \alpha\beta\tau} \right) q_2(t-1), \quad (3)$$

де q_1 – кількість автомобілів у групі на досліджуваному перехресті, які зупинені в момент часу t , од./с; q_2 – кількість автомобілів у групі, що проїхали суміжне перехрестя без зупинки в момент часу t , од./с; τ – час проїзду ділянки координації, с; α, β – параметри розпаду груп автомобілів, t – дискретний інтервал часу.

Застосовуючи формулу (3), можна визначити загальну кількість автомобілів, які проїдуть суміжні координовані перехрестя без зупинок, транспортні затримки, процес розпаду груп автомобілів та ефективність управління рухом ТЗ. Ця формула є вбудованою у програми імітаційного моделювання руху

ТЗ, зокрема такі, як VISSIM, PARAMICS, TRANSYT, що здатні враховувати не лише дорожню ситуацію на розглянутому перерізі дороги, а й вплив адаптивного координованого регулювання на роботу суміжних перехресть. У вказаних програмах використовуються моделі затримок, які описуються детерміновано і стохастично, щоб відобразити як сталість, так і випадковість особливостей ТП. В основі детермінованих моделей є функціональна залежність між окремими показниками, наприклад, швидкістю і дистанцією між автомобілями в потоці, у стохастичних – ТП розглядається як імовірнісний процес. Такі моделі мають велику популярність, оскільки можуть використовуватися для аналізу інтенсивності руху за різних режимів регулювання [7].

Основною умовою, яка закладена у всі зазначені імітаційні моделі, є те, що автомобілі перебувають до перехрестя випадково, характер їх руху виражається через часові інтервали між ТЗ і підпорядковується ймовірнісному закону Гіпер-Ерланга. Цей закон враховує, що ТЗ під'їжджають до перехрестя вільно або зв'язано.

Перевагою таких моделей є точність визначення затримки перед регульованим перехрестям, оскільки програма враховує динамічний габарит, час необхідний для приведення автомобіля в рух тощо. Крім цього, вони не враховують автомобілі, які покидають перехрестя на заборонний сигнал світлофора, так званий процес «прориву».

Недоліком цих моделей є те, що автомобілі, які пройшли стоп-лінію і якийсь час залишаються нерухомими в зоні перехрестя, очікуючи дозволеного сигналу наступної фази регулювання для того щоб виконати маневр повороту (ліворуч або праворуч), не підлягають обліку.

Для визначення транспортних затримок на магістральних вулицях обрано структуру найпростішого координованого світлофорного циклу між двома регульованими пішохідними переходами, де наявні транспортна і пішохідна фаза. Відомі формули розрахунку фазових коефіцієнтів враховують транспортний і пішохідний напрямки одночасно, вибираючи максимальну тривалість основного такту. Формули для визначення перехідного інтервалу транспортної і пішохідної фази стандартизовані і залежать від швидкості руху транспорту, ширини проїзної частини і довжини переходу. Тому оптимізувати можна лише тривалість основних тактів, оскільки геометричні параметри переходу є незмінними [9].

Для розрахунку окремо пішохідної фази регулювання використовують формулу Вебстера, яка враховує кориговане значення фазового коефіцієнта шляхом розв'язання системи рівнянь [4]:

$$\begin{cases} T_{\text{ц}}^* = (1,5T_{\text{ц}} + 5) / [1 - (y_n + y^*)] \\ T_o^* = [(T_{\text{ц}} - T_n) y^*] / (y_n + y^*) \end{cases} \quad (4)$$

де $T_{\text{ц}}^*$ та $T_{\text{ц}}$ – тривалість циклу регулювання до та після коригування відповідно, с; y_n та y^* – сума

максимальних фазових коефіцієнтів, в яких тривалість основних тактів не коригується та коригується відповідно; $T_o^* = t_{\text{мш}}$ – сума скоригованої тривалості основних тактів (час основного такту для пішоходів), с; T_n – втрачений час у циклі регулювання, с.

Розв'язавши систему рівнянь відносно $T_{\text{ц}}^*$, отримаємо рівняння:

$$T_{\text{ц}}^* = \frac{B}{2A} + \sqrt{\frac{B^2}{4A^2} - \frac{C}{A}} \quad (5)$$

де $A = 1 - y_n$; $B = 2,5 \cdot T_n - T_n \cdot y_n + T_o^* + 5$;

$C = (T_n + T_o^*) \cdot (1,5 \cdot T_n + 5)$;

Недолік цього методу полягає у тому, що визначення параметрів світлофорного режиму регульованого пішохідного переходу не враховує потреб пішоходів, тобто відповідає мінімальній тривалості зеленого сигналу для пішоходів, враховуючи при цьому максимізацію пропускну здатності переходу для ТЗ [4].

Для того щоб повністю оцінити значення затримок за різної довжини ділянки між стоп-лініями на основі розпаду груп автомобілів та складу ТП, зроблено такі обмеження:

- дослідження проводиться між двома регульованими пішохідними переходами;
- ТЗ зупинені перед початком руху на стоп-лінії генеруючого світлофора;
- якщо ТП на підході до генеруючого світлофора не є насиченим, необхідно перервати спостереження до моменту насичення;
- враховується ТП на підході до стоп-лінії, який складається з 70 – 75% легкових автомобілів;
- відстань між регульованими пішохідними переходами не перевищує 800 метрів;
- дослідження проводилися на магістральних вулицях 2х2 і 3х3 смугами руху, шириною 3,75 м кожна;
- пропуск пішоходів здійснювався в одній фазі і поетапно (у випадку поетапного пропуску, ширина розділової смуги становила 6 м);
- інтенсивність ТП коливалася в межах 400 – 1100 од./год.

Результати транспортних затримок за цієї системи обмежень аналізувалися на основі сформованої черги ТЗ під час заборонного сигналу суміжного світлофора. Величина затримок визначалася роздільно для кожної фази регулювання. Пізніше визначалося середньозважене значення затримок для всіх фаз регулювання протягом тривалості дослідження.

Тривалість циклу ($T_{\text{ц}}$) для координованих регульованих пішохідних переходів визначалася під час розв'язування рівняння (5). Крім цього виконувалася рівність $25 < T_{\text{ц}} < 120$ с., а значення тривалості основного такту для транспорту становило не ме-

ніше 7 с. Для визначення перехідного інтервалу пішохідної фази змінювалися геометричні параметри проїзної частини, а саме довжина пішохідного переходу (7,5 – 28,5 м), розрахункова швидкість руху пішоходів приймалася 1,3 м/с. З метою забезпечення безпечного проїзду ТЗ через світлофорний об'єкт, розраховувалася тривалість проміжного такту для транспортного напрямку, яка залежить від середньої швидкості автомобіля під час руху на підході до стоп-лінії без гальмування. Зміну середньої швидкості руху залежно зміни довжини ділянки між перехрестями в умовах координованого регулювання зображено на рис. 1, яка побудована на основі результатів досліджень.

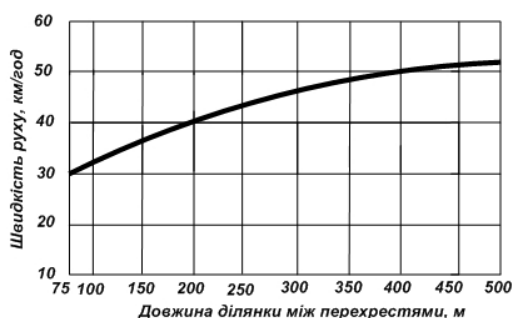


Рис. 1. Залежність зміни середньої миттєвої швидкості руху від довжини ділянки між перехрестями дво- та трисмугових вулиць в умовах координованого регулювання

Грунтуючись на цьому, розраховано режими світлофорного регулювання і визначено транспортні затримки за чотирьох випадків:

- пропуск пішоходів здійснювався поетапно у дві фази регулювання, кількість смуг руху – 2 з шириною 3,75 м кожна (рис. 2);

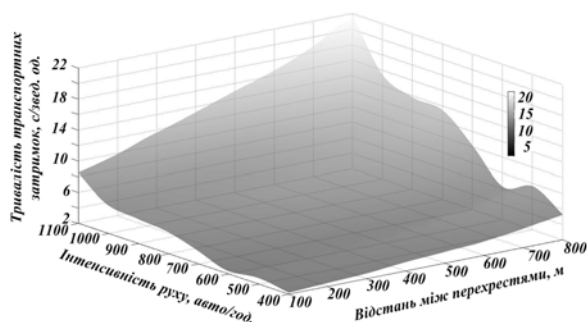


Рис. 2. Зміна величини транспортних затримок залежно інтенсивності руху і довжини ділянки між стоп-лініями за умови поетапного пропуску пішоходів (довжина пішохідного переходу – 7,5 м)

- пішоходи переходять проїзну частину в одній фазі регулювання, довжина переходу становить 21 м, яка включає в себе 4 смуги руху з шириною 3,75 м кожна та розділову смугу шириною 6 м. (рис. 3);

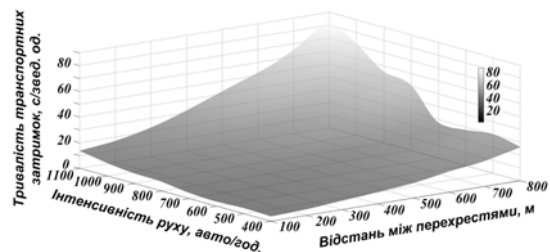


Рис. 3. Зміна величини транспортних затримок залежно інтенсивності руху і довжини ділянки між стоп-лініями за умови поетапного пропуску пішоходів (довжина пішохідного переходу – 21 м)

- пропуск пішоходів здійснювався поетапно у дві фази регулювання, кількість смуг руху – 3 з шириною 3,75 м кожна (рис. 4);

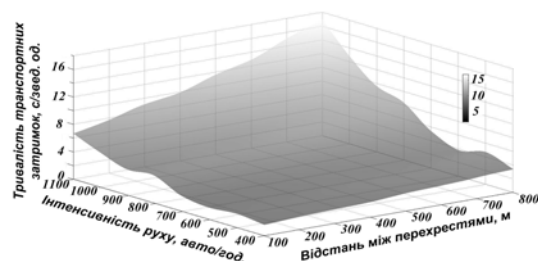


Рис. 4. Зміна величини транспортних затримок залежно інтенсивності руху і довжини ділянки між стоп-лініями за умови поетапного пропуску пішоходів (довжина пішохідного переходу – 11,25 м)

- пішоходи переходять проїзну частину в одній фазі регулювання, довжина переходу становить 28,5 м, яка включає в себе 6 смуг руху з шириною 3,75 м кожна та розділову смугу шириною 6 м. (рис. 5).

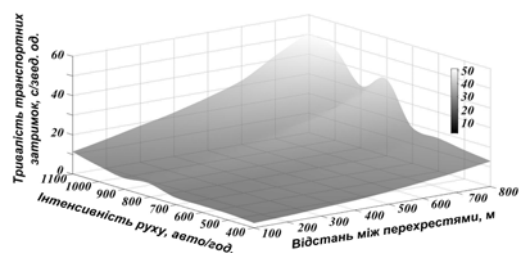


Рис. 5. Зміна величини транспортних затримок залежно інтенсивності руху і довжини ділянки між стоп-лініями за умови поетапного пропуску пішоходів (довжина пішохідного переходу становить 28,5 м)

Наведені теоретичні положення й результати досліджень свідчать про існування більших можливостей в моделюванні дорожніх ситуацій. Залежно наявної інформації й особливостей завдання, можна різним чином формалізувати схему пошуку обґрунтування раціональних режимів управління. Найважливішою умовою при цьому є перевірка несуперечності й достатності обмежуючих чинників.

Висновки. Результати дослідження дозволяють зробити висновок, що із збільшенням відстані між стоп-лініями та інтенсивності руху в умовах координованого регулювання, тривалість транспортних затримок зростає. Проте, мінімальні затримки спостерігаються під час режиму регулювання, який забезпечує поетапний пропуск пішоходів. Застосування наведеного способу дозволить підвищити швидкість ТП та пропускну здатність, зменшити витрати палива, загазованості повітряного басейну тощо.

У подальшому необхідно дослідити основні чинники, які впливають на затримки пішоходів та розробити алгоритм управління світлофорною сигналізацією на перехресті таким чином, щоб задовольнити потреби у безпечному переміщенні пішоходів та мінімізації затримки транспортних і пішохідних потоків у системах регулювання.

Л і т е р а т у р а

1. Капитанов В.Т. Управление транспортными потоками в городах / В. Т. Капитанов, Е. Б. Хилажев – М.: Транспорт, 1985. – 94 с.
2. Wasson, J. Reconciled Platoon Accommodation at Traffic Signals [Text] / J. Wasson, M. Abbas, D. Bullock, A. Rhodes, C. Zhu. – Indianapolis, December 1999. – 217.
3. Susilo B.H. Modification of saturation flow by width of road approach / B.H. Susilo, Y. Solihin // Procedia social and behavioral science. – 2011. – Vol. 16. – P. 620-629.
4. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения : [ученик для вузов] / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М. : Изд-ий центр «Академия», 2005. – 279 с.
5. Traffic Signal Timing Manual / P. Koonce [and others] – McLean: US Department of Transportation, 2008. – 264 p.
6. Tepley S. Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections. Third Edition / S. Tepley, D.I. Allingham, D.B. Richardson, B.W. Stephenson. – Toronto: Institute of Transportation Engineers, District 7, 2008. – 230 p.
7. Highway Capacity Manual / Washington: TRB, 2000. – 1134 p.
8. Akcelik R. Queue discharge flow and speed models for signalized intersection / R. Akcelik, M. Besley // Proceedings of 15th International Symposium on transportation and traffic flow theory. – Adelaide, 2002. – P. 1-20.
9. Ramsay E. Signalized intersection capacity reduction of trucks / E. Ramsay, J. Bunker, R. Troutbeck // Proceedings of the 4th International conference on traffic and transportation studies. – Swissotel, 2004. – P. 793-802.
10. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением / М.: Транспорт, 1983. – 243 с.

References

1. Kapitanov V.T. Management transportnyy flows in City / V.T. Kapitanov, E.B. Hylazhev – M. : Tran-Sport, 1985. – 94 p.
2. Wasson, J. Reconciled Platoon Accommodation at Traffic Signals [Text] / J. Wasson, M. Abbas, D. Bullock, A. Rhodes, C. Zhu. – Indianapolis, December 1999. – 217 p.
3. Susilo B.H. Modification of saturation flow by width of road approach / B.H. Susilo, Y. Solihin // Procedia social and behavioral science. – 2011. – Vol. 16. – P. 620-629.

4. Kremenets Y.A. Tehnycheskye sredstva organization of road movement [Textbook for Universities] / Y.A. Kremenets, M.P. Pechersk, M.B. Afanasyev. – Moscow: Publishing th center "Academy", 2005. – 279 p.
5. Traffic Signal Timing Manual / P. Koonce [and others] – McLean: US Department of Transportation, 2008. – 264 p.
6. Tepley S. Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections. Third Edition / S. Tepley, D.I. Allingham, D.B. Richardson, B.W. Stephenson. – Toronto: Institute of Transportation Engineers, District 7, 2008. – 230 p.
7. Highway Capacity Manual / Washington: TRB, 2000. – 1134 p.
8. Akcelik R. Queue discharge flow and speed models for signalized intersection / R. Akcelik, M. Besley // Proceedings of 15th International Symposium on transportation and traffic flow theory. – Adelaide, 2002. – P. 1-20.
9. Ramsay E. Signalized intersection capacity reduction of trucks / E. Ramsay, J. Bunker, R. Troutbeck // Proceedings of the 4th International conference on traffic and transportation studies. – Swissotel, 2004. – P. 793-802.
10. Inose H., Hamada T. Traffic Management / Trans. from English. – M. : Transport, 1983. – 243 p.

Грицунь О.М. Исследование транспортных задержек на подходе к регулируемому пешеходному переходу при различных режимах координации

В работе рассматриваются результаты исследования транспортных задержек на регулируемых пешеходных переходах при различных расстояний между стоп-линиями и интенсивности движения. Уточнено понимание понятия «транспортная задержка», описан процесс образования очередей перед светофорных объектов. Приведены математические модели определения транспортных задержек на стоп-линиях светофорных объектов в условиях координации позволяют определить рациональные режимы регулирования с точки зрения минимизации потери времени в транспортных и пешеходных потоках.

Ключевые слова: транспортная задержка, мгновенная скорость движения, интенсивность движения, регулируемый пешеходный переход, основные такты, промежуточные такты, поток насыщения.

Hrytsun O. Study on transport delays to approaches adjustable crosswalk the different modes of coordination

We consider the results of studies of transport delays on regulated pedestrian crossings at different distances between the brake lines and traffic. Clarified understanding of the concept of "transport delay", describes the formation of queues in front of traffic lights objects. The mathematical model determining traffic delays on brake lines, traffic lights objects in terms of co-ordination can determine rational regulatory regimes in terms of minimizing the time lost in traffic and pedestrian flows.

Keywords: transport delay, instantaneous speed, traffic, crosswalk adjustable, fixed cycles, intermediate cycles, the flow of saturation.

Грицунь О.М. – аспірант кафедри транспортних технологій, НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, e-mail: oleggrutsyn1993@gmail.com.

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

Стаття подана 15.03.2016

УДК 656.078.12

АПРОБАЦІЯ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ КОНТРЕЙЛЕРНОГО СПОЛУЧЕННЯ ПРИ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ВАНТАЖІВ

Гужевська Л.А., Денис О.В.

TESTING OF THE MODEL ZONE DEFINITION OF EFFECTIVE USE PIGGYBACK IN INTERNATIONAL TRANSPORTATION OF GOODS

Guzhevska L., Denys O.

В статті була проведена апробація розробленої моделі визначення ефективного використання контрейлерного сполучення. Було встановлено, що область ефективного використання контрейлерного сполучення має вигляд розгорнутої параболи. На розмір області впливають такі показники, як відстань доставки до залізничної станції, кут між напрямками контрейлерного маршруту та напрямком автомобільного перевезення та відстань доставки від терміналу. Утворена область ефективного застосування контрейлерного сполучення дає можливість вибору раціональної схеми доставки на основі лише тарифів на перевезення і дислокації вантажоодержувача та вантажовідправника. Для підтвердження життєздатності моделі був обраний маршрут, що входить в зону ефективного використання контрейлерного сполучення – Яготин (Україна) – Укмерге (Литва) та маршрут, що не входить в неї – Яготин (Україна) – Лудза (Латвія) та порівняно вартості здійснення перевезень за цими маршрутами. Результати отримані у роботі мають практичну цінність і можуть засовуватись перевізниками при виборі варіанту організації перевезення. Зручність користування даною моделлю має переваги над усіма раніше запропонованими перш за все, своєю наочністю та гнучкістю відносно зміни тарифів. Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук оптимальної технології підтримки прийняття рішень вибору варіанту організації перевезень для різних умов дислокації учасників транспортного процесу.

Ключові слова: контрейлерні перевезення, вартість перевезення, автопоїзд, розміщення вантажовідправника і вантажоодержувача, рівноцінна відстань доставки.

Вступ. За останні роки у країнах Центральної та Східної Європи збільшився обсяг вантажних перевезень, які здійснюються комбінуванням декількох видів транспорту. Це пов'язано з підписанням міжнародних угод, спрощенням митних процедур для країн-учасниць даних угод та створенням відповідної нормативно-правової бази з питань відносно міжнародних змішаних перевезень. В країнах Євро-

пейського Союзу частка інтермодальних, а саме автомобільно-залізничних перевезень становить 11-17 % від загального обсягу перевезень вантажів.

Постановка проблеми. В Україні усі спроби в повній мірі використовувати даний вид перевезень, на жаль, зазнали фіаско. Причиною тому є недосконалість законодавча база та низький рівень мотивації перевізників. Хоча з іншого боку використання контрейлерного сполучення при міжнародних перевезеннях вантажів саме для України може вирішити ряд поточних проблем: проблему завантаженості автомобільних доріг, проблему обмеженої кількості дозволів на перевезення, у тому числі і транзитних, зменшення аварійності та порушень правил дорожнього руху, проблему перевезення великогазових та небезпечних вантажів, підвищення транзитного потенціалу країни з найменшими витратами.

Крім того, потенціал України у сфері контрейлерних перевезень дійсно досить великий – це напрямки руху, хоча можливості і обмежені колією 1520 мм, країни до яких можна здійснювати перевезення без зміни ширини колії досить перспективні: це Росія, Казахстан, Польща та країни Балтії. Тому визначення доцільності використання контрейлерних перевезень у міжнародному сполученні є перспективним практичним напрямком дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Контрейлерним перевезенням присвячено досить невелику частину наукових публікацій вітчизняних вчених, зокрема, їх в свої працях розглядали: Н.А. Нефедов [1], Т.В. Харченко, Н.В. Пономарьова, Л.Н. Матюшин, Б.Н. Стрекалов, Ю.О. Сілантьєва.

Котенко А.М. для визначення доцільності використання контрейлерного сполучення наводить досить абстрактні формули, побудову графу станів та диференціальних рівнянь, розрахунків яких занадто громіздкий для пересічного перевізника. [4] Автори Зінко Р.В. і Кірпа Г.М. визначають межу викорис-

тання контейлерного сполучення, у межах до 1800-2000 км. залізничним транспортом при відстані перевезення автомобільним транспортом між пунктами відправлення і призначення до 50 кілометрів. Але якщо глянути на розглядувану проблему з іншого боку, то стає очевидним важливість дислокації вантажовідправника та вантажоодержувача, оскільки при різних варіантах розміщення останніх, визначена дослідниками відстань ефективного виконання контейлерного перевезення стає не актуальною. В деяких працях є початки дослідження в даному напрямку, так наприклад, Зінько Р.В. пропонує графову модель контейлерних перевезень, прораховує оптимальні умови їх ефективності для міжнародних перевезень залежно від геометрії задачі та швидкість перевезення. [5] Але лишаються невирішеною проблема відсутності комплексу математичних моделей в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень вибору варіанту організації перевезень для різних умов розміщення учасників транспортного процесу. Тому відзначаємо недостатність існуючих та необхідність розробки нових ефективних методів для проведення досліджень в цьому напрямку.

Метою роботи є розробка моделі визначення зони ефективного використання контейлерного сполучення у порівнянні з прямими автомобільним сполученням.

Результати дослідження. Для визначення області ефективного використання контейлерного сполучення слід визначити фактори, якими керуються перевізники. Вартісні показники, а точніше, вартість перевезення є одним із факторів, що дозволяє визначити переваги того чи іншого виду сполучення. Але при цьому важливу роль грає розміщення вантажовідправника та вантажовласника. Спробуємо створити графічну модель виконання перевезення. Це дозволить не тільки коректно представити вихідні дані, а і визначити рівноцінну відстань для автомобільного і контейлерного сполучення.

Наведемо графічне зображення процесу перевезення та знаходження рівноцінної відстані доставки (рис.1).

А та В – залізничні термінали, між якими виконується перевезення на контейлерних потягах. Розглянемо найпростіший випадок, коли В – термінал відправлення, який збігається із вантажовідправником тобто, відстань перевезення від вантажовідправника до терміналу настільки мала, що нею можна знехтувати. Кут α показує відхилення автомобільного маршруту від контейлерного, тобто, вантажоотримувач знаходиться на промені Γ .

Доцільність використання одного з запропонованих видів сполучення можна визначити знайшовши рівноцінну відстань доставки для даного кута α , тобто відстань при якій витрати на перевезення для обох видів сполучення є рівними. Для визначення рівноцінної відстані доставки необхідно: на промені Γ відкласти точку С, із урахування що відрізок ВС – це максимально можлива відстань автомобільного

перевезення. Іншими словами, це максимальна відстань яку проїде автомобіль (автопоїзд) за ту ж суму, що сплачується при перевезенні автомобіля (автопоїзда) між точками А та В контейлерним поїздом.

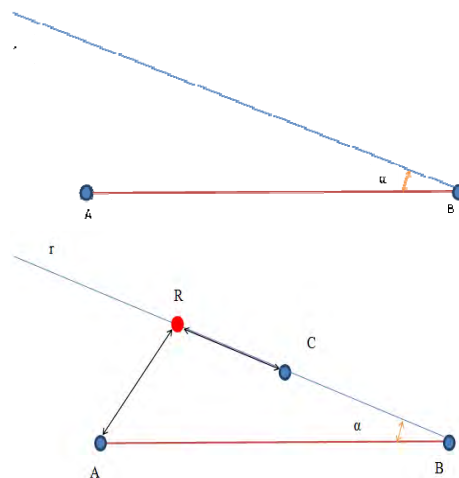


Рис. 1. Математичне зображення процесу перевезення та знаходження рівноцінної відстані доставки

Використовуючи загальну теорему косинусів знаходимо відрізок x для точок А та С, при цьому має виконуватись умова:

$$x = AR = BC$$

Знайдена точка R є точкою рівноцінної відстані для обох видів сполучення для променя Γ .

Якщо пункт призначення, що знаходиться на промені Γ , лежить на відрізку BR – доцільніше використовувати автомобільне сполучення, якщо ж пункт призначення знаходиться на промені Γ за точкою R, то – контейлерне сполучення.

Для визначення області ефективного використання обраних видів сполучення необхідно знайти значення рівноцінної відстані доставки при різних значеннях кута α .

Для прикладу було розглянуто дві схеми доставки вантажу із використанням частини маршруту контейлерного поїзда «Ярослав» за напрямком Київ (Україна) – Славкув (Польща):

Перевезення автомобільного ТЗ контейлерним поїздом, з подальшим самостійним рухом АТЗ до місця призначення.

Самостійний рух АТЗ з пункту відправлення до пункту призначення.

Вихідні данні:

Відстань контейлерного маршруту(AB) – 800 км.;

Розрахунки проводиться для кутів $\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 35^\circ$.

Використовуючи загальну теорему косинусів, знаходимо вираз для визначення рівноцінної відстані доставки вантажу:

$$x = \left(\frac{a^2(2k_2 \cos \alpha - k_2^2 - 1)}{2(1 - k_2 \cos \alpha)} \right) + \frac{a}{k_2}$$

Де: a - максимальна відстань яку проїде автомобіль (автопоїзд) за ту ж суму що сплачується при перевезенні автомобіля (автопоїзда) між точками А та В контрейлерним поїздом, і складає 435 км.;

k_1 - коефіцієнт, що дорівнює відношенню собівартості автомобільного та тарифу залізничного транспорту, чисельно дорівнює 1,86;

k_2 - коефіцієнт, що враховує нерівномірність вулично-дорожньої мережі, у розрахунках приймаємо 1,2;

α - кут між прямою, що з'єднує залізничні термінали, і прямою руху автомобільного транспорту.

Знаходимо значення рівноцінної відстані доставки вантажу для різних значень кутів α .

Графічне зображення розв'язку при різних значеннях кута α задачі наведено на рис. 2, де R_i - рівноцінні відстані доставки вантажу для обраних схем доставки при різних значеннях кута α . Крива $R_4 R_3 R_2 R_1 R_0 R_5 R_6 R_7 R_8$ визначає межі використання обраних схем доставки.

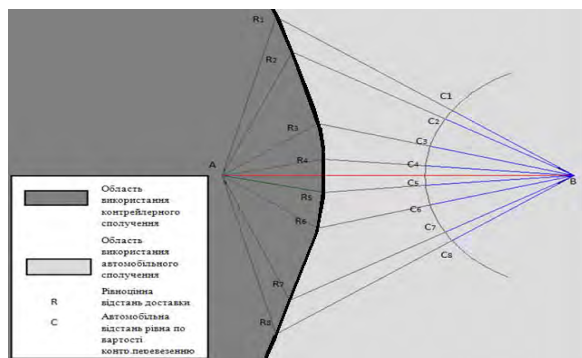


Рис. 2. Графічне зображення розв'язку задачі

Графічно область ефективного використання контрейлерного сполучення має вигляд розгорнутої параболи, вершина якої знаходиться на лінії контрейлерного маршруту.

Розглянемо та порівняємо два різних маршрути для перевезення транспортним засобом вантажу з Яготина (Україна) до Лудзи (Латвія) за часовими та вартісними показниками.

Перший маршрут (рис. 3) здійснюватиметься спочатку автомобільним транспортом (Яготин – Київ), потім контрейлерним (Київ (Україна) – Панярай (Литва)) і знову автомобільним (Панярай (Литва) – Лудза (Латвія)). Другий – тільки автомобільним. Зазначимо, що пункт призначення не входить в зону ефективного використання, тому очікуваний результат – має бути вигідніше використати пряме автомобільне сполучення.

Розглянемо маршрут «Яготин (Україна) – Лудза (Латвія)» при контрейлерному та автомобільному сполученні (рис. 3).

Вихідні дані для розрахунку за контрейлерним маршрутом: відстань під'їзду автомобільним транспортом до контрейлерного терміналу «Яготин - Київ» – 100 км; відстань напрямку «Київ- Панярай» – 800 км; відстань напрямку «Панярай - Лудза» - 294

км. Загальний час на подолання маршруту 4 доби 13 годин 50 хвилин.

Вихідні дані для розрахунку за автомобільним сполученням: відстань маршруту Яготин (Україна) – Лудза (Латвія) – 889 км; швидкість управління автомобільним транспортним засобом – 65 км/год. Загальний час на подолання маршруту – 3 доби 20 годин 47 хвилин.

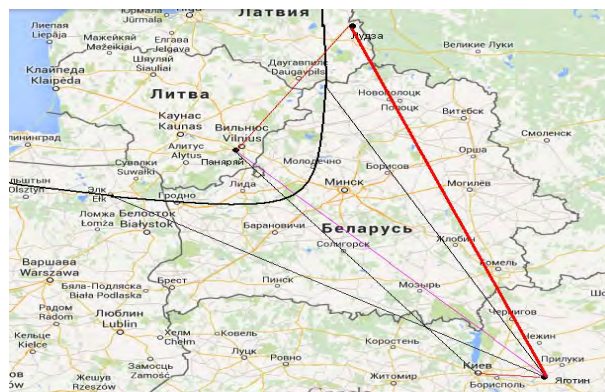


Рис. 3. Маршрут «Яготин (Україна) - Лудза (Латвія)» контрейлерним та автомобільним сполученням

Результати розрахунків занесені у таблицю 1.

Таблиця 1

Витрати на виконання рейсу за маршрутом «Яготин (Україна) – Лудза (Латвія)» у автомобільному сполученні

№ п/п	Статті витрат	Позначення	Витрати, у прямому автомобільному сполученні грн.	Витрати, з використанням контрейлера, грн
1.	Загальногосподарські витрати	$C_{зг}$	3429,58	2872,07
2.	Загальні витрати на перевезення АТ	$C_{згмп}$	26293,43	22019,17
3.	Витрати на перевезення контрейлером	$C_{конт}$	-	8651,52
4.	Витрати по маршруту		26293,43	30670,69

Слід зазначити, що загальна вартість маршруту з використанням контрейлера складається з двох складових: автомобільної ділянки та контрейлерної, тому $8651,52 + 22019,17 = 30670,69$ грн.

Як видно з таблиці, вартість маршруту з використанням контрейлера більша, становить 30670,69 грн., за вартість автомобільного сполучення за маршрутом «Яготин (Україна) – Лудза (Латвія)» складає 26293,43 грн. що підтверджує життєздатність моделі, оскільки пункт призначення не входить в зону ефективного використання.

Тепер, проведемо розрахунок витрат на перевезення за маршрутом «Яготин (Україна)– Укмерге

(Литва)», де пункт призначення входить в параболу. На прикладі представленої моделі розрахуємо вартість перевезення за діючим у маршруті «Яготин (Україна) – Укмерге (Литва)», що здійснюється автомобільним транспорт та порівняємо його з маршрутом, при якому використовується контрейлерне сполучення.

Розглянемо маршрут «Яготин (Україна) – Укмерге (Литва)» при контрейлерному та автомобільному сполученні (рис. 4).

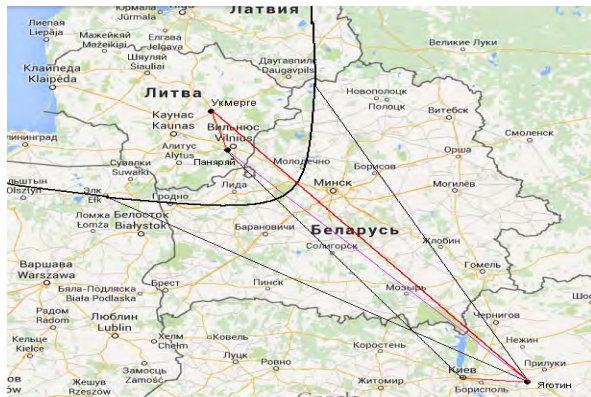


Рис. 4. Маршрут «Яготин (Україна) - Укмерге (Литва)» контрейлерним та автомобільним сполученням

Червоним кольором позначені відрізки автомобільного сполучення.

Вихідні дані для розрахунку за контрейлерним маршрутом: відстань під'їзду автомобільним транспортом до контрейлерного терміналу «Яготин – Київ» - 100 км; відстань напрямку «Київ- Панярай» - 800 км; відстань напрямку «Панярай - Укмерге» - 80 км; вартість перевезення за напрямком «Київ – Панярай» - 384 Доларів США. Розрахуємо час, потрачений на перевезення з урахуванням часу на завантаження та замітнення/розмитнення у країні відправлення та призначення, а також часу на митні формальності та виконання вимог ЄУТР. Загальний час на подолання маршруту – 4 доби 5 годин 38 хвилин.

Вихідні дані для розрахунку за автомобільним сполученням: відстань маршруту «Яготин (Україна)-Укмерге (Литва)» – 833 км; швидкість управління автомобільним транспортним засобом – 65 км/год. Загальний час на подолання маршруту – 4 доби 2 годин 50 хвилин. Порівняння витрат при виконанні маршруту з та без використання контрейлера наведена у табл. 2.

Слід зазначити, що загальна вартість маршруту з використанням контрейлера складається з двох складових: автомобільної ділянки та контрейлерної, тому $22416,98 = 13765,46 + 8651,52$

Як видно з таблиці, вартість маршруту з використанням контрейлера менша, становить 22416,98грн., що підтверджує очікуване рішення, оскільки пункт призначення входить в зону ефективного використання.

Таблиця 2

Витрати на виконання рейсу за маршрутом «Яготин (Україна) – Укмерге (Литва)» у автомобільному сполученні, пункт призначення входить в параболу

№ п/п	Статті витрат	Позначення	Витрати у автомобільному сполученні грн.	Витрати з використанням контрейлера, грн
1.	Загальногосподарські витрати	$C_{зг}$	2971,47	1795,49
2.	Загальні витрати на перевезення АТ	$C_{згмп}$	22781,29	13765,46
3.	Витрати на перевезення контрейлером	$C_{конт}$	-	8651,52
4.	Вартість маршруту		22781,29	22416,98

Висновки. У роботі була розроблена модель ефективного використання контрейлерного сполучення. Для підтвердження життєздатності моделі був обраний маршрут, що входить в зону ефективного використання контрейлерного сполучення (Яготин (Україна) – Укмерге (Литва)) та маршрут, що не входить в неї (Яготин (Україна) – Лудза (Латвія)). Проведені розрахунки вказують на адекватність розробленої моделі та підтверджують її практичну спрямованість.

Л и т е р а т у р а

1. Нефедов Н.А., Харченко Т.В., Пономарева Н.В. Применение контрейлерных поездов при международных перевозках грузов // Сб. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – Вып. 21. – С.90-92
2. Кирпа Г.Н. Организация контрейлерных перевозок в Украине.-Днепропетровск: Арт-Пресс, 1998.-132 с.
3. Сілантьєва Юлія Олександрівна. Підвищення ефективності контрейлерних перевезень: Дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / Національний транспортний ун-т. — К., 2003. — 130арк. — Бібліогр.: арк. 112-121
4. Котенко А.М., Шевченко В.І., Шилає П.С. Математичне моделювання руху комбінованих поїздів// Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2010, вип. 113
5. Зінько Р.В., Маковейчук О.М., Ульященко В.Г. Графова інтерпретація задачі контрейлерних перевезень// НАУКОВИЙ ВІСНИК НЛТУ України : Збірник науково-технічних праць.—Львів : НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.4. – 300 с.
6. Кирпа Г.Н., Демин Ю.В. О возможных путях развития комбинированных перевозок грузов в Украине// Праці Західного наукового центру НАУ: Проектування, виробництво та експлуатація транспортних засобів і поїздів. – 1995, т. 2. – С. 64-66.
7. Матюшин Л.Н., Стрекалов Б.Н. Комбинированные перевозки – технология будущего // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. – №3. – С.28-32.
8. Стецько А.А. Аналіз сучасних рішень для інтероперабельних та інтермодальних перевезень. Журнал «Екужт 2009 Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте»

9. Куренков П.В., Котляренко А.Ф. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Логистика. Управление. – Самара: МПС, "Самарская ГАПС", 2002. – 628 с.
10. Шилаєв П.С. Визначення доцільності моделювання контрейлерних перевезень. Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип.112.

References

1. Nefedov N.A., Kharchenko T.V., Ponomareva N.V. Prymenenye kontreylernykh poezdov pry mezhdunarodnykh perevozkakh hruszv // Sb. nauch. trudov. – Khar'kov: KHNADU, 2003. – Vyp. 21. – S.90-92
2. Kyrpa H.N. Orhanyzatsiya kontreylernykh perevozok v Ukrainy.-Dnepropetrovsk: Art-Press, 1998.-132 s.
3. Silant'yeva Yuliya Oleksandrivna.. Pidvyschennya efektyvnosti kontreylernykh perevezen': Dys. kand. tekhn. nauk: 05.22.01 / Natsional'nyy transportnyy un-t. — K., 2003. — 130ark. — Bibliohr.: ark. 112-121
4. Kotenko A.M.,Shevchenko V.I., Shylaye P.S. Matematychnye modelyuvannya rukhu kombinovanykh poyzdiv// Zbirnyk naukovykh prats' UkrDAZT, 2010, vyp. 113
5. Zin'ko R.V., Makoveychuk O.M., Ul'yashchenko V.H. Hrafova interpretatsiya zadachi kontreylernykh perevezen' NAUKOVYY VISNYK NLTU Ukrayiny : Zbirnyk naukovykh tekhnichnykh prats'.-L'viv : NLTU Ukrayiny. – 2007. – Vyp. 17.4. – 300 s.
6. Kyrpa H.N., Demyn YU.V. O vozmozhnnykh putyakh razvytyya kombynyrovannykh perevozok hruszov v Ukrainy// Pratsi Zakhidnoho naukovoho tsentru TAU: Proektu-vannya, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiya transportnykh zasobiv i poyzdiv. – 1995, t. 2. – S. 64-66.
7. Matyushyn L.N., Strekalov B.N. Kombynyrovannye perevozky – tekhnolohyya budushcheho // Vestnyk VNYYZHT. – 1998. – №3. – S.28-32
8. Stets'ko A.A. Analiz suchasnykh rishen' dlya interoperabel'nykh ta intermodal'nykh perevezen'. Zhurnal «Ékuzht 2009 Problemy ékonomyky y upravlenyya na zheleznodorozhnom transporte»
9. Kurenkov P.V., Kotlyarenko A.F. Vneshnetorhovyie perevozky v smeshannom soobshchenyy. Ékonomyka. Lohystyka. Upravlenye. – Samara: MPS, "Samarskaya HAPS", 2002. – 628 s.
10. Shylayev P.S. Vyznachennya dotsil'nosti modelyuvannya kontreylernykh perevezen'. Zb. nauk. prats'. – Kharkiv: UkrDAZT, 2010. – Vyp.112.

Гужевська Л.А., Денис Е.В. Апробація моделі визначення зони ефективного використання контрейлерного повідомлення при міжнародних перевезеннях вантажів

В статті була проведена апробація розробленої моделі визначення ефективного використання контрейлерного повідомлення. Було встановлено, що область ефективного використання контрейлерного повідомлення виглядає розвернутою параболою. На розмір області впливають такі показники, як відстань доставки до залізничної станції, кут між напрямленнями контрейлерного маршрута та напрямленням автомобільної доставки та відстань доставки від терміналу. Образована область ефективного застосування контрейлерного

повідомлення дає можливість вибору раціональної схеми доставки на основі тільки тарифів на перевезення та дислокації вантажополучателя та вантажоправителя. Для підтвердження життєспроможності моделі був вибран маршрут, що входить в зону ефективного використання контрейлерного повідомлення - Яготин (Україна) - Укмерге (Литва) та маршрут, що не входить в неї - Яготин (Україна) - Лудза (Латвія) та було проведено порівняння витрат на виконання перевезень за цими маршрутами. Результати отримані в роботі, мають практичну цінність та можуть використовуватися перевізниками при виборі варіанта організації перевезень. Зручність даної моделі має переваги над всіма раніше запропонованими, зокрема, своєю наглядністю та гнучкістю відносно змін тарифів. Прогнозовані припущення про розвиток об'єкта дослідження – пошук оптимальної технології підтримки прийняття рішень вибору варіанта організації перевезень для різних умов дислокації учасників транспортного процесу.

Ключові слова: контрейлерні перевезення, вартість перевезення, автопоезд, розміщення вантажоправителя та вантажополучателя, рівноцінна відстань доставки.

Guzhevska L., Denys O. Testing of the model zone definition of effective use piggyback in international transportation of goods

In this paper, a model was developed to determine the effective use of piggyback traffic. It was found that the area of effective use of piggyback takes the form of a parabola. On the basis of the area, indicators such as delivery distance to the railway station, the angle between the directions of piggyback route and direction of road transport and delivery distance from the terminal. Founded area of effective application of piggyback enables to choose the rational scheme based only on delivery tariffs for the transportation and placing of the consignee and the consignor. To confirm the viability of the model, a route that belongs to the zone of effective use of piggyback – Yagotyn (Ukraine) - Ukmerge (Lithuania) and a route that is not part of it – Yagotyn (Ukraine) - Ludza (Latvia) and comparison of the cost of implementation of traffic on these routes. The results obtained in the work have practical value and carriers can use to choose options for transportation. Projected assumptions about the object of study – search for the optimal technology support decision-making in selection options for traffic organization for different members of the transport process dislocation.

Keywords: piggyback transportation, cost of transportation, articulated lorry, placement of shipper and consignee, equivalent distance of delivery.

Гужевська Л.А. – к.т.н., доцент кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль» НТУ, e-mail: GLAmore@i.ua.

Денис О.В. – асистент кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль» НТУ, e-mail: glen.b@list.ru.

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

Стаття подана 13.03.2016

УДК 622.278

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ОХЛАЖДАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ ТЕПЛОВОЗА

Гусенцова Е.С.

AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF GAS FLOW IN COOLING DEVICE OF DIESEL LOCOMOTIVE

Gusentsova E.S.

В статье выполнена классификация конструкций шахт охлаждающих устройств отечественных и зарубежных тепловозов. На ее основании разработана расчетная схема и математическая модель аэродинамических характеристик течения газа. Модель включает уравнение движения газа, уравнение неразрывности и теплопроводности. Для замыкания системы дифференциальных уравнений обоснована и использована k - ε модель турбулентности. Обоснование выполнено с использованием П-теоремы (теоремы Букингема). Точного решения полученной системы уравнений не существует. Среди численных методов, метод контрольного объема является наиболее универсальным для численного интегрирования подобных уравнений. С его использованием построена программа интегрирования разработанной математической модели аэродинамических характеристик течения газа.

Ключевые слова: охлаждающее устройство тепловоза, уравнение неразрывности, математическое моделирование, теорема Букингема

Введение. В настоящее время проявились тенденции, которые определяют развитие тепловозного парка железных дорог. На примере некоторых секций тепловозов, которые освоены ведущими локомотивостроительными компаниями и практически готовыми для широкого внедрения, можно проследить общие пути совершенствования основных агрегатов и конструктивных устройств на ближайшую перспективу. Наиболее характерными в этом отношении являются магистральные тепловозы ТЭП150, 2ТЭ116, УД, АС 6000 компании General Electric (GE), SD90MAC отделения Electro Motive компании General Motors (EMD GM), универсальный тепловоз Blue Tiger компании Adtranz и GE. Совершенствование конструкций тепловозов позволяет значительно расширить сферу использования тепловозной тяги, повысить грузо- и пассажирооборот, уменьшить стоимость перевозок.

Особое значение эта задача приобретает для автономных тяговых транспортных установок - теп-

ловозов, в которых значительная часть энергии расходуется на дополнительные нужды, что, в конце концов, потенциально снижает эффективность тепловозной тяги.

Одним из возможных путей решения этой задачи является оптимизация аэродинамических характеристик как самих вентиляторов, так и проточной части шахты системы охлаждения теплоносителя энергетической установки тепловоза, что может обеспечить значительный позитивный эффект в техническом, экономическом и социальном аспектах – уменьшить износ, снизить непродуктивные затраты энергии как самих систем, так и объектов регулирования, уменьшить эксплуатационные затраты, повысить безопасность движения поездов и их конкурентоспособность на мировом рынке.

Постановка проблемы. Охлаждающие устройства являются одним из сложных и габаритных узлов тепловоза. Они поглощают до 75% мощности, которая тратится на собственные нужды тепловозов. Охлаждающие устройства включают панели радиаторов, вентиляторные установки, воздухозаборники и выпускные устройства, шахты, фильтры, жалюзи, вентиляторы с направляющими и спрямляющими аппаратами, и другие элементы.

Разработка рациональных конструкций систем охлаждения связана с решением сложных задач интенсификации теплообмена, уменьшения аэродинамического сопротивления, размеров и массы больше габаритных элементов систем, улучшения компоновки их в кузове тепловоза. Необходимо проведение специальных дорогостоящих исследований с учетом влияния на аэродинамические характеристики устройств, их основных параметров, элементов конструкций и режимов работы, зависящих от скорости воздушного потока.

Исследованию аэродинамических характеристик проточных частей систем охлаждения тепловозов уделяется недостаточно внимания, поэтому остается актуальной задача разработки теоретиче-

ских основ расчета аэродинамических характеристик, их математического моделирования, анализа причин возникновения аэродинамических потерь давления и способов их устранения.

Анализ последних исследований и публикаций. В выполненных различными организациями исследованиях основное внимание уделялось улучшению характеристик вентиляторов (жалюзийному аппарату, спрямляющему устройству и рабочему колесу). Разрабатывались и испытывались различные конструкции противосрывных устройств, которые позволяли расширить рабочую зону вентилятора, повысить надежность его работы. В отечественной и зарубежной литературе достаточно много внимания уделяется вопросам повышения экономичности силовых установок тепловозов [1-6]. Рассмотрены различные пути решения этих задач.

Однако в стороне остались вопросы совершенствования аэродинамики проточной части охлаждающего устройства. Это, как показывают расчеты, позволяет уменьшить гидравлическое сопротивление и, тем самым, повысить эффективность энергетической установки тепловоза.

Цель статьи. Учитывая вышеизложенное, в представленной работе приведена математическая модель аэродинамических проточной части систем охлаждения температуры теплоносителей энергетической установки тепловоза с учетом обоснованной модели турбулентности.

Результаты исследований. Выполнена классификация конструкций охлаждающих устройств. Объектом математического моделирования была шахта охлаждающего устройства. При расчете движения воздуха без учета относительной скорости набегающего потока оправданным является использование не полной трехмерной, а упрощенной двухмерной модели, поскольку ширина похода в радиатор в несколько раз превышает высоту. Кроме того, учитывая симметричность большинства конструкций, расчетная схема упрощена. При вычислениях рассматривался не вся площадь, а ее половина. Таким образом, расчетная схема для проточной части охлаждающего устройства имеет вид, представленный на рис. 1.

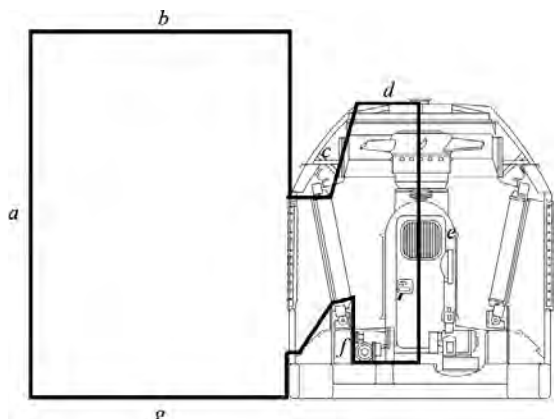


Рис 1. Расчетная схема шахты холодильника

Граничные условия: a, e – атмосфера; c, e, f – стенки шахты; $u, v = 0$; d – разряжение перед вентилятором; $p = -300$ Па; g – поверхность земли.

Исследования показали, что течение воздуха в шахте системы охлаждения тепловоза можно рассматривать как турбулентное течение вязкой, несжимаемой жидкости.

Базовыми уравнениями, описывающими установившееся турбулентное течения без учета массовых сил, в декартовой системе координат, является уравнение движения Рейнольдса [6, 7]. Поскольку силы тяжести практически не влияют на картину течения в шахте, уравнение движения использовано в виде

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -\frac{\text{grad } P}{\rho} + \nu \Delta \vec{v}. \quad (1)$$

Уравнение движения дополняется уравнением неразрывности

$$\text{div} \vec{v} = 0$$

где ρ , \vec{v} и P – плотность, скорость и давление среды;

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \text{ – динамическая вязкость среды;}$$

и уравнением теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho C} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right], \quad (2)$$

где T – температура среды;
 c – массовая теплоемкость;
 k – теплопроводность среды

У простейшем случае однофазной среды \vec{q} определяется уравнением Фурье

$$\vec{q} = -\lambda \text{grad } T. \quad (3)$$

Еще одним уравнением, дополняющим систему, является уравнение состояния

$$p = \rho R T, \quad (4)$$

где R – газовая постоянная.

Приведенная система уравнений (1- 4) содержит десять неизвестных и является незамкнутой. Для расчета турбулентного течения принята гипотеза замыкания для турбулентных напряжений тепловых потоков.

Выполнен детальный анализ гипотез турбулентности, что позволило обосновать для данного случая $\bar{k} - \varepsilon$ модель. Одной из причин широкого использования $\bar{k} - \varepsilon$ модели турбулентности является возможность строгого обоснования ее приме-

нимости с помощью П-теоремы [3].

На рис. 2. показан характерный профиль осредненной скорости вблизи твердой стенки.

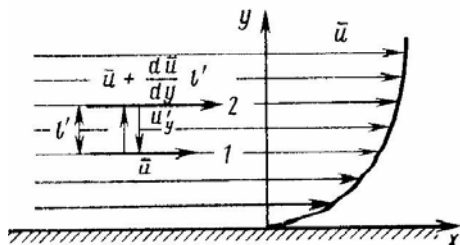


Рис.2. Распределение скорости вблизи твердой поверхности

На распределение скорости для пристеночного течения оказывает влияние твердая поверхность, поэтому турбулентная вязкость зависит от градиента пульсационных скоростей - $\frac{\partial u'}{\partial n}$, т.е.:

$$v_t = f\left(v, k, \frac{\partial u'}{\partial n}\right)$$

или, согласно П-теореме (теорема Букингема), в соответствии с которой: если известны все переменные, определяющие изучаемый процесс, то можно сразу же преобразовать их, применив первую часть теоремы Букингема: «Если какое-либо уравнение однородно относительно размерностей (все члены имеют одинаковую размерность), то его можно преобразовать к соотношению, содержащему набор безразмерных комбинаций величин- критериев подобия».

Для данного случая ее применение выглядит следующим образом.

$$\Pi = f(\Pi_1, \dots, \Pi_i, \dots, \Pi_{M-m}),$$

где Π, Π_i – безразмерные комплексы,
 M – число определяющих параметров,
 m – число независимых размерностей.

В классе LMT размерности учитываемых в выражении для v_t величин есть:

$$[v_t] = [v] = \frac{M^2}{c}; [k] = \frac{M^2}{c^2}; \left[\frac{\partial u'}{\partial n}\right] = \frac{1}{c}$$

Разность чисел определяющих параметров и независимых переменных равна единице и из них составляется один безразмерный комплекс наряду с безразмерным комплексом, включающим искомую величину турбулентной вязкости:

$$M = 3, m = 2, M - m = 1: \Pi = \frac{v_t}{v}; \Pi_1 = \frac{k}{v \left(\frac{\partial u'}{\partial n}\right)}$$

Таким образом, имеем

$$\frac{v_t}{v} = f\left(\frac{k}{v \left(\frac{\partial u'}{\partial n}\right)}\right)$$

В случае течения воздуха в шахте охлаждающего устройства, когда k и v могут быть приняты постоянными

$$\frac{v_t}{v} \sim \left(\frac{k}{v \left(\frac{\partial u'}{\partial n}\right)}\right)^2 = \frac{k^2}{v^2 \left(\frac{\partial u'}{\partial n}\right)^2}$$

или

$$v_t \sim \frac{k^2}{v \left(\frac{\partial u'}{\partial n}\right)^2}$$

Анализируя последнее выражение, можно прийти к зависимости:

$$v_t \sim \frac{k^2}{\varepsilon} \quad \text{или} \quad v_t = \text{const} \frac{k^2}{\varepsilon},$$

Что совпадает с уравнением $\bar{k} - \varepsilon$ модели.

Граничные условия для системы уравнений приведены на рис.1.

Вывод. Точного решения полученной системы уравнений не существует. Среди численных методов, метод контрольного объема является наиболее универсальным для численного интегрирования подобных уравнений [7, 8, 9]. С его использованием построена программа интегрирования приведенной выше математической модели аэродинамических характеристик течения газа. Проведенные эксперименты показали адекватность разработанной математической модели, что позволяет рекомендовать ее для оптимизации проточной части охлаждающих устройств.

Л и т е р а т у р а

1. Андрийчук Н.Д. Термодинамика для инженеров-строителей/ Н.Д. Андрийчук., А.А. Коваленко А.А., В.И. Соколов. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2005. – 304 С.
2. Горбунов Н.И., Кравченко Е.А., Михеев С.А. К вопросу о создании высокоскоростного локомотива/ Н.И.Горбунов, Е.А.Кравченко, С.А.Михеев // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2006. - №8 (102), С.108-111.

3. Гусенцова Е.С. Математическая модель аэродинамических характеристик проточной части охлаждающего устройства тепловоза/ Е.С. Гусенцова, Ю.И. Осенин // Сборник материалов XIII всеукраинской научной конференции молодых ученых «Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук в исследованиях молодых ученых» - Черкассы: Брама, 2011. – С. 355-358.
4. Коняев А.Н. Проблемы транспорта в реформируемой экономике// Транспорт. 36. наук. пр. Східноукраїнського державного університету. – Луганськ.: 1998. – С. 3-9.
5. Куликов Ю.А. Системы охлаждения силовых установок тепловозов/Куликов Ю.А. – М.: Машиностроение, 1988. – 280 С.
6. Пригожин И. Современная термодинамика/ Пригожин И., Кондепуди Д. – М.: Мир, 2002. – 461 С.
7. Crumpton P. L., Moinier P., Giles M. B. An Unstructured Algorithm for High Reynolds Number Flows on Highly Stretched Grids // Proceedings of the 10th International Conference on Numerical Methods for Laminar and Turbulent Flows, 21-25 -July 1997, University of United Kingdom, Swansea. 1997.
8. Nirsch G. Numerical Computation of Internal and External Flows. New York: John Wiley and Sons. 1990.
9. Spalart P.R., Allmaras S.R. A One Equation Turbulence Model for Aerodynamic Flows // AIAA Paper. 1992. N 92-0139.

References

1. Andrijchuk N.D. Termodinamika dlya inzhenerov-stroitelej/ N.D. Andrijchuk., A.A. Kovalenko A.A., V.I. Sokolov. – Lugansk: Izd-vo VNU im. V. Dalia, 2005. – 304 S.
2. Gorbunov N.I., Kravchenko E.A., Miheev S.A. K voprosu o sozdanii vysokoskorostnogo lokomotiva/ N.I.Gorbunov, E.A.Kravchenko, S.A.Miheev // Visnik Skhidnoukraïns'kogo nacional'nogo univer-sitetu imeni Volodimira Dalia. – 2006. - №8 (102), S.108-111.
3. Gusencova E.S. Matematicheskaya model' aehrodinamicheskikh harakteristik protochnoj chasti ohlazhdayushchego ustrojstva teplovoza/ E.S. Gusencova, YU.I. Osenin // Sbornik materialov XIII vseukrainskoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh «Aktual'nye problemy estestvennyh i gumanitarnyh nauk v issledzhovaniyah molodyh uchenyh» - Cherkassy: Brama, 2011. – S. 355-358.
4. Konyaev A.N. Problemy transporta v reformiruemoj ehkonomike// Transport. Zb. nauk. pr. Skhidnoukraïns'kogo derzhavnogo universitetu. – Lugansk.: 1998. – S. 3-9.
5. Kulikov YU.A. Sistemy ohlazhdeniya silovykh ustanovok teplovozov/Kulikov YU.A. – М.: Mashinostroenie, 1988. – 280 S.
6. Prigozhin I. Sovremennaya termodinamika/ Prigozhin I., Kondepudi D. – М.: Мир, 2002. – 461 S.

7. Crumpton P. L., Moinier P., Giles M. B. An Un-structured Algorithm for High Reynolds Number Flows on Highly Stretched Grids // Proceedings of the 10th International Conference on Numerical Methods for Laminar and Turbulent Flows, 21-25 -July 1997, University of United Kingdom, Swansea. 1997.
8. Nirsch G. Numerical Computation of Internal and External Flows. New York: John Wiley and Sons. 1990.
9. Spalart P.R., Allmaras S.R. A One Equation Turbulence Model for Aerodynamic Flows // AIAA Paper. 1992. N 92-0139.

Гусенцова Є.С. Аеродинамічні характеристики течії газу в охолоджуючому пристрої тепловозу

У статті виконано класифікацію конструкцій шахт охолоджуючих пристроїв вітчизняних і зарубіжних тепловозів. На її підставі розроблено розрахункову схему і математичну модель аеродинамічних характеристик течії газу. Модель включає рівняння руху газу, рівняння нерозривності і теплопровідності. Для замикання системи диференціальних рівнянь обґрунтована і використана k-ε модель турбулентності. Обґрунтування виконано з використанням П-теореми (теореми Букінгема). Точного рішення отриманої системи рівнянь не існує. Серед чисельних методів, метод контрольного об'єму є найбільш універсальним для чисельного інтегрування подібних рівнянь.

Ключові слова: охолоджуючий пристрій тепловоза, рівняння нерозривності, математичне моделювання, теорема Букінгема

Gusentsova E.S. Aerodynamic characteristics of gas flow in cooling device of diesel locomotive

The classification of structures mines cooling equipment of domestic and foreign locomotives is made. On its basis the design scheme and mathematical model of the aerodynamic characteristics of the gas flow designed. The model includes the equation of gas motion, the continuity equation, and thermal conduction. The k-ε turbulence model is chosen to close the system of differential equations. Justification is performed by using P-theorem (Buckingham theorem). There is no exact solution for resulting system of equations. Among the numerical methods, control volume method is the most versatile for the numerical integration of these equations. The integration program of mathematical model of the aerodynamic characteristics of gas flow is developed. The experiments showed the adequacy of the developed mathematical model that allows us to recommend it for the optimization of the cooling devices flow part.

Keywords: diesel locomotive cooling device, continuity equation, mathematical modeling, Buckingham theorem

Гусенцова Є.С. – асистент кафедри «Гідрогазодинаміка» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: marlazinge@rambler.ru

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 25.03.2016

УДК 656.13

МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РОБОТИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Давідіч Н.В.

DESIGN PARAMETERS QUALITY OF PUBLIC PASSENGER TRANSPORT

Davidich N.

В статті розглядаються питання моделювання показників якості роботи міського пасажирського транспорту. Розроблено модель комплексного показника якості міського пасажирського транспорту. Встановлено, що основним показником якості є час поїздки пасажирів. Наведено методику проведення натурного обстеження параметрів процесу перевезення пасажирів. Визначено, що зміна часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту з достатньою точністю описується нелінійним регресійним рівнянням, в якому як змінні використовуються швидкість транспортного потоку, коефіцієнт використання місткості транспортного засобу, довжина перегону, питома потужність двигуна транспортного засобу.

Ключові слова: пасажир, перевезення, якість, модель, проект, транспорт, час руху.

Вступ. Транспорт став невід'ємною ланкою життя суспільства, за допомогою якого, населення долає значні відстані за відносно незначні проміжки часу. Міський пасажирський транспорт загального користування є складовою частиною єдиної транспортної системи країни. Він здійснює перевезення пасажирів разом з іншими видами пасажирського транспорту. Існуючий рівень пасажирських перевезень не відповідає сучасним вимогам, що ставляться до якості перевезення пасажирів. При цьому часто не забезпечується передбачений нормами час поїздки, що пояснюється низькими швидкостями сполучення основних видів міського пасажирського транспорту, необхідністю виконувати пересадки з причини недосконалої маршрутної мережі та втрати часу на підходи до зупинних пунктів. Перевезення пасажирів міським пасажирським транспортом повинно здійснюватися з найбільшими зручностями, безпечно і з можливо меншою витратою часу на поїздку. Це потребує проектування якості транспортного обслуговування мешканців міста.

Постановка проблеми. Підвищення якості пасажирських перевезень у системі міського пасажир-

ського транспорту – одне з найважливіших напрямків, поставлених перед потребами суспільства у галузі транспорту [1, 2]. Якість послуг пасажирського транспорту характеризується сукупністю властивостей процесу перевезення, які обумовлюють задоволення потреб пасажирів в поїздках відповідно до встановлених нормативами вимог [2].

Забезпечення якості закладається ще на етапі проектування параметрів транспортного процесу. Це оцінка загального виконання проекту на регулярній основі для підтвердження того, що проект задовольняє стандарти якості [3]. В результаті планування якості створюється план організаційно-технічних заходів із забезпечення системи якості проекту, де повинні бути передбачені аспекти забезпечення його якості, і куди повинні входити:

- опис процедур проведення контрольних і дослідницьких заходів, а також перелік контрольних показників за всіма роботами і видами продукції;
- забезпечення якості – регулярна перевірка ходу реалізації проекту для підтвердження того, що забезпечена його якість відповідає вимогам [4].

В теперішній час існує наявність невирішених завдань щодо розробки підходу до управління якістю проектів міського пасажирського транспорту, який би дозволяв вдосконалювати процеси управління ними, вирішувати проблемні аспекти управління, а також, у разі необхідності, скорочувати витрати на якість проекту, планування та прийняття управлінських рішень. Забезпечення якості послуг передбачає створення систем управління якістю у відповідності до вимог міжнародних стандартів [1]. При цьому невирішеними залишаються питання планування якості перевезення пасажирів на етапі проектування технологічного процесу. Це потребує формалізації параметрів якості і розробки методів визначення того, які стандарти якості застосовні до даного проекту і як домогтися відповідності їм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оцінки якості послуг міського пасажирського

транспорті висвітлені у працях Артинова О. П., Бабушкіна Г. Ф., Блатнова М. Д., Варелопуло Г. А., Володіна Є. П., Долі В. К., Єфремова І. С., Ігнатенка О. С., Лігума Ю. С., Міротіна Л. Б., Самолова Д. С., Скалецького В. В., Спірина І. В., Островського М. Б., та інших вчених. За думкою науковців, ефективна і надійна робота міського пасажирського транспорту є найважливішим чинником соціально-економічної стабільності. Внаслідок цього, підвищення якості пасажирських перевезень у системі міського пасажирського транспорту – одне з найважливіших напрямків, поставлених перед потребами суспільства у галузі транспорту [5].

В Україні стандарти якості послуг пасажирського транспорту встановлені різними законодавчими актами [6]. Визначені державою нормативи забезпечення транспортом загального користування гарантують якісне обслуговування пасажирів з моменту придбання квитка на поїзд до завершення поїздки при мінімальних витратах часу на оформлення проїзних квитків.

Організація перевезень пасажирів повинна забезпечувати раціональне використання транспортних засобів, повну безпеку й високу культуру обслуговування пасажирів з найменшими витратами [2]. Головними факторами якості перевезень пасажирів є комфортність поїздки; час, витрачений на пересування пасажирів; безпека перевезень, що визначається щільністю маршрутної мережі; частота та точність руху міського пасажирського транспорту; швидкість сполучення; стан інформації та реклами про роботу міського пасажирського транспорту [1, 7-9]. Ще однією групою показників якості, що мають вагомий вплив на фізичний та емоційний стан людини, є його витрати на пересування у громадському транспорті від місця знаходження до місця призначення [1, 2, 10-12].

За думкою дослідників, одним з найбільш суттєвих критеріїв оцінки якості транспортного обслуговування населення є загальні витрати часу жителів на переміщення від початкового пункту до кінцевого [1, 13-15]. Загальні витрати часу пасажирів складаються з часу на підхід до зупинки, часу очікування пасажиром транспортного засобу, тривалості посадки та руху в ньому, а також часу руху пішки до кінцевого пункту [1]. Однак, раніш розроблені методи оцінки якості в проектах міського пасажирського транспорту не повністю враховували суб'єктивну оцінку пасажирів умов обслуговування.

Внаслідок цього, планування якості перевезень пасажирів вимагає створення математичного апарату для моделювання складових загальних витрат часу пасажирів на переміщення та показника якості з урахуванням суб'єктивної оцінки пасажирів умов обслуговування.

Мета статті. Метою роботи є математична формалізація комплексного показника якості міського пасажирського транспорту та часу руху пасажирів у транспортному засобі.

Результати досліджень. Оцінка значущості для пасажирів критеріїв якості роботи міського пасажирського транспорту проводилася з використанням даних натурного обстеження. В ході його проведення від пасажирів вимагалось вказати критерії, які вони використовують при оцінці якості міського пасажирського транспорту, та оцінити їх за значущістю. Для оцінки якості транспортного обслуговування пасажирів з тринадцяти факторів було відібрано чотири основних показники, які можливо використовувати при плануванні якості проектів міського пасажирського транспорту:

– час пішохідної складової транспортних пересувань, який включає час підходу та відходу від зупинки;

– час очікування транспортного засобу;

– час поїздки;

– динамічний коефіцієнт використання місткості транспортного засобу.

Для врахування ступеня значущості для пасажирів визначених показників використовувалися їх суми рангів. Було зроблено припущення, що максимальне значення коефіцієнта якості повинно дорівнювати одиниці. Внаслідок цього, комплексний показник якості міського пасажирського транспорту було представлено таким чином:

$$K_{\text{я}}^{\text{маршр}} = \left(\frac{t_{\text{ну}_{\min}}}{t_{\text{ну}_{\phi}}} \right)^{0,137} \cdot \left(\frac{t_{\text{оч}_{\min}}}{t_{\text{оч}_{\phi}}} \right)^{0,262} \cdot \left(\frac{t_{\text{н}_{\min}}}{t_{\text{н}_{\phi}}} \right)^{0,465} \cdot \left(\frac{\gamma_{\text{д}_{\min}}}{\gamma_{\text{д}_{\phi}}} \right)^{0,136}, \quad (1)$$

де $K_{\text{я}}^{\text{маршр}}$ – комплексний показник якості міського пасажирського транспорту при виконанні маршрутної поїздки;

0,137; 0,262; 0,465; 0,136 – коефіцієнти вагомості одиничних показників при виконанні маршрутної поїздки;

$t_{\text{н}_{\min}}$ – мінімально можливий час поїздки, хв.;

$t_{\text{н}_{\phi}}$ – фактичний час поїздки, хв.;

$\gamma_{\text{д}_{\min}}$ – динамічний коефіцієнт використання місткості з урахуванням міст для сидіння;

$\gamma_{\text{д}_{\phi}}$ – фактичний динамічний коефіцієнт

використання місткості транспортного засобу;

$t_{\text{ну}_{\min}}$ – мінімальний час пішохідної складової

транспортного пересування, хв.;

$t_{\text{ну}_{\phi}}$ – фактичний час пішохідної складової

транспортного пересування, хв.;

$t_{\text{оч}_{\min}}$ – мінімальний час очікування, хв.;

$t_{\text{оч}_{\phi}}$ – фактичний час очікування, хв.

Для планування якості проектів міського пасажирського транспорту виникає необхідність в ви-

значенні фактичних значень показників моделі (1). Це можливо здійснити з використанням моделей зміни цих показників. На першому етапі дослідження було проведено заходи з розробки моделі зміни складової часу поїздки – часу руху у транспортному засобі на перегоні маршруту.

Для отримання вихідної інформації було проведено натурні обстеження. При цьому використано табличний метод обстеження пасажиропотоків. Посадка обліковців в транспортні засоби проводилася при виїзді з парку або на початкових станціях маршрутів згідно з розкладом руху. Обліковці підраховували кількість пасажирів, які увійшли та вийшли з транспортного засобу на кожному зупинному пункті і проводили відмітки в облікових картках. Також проводилося фіксування часу прибуття та відбуття транспортного засобу з кожного зупинного пункту. Далі була проведена обробка даних обстеження. Отримані матеріали дозволили визначити:

- параметри траси маршруту, а саме довжину, кількість зупинних пунктів та кількість перегонів на маршруті.

- параметри пасажиропотоків, а саме обсяг перевезень і пасажиропотоки на перегонах, пасажиронаповнення транспортних засобів по перегонах маршруту, пасажирообмін зупинних пунктів.

- параметри транспортних засобів.

Для опису зміни часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту було використано методи кореляційного і регресійного аналізу [16]. Отримана модель виглядає таким чином:

$$t = 0,274 \cdot \sqrt{\gamma} + 3,532 \cdot \frac{1}{\sqrt{V_n}} + 2,673 \cdot \frac{\sqrt{L_{пер}}}{\sqrt{U}}. \quad (2)$$

Результати розрахунку параметрів моделі зміни часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту наведено в табл. 1-2.

Таблиця 1
Межі вимірювання показників моделі зміни часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту

Показник	Позначення, розмірність	Межі вимірювання
Швидкість транспортного потоку	V_n , км/год.	22-68
Коефіцієнт використання місткості транспортного засобу	γ	0,02-1,3
Довжина перегону	$L_{пер}$, км.	0,29-1,97
Питома потужність двигуна транспортного засобу	U , кВт/т.	9,42-32,6

Зі всіх досліджуваних чинників значущими виявилися тільки чотири, про що свідчать розрахункові значення критерію Ст'юдента коефіцієнтів моделі, які перевищують табличне значення, і відсутність нуля в довірчих інтервалах.

Таблиця 2
Характеристика моделі зміни часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту

Фактор	Коефіцієнт	Стандартна помилка	Критерій Ст'юдента	
			розрахунковий	табличний
$\frac{1}{\sqrt{V_n}}$	3,523	0,609	2,872	2,00
$\sqrt{\gamma}$	0,274	0,095	5,791	
$\frac{\sqrt{L_{пер}}}{\sqrt{U}}$	2,673	0,306	8,712	

Статистична оцінка моделі проводилася з використанням ряду показників. Результати розрахунків наведено в табл. 3.

Таблиця 3
Результати статистичної оцінки моделі зміни часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту

Показники		Значення
Критерій Фішера	розрахунковий	1536,03
	табличний	1,70
Коефіцієнт множинної кореляції		0,99
Середня помилка апроксимації, %		7,81

Значення статистичних показників відповідає допустимим межах. Це свідчить про статистичну адекватність отриманої моделі.

Для оцінки фізичної адекватності та аналізу отриманої моделі було розроблено графіки зміни часу руху транспортних засобів (рис. 1-4). При побудові графіків всі фактори моделі, крім того, який досліджувався, відповідали середнім значенням.

З аналізу моделі можна зробити наступні висновки. Транспортний потік, в якому рухається транспортний засіб міського пасажирського транспорту, істотно впливає на значення часу руху.

Швидкість транспортного потоку характеризує умови руху. Її збільшення призводить до зростання швидкості транспортного засобу, що рухається в ньому. Це, в свою чергу, впливає на зменшення часу руху.

Величина довжини перегону відіграє важливу роль при формуванні значення часу руху. Збільшення довжини перегону призводить до зростання часу руху транспортних засобів через збільшення відстані між зупинними пунктами.

Коефіцієнт використання місткості транспортного засобу характеризує ступінь наповнення його салону пасажирями. При цьому, при збільшенні коефіцієнта використання місткості час руху буде збільшуватися.

Це пояснюється тим, що при наповненому салоні менша динаміка розгону, що в свою чергу впливає на час руху.

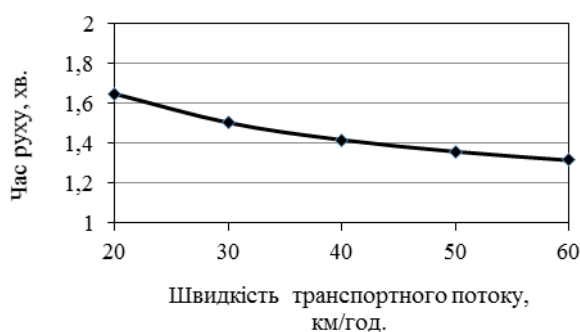


Рис. 1. Зміна часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту залежно від швидкості транспортного потоку

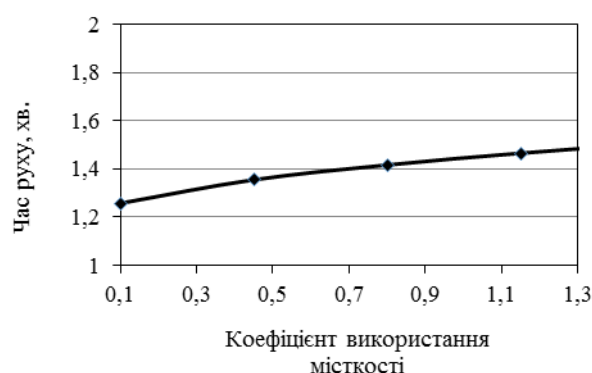


Рис. 2. Зміна часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту залежно від коефіцієнта використання місткості



Рис. 3. Зміна часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту залежно від довжини перегону

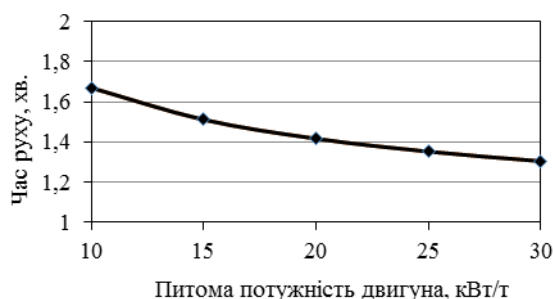


Рис. 4. Зміна часу руху транспортних засобів на перегоні маршруту залежно від питомої потужності двигуна транспортного засобу

Питома потужність двигуна визначає динамічні характеристики транспортного засобу. Чим вона вища, тим час руху буде менший. Така залежність пояснюється більшою величиною прискорення та відповідно більшою швидкістю, що розвиває транспортний засіб.

У результаті проведення статистичних розрахунків можна зробити висновок про допустимість використання розробленої моделі зміни часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту для оцінки якості проектів міського пасажирського транспорту.

Висновок. Отриманий комплексний показник якості перевезення пасажирів можливо використовувати для планування якості в проектах міського пасажирського транспорту. Зміна часу руху пасажирів в транспортному засобі на перегоні маршруту з достатньою точністю описується нелінійним регресійним рівнянням, в якому, як змінні, використовуються швидкість транспортного потоку, коефіцієнт використання місткості транспортного засобу, довжина перегону, питома потужність двигуна транспортного засобу. Напрямок подальших досліджень є визначення закономірностей зміни інших показників якості перевезення пасажирів та використання їх для планування якості в проектах міського пасажирського транспорту.

Література

1. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок в городах / Я. Цибулка // – М.: Транспорт, 1987. – 239 с.
2. Большаков А. М. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности работы автобусов / А. М. Большаков, Е. А. Кравченко, С. Л. Черникова. – М.: Транспорт, 1981. – 206 с.
3. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності. – Надано чинності 2001 - 06 - 27. – К.: Держстандарт України, 2001. – 60 с.
4. Лapidус В. А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / В. А. Лapidус. – М.: ОАО "Типография "Новости", 2000. – 432 с.
5. Большаков А. М. Повышение уровня обслуживания пассажиров автобусами на основе комплексной системы управления качеством: дис. ... к. э. н. / А. М. Большаков. – М., 1981. – 174 с.
6. Назаренко Я. Я. Теоретические аспекты управления качеством перевозок пассажиров автомобильным транспортом / Я. Я. Назаренко // Управление проектами системный анализ и логистика. – К.: НТУ, 2013. – Вып. 12. – С. 313–318.
7. Ojo Thomas Kolawole. Service Quality and Customer Satisfaction of PublicTransport on Cape Coast-Accra Route, Ghana / Thomas Kolawole Ojo, Dickson Okoree Mireku, Suleman Dauda // Developing Country Studies. – 2014. – Vol. 4. – No. 18. – P. 142–149.
8. Marcucci E. Local public transport, service quality and tendering contracts in Venezia, Urban Sustainable Mobilità / E. Marcucci, E. Valeri, A. Stathopoulos, V. Gatta. – Milano, 2011. – P. 1–14.
9. Bodmer Milena. Transport service quality and social responsibility through the relationship marketing / Milena Bodmer, Jorge Antônio Martins. Lecturers at Federal University of Rio de Janeiro, 2003. P. 1–14.

10. Kerkko Vanhanen. Quality factors in public transport / Vanhanen Kerkko, Kurri Jari. – Helsinki University of Technology, 2005. – P. 1–7.
11. Margareta Friman. Service Supply and Customer Satisfaction in Public Transportation: The Quality Paradox / Friman Margareta, Felleson Markus / Karlstad University, Sweden. Journal of Public Transportation, 2009. – Vol. 12, No. 4. – P. 57–69.
12. Hensher D. Service quality developing a service quality index in the provision of commercial bus contracts. Transportation Research Part / D. Hensher, P. Stopher, P. Bullock, 2003. – P. 499–517.
13. Friman M. Implementing quality improvements in public transport / M. Friman // Journal of Public Transportation, 2004. – P. 49–65.
14. Muthupandian K. S., Vijayakumar C. Measurement of passengers service quality in public transportation: servqual analysis / K. S. Muthupandian and C. Vijayakumar // The Institute of Cost and Works Accountants of India. 2012. – P. 1–25.
15. Аулін В. В. Якість перевезень пасажирів як невід'ємна частина транспортного процесу / В. В. Аулін // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2008. – Випуск 5. – С. 80–84.
16. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В. Г. Галушко. – Киев: Вища школа, 1976. – 232 с.

References

1. Cibulka Ja. Kachestvo passazhirskih perevozok v gorodah / Ja. Cibulka // – М.: Transport, 1987. – 239 s.
2. Bol'shakov A. M. Povyshenie kachestva obsluzhivaniya passazhirov i jeffektivnosti raboty avtobusov / A. M. Bol'shakov, E. A. Kravchenko, S. L. Chernikova. – М.: Transport, 1981. – 206 s.
3. Systemy upravlinnya yakistyu. Nastanovy shchodo polipshennya diyal'nosti. – Nadano chynnosti 2001 - 06 - 27. – К.: Derzhstandart Ukrainy, 2001. – 60 s.
4. Lapidus V. A. Vseobshhee kachestvo (TQM) v rossijskikh kompanijah / V. A. Lapidus. – М.: ОАО "Типография "Novosti", 2000. – 432 s.
5. Bol'shakov A. M. Povyshenie urovnja obsluzhivaniya passazhirov avtobusami na osnove kompleksnoj sistemy upravleniya kachestvom: diss. ... k. je. n. / A. M. Bol'shakov. – М., 1981. – 174 s.
6. Nazarenko Ja. Ja. Teoreticheskie aspekty upravleniya kachestvom perevozok passazhirov avtomobil'nym transportom / Ja. Ja. Nazarenko // Upravlenie proektami sistemnyj analiz i logistika. – К.: NTU, 2013. – Vyp. 12. – S. 313–318.
7. Ojo Thomas Kolawole. Service Quality and Customer Satisfaction of PublicTransport on Cape Coast-Accra Route, Ghana / Thomas Kolawole Ojo, Dickson Okoree Mireku, Suleman Dauda // Developing Country Studies. – 2014. – Vol. 4, – No. 18. – P. 142–149.
8. Marcucci E. Local public transport, service quality and tendering contracts in Venezia, Urban Sustainable Mobilità / E. Marcucci, E. Valeri, A. Stathopoulos, V. Gatta. – Milano, 2011. – P. 1–14.
9. Bodmer Milena. Transport service quality and social responsibility through the relationship marketing / Milena Bodmer, Jorge Antônio Martins. Lecturers at Federal University of Rio de Janeiro, 2003. P. 1–14.
10. Kerkko Vanhanen. Quality factors in public transport / Vanhanen Kerkko, Kurri Jari. – Helsinki University of Technology, 2005. – P. 1–7.
11. Margareta Friman. Service Supply and Customer Satisfaction in Public Transportation: The Quality Paradox / Friman Margareta, Felleson Markus / Karlstad University, Sweden. Journal of Public Transportation, 2009. – Vol. 12, No. 4. – P. 57–69.
12. Hensher D. Service quality developing a service quality index in the provision of commercial bus contracts. Transportation Research Part / D. Hensher, P. Stopher, P. Bullock, 2003. – P. 499–517.
13. Friman M. Implementing quality improvements in public transport / M. Friman // Journal of Public Transportation, 2004. – P. 49–65.
14. Muthupandian K. S. Measurement of passengers service quality in public transportation: servqual analysis / K. S. Muthupandian, C. Vijayakumar // The Institute of Cost and Works Accountants of India. 2012. – P. 1–25.
15. Aulin V. V. Yakist' perevezen' pasazhyriv yak nevid'yemna chastyna transportnoho protsesu / V. V. Aulin // Visnyk KDPU imeni Mykhayla Ostrohrads'koho. – 2008. – Vypusk 5. – S. 80–84.
16. Galushko V. G. Veroyatnostno-statisticheskie metody na avtotransporte / V. G. Galushko. – Kiev: Vishha shkola, 1976. – 232 s.

Давидич Н.В. Моделирование показателей качества работы городского пассажирского транспорта.

В статье рассматриваются вопросы моделирования показателей качества работы городского пассажирского транспорта. Разработана модель комплексного показателя качества городского пассажирского транспорта. Установлено, что основным показателем качества является время поездки пассажиров. Приведена методика проведения натурного обследования параметров процесса перевозки пассажиров. Определено, что изменение времени движения пассажиров в транспортном средстве на перегоне маршрута с достаточной точностью описывается нелинейным регрессионным уравнением, в котором в качестве переменных используются скорость транспортного потока, коэффициент использования вместимости транспортного средства, длина перегона, удельная мощность двигателя транспортного средства.

Ключевые слова: пассажир, перевозка, качество, модель, проект, транспорт, время движения.

Davidich N. Modeling the indicators of public passenger transport quality.

In the article it is observed the modeling process quality indicators of urban passenger transport. It is created the model of complex quality of public passenger transport. It is proved that the main indicator of quality is the trip passengers. It is demonstrated the method of field survey parameters passengers. It has been done the statistical analysis of the change in time of movement of passengers in a vehicle on the stretch of the route. It is determined that the time changes the movement of passengers in a vehicle on the stretch of the route with sufficient accuracy is described by the nonlinear regression equation in which variables are used as speed traffic flow, capacity utilization of the vehicle length spans, power density motor vehicle.

Keywords: passenger transportation, quality, model, design, transportation, moving.

Давидич Н.В. – аспірант Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова, e-mail: pmkaf@kname.edu.ua.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

УДК 656.2.08

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ

Довганюк М.Ю., Баб'як М.О., Довганюк Л.М.

ANALYSIS OF CURRENT MONITORING SYSTEMS AT LEVEL CROSSINGS

Dovganjuk M., Babyak M. Dovganjuk L.

У роботі розглянуто проблему аварійності на залізничних переїздах України та запропоновано шляхи підвищення рівня безпеки сучасними системами моніторингу.

Ключові слова : залізничний транспорт, переїзд, системи моніторингу.

Актуальність проблеми. Висока аварійність на залізничних переїздах

Мета роботи. аналіз шляхів підвищення рівня безпеки сучасними системами моніторингу.

Об'єкт досліджень: проблема аварійності на залізничних переїздах.

Предмет досліджень: системи моніторингу.

Значне та неухильне зростання кількості транспортних засобів на мережі залізниць, підвищення їх тягових і швидкісних характеристик сприяє значному збільшенню інтенсивності руху на залізничних переїздах, що спричиняє збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Це, у свою чергу, висуває нові вимоги до облаштування місць перетину автомобільних доріг та залізничних колій, їх утримання, застосування додаткових заходів щодо підвищення безпеки руху, застосування профілактичних заходів щодо зміцнення дорожньої дисципліни водіїв.

Зараз в Україні налічують 5459 залізничних переїзди, з яких: 1429 (27%) - з черговим персоналом та обладнані автоматикою; 29 (1%) - з черговим персоналом, але не обладнані автоматикою; 2629 (50%) - без чергового персоналу і обладнані автоматикою; 1175 (22%) - без чергового персоналу і необладнані автоматикою.

У свою чергу, кількість ДТП на залізничних переїздах завжди була високою. У таблиці 1 за даними [1-3] наведено кількість дорожньо-транспортних пригод та їх наслідки за сім останніх років (2009–2015 рр.). Із даних, наведених у таблиці 2 можна зробити висновок, що найбільша кількість

ДТП (понад 60%) здійснюється на залізничних переїздах без чергового працівника, які обладнані сигналізацією. Це свідчить про те, що залізничні переїзди, особливо без чергового персоналу, потребують додаткових засобів контролю перетину залізничного переїзду автодорожнім транспортом.

Таблиця 1

Стан аварійності на залізничних переїздах УЗ

Параметр	Роки						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Всього ДТП	108	101	80	89	94	67	73
Загинуло осіб	34	73	14	12	23	19	13
Травмовано осіб	50	46	22	38	27	34	32
Всього постраждалих	84	119	36	50	50	53	45

Таблиця 2

Розподіл ДТП за типами переїздів

Тип переїзду	Рік							за 7 років
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Без чергового із сигналізацією	71	67	42	62	62	44	52	400
Без чергового без сигналізації	9	9	8	9	12	7	8	62
З черговим та із сигналізацією	17	17	16	8	10	8	9	85
З черговим без сигналізації	0	1	0	0	0	1	0	2
Поза переїздами	11	7	14	10	10	7	4	63
Всього ДТП	108	101	80	89	94	67	73	612

За даними таблиці 2 побудовано діаграму розподілу ДТП за типами переїздів за сім останніх років (рис. 1).

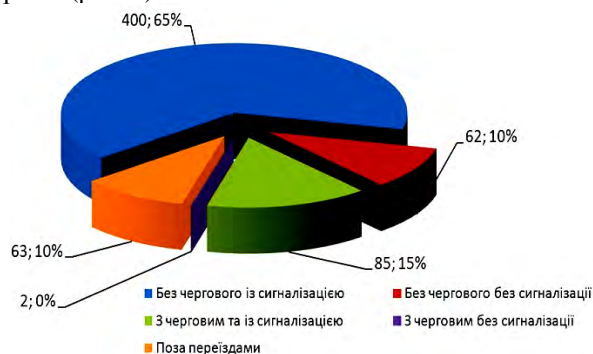


Рис. 1. Розподіл ДТП за типами переїздів

На даний час на магістральному залізничному транспорті України в основному використовуються системи з фіксованою довжиною ділянки наближення, що обумовлено простотою та порівняно низькою вартістю апаратної їх реалізації та алгоритму управління, що використовується в цих системах. Істотним недоліком даного способу сповіщення є відсутність контролю фактичної швидкості та прискорення поїзда, який наближається. Це спричиняє зайву тривалість закриття переїзду, коли швидкість поїзда на ділянці наближення нижча максимальної, чи при зміні у межах даної ділянки напрямку руху поїзда. Зазначений недолік призводить до триваліших простоїв автотранспорту перед закритим переїздом, що, у свою чергу, спричиняє відповідні матеріальні втрати та негативно позначається на безпеці руху. Проведені дослідження показали, що надмірно тривалий час закриття переїзду провокує деяких водіїв на порушення правил руху через переїзд, спричиняючи, у ряді випадків, серйозні аварії.

Для систем з постійним часом сповіщення базується на реалізації складнішого алгоритму управління. Дані системи знайшли застосування на залізницях США, Канади та деяких європейських держав. Покладений в їх основу алгоритм управління передбачає постійне вимірювання швидкості поїзда та відстані до переїзду. Подача сповіщення на переїзд здійснюється таким чином, щоб забезпечити оптимальний, фіксований час закриття переїзду. Дані системи суттєво зменшують час перебування переїзду в закритому стані і ймовірність несанкціонованого виїзду на переїзд транспортного засобу в небезпечній близькості від поїзда, який наближається.

Для підвищення безпеки на переїздах поряд із законодавчо-правовими та організаційно-профілактичними заходами широко використовуються різноманітні технічні заходи, методи та рішення. Одним із надійних технічних методів забезпечення безпеки руху є будівництво шляхопроводів (рис. 2), закриття малодіяльних переїздів і переведення транспортних потоків на найближчі переїзди або шляхопроводи. Однак, будівництво шля-

хопроводів і їх утримання у належному технічному стані вимагає значних капіталовкладень. Крім того, будівництво шляхопроводу, хоча і є одним із надійніших способів забезпечення безпеки при перетині залізниці з автомобільною дорогою, все-ж не може повністю гарантувати відсутність ДТП.



Рис. 2. Залізничний шляхопровід

Ще одним із засобів вирішення проблеми аварійності на залізничних переїздах є встановлення систем автоматичного блокування доступу автотранспорту на колії. Для забезпечення безпеки руху на переїздах залізничниками встановлюються додаткові шлагбауми (рис.3), вживаються заходи з покращення освітлення.



Рис. 3. Переїзд оснащений додатковими шлагбаумами

Найпростішою і найстарішою з форм виявлення об'єктів є візуальне спостереження, що здійснюється працівниками залізничниці. Здатність людини по візуальному зображенню оцінити ситуацію та її можливі наслідки є основною перевагою цього методу в порівнянні з будь-якими технічними системами. Однак, його недоліком є відносно висока ймовірність людської помилки, а також великі витрати на зарплату персоналу. Ось чому використання візуального спостереження значно скорочується у високорозвинених країнах. Іншим прикладом є віддалене спостереження за допомогою відеокamera і монітора (рис. 4). Число працівників, необхідних для візуального контролю, може бути при цьому значно скорочено.



Рис. 4. Відеонагляд за переїздом

Альтернативою віддаленого візуальному спостереженню є автоматичне відеоспостереження і розпізнавання образів. Автоматичне спостереження застосовують там, де необхідно виявити об'єкти, відмінні від рухомого складу. Камери спостереження можуть бути встановлені як на шляху, так і на поїзді.

Найбільш часто застосовуваний метод – порівняння поточного зображення з еталонним або з тим, що було отримано незадовго до цього, і подальша оцінка результату порівняння. Якщо розпізнається небезпечна ситуація, передається сигнал тривоги або подається команда автоматичної зупинки поїзда. Недолік цього методу полягає в тому, що існують певні оптичні ефекти, викликані, наприклад, світлом фар автомобілів або людською тінню. Вони можуть бути помилково сприйнятими за сторонній об'єкт на шляху. Ця проблема вирішується, зокрема, використанням стереокамер: при аналізі зони двома камерами, розташованими в різних точках, що не має просторової форми, оптичний ефект не буде розпізнаватися як реальний об'єкт. Такий метод був розроблений для контролю зони переїздів в Японії.

На прикладі методу контролю за переїздом в Японії, розроблені різні методи відеоспостереження на залізничних переїздах України, Росії та країн Європи. На даний час триває експериментальне випробування ефективності переїздів з відеонаглядом. Порушення, що фіксуються за допомогою відеоспостереження, передаються на опрацювання до ДАІ.

Наглядним прикладом є апаратно-програмний комплекс «АвтоУраган» – це система автоматичної відеофіксації і ідентифікації державних реєстраційних знаків транспортних засобів (рис. 5).

Такий програмний комплекс реалізований на деяких залізничних переїздах Росії. Встановлена на залізничному переїзді система починає відеозапис одразу після того, як спалахує червоне світло. При цьому вона фіксує і розпізнає номери всіх автомобілів, які продовжують виїжджати на переїзд і перетинати залізничні колії перед самим поїздом.

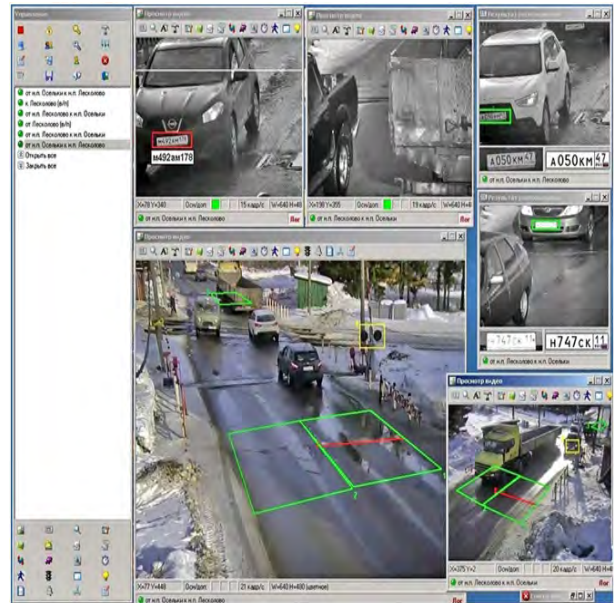


Рис. 5. Робочий стіл оператора контролюючого залізничний переїзд

Комплекс «АвтоУраган» фіксує такі види порушень, які створюють підвищену небезпеку на залізничних переїздах:

- проїзд на заборонений сигнал світлофора;
- проїзд по смузі зустрічного руху;
- зупинка на залізничному шляху.

Компанія-розробник «Технології Розпізнавання», як приклад, наводить таку статистику. За рік на залізничному переїзді «63 км» станції Кубинка Московської залізниці, обладнаному системою «АвтоУраган», зафіксовано 4870 порушень, за які ДАІ стягнула з порушників 2,4 млн. рублів штрафів. Але важливо інше, після установки системи відеоконтролю на цьому переїзді за півтора роки спостережень не було зафіксовано жодного небезпечного інциденту, хоча раніше ДТП на цій ділянці траплялися регулярно.

Як приклад, пропонується розглянути систему, яка передбачає наявність в зонах переїзду телевізійних камер, інформація з яких по спеціальним каналам передається на монітор локомотивної бригади потяга та диспетчера (рис. 6).



Рис. 6. Схема аврійного сповіщення

Локомотивна бригада, враховуючи стан переїзду, приймає заходи для безпечного руху потяга. В

такому випадку в будь-який період часу ситуація на переїзді завжди буде підконтрольна локомотивній бригаді.

Сучасна схема спрямована не тільки на реєстрацію автотранспорту, а на повний відеоконтроль всіх змін, що відбуваються на переїзді.

Більшість залізничних переїздів розташовані далеко від населених пунктів, і вони досить часто піддаються вандалізму. Під удар вандалів потрапляє не тільки дороге устаткування, але і піддаються небезпеці учасники руху, які змушені перетинати несправний переїзд.

Зафіксувати такі протиправні дії і по можливості припинити їх дозволяє перехресне розташування комплексу камер, при якому вони контролюють один одного. Тобто, фіксується не тільки ситуація на переїзді, а й обстановка біля самих камер. При появі підозрілих осіб, комплекс передає тривожне сповіщення на диспетчерський пункт, після чого група швидкого реагування служби безпеки направляється до переїзду (рис. 7).



Рис. 7. Схема забезпечення безпеки на переїзді

У разі, якщо виконавчі пристрої переїзду виходять з ладу самі, або працюють некоректно, це також видно оперативному черговому, який направляє ремонтну бригаду до об'єкта.

Висновки

Цілком зрозуміло, що з економічних причин неможливо відразу оснастити кожен залізничний переїзд комплексом відеофіксації.

Проаналізувавши статистику аварійності на залізничних переїздах та зробивши огляд по їх облаштуванню сучасними технічними засобами в інших країнах, пропонуються перелік заходів для підвищення рівня безпеки на переїздах:

- продовження будівництва шляхопроводів з акцентуванням уваги на найбільш проблемні переїзди з високим рівнем транспортного потоку – як одне з надійних технічних методів забезпечення безпеки руху;
- встановлення додаткових шлагбаумів та покращення освітлення на переїздах;
- пріоритетне оснащення «проблемних» залізничних переїздів апаратно-програмними комплексами з автоматичною відеофіксацією.

Література

1. Україна у цифрах у 2013 році. Статистичний збірник. / За редакцією О.Г. Осауленка // Державна служба статистики України. – К.: ТОВ "Видавництво "Консультант", 2014.–240с.
2. Транспорт і зв'язок України 2013. Статистичний збірник. // Державна служба статистики України. – К.: ТОВ "Видавництво "Консультант", 2014. – 222 с.
3. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України у 2009-2015 рр. / О. Мусієнко, В. Гусь, В. Крот // Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К.: Головне Управління Безпеки руху і екології, 2009. – 108 с.

References

1. Figures in Ukraine in 2013. Statistical Yearbook. / Edited by OG Osaulenko // State Statistics Service of Ukraine. - K.: LLC "Publishing" Consultant", 2014. - 240 p.
2. Transport and Communications Statistical Yearbook 2013. Ukraine. // State Statistics Service of Ukraine. - K.: LLC "Publishing" Consultant", 2014. - 222 p.
3. Analysis of safety on the railways of Ukraine in 2009-2015. / O. Musienko, Gus W., W. Krot // State Administration of Railway Transport of Ukraine. - K.: General Directorate of Traffic Safety and Environment, 2009. - 108 p.

Довганюк М.Ю., Баб'як Н.А., Довганюк Л.Н.
Анализ современных систем мониторинга на железнодорожных переездах.

В работе рассмотрена проблема аварийности на железнодорожных переездах Украины и предложены пути повышения уровня безопасности современными системами мониторинга

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, переезд, системы мониторинга.

Dovganjuk M., Babyak N. Dovganjuk L. Analysis of current monitoring systems at level crossings.

This article examines the problem of accidents at level crossings Ukraine and the ways of improving the safety of modern monitoring systems

Keywords: railway transportation, transfer, monitoring system

Довганюк М.Ю. - інженер ВП «Ів.-Франківські механічні майстерні»

Баб'як М.О. – к.т.н., доц., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (Львівська філія). Email: babjak@mail.ru

Довганюк Л.М. – студентка Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

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

Стаття подана 22.03.2016

УДК 656.142

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНФЛІКТІВ МІЖ ТРАНСПОРТНИМИ ТА ПІШОХІДНИМИ ПОТОКАМИ НА ВІДСТАНЬ МІЖ ПІШОХІДНИМИ ПЕРЕХОДАМИ

Єрмак О.М.

DETERMINE THE IMPACT OF THE CONFLICT BETWEEN TRANSPORT AND PEDESTRIAN FLOWS TO THE DISTANCE BETWEEN THE PEDESTRIAN CROSSING

Iermak O.

В статті розглядається питання визначення оптимальної довжини між пішохідними переходами. Наведені основні методи розміщення пішохідних переходів. Запропоновано науковий підхід щодо визначення оптимальної довжини між пішохідними переходами, що враховує загальні витрати на переміщення транспортних та пішохідних потоків. Отримано математичну модель оптимальної довжини між пішохідними переходами, що враховує витрати пов'язані із виникнення конфліктних ситуацій між транспортними та пішохідними потоками.

Ключові слова: пішохідний перехід, дорожньо-транспортна пригода, пішохідний потік, сукупні витрати.

Вступ. Як показує світовий досвід, рівень автомобілізації буде зростати в міру зростання економічного потенціалу країни. Це означає, що будуть ускладнюватися всі проблеми, пов'язані з автомобілізацією (екологія, аварійність, транспортні затримки і т. д.). Разом з тим явно, що розвиток ВДМ буде відставати від темпів автомобілізації, і це спричинить за собою подальше підвищення щільності транспортних потоків, особливо в містах. У цьому зв'язку вирішальне значення матиме продумана і обгрунтована для конкретних умов організація транспортних і пішохідних потоків, що дозволяє певною мірою ліквідувати негативні наслідки автомобілізації [1].

Для того, щоб одержати якісні показники руху транспортного та пішохідного потоків, необхідно правильно обрати той набір характеристик, що є найбільш важливим для подальшого дослідження особливостей руху транспорту й пішоходів на перетинах міських вулиць (пішохідних переходах).

Постановка проблеми. В умовах розвинутого громадського пасажирського транспорту і високого рівня рухливості збільшується ймовірність контактів між пішоходами і транспортом.

Тому конфлікти між пішоходами та транспортом, це найпоширеніші і небезпечні транспортні конфлікти в місті [2-3].

Отже для ефективного планування транспортних вузлів на вулично-дорожній мережі міст, крім вивчення та моделювання потоків транспортних засобів, необхідно приділяти належну увагу і пішохідним потокам, а саме місцям їх перетину (пішохідним переходам) [4-5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Конфліктні ситуації, що виникають між транспортними та пішохідними потоками створюють проблеми для ефективного функціонування транспортних систем з одного боку та шкоду для здоров'я людей з іншого. Тому всі заходи щодо забезпечення безпеки дорожнього руху на пішохідних переходах спрямовані або на ліквідацію таких конфліктних ситуацій або на їх частковий розподіл [1-10].

Так в роботах [1, 5] акцентовано увагу ліквідації конфліктів між транспортними та пішохідними потоками шляхом облаштування підземних та надземних пішохідних переходів. Але такий підхід реалізовується при інтенсивних потоках (на швидкісних магістралях), де необхідне перетинання в різних рівнях.

В роботах [1-2, 4-5] розглядаються варіанти перетинання в одному рівні, як то:

- нерегульоване перетинання із перевагою пішоходів;
- регульоване перетинання із почерговим проїздом транспортних засобів та переходом пішоходів;
- регульоване перетинання із одночасним проїздом транспортних засобів та переходом пішоходів;

Але кожен із розглянутих варіантів перетинання в одному рівні має свої переваги та недоліки, так надання переваги пішохідним потокам збільшує затримки транспортних потоків, а надана перевага транспортним потокам збільшує аварійність на пішохідних переходах [6-9].

Зокрема в роботі [10] розглядається вплив розміщення штучних нерівностей на безпеку перетинання пішоходами проїзної частини.

Але зручність та безпека пішохідних потоків також залежить від відстані між пішохідними переходами, яка в свою чергу може бути регламентована стандартами або визначатися залежно обраних параметрів [11-14].

В ДБН В. 2.3-5-2001 "Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів" [11] визначено, що пішохідні переходи на одному рівні з проїзною частиною, при новому будівництві, влаштовуються через вулиці (дороги) на відстані один від іншого не менше, м:

1) магістральні вулиці (дороги) загальноміського значення з регульованим рухом – 300;

2) магістральні вулиці районного значення – 200;

3) вулиці і дороги місцевого значення:
- житлові вулиці – 150;
- дороги промислових і комунально-складських зон – 200.

Натомість пішохідні переходи в різних рівнях зі сходами і пандусами слід розміщувати з інтервалом:

– 300-600 м – на магістральних вулицях і дорогах безперервного руху (у промислових і комунально-складських зонах відстань може досягати 800 м);

– 400-800 м – на лініях швидкісного трамвая і залізниць.

В роботі [13] представлено математичні моделі визначення відстані між перехрестями та їх вплив на транспортний потік. Але не досліджено розміщення пішохідних переходів поза перехрестями та їх вплив на транспортний потік.

Таким чином, в ході аналізу, було з'ясовано, що знаходження компромісу між витратами транспортних та пішохідних потоків можна досягти шляхом раціонального розміщення пішохідних переходів.

Мета статті. Метою даної статті є визначення впливу конфліктів між транспортними та пішохідними потоками на відстані між пішохідними переходами.

Результати досліджень. В роботі [15] було визначено математичну модель оптимальної довжини між пішохідними переходами на поточній довжині ВДМ, за умови мінімуму сукупних витрат суспільства, пов'язаних з перетинанням пішохідних та транспортних потоків вулично-дорожньої мережі.

Загальні витрати суспільства, що пов'язані з перетином пішохідних переходів ВДМ, були визначені як:

- підхід до пішохідного переходу, Q_1 ;
- відхід від пішохідного переходу, Q_2 ;
- перехід проїзної частини, Q_3 ;
- утриманням пішохідного переходу, Q_4 ;

- рух транспортних засобів на одиницю довжини, Q_5 ;

- викид шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, Q_6 .

Саме перехід проїзної частини пов'язаний із ризиком виникнення дорожньо-транспортної пригоди (ДТП). Тому необхідно визначити цю складову та визначити відповідні закономірності.

Витрати, пов'язані з ризиком виникнення дорожньо-транспортної пригоди під час переходу проїзної частини можна визначити наступним чином:

$$Q_7 = \frac{N_{ДТП} \cdot C_{ДТП}}{L(x)_{ниж}}, \quad (1)$$

де $N_{ДТП}$ – кількість ДТП, од.;

$C_{ДТП}$ – величина збитку заподіяного ДТП, грн./од.;

$L(x)_{ниж}$ – довжина між пішохідними переходами, км.

В свою чергу кількість ДТП за рік на пішохідному переході можна визначити за залежністю [16]:

$$N_{ДТП} = 0,0025 + 0,00092 \cdot N_{mn} \times \sqrt[4]{F(x)_{нид} + F(x)_{сид}}, \quad (2)$$

де N_{mn} – інтенсивність транспортного потоку, од./год.;

$F(x)_{нид}$ – підхід, до пішого переходу, чол./год. · км;

$F(x)_{сид}$ – відхід, від пішого переходу, чол./год. · км.

Використовуючи вираз (2) залежність (1) приймає наступний вигляд:

$$Q_7 = (0,0025 + 0,00092 \cdot N_{mn} \times \sqrt[4]{F(x)_{нид} + F(x)_{сид}} \cdot C_{ДТП}) / (365 \cdot 24 \cdot L(x)_{ниж}). \quad (3)$$

Таким чином, загальні витрати будуть становити:

$$Q_{заг} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7. \quad (4)$$

Оптимальна довжина між пішохідними переходами $L(x)_{ниж}$, що забезпечує мінімум сукупних витрат суспільства, визначається з умови:

$$\frac{dQ_{заг}}{dL(x)_{ниж}} = 0. \quad (5)$$

Виконавши інтегрування отримуємо формулу оптимальної довжини між пішохідними переходами

$$L(x)_{niu} = \sqrt{\frac{V_{niu} \cdot \left(C_{ymp} + N_{mn} \cdot t_3 \cdot C_{mn} + N_{mn} \cdot t_3 \cdot N \cdot C_2 + (2,85 \cdot 10^{-7} + 1,05 \cdot 10^{-7} \cdot N_{mn} \times \sqrt{2 \cdot F(x)_{nid}} \cdot C_{ДТП}) \right)}{k_{nn} \cdot k_{pm} \cdot k_{en} \cdot C_n \cdot F(x)_{nid}}}, (6)$$

де k_{nn}, k_{pm}, k_{en} – коефіцієнти непрямої лінійності піходу, рельєфу місцевості, та вибору пішохідного потоку відповідно;

V_{niu} – швидкість руху пішоходів, км/год.;

C_n – вартість пішого руху, грн./год.;

C_{ymp} – витрати на утримання пішохідного пе-

реходу, грн./год.;

t_3 – час затримки транспортних засобів, год.;

C_{mn} – вартість руху транспортного потоку, грн./год.

N – кількість викидів, кг/год.;

C_2 – вартість впливу шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, грн./кг.

Залежність (6) є складною та багатофакторною, тому для оцінки впливу конфліктів між транспортними та пішохідними потоками на оптимальну довжину між пішохідними переходами почергово будемо змінювати параметри та отримувати чисельні значення (таблиця).

Таблиця

Результати моделювання оптимальної довжини між пішохідними переходами

Інтенсивність транспортного потоку, N_{mn} , од./год.	Кількість пішоходів, що підходять до пішохідного переходу, $F(x)_{nid}$, чол./год. · км						
	100	500	1000	1500	2000	2500	3000
Величина збитку заподіяного ДТП, $C_{ДТП} = 1000$ грн./од.							
100	0,544	0,243	0,172	0,141	0,122	0,109	0,099
500	0,675	0,302	0,214	0,174	0,151	0,135	0,123
1000	0,81	0,362	0,256	0,209	0,181	0,162	0,148
1500	0,925	0,414	0,293	0,239	0,207	0,185	0,169
2000	1,027	0,459	0,325	0,265	0,23	0,206	0,188
2500	1,12	0,501	0,354	0,289	0,251	0,224	0,205
3000	1,205	0,539	0,381	0,312	0,27	0,241	0,22
Величина збитку заподіяного ДТП, $C_{ДТП} = 10000$ грн./од.							
100	0,545	0,244	0,173	0,141	0,122	0,109	0,1
500	0,678	0,304	0,215	0,176	0,152	0,136	0,125
1000	0,814	0,365	0,259	0,212	0,183	0,164	0,15
1500	0,931	0,418	0,296	0,242	0,21	0,188	0,172
2000	1,034	0,464	0,329	0,269	0,233	0,209	0,191
2500	1,128	0,507	0,359	0,294	0,255	0,228	0,208
3000	1,215	0,546	0,387	0,316	0,274	0,246	0,224
Величина збитку заподіяного ДТП, $C_{ДТП} = 100000$ грн./од.							
100	0,552	0,249	0,176	0,144	0,125	0,112	0,103
500	0,706	0,322	0,23	0,19	0,165	0,148	0,136
1000	0,86	0,395	0,284	0,234	0,204	0,184	0,169
1500	0,991	0,457	0,329	0,271	0,237	0,213	0,196
2000	1,106	0,511	0,368	0,304	0,266	0,239	0,22
2500	1,21	0,56	0,404	0,334	0,292	0,263	0,242
3000	1,306	0,605	0,436	0,361	0,315	0,284	0,261
Величина збитку заподіяного ДТП, $C_{ДТП} = 1000000$ грн./од.							
100	0,618	0,291	0,212	0,176	0,154	0,14	0,129
500	0,939	0,467	0,348	0,294	0,26	0,237	0,22
1000	1,227	0,621	0,466	0,394	0,35	0,32	0,297
1500	1,46	0,743	0,559	0,474	0,422	0,385	0,358
2000	1,66	0,848	0,639	0,542	0,482	0,441	0,41
2500	1,838	0,942	0,71	0,602	0,536	0,49	0,456
3000	2,001	1,027	0,774	0,657	0,585	0,535	0,498

Як бачимо відбувається істотний вплив величин транспортних та пішохідних потоків й навпроти не спостерігається суттєвого впливу витрат пов'язаних із ДТП. Але така закономірність може бути пов'язана із обраною регресійною моделлю. Тому, в подальшому, необхідно дослідити вплив параметрів транспортних та пішохідних потоків на виникнення ДТП.

Висновки. Наведені дослідження дозволяють зробити висновок, що на оптимальну довжину між пішохідними переходами прямо пропорційно впливають швидкість руху пішохода, витрати на утримання пішохідного переходу, інтенсивність транспортного потоку, час затримки транспортних засобів, вартість руху транспортного потоку, кількість викидів, вартість впливу шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів та витрати пов'язані із ДТП, обернено пропорційно – вартість пішого руху, підхід та відхід до та від пішохідного переходу.

При цьому проведені дослідження дозволяють виявити закономірності впливу величини пішохідного та транспортних потоків на оптимальну довжину між пішохідними потоками при різній величині збитків, що заподіяні ДТП.

В подальшому необхідно дослідити вплив параметрів транспортних та пішохідних потоків на виникнення ДТП.

Література

1. Живоглядов В. Г. Теория движения транспортных и пешеходных потоков [Текст] / В. Г. Живоглядов. – Ростов-на-Дону: Изд-во журн. «Изв. вузов Сев.- Кавк. регион», 2005. – 1082 с.
2. Knoblauch R L. Pedestrian crosswalk case studies: Sacramento, California; Richmond, Virginia; Buffalo, New York; Stillwater, Minnesota [Text] / R. L. Knoblauch, M. Nitzburg, R. F. Seifert. – National Technical Information Service, 2001. – 52 p.
3. Oxley J. A. Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians [Text] / J. A. Oxley, E. Ihlen, B. N. Fildes, J. L. Charlton, R. H. Day // Accident Analysis & Prevention. – 2005. – Vol. 37, Iss. 5. – P. 962–971.
4. AASHTO GREEN BOOK – A Policy on Geometric Design of Highways and Streets [Text] / American Association of State and Highway Transportation Officials, 2004. – 872 p.
5. Пугачёв И.Н. Организация и безопасность дорожного движения [Текст] / И.Н. Пугачёв, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.
6. Симуль М. Г. Оценка опасности пешеходных переходов на магистральных улицах [Текст] / М. Г. Симуль // Инновации в науке, 2012. - №12-1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-opasnosti-peshehodnyh-perehodov-na-magistralnyh-ulitsah>.
7. Дудніков О. В. Уточнення розрахунку проміжного такту світлофорного регулювання з жорстким програмним управлінням на міських перехрестях [Текст] / О. В. Дудніков, А. В. Пелих // Вісті Автомобільно-

дорожнього інституту: науково-виробничий збірник, 2011. – №2(13). – С. 47-55.

8. Yung-Ching Liu, Ying-Chan Tung. Risk analysis of pedestrians' road-crossing decisions: Effects of age, time gap, time of day, and vehicle speed [Text] / Yung-Ching Liu, Ying-Chan Tung // Safety Science, 2014. - Vol. 63. – P. 77–82.
9. Loukaitou-Sideris A. Death on the Crosswalk A Study of Pedestrian-Automobile Collisions in Los Angeles [Text] / A. Loukaitou-Sideris, R. Liggett, Hyun-Gun Sung // Journal of Planning Education and Research, 2007. - Vol. 26. – P. 338–351.
10. Johansson C. Distance between speed humps and pedestrian crossings: Does it matter? [Text] / C. Johansson, P. Rosander, L. Leden // Accident Analysis & Prevention, 2011. - Vol. 43, Iss. 5. – P. 1846–1851.
11. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В.2.3-5-2001. – [Чинний від 2001-10-01]. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2001. – 50 с.
12. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92**. – [Чинний від 2002-04-19]. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2002. – 92 с.
13. Ройко Ю. Я. Визначення оптимальної довжини ділянки міської магістральної вулиці [Текст] / Ю. Я. Ройко, М. Ю. Євчук // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки", 2014. – Вип. 46. – С. 460-464.
14. Ziari H. Locating stations of public transportation vehicles for improving transit accessibility / H. Ziari, M. R. Keymanesh, M. M. Khabiri // Transport, 2007. – № 2. – P. 99–104.
15. Єрмак О. М. Визначення оптимальної довжини ділянки міської магістральної вулиці [Текст] / О. М. Єрмак // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки", 2014. – Вип. 46. – С. 460-464.
16. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения [Текст] / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М.: Изд-ий центр «Академия», 2005. – 279 с.

References

1. Zhivogljadov V. G. Teorija dvizhenija transportnyh i peshehodnyh potokov [Tekst] / V. G. Zhivogljadov. – Rostov-na-Donu: Izd-vo zhurn. «Izv. vuzov Sev.- Kavk. region», 2005. – 1082 s.
2. Knoblauch R L. Pedestrian crosswalk case studies: Sacramento, California; Richmond, Virginia; Buffalo, New York; Stillwater, Minnesota [Text] / R. L. Knoblauch, M. Nitzburg, R. F. Seifert. – National Technical Information Service, 2001. – 52 p.
3. Oxley J. A. Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians [Text] / J. A. Oxley, E. Ihlen, B. N. Fildes, J. L. Charlton, R. H. Day // Accident Analysis & Prevention. – 2005. – Vol. 37, Iss. 5. – P. 962–971.
4. AASHTO GREEN BOOK – A Policy on Geometric Design of Highways and Streets [Text] / American Association of State and Highway Transportation Officials, 2004. – 872 p.
5. Pugachjov I.N. Organizacija i bezopasnost' dorozhnogo dvizhenija [Tekst] / I.N. Pugachjov, A.Je. Gorev, E.M. Oleshhenko. – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2009. – 272 s.
6. Simul' M. G. Ocenka opasnosti peshehodnyh perehodov na magistral'nyh ulicah [Tekst] / M. G. Simul' // Innovacii

- v nauke, 2012. - №12-1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-opasnosti-peshehodnyh-perehodov-na-magistralnyh-ulitsah>.
7. Dudnikov O. V. Utochnennja rozrahunku promizhnogo taktu svitlofornogo reguljuvannja z zhorstkim programnim upravlinnjam na mis'kih perehrestjah [Tekst] / O. V. Dudnikov, A. V. Pelih // Visti Avtomobil'no-dorozhn'ogo institutu: naukovo-virobnichij zbirnik, 2011. – №2(13). – S. 47-55.
 8. Yung-Ching Liu, Ying-Chan Tung. Risk analysis of pedestrians' road-crossing decisions: Effects of age, time gap, time of day, and vehicle speed [Text] / Yung-Ching Liu, Ying-Chan Tung // Safety Science, 2014. - Vol. 63. – P. 77–82.
 9. Loukaitou-Sideris A. Death on the Crosswalk A Study of Pedestrian-Automobile Collisions in Los Angeles [Text] / A. Loukaitou-Sideris, R. Liggett, Hyun-Gun Sung // Journal of Planning Education and Research, 2007. - Vol. 26. – P. 338–351.
 10. Johansson C. Distance between speed humps and pedestrian crossings: Does it matter? [Text] / C. Johansson, P. Rosander, L. Leden // Accident Analysis & Prevention, 2011. - Vol. 43, Iss. 5. – P. 1846–1851.
 11. Sporudi transportu. Vulici ta dorogi naselenih punktiv: DBN V.2.3-5-2001. – [Chinnij vid 2001-10-01]. – K.: DP «Ukrarhbudinform», 2001. – 50 s.
 12. Mistobuduvannja. Planuvannja i zabudova mis'kih i sil's'kih poselen': DBN 360-92**. – [Chinnij vid 2002-04-19]. – K.: DP «Ukrarhbudinform», 2002. – 92 s.
 13. Rojko Ju. Ja. Vznachennja optimal'noï dovzhini diljanki mis'koï magistral'noï vulici [Tekst] / Ju. Ja. Rojko, M. Ju. Cvchuk // Mizhvuzivs'kij zbirnik "Naukovi notatki", 2014. – Vip. 46. – S. 460-464.
 14. Ziari H. Locating stations of public transportation vehicles for improving transit accessibility / H. Ziari, M. R. Keymanesh, M. M. Khabiri // Transport, 2007. – № 2. – R. 99–104.
 15. Yermak O. M. Vznachennja optimal'noï dovzhini diljanki mis'koï magistral'noï vulici [Tekst] / O. M. Ermak // Mizhvuzivs'kij zbirnik "Naukovi notatki", 2014. – Vip. 46. – S. 460-464.
 16. Kremenec Ju. A. Tehniceskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizhenija [Tekst] / Ju. A. Kremenec, M. P. Pecherskij, M.B. Afanas'ev. – M.: Izd-ij centr «Akademija», 2005. – 279 s.

Ермак Е.М. Определение влияния конфликтов между транспортными и пешеходными потоками на расстояние между пешеходными переходами

В статье рассматривается вопрос определения оптимальной длины между пешеходными переходами. Приведены основные методы размещения пешеходных переходов. Предложено научный подход к определению оптимальной длины между пешеходными переходами, учитывающий общие затраты на перемещение транспортных и пешеходных потоков. Получена математическая модель оптимальной длины между пешеходными переходами, учитывающая затраты связанные с возникновением конфликтных ситуаций между транспортными и пешеходными потоками.

Ключевые слова: пешеходный переход, дорожно-транспортное происшествие, пешеходный поток, совокупные расходы.

Iermak O. Determine the impact of the conflict between transport and pedestrian flows to the distance between the pedestrian crossing

The article discusses determine the optimal length between pedestrian crossings. The basic methods of placing pedestrian crossings, which are based on securing the crossing of traffic and pedestrian flows. Identified weaknesses allowed to offer a scientific approach to determine the optimal length between pedestrian crossings, taking into account the total cost of moving traffic and pedestrian flows. This takes into account how social and environmental standards as transport and security. Mathematical model of optimal length between pedestrian crossings, taking into account the costs associated with conflict situations between transport and pedestrian flows. The result was modeling the optimal length between pedestrian crossings at different values of costs associated with traffic accidents.

Keywords: crosswalk, traffic accidents, pedestrian flow, total cost.

Єрмак О.М. – к.т.н., доц., доцент кафедри транспортних систем і логістики, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: e.m.ermak@rambler.ru.

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

Стаття подана 18.03.2016

УДК 656.025.2

ВПЛИВ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ НА ПОКАЗНИКИ КІЛЬКОСТІ ПАСАЖИРОМІСЦЬ**Іванов І.Є.****IMPACT ON ROUTE NETWORK OF THE NUMBER OF PASSENGERS PLACES****Ivanov I.**

В статті розглядається врахування зміни маршрутної мережі на розподіл загальної кількості пасажиромісць. Розроблено модель спільного функціонування маршрутів міського пасажирського транспорту. Визначено зміни загальної кількості пасажиромісць для різних місткостей транспортних засобів та їх відсоткове співвідношення, а також отримано закономірності зміни кількості пасажиромісць (для різних номінальних місткостей) залежно від маршрутного коефіцієнта.

Ключевые слова: маршрутна мережа, транспортна робота, рухливість, номінальна місткість.

Вступ. Однією з основних систем забезпечення життєдіяльності міст є транспортна система. В свою чергу важливою складовою останньої є система міського пасажирського транспорту, яка забезпечує доставку людей до місць їх праці і задоволення культурно-побутових потреб.

При цьому люди дорослого віку пересуваються по місту, як мінімум двічі і як найбільше шість-вісім разів на добу, а за рік до двох тисяч разів. Така об'єктивна реальність обумовлена наявністю у містах розвинутої транспортної галузі з відповідною інфраструктурою. Які діють сумісно і забезпечують наявність чималої кількості робочих місць.

Очевидно, що якість транспортної послуги залежить від її вартості і чим вона більша, тим і якість краща, тим зацікавленіше працюють транспортні підприємства і відповідно інфраструктура. В свою чергу, пасажирів зацікавлені в мінімальній сплаті за проїзд, що є абсолютно природнім. Таким чином, є наявна протилежність зацікавленостей перевізників і мешканців стосовно витрат на транспортний процес. Разом з цим, баланс інтересів досягається в будь-яких випадках і для його визначення значну роль грає маршрутна система міського пасажирського транспорту гармонійність параметрів, якої досягається ще на стадії її проектування [1-2].

Постановка проблеми. В структурі міського транспорту виділяють основні дві складові – ванта-

жний та пасажирський, що відповідно задовольняє потреби промисловості та населення в переміщеннях. Транспортні засоби, що виконують відповідні перевезення складають основу транспортного потоку [3].

Статистика динаміки розподілу складу транспортного потоку засвідчує багатократну перевагу легкових автомобілів над основними видами громадського транспорту та вантажними автомобілями. Що в свою чергу відображається на обсягах виконаної роботи транспортом [4].

Тому, будь-які дослідження, направлені на дослідність маршрутної мережі є надзвичайно актуальними і в сучасній системі пізнання закономірностей розвитку і функціонування міських пасажирських транспортних систем може внести достойний вклад.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розподілу транспортної роботи у МПТ лежить в площині способу користування транспортними засобами та їх приналежності. Так за способом користування транспортними засобами МПТ розподіляється [5-7]:

- 1) громадський транспорт загального користування;
- 2) громадський транспорт індивідуального користування;
- 3) особистий транспорт індивідуального користування.

Враховуючи, що кожен спосіб користування МПТ загального користування поділяється на види транспорту, якими реалізуються переміщення, то загальна транспортна робота у місті визначається за залежністю:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i, \quad (1)$$

де W_i – транспортна робота i -го виду транспорту, пас.-км.;

В свою чергу існує загально відома залежність визначення транспортної роботи [1, 8].

$$W = Q \cdot l_{\text{сер}}, \quad (2)$$

де Q – обсяг перевезень пасажирів, пас.;

$l_{\text{сер}}$ – середня відстань перевезення пасажирів, км.

Даний вид залежності застосовується для формування уявлення про витрати на перевезення. Для того, щоб визначити реальні значення транспортної роботи на маршрутах МПТ використовують наступну залежність [2, 5, 7, 9-10]:

$$W = \sum_{j=1}^m Q_j \cdot l_j, \quad (3)$$

де Q_j – обсяг перевезень пасажирів на відстань l_j , пас.

На практиці відстанню l_j є довжина ділянки транспортної мережі, а обсягом перевезень Q_j є кількість пасажирів, що знаходяться в салоні ТЗ. Тоді транспортна робота є сумарним відображенням кількості перевезених пасажирів Q_j на j -ій ділянці транспортної мережі i -им видом транспорту:

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_j^i \cdot l_j, \quad (4)$$

де Q_j^i – обсяг перевезень пасажирів на j -ій ділянці транспортної мережі i -им видом транспорту, пас.

Але залежність (4) можливо використовувати при однаковій відстані перевезення пасажирів всіма видами МПТ, що можливо лише за умови єдиної транспортної мережі для всіх видів транспорту. Це є суттєвим недоліком, адже у кожного виду транспорту своя транспортна мережа, яка складається із сукупності з'єднаних між собою зупинних пунктів, що ускладнює визначення транспортної роботи.

Для усунення даного недоліку в роботі [11] було запропоновано для кожного виду транспорту МПТ визначати питому роботу за наступною залежністю:

$$W_i^{\text{пит}} = \frac{W_i}{L_i}, \quad (5)$$

де L_i – довжина транспортної мережі i -го виду транспорту, км.

Даний підхід дозволяє оцінити ефективність роботи кожного виду транспорту, як в період його функціонування, так і на перспективу.

Але наведені залежності стосуються МПТ загального користування й не можуть бути застосовані

до інших способів користування ТЗ, зокрема особистим транспортом. Що ускладнює визначення розподілу транспортної роботи між усіма видами МПТ й потребує систематизації знань щодо перерозподілу транспортної роботи між МПТ загального та індивідуального користування.

Мета статті. Метою даної статті є визначення закономірностей зміни кількості пасажиромісць залежно від зміни маршрутного коефіцієнта.

Результати досліджень. Вибір пасажирями маршруту переміщення має загальну направленість до бажання використання такої поїздки, при якій зручності максимальні, тобто коефіцієнт динамічного заповнення салону під час руху – мінімальний. Такий вибір, в кінцевому результаті, обумовив перерозподіл пасажирів із салонів переповнених маршрутів у салони недозаповнених транспортних засобів інших, альтернативних маршрутів.

Таким чином, попит та пропозиція на маршрутах вирівнюється не тільки шляхом перерозподілу пасажирів, а й варіюванням кількості транспортних засобів на маршрутах. Перевізники за порівняно короткий період експлуатації маршрутів забезпечать таку кількість транспортних засобів, при якому коефіцієнт динамічного заповнення салону буде сприяти привабливості їхніх маршрутів, тобто перебуватиме в межах значень інших, альтернативних маршрутів.

На якомусь X -му маршруті коефіцієнт динамічного заповнення салону (γ_X) може бути представлений залежністю:

$$\gamma_X = \frac{\sum_{k=1}^s \frac{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot J_X \cdot f_{Xk}}{\sum_{m=1}^r J_{mk} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\text{нік}}}, \quad (6)$$

де J_m – інтенсивність руху транспортних засобів на маршруті m , од./год.;

f – функція привабливості маршруту;

s – кількість перегонів на маршруті, од.;

r – кількість маршрутів, які проходять через сполучену ділянку, од.;

$T_{\text{нік}}$ – тривалість розрахункового періоду, год.

У середньому по місту коефіцієнт середнього динамічного заповнення салонів транспортних засобів ($\gamma_{\text{сер}}^M$) з урахуванням функції рухливості має вигляд:

$$z_{cep}^M = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{k'' \cdot 7,1 \cdot H_{\mathcal{K}}^{0,08} \cdot \Pi_M^{0,87} \cdot F_{y0}^{0,11}}{l_{ij}^{\mu} \cdot (0,1 \cdot y_a)^{0,25} \cdot y_{max}^{0,045}} \cdot H_{\Pi j} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_X} \cdot (7)$$

Якщо допустити, що попит та пропозиція в період функціонування маршрутної системи рівні між собою, то можна записати систему рівностей:

– для першого маршруту:

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{\mathcal{K}}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{\Pi j} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu})}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\Pi k}} \times \\ & \times \frac{\sum_{k=1}^s \left(\left(\frac{\tau_{cep}}{\tau_{lk}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{lk}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{cep}}{T_{lk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{lk}}{\sum_{k=1}^s l_{lk}} = \\ & = \frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{\Pi j} \cdot k_j \cdot J_1 \cdot f_{lk}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot \sum_{m=1}^r J_{mk} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{A_1 \cdot V_{e1} \cdot q_1 \cdot T_{\Pi k}} \end{aligned} \quad (8)$$

– для другого маршруту:

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{\mathcal{K}}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{\Pi j} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu})}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\Pi k}} \times \\ & \times \frac{\sum_{k=1}^s \left(\left(\frac{\tau_{cep}}{\tau_{2k}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{2k}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{cep}}{T_{2k}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{2k}}{\sum_{k=1}^s l_{2k}} = \\ & = \frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{\Pi j} \cdot k_j \cdot J_2 \cdot f_{2k}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot \sum_{m=1}^r J_{mk} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{A_2 \cdot V_{e2} \cdot q_2 \cdot T_{\Pi k}} \end{aligned} \quad (9)$$

– для X-го маршруту:

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{\mathcal{K}}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{\Pi j} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu})}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\Pi k}} \times \\ & \times \frac{\sum_{k=1}^s \left(\left(\frac{\tau_{cep}}{\tau_{Xk}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{Xk}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{cep}}{T_{Xk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{Xk}}{\sum_{k=1}^s l_{Xk}} = \\ & = \frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{\Pi j} \cdot k_j \cdot J_X \cdot f_{Xk}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot \sum_{m=1}^r J_{mk} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\Pi k}} \end{aligned} \quad (10)$$

У наведеній системі рівнянь інтенсивність руху транспортних засобів (J_m) на маршруті m можна виразити залежністю

$$J_m = \frac{A_m}{t_{обм}}, \quad (11)$$

де A_m – кількість транспортних засобів на маршруті m , од.;

$t_{обм}$ – час обороту на маршруті m , год.

Тоді рівняння (8) – (10) набувають вигляду:

– для першого маршруту:

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{\mathcal{K}}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{\Pi j} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu})}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\Pi k}} \times \\ & \times \frac{\sum_{k=1}^s \left(\left(\frac{\tau_{cep}}{\tau_{lk}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{lk}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{cep}}{T_{lk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{lk}}{\sum_{k=1}^s l_{lk}} = \\ & = \frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{\Pi j} \cdot k_j \cdot \frac{A_1}{t_{об1}} \cdot f_{lk}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{A_{mk}}{t_{обmk}} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{A_1 \cdot V_{e1} \cdot q_1 \cdot T_{\Pi k}} \end{aligned} \quad (12)$$

– для другого маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu})} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\text{ник}}} \times$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \left(\left(\frac{\tau_{cep}}{\tau_{2k}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{2k}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{cep}}{T_{2k}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{2k}}{\sum_{k=1}^s l_{2k}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{A_2}{t_{o\delta 2}} \cdot f_{2k}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{A_{mk}}{t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{A_2 \cdot V_{e2} \cdot q_2 \cdot T_{\text{ник}}} =$$

– для X -го маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu})} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\text{ник}}} \times$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \left(\left(\frac{\tau_{cep}}{\tau_{Xk}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{Xk}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{cep}}{T_{Xk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{Xk}}{\sum_{k=1}^s l_{Xk}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{A_X}{t_{o\delta X}} \cdot f_{Xk}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{A_{mk}}{t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\text{ник}}} =$$

Таким чином, виходить система рівнянь, кількість яких відповідає кількості маршрутів у місті. Причому невідомо лише A_X – кількість транспортних засобів на маршруті. Вирішивши цю систему рівнянь відносно A_X , одержуємо потрібну кількість транспортних засобів на кожному маршруті міста.

Разом з тим можна відзначити, що вирішенням цієї системи є A_X при відомому q_X . Тобто необхідно знати для кожного маршруту місткість його транспортних засобів. Це значною мірою ставить під сумнів весь науковий підхід до теорії визначення кількості транспортних засобів на кожному маршруті. Цей недолік можна усунути, якщо зазначену систему вирішити не відносно A_X , а щодо загальної кількості пасажиромісць (ω_X). Відповідно на X -му

маршруті кількість пасажиромісць – ω_X , тоді рівняння (12) – (14) приймають вигляд:

– для першого маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu})} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R \omega_X \cdot V_{eX} \cdot T_{\text{ник}}} \times$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \left(\left(\frac{\tau_{cep}}{\tau_{1k}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{1k}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{cep}}{T_{1k}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{1k}}{\sum_{k=1}^s l_{1k}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{\omega_1}{q_1 \cdot t_{o\delta 1}} \cdot f_{1k}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{\omega_{mk}}{q_{mk} \cdot t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{\omega_1 \cdot V_{e1} \cdot T_{\text{ник}}} =$$

– для другого маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu})} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R \omega_X \cdot V_{eX} \cdot T_{\text{ник}}} \times$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \left(\left(\frac{\tau_{cep}}{\tau_{2k}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{2k}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{cep}}{T_{2k}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{2k}}{\sum_{k=1}^s l_{2k}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{\omega_2}{q_2 \cdot t_{o\delta 2}} \cdot f_{2k}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{\omega_{mk}}{q_{mk} \cdot t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{\omega_2 \cdot V_{e2} \cdot T_{\text{ник}}} =$$

– для X -го маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu})} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R \omega_X \cdot V_{eX} \cdot T_{\text{ник}}} \times$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \left(\left(\frac{\tau_{cep}}{\tau_{Xk}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{Xk}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{cep}}{T_{Xk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{Xk}}{\sum_{k=1}^s l_{Xk}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{\omega_X}{q_X \cdot t_{o\delta X}} \cdot f_{Xk}}{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{\omega_{mk}}{q_{mk} \cdot t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{\omega_X \cdot V_{eX} \cdot T_{\text{ник}}} =$$

При переході від визначених на кожному X -му маршруті кількості пасажиромісць (ω_X) до конкретної місткості транспортних засобів (q_X) на X -му маршруті варто мати на увазі, що інтервал руху (I_X) транспортних засобів на X -му маршруті повинен перебувати у визначених межах [108]:

$$I_{\min} \leq I_X \leq I_{\max}, \quad (18)$$

де мінімальний інтервал руху (I_{\min}) й максимальний інтервал руху (I_{\max}) визначаються за рекомендаціями й технічними умовами, що відображають особливості того або іншого міста, год.

Визначивши місткість транспортних засобів (q_X) на X -му маршруті, можна визначити і їхню кількість (A_X):

$$A_X = \frac{\omega_X}{q_X}, \quad (19)$$

або

$$A_X = \frac{t_{обX}}{I_X^6}, \quad (20)$$

де I_X^6 – обраний інтервал руху транспортних засобів на X -му маршруті, год.

В результаті моделювання зміни загальної кількості пасажиромісць транспортних засобів залежно від маршрутного коефіцієнта, є поступове збільшення всіх місткостей загальної структури парку транспортних засобів (рис. 1).

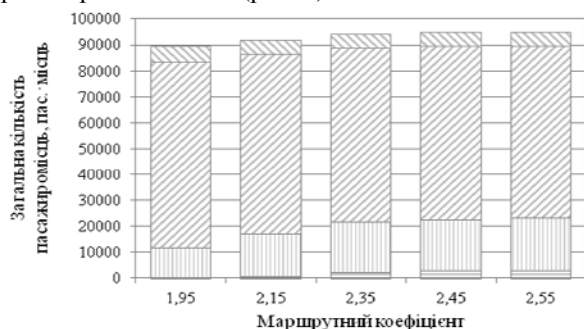


Рис. 1. Динаміка зміни загальної кількості пасажиромісць для різних місткостей транспортних засобів залежно від маршрутного коефіцієнта:

■ – $q_n = 19$ пас.; ▨ – $q_n = 45$ пас.; ▩ – $q_n = 70$ пас.;
▤ – $q_n = 110$ пас.; ▥ – $q_n = 180$ пас.

Для відображення змін у структурі парку транспортних засобів залежно від місткості було визначено відсоткове співвідношення від загальної кількості пасажиромісць (рис. 2). Де видно, що із зміною маршрутного коефіцієнта відбувається перерозподіл транспортних засобів великої місткості на транспортні засоби малої та середньої місткості.

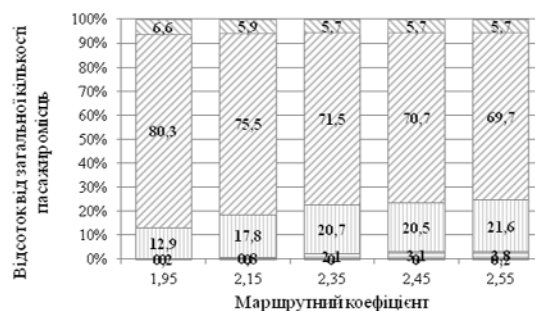


Рис. 2. Розподіл загальної кількості пасажиромісць для різних місткостей транспортних засобів залежно від маршрутного коефіцієнта:

■ – $q_n = 19$ пас.; ▨ – $q_n = 45$ пас.; ▩ – $q_n = 70$ пас.;
▤ – $q_n = 110$ пас.; ▥ – $q_n = 180$ пас.

Для визначення закономірностей зміни кількості пасажиромісць залежно від маршрутного коефіцієнта, було побудовано графіки цих залежностей (рис. 3-8).

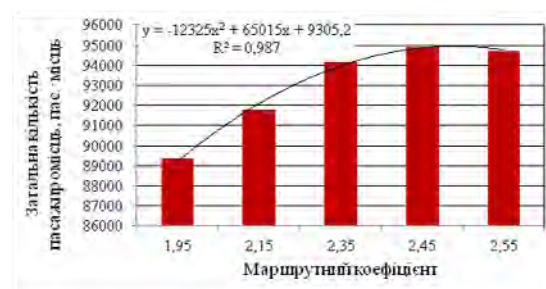


Рис. 3. Графік зміни загальної кількості пасажиромісць залежно від маршрутного коефіцієнта

Відповідно залежність зміни загальної кількості пасажиромісць від маршрутного коефіцієнта описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції $R = 0,972$. А модель має наступний вигляд:

$$\omega = -12325 \cdot k_m^2 + 65015 \cdot k_m + 9305,2. \quad (21)$$

В подальшому було досліджено розподіл парку транспортних засобів залежно від місткості (рис. 4-8), та отримано математичні моделі, що описують отримані закономірності.

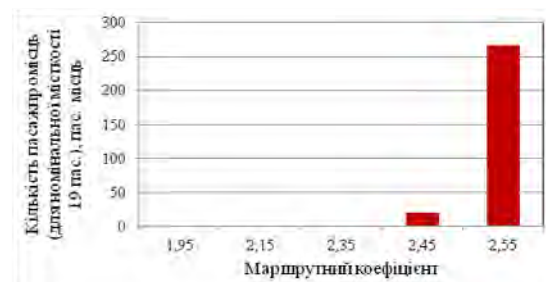


Рис. 4. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 19 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Так залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 19 пас.) від маршрутного коефіцієнта не можливо описати, так як мала кількість експериментальних даних. При цьому можливий варіант аналітичного розрахунку наступним чином:

$$u_{q_n=19} = u - u_{q_n=45} - u_{q_n=70} - u_{q_n=110} - u_{q_n=180} \quad (22)$$

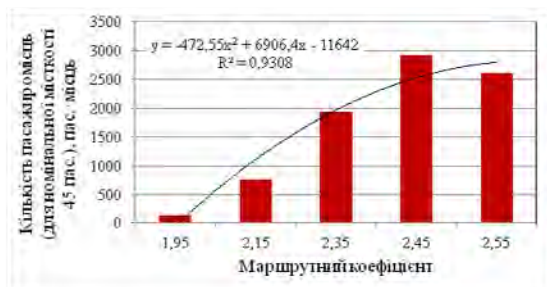


Рис. 5. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 45 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Натомість залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 45 пас.) від маршрутного коефіцієнта описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції $R = 0,965$. А математична модель має наступний вигляд:

$$u_{q_n=45} = -472,55 \cdot k_m^2 + 6906,4 \cdot k_m - 11642. \quad (23)$$



Рис. 6. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 70 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 70 пас.) від маршрутного коефіцієнта також описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня має значення коефіцієнта детермінації $R = 0,963$ й має наступний вигляд математичної моделі:

$$u_{q_n=70} = -23287 \cdot k_m^2 + 119242 \cdot k_m - 132404. \quad (24)$$

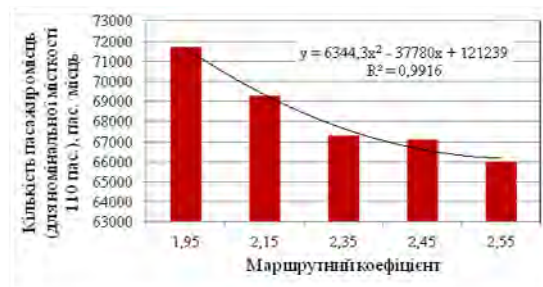


Рис. 7. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 110 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 110 пас.) від маршрутного коефіцієнта має закономірний характер й описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції $R = -0,989$. Математичний вигляд моделі наступний:

$$u_{q_n=110} = 6344,3 \cdot k_m^2 - 37780 \cdot k_m + 121239. \quad (25)$$

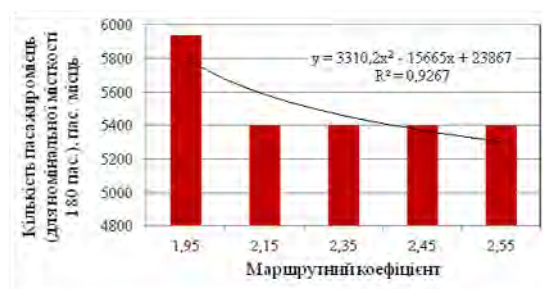


Рис. 8. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 180 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 180 пас.) від маршрутного коефіцієнта має закономірний характер й описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції $R = -0,789$. Математично дана залежність має наступний вигляд:

$$u_{q_n=180} = 3310,2 \cdot k_m^2 - 15665 \cdot k_m + 23867. \quad (26)$$

Таким чином, проведена статистична обробка результатів моделювання змін показників функціонування пасажирських транспортних систем залежно від маршрутного коефіцієнта, дозволила отримати адекватні закономірності, які можна використовувати у практичних розрахунках.

Висновок. Дослідження закономірностей функціонування МПТ свідчить про різноманітність пасажиромісткості транспортних засобів, які в свою чергу, здебільш мають бути від 180 до 19 пасажирів у транспортному засобі.

Проведені дослідження дозволили встановити, що зі збільшенням значення маршрутного коефіцієнта збільшується загальна кількість пасажиромісць.

При цьому відбувається перерозподіл транспортних засобів великої місткості від 80,3% до 69,7% на транспортні засоби малої та середньої місткості від 13,1% до 24,6%.

Л і т е р а т у р а

1. Доля В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Х.: Вид-во „Форп”, 2011. – 507 с.
2. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И. В. Спирин. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
3. Simpson B. J. Urban public transport today / B. J. Simpson. – E&FN Spon, 2003. – 222 p.
4. Ples R. Public Transport in Developing Countries / R. Ples. – Elsevier, 2005. – 478 p.
5. Логистика: Общественный пассажирский транспорт / [под ред. Л. Б. Миротина]. – М.: Экзамен, 2003. – 224 с.
6. Hutchinson B. G. Principles of urban transport systems planning / B. G. Hutchinson. – N. Y.: McGraw-Hill, 1974. – 444 p.
7. David Banister. Transport and Urban Development / David Banister. – L.: Taylor & Francis, 1995. – 294 p.
8. Ігнатенко О. С. Організація автобусних перевезень у містах / О. С. Ігнатенко, В. С. Маруні. – К.: УТУ, 1998. – 196 с.
9. Levinson H. Analyzing transit travel time performance / Levinson H. // Transportation research record. – 1983. – № 915. – Р. 1-6.
10. Strathman J. Evaluation of transit operations: data applications of TriMet's automated bus dispatching system / [J. Strathman, T. Kimpel, K. Dueker and oth.] // Transportation. – 2002. – № 29. – Р. 321-345.
11. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. – М.: Высшая школа, 1980. – 535 с.

References

1. Dolja V. K. Pasazhirs'ki perevezennja / V. K. Dolja. – H.: Vid-vo „Fort”, 2011. – 507 s.
2. Spirin I. V. Organizacija i upravlenie passazhirskimi avtomobil'nymi perevozkami / I. V. Spirin. – M.: Akademiya, 2003. – 400 s.
3. Simpson B. J. Urban public transport today / B. J. Simpson. – E&FN Spon, 2003. – 222 p.
4. Ples R. Public Transport in Developing Countries / R. Ples. – Elsevier, 2005. – 478 p.
5. Logistika: Obshhestvennyj passazhirskij transport / [pod red. L. B. Mirotina]. – M.: Jekzamen, 2003. – 224 s.
6. Hutchinson B. G. Principles of urban transport systems planning / B. G. Hutchinson. – N. Y.: McGraw-Hill, 1974. – 444 p.
7. David Banister. Transport and Urban Development / David Banister. – L.: Taylor & Francis, 1995. – 294 p.

8. Ignatenko O. S. Organizacija avtobusnih perevezenn' u mistah / O. S. Ignatenko, V. S. Maruni. – K.: UTU, 1998. – 196 s.
9. Levinson H. Analyzing transit travel time performance / Levinson H. // Transportation research record. – 1983. – № 915. – R. 1-6.
10. Strathman J. Evaluation of transit operations: data applications of TriMet's automated bus dispatching system / [J. Strathman, T. Kimpel, K. Dueker and oth.] // Transportation. – 2002. – № 29. – R. 321-345.
11. Efremov I. S. Teoriya gorodskih passazhirskih perevozk / Efremov I. S., Kobozev V. M., Judin V. A. – M.: Vysshaja shkola, 1980. – 535 s.

Іванов І.Е. Влияние маршрутной сети на показатели количества пассажиромест.

В статье рассматривается учет изменения маршрутной сети на распределение общего количества пассажиромест. Разработана модель совместного функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта. Определены изменения общего количества пассажиромест для различных емкостей транспортных средств и их процентное соотношение, а также получены закономерности изменения количества пассажиромест (для разных номинальных емкостей) в зависимости от маршрутного коэффициента.

Ключевые слова: маршрутная сеть, транспортная работа, подвижность, номинальная вместимость.

Ivanov I. Impact on route network of the number of passengers places.

Problem sustainable distribution of traffic between modes of passenger transport is not possible, by selecting each passenger's own way of moving. In the article the consideration of changing the route network for the distribution of the total number of passenger seats. The model of the joint operation of public passenger transport routes. The changes in the total number of passenger seats for different capacity vehicles and their percentage, and received laws change in the number of passenger seats (for various nominal capacity) depending on the route coefficient. Developed regression models determine the number of passenger seats (for various nominal capacity) depending on the route coefficient with respective adequacy.

Keywords: route network, transport operation, mobility, nominal capacity.

Іванов І.С. – к.т.н., докторант кафедри транспортних систем і логістики, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: Kafedra_tsl@ukr.net.

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

Стаття подана 25.03.2016

УДК [629.45-592::621.313.12].001.5:001.891.5

ДОСЛІДЖЕННЯ НА МІЦНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ДОВГОБАЗНОЇ ПЛАТФОРМИ

Кельріх М.Б., Федосов-Ніконов Д.В.

THE STRENGTH RESEARCH OF THE LONG-WHEELBASE FLATCAR CONSTRUCTION

Kel'rich M., Fedosov-Nikonov D.

У статті розглянуто питання щодо міцності основних несучих елементів конструкції довгобазних платформ, застосування спеціальних методів теоретичного і експериментального характеру. Виконано розрахунок елементів рами на втому з використанням обчислювального комплексу, що реалізує метод скінченних елементів (МСЕ).

Ключові слова: довгобазні платформи, міцність елементів, коефіцієнт запасу опору втоми, розрахункові та експериментальні напруження.

Вступ. З метою задоволення потреб перевізників, розширення номенклатури своєї продукції та зниження собівартості перевезень багато вагонобудівні заводи України, Росії та інших країн СНД розробили й поставили на виробництво безліч моделей довгобазних платформ різного конструктивного виконання.

Постановка проблеми.

При експлуатації нових моделей довгобазних платформ виникли проблеми з міцністю основних несучих елементів конструкції. У багатьох моделях в основних несучих елементах конструкції були виявлені тріщини втомного характеру. Така ситуація була обумовлена низькою міцністю зазначених одиниць рухомого складу. Аналіз руйнувань і пошкоджень рам довгобазних платформ свідчить, що причиною цього є динамічні навантаження, зумовлені як нерівностями рейкової колії, так і конструктивними особливостями платформи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблеми динаміки і міцності рухомого складу розглядалися в роботах В.А. Лазаряна, Є.П. Блохіна, А.В. Донченко, С.В. Мямліна, В.М. Бубнова та інших вчених. Однак і сьогодні, під час розробки нових моделей довгобазних платформ різного конструктивного виконання, дослідження міцності елементів довгобазних платформ викликає багато запитань.

Ціль статті. Для дослідження міцності несучих елементів довгобазних платформ потрібно застосування спеціальних методів як теоретичного, так і експериментального характеру. Один з таких методів

дослідження із застосуванням математичної моделі, що адекватно відображає конструкцію і навантаження, що діють на неї, приведено у статті.

Результати досліджень. Розрахунок елементів рами на втому проводився при дії на платформу максимально допустимих навантажень для перерізів з високим рівнем напружень (рисунк 1).

Розрахунок виконано з використанням обчислювального комплексу, що реалізує метод скінченних елементів (МСЕ) на ПЕОМ стандарту IBM-PC, при цьому використовувалася пластинчаста скінченно-елементна модель і скінченні елементи типу SHELL 63. Скінченні елементи мають квадратичні функції форми і шість ступенів свободи в кожному вузлі: переміщення вздовж осей x , y , z і повороти навколо цих осей.

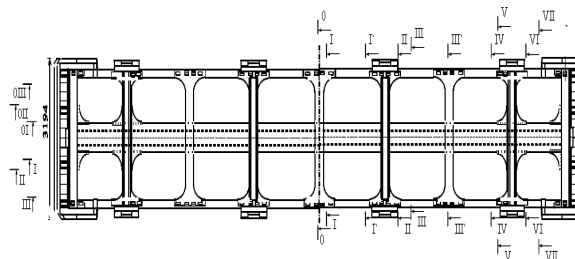


Рис. 1. Схема розташування перерізів з максимальними напруженнями на універсальній довгобазній платформі

В якості глобальної системи координат при складанні розрахункової схеми була обрана права, декартова система з центром на поздовжній осі вагона в площині нейтральної осі лобової балки. Вісь X системи координат спрямована уздовж поздовжньої осі вагона, вісь « Y » - вертикально вгору. Навантаження власною вагою проводилося шляхом завдання щільності матеріалу моделі, з подальшим прикладенням до кожного вузла розрахункової схеми прискорення $9,81 \text{ м/с}^2$ уздовж вертикальної осі « Y ». Оцінка втомної міцності проводилася за коефіцієнтом запасу опору втомі по формулі :

$$n = \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_{a,\varepsilon}} \geq [n]$$

де: $\sigma_{a,N}$ - межа витривалості (по амплітуді) для контрольної зони при симетричному циклі і сталому режимі навантаження при базовому числі циклів $N_0 = 10^7$;

$\sigma_{a,\varepsilon}$ - величина амплітуди динамічного напруження умовного симетричного циклу, приведена до базового числа циклів N_0 , еквівалентна пошкоджуючій дії реального режиму експлуатаційних напружень за розрахунковий термін служби;
 $[n]$ – мінімально допустимий коефіцієнт запасу опору втомі за вибраний термін служби.

Статичні напруження від сили ваги брутто вагона були отримані з застосуванням методу скінченних елементів.

Розрахунок проводився для двох варіантів завантаження, при яких розрахунковими дослідженнями було отримано найбільші згинальні моменти (рисунки 2 та 3).

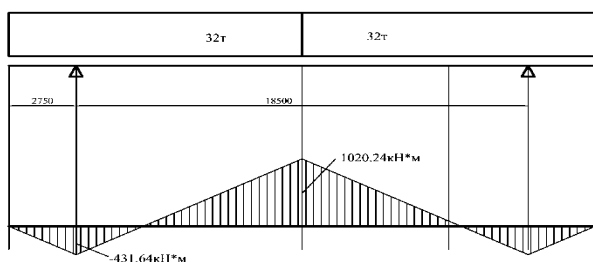


Рис. 2. Два 40 футових контейнера

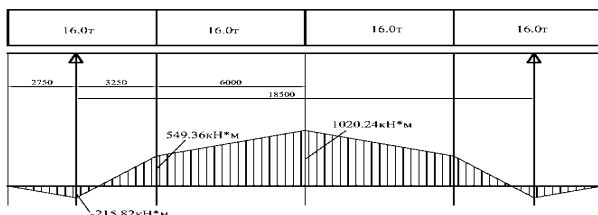


Рис. 3. Чотири 20 футових контейнера

Напружено-деформований стан вагона від дії статичного вертикального навантаження (брутто) наведено на рисунку 4.

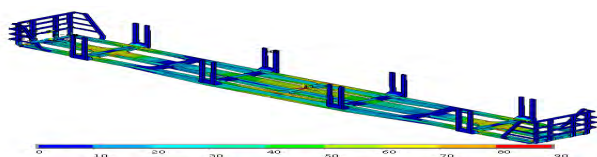


Рис. 4. Напруження від дії статичного вертикального навантаження 2-х 40-ка футових контейнерів.

Результати розрахунку коефіцієнта запасу опору втомі при завантаженні платформи двома 40-футковими контейнерами наведені в таблиці 1.

Як видно з таблиці 1, коефіцієнт запасу опору втомі елементів рами платформи, завантаженої двома 40-футковими контейнерами, нижче допустимого значення $[n] = 1,5$. Це підтверджується результатами стендових випробувань. Руйнування були виявлені в двох зонах. В перерізі I-I, в зоні закінчення накладки, і в перерізі III-III хребтової балки на прорізі для горизонтального важеля автогальма. Напружено-деформований стан цих зон при завантаженні двома 40-футковими контейнерами показано на рисунках 5 і 6.

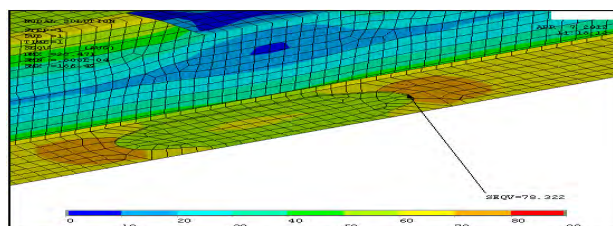


Рис. 5. Напружено-деформований стан в зоні шва накладки в центрі бічної балки до пропонованого доопрацювання

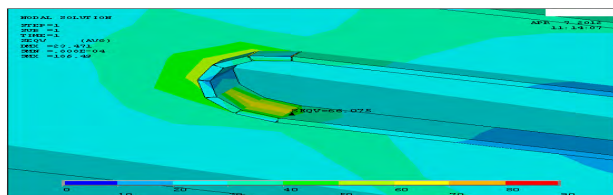


Рис. 6. Напружено-деформований стан у зоні вікна горизонтального важеля хребтової балки до пропонованого доопрацювання

Як впливає з таблиці 2, значення коефіцієнта запасу опору втомі нижче допустимого $[n] = 1,5$. Отже, ці зони потребують посилення. Для зони руйнування в перерізі I-I було запропоновано виключити накладку на нижньому поясі, що дозволило видалити концентратор біля шва і знизити коефіцієнт концентрації $(\bar{k}_\sigma)_k$ с 5,0 до 2,5.

Для зони руйнування по вікну, в перерізі III-III, пропонується перенести стиковий шов підсилюючого обода в зону з більш низькими напруженнями, що дозволило знизити рівень напруження з 66,1 МПа до 5,1 МПа. Напружено-деформований стан зазначених зон після конструктивних змін показано на рисунках 7 і 8, а результати розрахунку наведені в таблиці 3.

Таблиця 1

Коефіцієнт запасу опору втомі при завантаженні двома 40-футовими контейнерами

Елемент	переріз	точка	№ вузла моделі	Результати розрахунків				
				$\sigma_{ст}$	$\sigma_{аэ}$	$(\bar{k}_{\sigma})_k$	σ_{aN}	n
Хребтова балка	I-I	т.1	6948	83,2	46,383	4,5	41,293	0,89
Хребтова балка	I-I	т.3	43015	93,4	52,069	4,0	46,455	0,89
Хребтова балка	I-I	т.4	40158	83,4	46,494	4,5	41,293	0,89
Хребтова балка	III-III	т.5	39428	86,8	48,390	4,5	41,293	0,85
Хребтова балка	III-III	т.6	6179	87,4	48,724	4,5	41,293	0,85
Хребтова балка	V-V	т.7	39523	65,4	36,459	3,0	61,940	1,70
Хребтова балка	V-V	т.8	6274	65,8	36,682	3,0	61,940	1,69
Хребтова балка	VI-VI	т.9	48292	10,1	5,631	3,0	61,940	11,00
Хребтова балка	VI-VI	т.10	15179	10	5,575	3,0	61,940	11,11
Шворнева балка	I-I	т.21	22937	58,9	32,836	4,0	46,455	1,41
Шворнева балка	I-I	т.17	10504	29,5	16,446	4,5	41,293	2,51
Шворнева балка	I-I	т.19	22893	28,4	15,833	4,5	41,293	2,61
Шворнева балка	0I-0I	т.22	56272	58,9	32,836	4,5	41,293	1,26
Шворнева балка	0I-0I	т.18	43684	29,5	16,446	4,5	41,293	2,51
Шворнева балка	0I-0I	т.20	56228	28,5	15,888	4,5	41,293	2,60
Балка бокова	0-0	т.23	23455	98,8	55,079	4,0	46,455	0,84
Балка бокова	0-0	т.24	504	68,8	38,355	4,0	46,455	1,21
Балка бокова	I'-I'	т.27	90821	93,3	52,013	4,5	41,293	0,79
Балка бокова	I'-I'	т.28	94116	91,1	50,787	4,5	41,293	0,81
Балка бокова	I'-I'	т.30	126001	91,1	50,787	4,5	41,293	0,81
Балка бокова	I'-I'	т.29	122580	93,3	52,013	4,5	41,293	0,79
Балка бокова	II-II	т.31	59382	111,2	61,992	4,0	46,455	0,75
Балка бокова	II-II	т.32	26006	111,4	62,104	4,0	46,455	0,75
Балка бокова	III'-III'	т.33'	66644	76,3	42,536	4,5	41,293	0,97
Балка бокова	III'-III'	т.35'	52273	2,9	1,617	4,5	41,293	25,54
Балка бокова	III'-III'	т.34'	33092	76,1	42,425	4,5	41,293	0,97
Балка бокова	III'-III'	т.36'	23918	93,1	51,902	4,5	41,293	0,80
Балка бокова	IV-IV	т.34	410	69,6	38,801	4,0	46,455	1,20
Балка бокова	V-V	т.35	66121	56,6	31,554	4,0	46,455	1,47
Балка бокова	V-V	т.36	32578	56,5	31,498	4,0	46,455	1,47
Балка бокова	VI-VI	т.37	60111	6,9	3,847	4,0	46,455	12,08
Балка бокова	VI-VI	т.38	26732	6,9	3,847	4,0	46,455	12,08
Балка бокова	VII-VII	т.39	58800	0,9	0,502	4,0	46,455	92,59
Балка бокова	VII-VII	т.40	1661	3,5	1,951	4,0	46,455	23,81

Результати розрахунку коефіцієнта запасу опору втомі у цих зонах представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Коефіцієнт запасу опору втомі в зонах руйнувань при завантаженні двома 40-футовими контейнерами.

Елемент	переріз	№ вузла моделі	Результати розрахунків				
			$\sigma_{ст}$	$\sigma_{аэ}$	$(\bar{k}_{\sigma})_k$	σ_{aN}	n
Бокова балка	I-I	34553	66,1	27,3	5,0	37,2	1,36
Хребтова балка	III-III	64578	78,3	32,3	5,0	37,2	1,15

Таблиця 3

Коефіцієнт запасу опору втомі в зонах руйнувань після доопрацювання, завантаження 40-футовими контейнерами

Елемент	переріз	№ вузла моделі	Результати розрахунків				
			$\sigma_{ст}$	$\sigma_{аэ}$	$(\bar{k}_{\sigma})_k$	σ_{aN}	n
Бокова балка	I-I	34553	71,4	2,1	2,5	37,2	17,67
Хребтова балка	III-III	64578	5,1	29,5	1,6	116,1	3,94

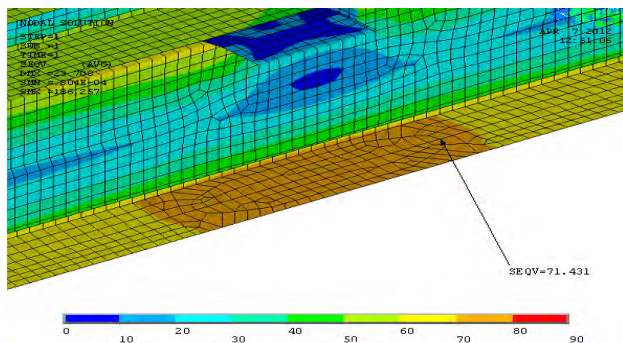


Рис. 7. Напружено-деформований стан в зоні шва накладки в центрі бічної балки після пропонованого доопрацювання

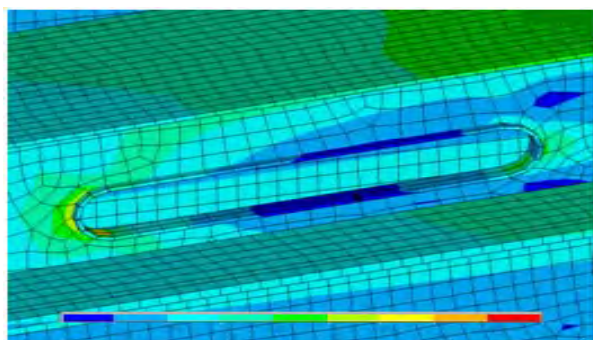


Рис. 8. Напружено-деформований стан у зоні вікна горизонтального важеля хребтової балки після пропонованого доопрацювання

Як видно з таблиці 3, втомна міцність рами забезпечується на весь термін експлуатації для схем навантаження чотирма 20-ти футовими і двома 40-ка футовими контейнерами.

Висновок. Після вдосконалення конструкції рами був проведений розрахунок на відповідність платформи вимогам «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» за I, III і ремонтним режимами навантажень та на співудар.

Розрахункові та експериментальні напруження у всіх елементах довгобазного вагона-платформи від усіх експлуатаційних навантажень, згідно «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)», не перевищують допустимих значень. Збіжність результатів розрахунків і випробувань задовільна, що свідчить про достовірність та правильність проведених розрахунків.

Література

1. «Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ-ВНИИЖТ. Москва. 1996. Изменения и дополнения».
2. Годыцкий-Цвирко А.М. Взаимодействие пути и подвижного состава железных дорог / Годыцкий-Цвирко А.М. – М.: Гострансиздат, 1931. – 214 с.
3. Марье Г. Взаимодействие пути и подвижного состава / Марье Г. – М.: Госжелдориздат, 1933. – 338 с.

4. Винокуров М.В. Исследование колебаний и устойчивости вагонов / М.В. Винокуров // Научн. тр. ДИИТ, 1989. – Вып. 12. – 292 с.
5. Лазарян В.А. Динамика вагонов / Лазарян В.А. – М.: Транспорт, 1964. – 256 с.
6. Лазарян В.А. Применение математических машин непрерывного действия к решению задач динамики подвижного состава железных дорог / Лазарян В.А. – М.: Трансжелдориздат, 1962. – 220 с.
7. Вершинский С.В. Динамика вагона / С.В. Вершинский // Технический справочник железнодорожника. – М.: Трансжелдориздат, 1952. – Т.6. – С. 651 – 712.
8. Шапошников Н.Н. Расчет машиностроительных конструкций на прочность и жесткость / Н.Н. Шапошников, Н.Д. Тарабасов, В.В. Петров, В.И. Мяченков. – М.: Машиностроение, 1981. – 333 с.
9. Блохин Е.П. Динамика поезда (нестационарные продольные колебания) / Е.П. Блохин, Л.А. Манашкин. – М.: Транспорт, 1982. – 222 с.
10. Блохин Е.П. О возможности понижении порядка системы дифференциальных уравнений движения поезда при возмущениях, распространяющихся вдоль его длины / Е.П. Блохин, Л.Г. Маслеева // Межвуз сб. науч. тр. – Днепропетровск: ДИИТ, 1978. – Вып. 199/25. – С. 47 – 54.
11. Мямлин С.В. Программа моделирования пространственных колебаний подвижного состава / С.В. Мямлин // Залізничний транспорт України. – 2000. – № 3. – С. 52 – 54.

References

1. The norms for calculation and design of railcars on the track width 1520mm (unpowered). GosNIIV VNIIZHT. Moscow /1996. Amendments and additions.
2. Godytskiy-Tsvirko A.M. Interoperability of the railway and a rolling stock. / Godytskiy-Tsvirko A.M.- M.: Gostransizdat, 1931.-214p.
3. Mar'ye G. Interoperability of the railway track and a rolling stock./ Mar'ye G.- M.: Goszhelezdorizdat,1933.- 338p.
4. Vinokurov M.V. The research of waves and stability of the railcars./ M.V. Vinokurov// Scientif. Res. DIIT,1989 – issue 12-292p.
5. Lasaryan V.A. The railcars dynamic./ Lasaryan V.A.- Transport,1964 – 256p.
6. Lasaryan V.A. – The usage of the mathematical machines of continuous operation in problems solution of the rolling stock dynamic on the railway lines/ Lasaryan V.A. – M.: Transzhelezdorogisdat,1962. – 220p.
7. Vershinskiy C.V. The railcar dynamic./ C.V. Vershinskiy// The technical guide of a railman.- M. Transzheldorizdat, 195 T6 – pp 651-712.
8. Shaposhnikov N.N. The strength and rigidity calculation of machine building construction.// N.N.Shaposhnikov , N.D.Tarabasov, V.V. Petrov, V.I. Myachenkov – M.: Mashinostroenie, 1981 -333p.
9. Blochin E.P. The railcar dynamic (non-steady extension vibration). / E.P. Blochin, L.A. Manashkin.- M.: Transport, 1982 – 222p.
10. Blochin E.P The reducing possibility of differential equations order system in railcar running during the perturbation along its length/ E.P. Blochin, L.G. Masleeva // Dnepropetrovsk: DIIT, 1978 – issue 199/25 – pp. 47-54
11. Myamlin C.V. The spatial vibration modeling program of a rolling stock./ C.V. Myamlin// Zaliznychniy transport Ukraine.- 2000- №3- pp.52-54

Кельріх М.Б., Федосов-Ніконов Д.В. Исследование на прочность конструкции длиннобазной платформы.

В статье рассмотрен вопрос о прочности основных несущих элементов конструкции длиннобазных платформ, применении специальных методов теоретического и экспериментального характера. Выполнен расчет элементов рамы на усталость с использованием вычислительного комплекса, реализующего метод конечных элементов (МКЭ).

Ключевые слова: длиннобазные платформы, прочность элементов, коэффициент запаса сопротивления усталости, расчетные и экспериментальные напряжения.

Kel'rich M.B. Fedosov-Nikonov D.V. The strength research of the long-wheelbase flatcar construction

The paper considers the questions about the strength of the main load-bearing structural elements in the long wheelbase flatcar and the use of the special methods of theoretical and experimental nature.

The calculation of the elements frames fatigue is performed using calculated complex that implements the finite element method (FEM).

Keywords: the long-wheelbase flatcar, elements strength, fatigue safety factor, calculated and experimental stress

Кельріх М.Б. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту

Федосов-Ніконов. – старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії досліджень гальмівних систем залізничної техніки Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

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

Стаття подана 05.03.2016

УДК 656

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ
МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ****Кичкина Е.И., Кичкин А.В.****FORMALIZATION OF information support MATERIAL FLOWS
IN LOGISTICS SYSTEMS****Kichkina E.I., Kichkin A.V.**

В статье рассмотрена и решается задача математической формализации информационного сопровождения материальных потоков в логистических системах на основе конструктивной математической логики. При этом целью подобной формализации была задача проектирования единой базы данных логистической системы. Использование предложенной формализации дает в руки разработчиков информационного обеспечения логистических систем различной сложности инструмент создания не только централизованной, но и распределенной вплоть до каждой товарной единицы базы данных этой системы, с целью дальнейшего использования в прогнозных и аналитических задачах

Ключевые слова: логистическая система, RFID, материальный поток, база данных, математическая формализация.

Введение. Исследование факторов, влияющих на эффективность логистики показали, что первые два места по значимости занимают компьютерная поддержка и информационное сопровождение материальных потоков [2,9,10]. Однако, как показывает практика наряду с существующими автоматизированными программными комплексами, которые обслуживают отдельные подсистемы логистических систем, не существует единого подхода к формализации информационного сопровождения материальных потоков в логистических системах. Разработка такой формализации позволит стандартизировать обработку информационных потоков в соответствии с схемами поставок и даст возможность обработки и информационного сопровождения материальных потоков в режиме on-line по всей длине цепочки поставок.

Анализ последних исследований и публикаций. В большинстве работ по логистике формализация осуществляется на основе технологического процесса, что само по себе корректно, но в свою очередь зависит от полноты представления данного

процесса и от места самого процесса в логистической цепи, а значит, является формально неполным.

Произведенный анализ существующих стандартов комплексной автоматизации логистических систем всех уровней (MRP, MRPII, ERP, CSRP, SCM, SCEM} показал, что во всех имеется достаточно глубокое описание свойств и требований к информационному обеспечению логистических подсистем. Однако, существует потребность в детализации существующих стандартов с одной стороны, и объединение их с другой, с целью универсального представления информационной единицы материального потока. Основой для решения этой задачи являются современные технологии идентификации (штрих-код и RFID).

Цель и постановка проблемы. Целью работы является выработка универсального представления информационной единицы материального потока. Для чего решается задача математической формализации информационного сопровождения материальных потоков в логистических системах на основе конструктивной математической логики [4]. В основу данной топологической, с точки зрения математики, формализации должна быть положена непротиворечивая, целостная, полная (с возможностью дальнейшего развития) система (алгебра) высказываний.

Результаты исследований. Информационная логистика является непрерывно и постоянно существующим процессом в логистической цепи, который сопровождает материальный поток. Помимо этого, все составляющие логистического процесса имеют количественную и качественную характеристики, а это означает, что им однозначно соответствуют информационные объекты.

При формализации логистики немаловажную роль играет многолетний опыт семантической (смысловой) формализации логистических процессов в экономике. Достаточно грамотная и глубокая

смысловая формализация логистических цепочек позволяет сделать в нашей работе формализацию математическую. При этом целью подобной формализации будет вполне конкретная задача, которая возникает перед разработчиками информационных логистических систем – задача проектирования единой базы данных логистической системы. Вполне очевидным является использование реляционной алгебры при формализации информационных объектов.

Основная идея реляционной алгебры состоит в том, что коль скоро отношения (как базисные понятия реляционной алгебры) являются множествами, то средства манипулирования отношениями могут базироваться на традиционных теоретико-множественных операциях, дополненных некоторыми специальными операциями, специфичными для баз данных. Существует много подходов к определению реляционной алгебры, которые различаются набором операций и способами их интерпретации, но в принципе все, более или менее равносильны. В работе использован расширенный начальный вариант алгебры, который был предложен Коддом. В этом варианте набор основных алгебраических операций состоит из восьми операций, которые делятся на два класса – теоретико-множественные операции и специальные реляционные операции.

При этом базисный набор аксиом, определяющий специфику использования реляционной алгебры, в процессе формализации информационного сопровождения материальных потоков логистических может быть дополнен аксиоматическими схемами, описывающими логистические цепочки различного функционального вида, соответствующие международным стандартам автоматизации в сфере логистики.

Полная совокупность математических отношений λ_i , которые используются для представления логистической системы, порождает совокупность, состоящую из $2h$ симплициальных комплексов (симплексов), по два для каждого λ_i . Эту совокупность S обычно называют статическим фоном рассматриваемой логистической системы. Динамика логистической системы должна функционировать именно на этом фоне. Эта динамика будет описываться изменениями моделей (математических функций), определяемых на симплексах совокупности S .

Предлагаемое решение основано на необходимости адекватной математической формализации тех задач, которые возникают в конкретной части материального потока логистической системы. Важность этой формализации основана на том факте, что он предлагает каждому из нас готовый набор исходных элементов для построения модели; но вовсе не предлагает конкретной модели. В этом смысле он является иллюстрацией «метамодели». Следовательно, он не может быть «ошибочным» на уровне модели, но может быть лишь плохо применяемым [1].

Рассмотрим предложенные авторами [3] схемы логистических цепей, поставив им в соответствие аксиомы, положенные в основу нашей формализации. В качестве компонентов наших логистических цепочек принимаются:

- Предприятия – производители (отношение A)
- Предприятия – потребители (отношение B)
- Перевалочные склады в системах мультимодальных перевозок (отношение C)
- Торговые посредники (отношение D)
- Транспортные предприятия различных видов транспорта (отношения E1, E2, E3).

В принятой формализации рассматриваются семь видов логистических цепей в виде аксиоматических выражений [6,8]:

$\lim(A) \cap \text{pro}(E1) \cap \lim(B)$ – аксиома для цепи 1-го типа

$\lim(A) \cap \text{pro}(E1) \cap \text{pro}(C) \cap \text{pro}(E2) \cap \lim(B)$

– аксиома для цепи 2-го типа

$\lim(A) \cap \text{pro}(E1) \cap \text{pro}(D) \cap \text{pro}(E2) \cap \lim(B)$

– аксиома для цепи 3-го типа

$\lim(A) \cap \text{pro}(E2) \cap \text{pro}(D) \cap \text{pro}(E3) \cap \lim(B)$

– аксиома для цепи 4-го типа

$\lim(A) \cap \text{pro}(E1) \cap \text{pro}(C) \cap \text{pro}(E2) \cap \text{pro}(D) \cap \text{pro}(E3) \cap \lim(B)$

– аксиома для цепи 5-го типа

$\lim(A) \cap \text{pro}(E3) \cap \text{pro}(C) \cap \text{pro}(E2) \cap \text{pro}(D) \cap \text{pro}(E1) \cap \lim(B)$

– аксиома для цепи 6-го типа

$\lim(A) \cap \text{pro}(E1) \cap \text{pro}(D) \cap \text{pro}(E2) \cap \text{pro}(C) \cap \text{pro}(E3) \cap \lim(B)$

– аксиома для цепи 7-го типа

Количество подобных аксиом определяется только возможностями прикладных задач логистики, которые и рожают их во множестве – в этом и состоит принцип развития предложенной формализации, сформулированный в начале работы.

На прикладном технологическом уровне реализация поставленной задачи возможна с помощью программного обеспечения MICROSOFT SQL SERVER с встроенным языком манипулирования реляционными данными Transact-SQL (T-SQL) [5,7].

При этом каждая из приведенных выше логистических цепей в формализованном виде может быть интерпретирована с помощью языка T-SQL в виде запроса информации по текущему состоянию логистической цепи:

```

– select * from A where lim(A)
union select pro(E1) from E1
union select * from B where lim(B) – для 1-й аксиомы

– select * from A where lim(A)
union select pro(E1) from E1
union select pro(C) from C

```



```

union select pro(E2) from E2
union select * from B where lim(B) – для 2-й аксио-
мы
– select * from A where lim(A)
union select pro(E1) from E1
union select pro(D) from D
union select pro(E2) from E2
union select * from B where lim(B) – для 3-й аксио-
мы
– select * from A where lim(A)
union select pro(E2) from E2
union select pro(D) from D
union select pro(E3) from E3
union select * from B where lim(B) – для 4-й аксио-
мы
– select * from A where lim(A)
union select pro(E1) from E1
union select (C) from C
union select pro(E2) from E2
union select pro(D) from D
union select pro(E3) from E3
union select * from B where lim(B) – для 5-й аксио-
мы
– select * from A where lim(A)
union select pro(E3) from E3
union select pro(C) from C
union select pro(E2) from E2
union select pro(D) from D
union select pro(E1) from E1
union select * from B where lim(B) – для 6-й аксио-
мы
– select * from A where lim(A)
union select pro(E2) from E2
union select pro(D) from D
union select pro(E2) from E2
union select pro(C) from C
union select pro(E3) from E3
union select * from B where lim(B) – для 7-й аксио-
мы

```

К сформулированному можно добавить:

- синтаксис запросов может быть модифициро-
ван с помощью конструкции INNER JOIN
языка T-SQL, что особенно эффективно в
технологиях репликации сложных распреде-
ленных структур данных;
- технологическая схема на базе сделанной
формализации применима как в ONLINE, так
и OFFLINE доступе.

Главный вывод состоит в том, что принятая
система математической формализации информаци-
онного обеспечения материальных потоков логи-
стических систем носит топологический (базисный)
характер по отношению ко всем прочим методам
формализации.

Предложенный принцип формализации ин-
формационного обеспечения материальных потоков
логистических систем как основы формализации
любой логистической цепочки был реализован при
создании распределенной базы данных информаци-
онной логистической системы цепочки мелкоопто-

вой поставки предприятием-производителем с ин-
формационной идентификацией товарной единицы.

Вывод. Использование предложенной форма-
лизации дает в руки разработчиков информационно-
го обеспечения логистических систем различной
сложности инструмент создания не только центра-
лизованной, но и распределенной вплоть до каждой
товарной единицы базы данных этой системы, с це-
лью дальнейшего использования ее (т.е. базы дан-
ных) в прогнозных и аналитических задачах, прежде
всего, использующих как инструмент компьютерное
моделирование.

Л и т е р а т у р а

1. Дж. Эндрюс , Р. Маклоун, 1979.. Математическое моделирова-
ние. М-Мир.
2. Левиков Г.А., 2003. Управление транспортно-логистическим
бизнесом. –М.: Рконсульт
3. Маликов О.Б, 2003. Деловая логистика. – СПб. ; Поли-
техника, . – 223с.
4. Новиков П.С., 1977. Конструктивная математическая
логика с точки зрения классической. М
5. Реббека Райордан Основы реляционных баз данных.
МайкрософтПресс М Издательско-торговый дом «Рус-
ская редакция», 384с.
6. C.J. Date. The Birth of the Relational Model (Part 3 of 3).
Intelligent Enterprise, Vol. 1, No 3, December 1998
7. C.J. Date with Hugh Darwen. A Guide to the SQL Stand-
ard. Fourth edition. Addison-Wesley Longman, 1997.
8. C. J. Date and Hugh Darwen. Databases, Types, and the
Relational Model. The Third Manifesto. Addison Wesley;
3th edition (2006)
9. Harvard Business Review on Supply Chain Management
2008, Альпина Бизнес Букс, 208 с.
10. Сток Джеймс , Ламберт Дуглас Стратегическое управ-
ление логистикой 2005, Инфра-М, 830 с

R e f e r e n c e s

1. Dzh. Endryus , R. Makloun, 1979.. Matematicheskoe
modelirovanie. M-Mir.
2. Levikov G.A., 2003. Upravlenie transportno-
logisticheskimi biznesom. –M.: Rkonsult
3. Malikov O.B, 2003. Delovaya logistika. – SPb. ; Poli-
tehnika, . – 223s.
4. Novikov P.S., 1977. Konstruktivnaya matematicheskaya
logika s tochki zreniya klassicheskoy. M-Nauka
5. Rebbeka Rayordan Osnovy relyatsionnykh baz dannykh.
MaykrosoftPress M Izdatelsko-torgovyy dom «Rus-skaya
redaktsiya», 384s.
6. C.J. Date. The Birth of the Relational Model (Part 3 of 3).
Intelligent Enterprise, Vol. 1, No 3, December 1998
7. C.J. Date with Hugh Darwen. A Guide to the SQL Stand-
ard. Fourth edition. Addison-Wesley Longman, 1997.
8. C. J. Date and Hugh Darwen. Databases, Types, and the
Relational Model. The Third Manifesto. Addison Wesley;
3th edition (2006)
9. Harvard Business Review on Supply Chain Management
2008, Alpina Biznes Buks, 208 s.
10. Stok Dzheymys , Lambert Douglas Strategicheskoe uprav-
lenie logistikoy 2005, Infra-M, 830 s

Кічкіна О.І., Кічкін О.В. Формалізація інформаційного супроводу матеріальних потоків у логістичних системах

В статті розглянута і вирішується завдання математичної формалізації інформаційного супроводу матеріальних потоків в логістичних системах на основі конструктивної математичної логіки. При цьому метою подібної формалізації була задача проектування єдиної бази даних логістичної системи. Використання запропонованої формалізації дає в руки розробників інформаційного забезпечення логістичних систем різної складності інструмент створення не тільки централізованої, а й розподіленої аж до кожної товарної одиниці бази даних цієї системи, з метою подальшого використання в прогнозних і аналітичних задачах

Ключові слова: логістична система, RFID, матеріальний потік, база даних, математична формалізація.

Kichkina O.I., Kichkin O.V. Formalization of information support material flows in logistics systems.

The article discusses and solves the problem of mathematical formalization of information support for material flow in logistics systems based on constructive mathematical logic. At the same time the aim of formalizing this was the task of designing a single database logistics system. The system adopted mathematical formalization of information support material

flow logistics systems is a topological nature in relation to all other methods of formalization. The proposed formalization of the principle of providing information material flow logistics systems as a basis for formalizing any supply chain was implemented with the creation of a distributed database of information logistics supply chain system of company-producers with the information of the trade item identification. Using the proposed formalization provides information in the hands of developers of logistics systems of varying complexity creation tool not only centralized, but distributed until each product database unit of the system for future use in forecasting and analytical tasks

Keywords: logistic system, RFID, material flow, database, mathematical formalization

Кічкіна О.І. – к.т.н., доцент завідувач кафедри «Транспортні системи» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: ki4kinaoi@ukr.net

Кічкін О.В. – ст.викл. кафедри «Транспортні системи» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: kichkin@ukr.net

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

Стаття подана 28.03.2016

УДК 622.278

**МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ «ХОЛОДНОГО СКЛАДУ»
НА ПІДСТАВІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ****Кічкіна О.І., Русак А.Л.****MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE "COLD WAREHOUSE"
BASED PREDICTION OF THE ENERGY CONSUMPTION****Kichkina O.I., Rusak A.L.**

У статті визначені фактори, що впливають на енерговитрати низькотемпературного складу. З урахуванням цих факторів розроблено нечітку модель прогнозування енерговитрат «холодного» складу, оптимізації ряду складських процесів з використанням енергії з метою зниження як енерговитрат, так і зрештою загальних витрат на зберігання та обробку продукції та сировини. Запропонована модель враховує різні види вантажів, умови їх зберігання та різні моделі навантажувачів, які працюють на складі та дозволяє отримати в автоматизованому режимі інформацію, необхідну для мінімізації енергетичних витрат «холодного» складу.

Ключові слова: енергетичний показник роботи складу, нейронечітка адаптація, температурний режим зберігання, робота вантажних засобів, автоматизований режим прогнозування енерговитрат

Вступ. На сьогоднішній день в Україні кількість та якість низькотемпературних складів не задовольняє попит промисловості та торгівлі. Один із способів вирішення цієї проблеми - проведення комплексної оптимізації роботи тих складів, які були збудовані за радянських часів і не відповідають сучасним вимогам.

Проблема недостатнього розвитку логістики охолоджених і заморожених товарів в Україні створює нерівні умови для вітчизняних компаній, впливає на подорожчання товарів, їх якість. В 2011 році в Україні була створена Асоціація «Холодна Логістика України» (UCCA), що об'єднала провідних гравців ринка - з метою вирішення спільних завдань, в число яких входить приведення українських норм ветеринарного, санітарного та екологічного контролю у сфері логістики охолоджених і заморожених товарів, що в свою чергу потребує вирішення задач організації роботи «холодних» складів з урахуванням не тільки фінансових витрат, а й енерговитрат [3]. Враховуючи реалії сучасної економіки, надваж-

ливим показником діяльності складу є енергозбереження, особливо це стосується так званих «холодних» складів. Ці склади є значною ділянкою в логістичному ланцюгу: якість, час та витрати на складські процеси впливають на ефективність логістичних систем [10].

Постановка проблеми. Функціонування підприємств, що використовують низькотемпературні склади, має ряд нюансів, які слід враховувати здійснюючи оптимізацію матеріалопотоків. Ці особливо-сті впливають на вибір та застосування методів та моделей оптимізації. На даний момент дуже велике значення мають питання економічного використання енергоресурсів на низькотемпературних складах: 40% витрат в логістиці йде на ці потреби, а 60% — на трудові витрати [4]. Отже визначення факторів, що впливають на енергоекономічний режим роботи «холодного» складу є основним етапом в процесі розробки моделей оптимізації технологічних процесів на складі. Комплекс моделей оптимізації температурних режимів зберігання, технологічних схем роботи обладнання та інших процесів з використанням енергії з метою зниження як енерговитрат, так і зрештою загальних витрат є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Методика аналізу ефективності роботи складу як елементу логістичної системи підприємства висвітлена в працях таких вчених, як Д. Бауерсокс, Є. Крикавський., В. Николайчук, та ін. Протягом останніх років над питанням оптимізації параметрів функціонування складу працювали українські вчені Г. Баранець, О. Кудіна, Т. Лагоцький, Р. Савон, І.Сіренко та ін.

Українські вчені, досліджуючи питання, пов'язані з оцінкою параметрів та оптимізацією функціонування складу, застосовують досить широкий спектр методів, серед них: Г. Баранець [1] – для розробки логістичної системи управління матеріальни-

ми і фінансовими потоками підприємства; О. Кудіна [2] – обґрунтування алгоритму прийняття оптимальних рішень та оцінки стану функціонування системи управління ресурсним забезпеченням; Т. Лагоцький [6] – розробка симулятивних моделей функціонування системи запасів; І. Ніколаєнко [7] для кількісного аналізу факторів ризику в інтегрованій логістичній системі; Р. Савон [8] – розробка комплексу показників, що відображають стан системи управління виробничими запасами; І. Сіренко [9] – визначення ефективності діяльності управлінського персоналу, організації його роботи, використання необхідних засобів автоматизації та механізації, рівня підготовленості управлінського персоналу.

Мета дослідження. Визначити фактори, що впливають на енерговитрати низькотемпературного складу.

Розробити нечітку модель прогнозування енерговитрат «холодного» складу, оптимізації температурних режимів зберігання, технологічних схем роботи обладнання та інших процесів з використанням енергії з метою зниження як енерговитрат, так і зрештою загальних витрат на зберігання та обробку продукції та сировини.

Результати досліджень.

Оптимізація роботи складів з регульованим температурним режимом може розглядатися в декілька аспектах. В якості функції цілі на різних етапах може виступати як якісний показник роботи складу, так і кількісний показник витрат (вартісний або енергетичний). В нашому дослідженні, враховуючи специфіку технології роботи складів з регульованим температурним режимом було обрано енергетичний показник, який є суттєвою частиною у вартісному показнику витрат.

Аналіз основних питань і проблем у складській логістиці, що здійснювався із застосуванням форумів логістичних сайтів, показав, що найчастіше практики-логісти стикаються з проблемою комплектації замовлень, і у цьому зв'язку з задачею організації ефективної роботи вантажних засобів. А у випадку «холодних» складів ця проблема стає ще актуальнішою, вважаючи особливістю температурних режимів, теплообміну працюючих транспортних засобів, питань збереження енергії та її ефективного використання.

Аналіз роботи підприємства з виробництва заморожених продуктів і з застосуванням складів з регульованим температурним режимом дав можливість визначити параметри, що впливають на енерговитрати низькотемпературного складу.

А саме:

- витрати електроенергії на підтримання температури зберігання;
- площа та об'єм приміщень для зберігання;

- маса і температура вантажів, що надходять на склад;
- номенклатура товарів;
- тип техніки, що працює на складі;
- види обладнання для зберігання товарів;
- наявність та тип освітлення;
- теплопровідність матеріалу конструкцій, з яких виконано будівлю;
- наявність конструктивних рішень для зменшення витрат холоду.

Враховуючи невизначеність та неможливість однозначної кількісної оцінки деяких факторів було обрано для моделювання апарат нечіткої логіки.

Нечіткі моделі засновані на правилах продукційного типу. Така модель приваблює своєю наочністю, високою модульністю, легкістю внесення доповнень та змін і простим механізмом логічного виводу.

Модель передбачає нечітке моделювання енергетичних витрат навантажувача (на прикладі моделі TCM FG18T9H) [5] та витрат на охолодження, кондиціонування для прогнозування енерговитрат складу в залежності від кількості продукції (на прикладі 3-х існуючих типів), їх температурного режиму та результату зберігання (стан продукції на момент формування заказу).

В якості апарату моделювання було застосовано модель Сугено та її нейронечітку адаптацію (ANFIS) за допомогою MathLab Fuzzy Logic Toolbox вигляду

Схема виведення в моделі Сугено при використанні m правил і n , де X - параметри моделі прогнозування, Y - модельовані значення енерговитрат, має наступний вигляд:

$$\text{ЯКЩО}(X_n = A_n^{(i)}) \text{ТОДИ}(Y_i = P_{i0} + \sum_{j=1}^n P_{ij} X_j).$$

Ліва умова правила виведення реалізується функцією:

$$\mu_A(x_i) = 1 / (1 + ((x_i - c_i) / \sigma_i)^{2b_i}).$$

Агрегований вихідний результат для m правил має вигляд

$$y(x) = \sum_{i=1}^M w_i y_i(x) / \sum_{i=1}^M w_i.$$

$$y_i = P_{i0} + \sum_{j=1}^n P_{ij} x_j.$$

Останнє рівняння дозволяє отримувати в автоматизованому режимі прогноз витрат енергоресурсів «холодного» складу на певний період та певних значень вхідних даних в режимі імітаційного моделювання.

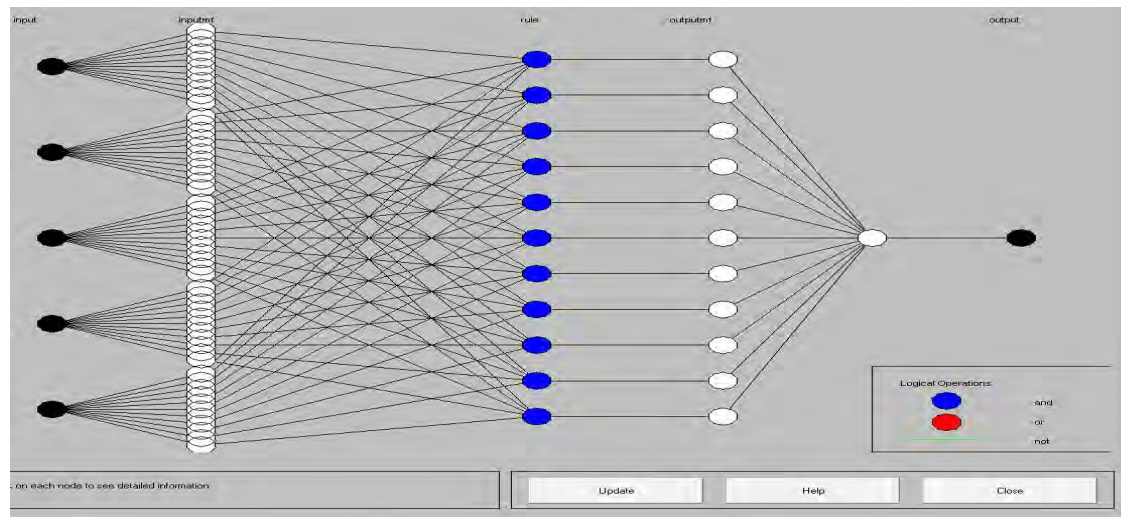


Рис. 1. Структура системи нейронечіткого виведення прогнозування енергетичних витрат «холодного складу»

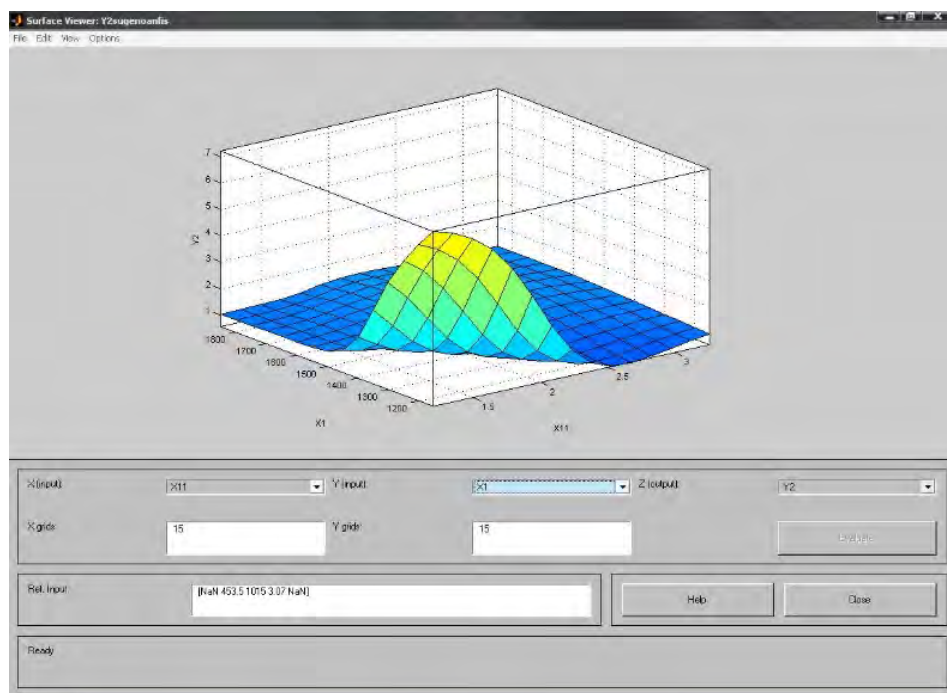


Рис. 2. Поверхня виведення прогнозування енергетичних витрат «холодного складу»

В якості входних змінних в моделі використовуються:

- кількість вантажу 1-го типу;
- кількість вантажу 2-го типу;
- кількість вантажу 3-го типу;
- температурний режим зберігання;
- якість зберігання продукції (в діапазоні відсотків 0-100%).

Відповідна поверхня виведення представлена на рисунку 2.

Нейроадаптація моделі здійснюється за рахунок накопичення даних бази WMS (електронний журнал вантажних операцій).

Розробка програмного забезпечення для створення експертної системи мінімізації

енерговитрат здійснюється у вигляді системи підтримки прийняття рішень. Програмний комплекс складається з двох компонентів:

- мобільний компонент на бортовому комп'ютері навантажувача (штабелера);
- стаціонарний компонент (сервер WMS), який накопичує інформацію про технологічну та фінансову роботу складу.

При цьому послідовність роботи системи підтримки прийняття рішень мінімізації енерговитрат включає наступні кроки:

- одержання з WMS складу в мобільний (бортний) комп'ютер інформації про майбутній маршрут транспортування вантажу;

- формування вантажної RFID-мітки з інформацією про вантаж (відбувається в WMS складу);
- створення локальної бази даних в мобільному (бортовому) комп'ютері оператора навантажувача (за рахунок реплікації бази WMS), що включає інформацію про навантажувач та вантажі, які є на поточному зберіганні;
- ідентифікація даних про вантаж з RFID-мітки (здійснюється сканером, вмонтованим в вили навантажувача);
- прийняття рішення оператором навантажувача про здійснення вантажної операції за наявних умов;
- розрахунок показника енерговитрат вантажної операції;
- передача в електронний журнал вантажних операцій інформації про здійснену вантажну операцію. Результати виконання вантажної операції фіксуються у базі даних сервера WMS (електронний журнал вантажних операцій) та формують інформаційну базу розрахунку показників енергоефективності «холодного» складу;
- кореляційно-регресійний аналіз електронного журналу вантажних операцій з метою отримання діапазонів змін факторів для нечіткої моделі прогнозування енерговитрат діяльності складу;
- одержання результатів комп'ютерного розрахунку прогнозу енерговитрат вантажної операції за допомогою нечіткої моделі мінімізації енерговитрат;
- рекомендації що до прийняття рішення з мінімізації енерговитрат діяльності складу.

Періодичність здійснення етапів методики завдяки автоматизації залежить лише від потреб персоналу та керівництва

Висновки. Запропонована модель дозволяє отримати в автоматизованому режимі інформацію, необхідну для мінімізації енергетичних витрат «холодного» складу. При цьому враховуються різні види вантажів, умови їх зберігання (температурний режим та якість зберігання) та різні моделі навантажувачів, які працюють на складі.

Література

1. Баранець Г.В. Управління матеріальними та фінансовими потоками підприємства на основі логістичного підходу : автореф. дис. канд. екон. наук: 08.00.04 / Г.В. Баранець; Інститут економіки промисловості НАН України. – Д., 2007. – 22 с.
2. Кудіна О.М. Формування ресурсної стратегії підприємства: автореф. дис... канд. екон. наук: 08.00.04 / О.М. Кудіна ; Харк. нац. екон. ун-т. — Х., 2007. — 20 с. — укр.
3. Електронний ресурс <http://www.ucca.org.ua/>
4. Електронний ресурс <http://news.vlasnasprava.info/analytics/2104-2012-07-10-07-57-10> Обзор рынка холодных складов Украины.
5. Кічкін О.В. Удосконалення управління стійкістю вилкового навантажувача на підставі даних журналу вантажної роботи Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2010. – № 4 (146) частина 2. – С. 143-148. Вид-во СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ
6. Лагоцький Т.Я. Математичні методи в управлінні запасами складських та гуртових підприємств: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.03.02 / Т.Я. Лагоцький; Львівський нац. ун-т ім. І. Франка. – Л., 2006. – 22 с.
7. Ніколаєнко І.В. Вдосконалення міжопераційних процесів транспортно-складського комплексу: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / І.В. Ніколаєнко; Київ. ун-т економіки і технологій трансп. — К., 2002. — 19 с. — укр.
8. Савон Р.Л. Формування системи управління виробничими запасами великого машинобудівного підприємства: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.06.01 / Р.Л. Савон; Інститут економіки промисловості НАН України. – Д., 2006. – 21 с.
9. Сіренко І.В. Управління матеріальними потоками промислового підприємства на основі логістичного підходу: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.06.01 / І.В. Сіренко; Технологічний університет поділля. – Х., 2002. – 19 с.
10. Supply Chain Logistics Management(3rd Edition) by Donald Bowersox, David Closs, M. Bixby Cooper, David J. Closs, Donald J. Bowersox Hardcover, 448 Pages, Published 2009 by Mcgraw-Hill Higher Education

References

1. Baranets' H.V. Upravlinnya material'nymy ta finansovymy potokamy pidpryyemstva na osnovi lohystychnoho pidkhodu : avtoref. dys. kand. ekon. nauk: 08.00.04 / H.V. Baranets'; Instytut ekonomiky promyslovosti NAN Ukrayiny. – D., 2007. – 22 s.
2. Kudina O.M. Formuvannya resursnoyi stratehiyi pidpryyemstva: avtoref. dys... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / O.M. Kudina ; Khark. nats. ekon. un-t. — Kh., 2007. — 20 s. — ukr.
3. Elektronnyy resurs <http://www.ucca.org.ua/>
4. Elektronnyy resurs: <http://news.vlasnasprava.info/analytics/2104-2012-07-10-07-57-10> Obzor rynku holodnyh skladov Ukrayiny.
5. Kichkin O.V. Udoskonalennya upravlinnya stiykisty vylkovoho navantazhuvacha na pidstavi danykh zhurnalu vantazhnoyi roboty Visnyk SNU im. V. Dalya. – 2010. – # 4 (146) chastyna 2. –S. 143-148. Vyd-vo SNU im. V. Dalya, m. Luhans'k
6. Lahots'kyi T.Ya. Matematychni metody v upravlinni zapasamy sklads'kykh ta hurtovykh pidpryyemstv: avtoref. dys. kand. ekon. nauk: 08.03.02 / T.Ya. Lahots'kyi; L'vivs'kyi nats. un-t im. I. Franka. – L., 2006. – 22 s.
7. Nikolajenko I.V. Vdoskonalennja mizhoperacijnyh procesiv transportno-sklads'kogo kompleksu: Avtoref. dys. kand. tehn. nauk: 05.22.01 / I.V. Nikolajenko; Kyi'v. un-t ekonomiky i tehnologij transp. — K., 2002. — 19 s. — ukr.
8. Savon R.L. Formuvannja systemy upravlinnja vyrobnychymy zapasamy velykogo mashynobudivnogo pidpryyemstva: avtoref. dys. kand. ekon. nauk: 08.06.01 / R.L. Savon; Instytut ekonomiky promyslovosti NAN Ukrai'ny. – D., 2006. – 21 s.
9. Sirenko I.V. Upravlinnja material'nymy potokamy promyslovogo pidpryyemstva na osnovi logistychnoho pidhodu: avtoref. dys. kand. ekon. nauk: 08.06.01 / I.V. Sirenko; Tehnologichnyj universytet podillja. – H., 2002. – 19 s.

10. Supply Chain Logistics Management(3rd Edition) by Donald Bowersox, David Closs, M. Bixby Cooper, David J. Closs, Donald J. Bowersox Hardcover, 448 Pages, Published 2009 by Mcgraw-Hill Higher Education

Кичкина Е.И., Русак А.Л. Моделирование технологических процессов «холодного склада» на основе прогнозирования энергопотребления

В статье определены факторы, влияющие на энергопотребление низкотемпературного склада. С учетом этих факторов разработана нечеткая модель прогнозирования энергопотребления «холодного» склада, а так же модель оптимизации ряда складских процессов, использующих энергию. В данном случае целью моделирования является снижение как энергопотребления, так и, в итоге, общих расходов на хранение и обработку продукции и сырья.

Предложенная модель учитывает различные виды грузов, условия их хранения и разные модели погрузчиков, работающих на складе и позволяет получить в автоматизированном режиме информацию, необходимую для минимизации энергетических затрат «холодного» склада.

Ключевые слова: энергетический показатель работы склада, нейронечеткая адаптация модели, температурный режим хранения, работа погрузочных средств, автоматизированный режим прогнозирования энергопотребления.

Kichkina O.I., Rusak A.L. Modeling of technological processes in the "cold warehouse" based prediction of the energy consumption

The article is defined factors, affecting for energy consumption of low-temperature warehouse. The model of fuzzy prediction of energy consumption of low-temperature warehouse and the optimization model of a number warehouse processes that use energy. In this case, the purpose of modeling is to reduce energy consumption, and as a result, it is to reduce the total cost of storage and processing of products and raw materials.

The proposed model takes into account the different types of cargo, storage conditions and different models of loaders working in a warehouse. It allows getting automated information needed to minimize the energy consumption of the "cold" storage.

Keywords: energy index of the warehouse, neuro fuzzy adaptation model, temperature storage, work of loaders, automated mode power consumption forecasting.

Кічкіна О.І. – к.т.н., доц, зав. кафедри «Транспортні системи» СХУ ім. В. Даля

Русак А.Л. – аспірант кафедри «Транспортні системи» СХУ ім. В. Даля

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

Стаття подана 21.03.2016

УДК 629.039.58

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЦІ

Клюєв С.О.

MOTION SAFETY IMPROVEMENT ON RAILWAY

Klyuev S.

У статті розглянуті питання забезпечення безпеки руху рейкових екіпажів. Виконаний аналіз причин сходу коліс рухливого складу з рейок. Запропоновані заходи зниження аварійності, ризик і погроз безпеці шляхом створення багатофункціональної системи управління і забезпечення безпеки рухом поїздів, з використанням нових технічних засобів і технологій управління, цифрових систем зв'язку і нових методів технічної діагностики.

Ключові слова: безпека, рухомий склад, схід колеса, критична швидкість, динамічні якості.

Вступ. Здатність залізничного транспорту забезпечувати захист життя пасажирів, збереження вантажів і довкілля в цілому визначає його розвиток і досягнення ним провідних позицій на ринку перевезень.

Найважливішою проблемою на залізничному транспорті є забезпечення безпеки руху рейкових екіпажів, як на етапі проектування, так і в процесі їх експлуатації. При цьому запобігання аваріям і крахам на залізницях мають первинне значення [1]. Окрім форсмажорних обставин однієї з головних причин крахів, аварій і сходу поїздів з рейок є відсутність координації в розробці методів забезпечення оптимального функціонування технічних засобів вагонного, локомотивного і шляхового господарств.

Рівень безпечної експлуатації рухомого складу на залізницях визначається, в головній мірі, наявністю запасу стійкості рейкового екіпажу, тому вивченню питання про схід рейкових екіпажів із залізничної колії надається велике значення в чисельних експериментальних і теоретичних дослідженнях.

Ряд крупних крахів і аварій, що мали місце на залізничному транспорті останніми роками, послужили серйозним запобіганням для вживання невідкладних заходів по забезпеченню безпеки руху. Попадання вагонів з небезпечними вантажами в аварійні ситуації посилює порушення безпеки і приводить до тяжких наслідків. Крахи і аварії спостерігаються на всіх залізницях світу і рідко обходяться без наслідків, пов'язаних з людськими жерт-

вами, забрудненням довкілля і значними матеріальними витратами, а в деяких випадках і по ліквідації екологічних наслідків аварій.

Постановка проблеми. Основною метою забезпечення безпеки руху поїздів є кардинальне скорочення випадків браків і аварій при підвищенні швидкостей руху поїздів, пропускних спроможностей ділянок і напрямів і зниженні непродуктивних витрат. Найбільша кількість сходу рухливого складу з рейок відбувається із-за нахату гребенів коліс на рейку. Сам процес сходу залежить від безлічі чинників, які в їх імовірнісному поєднанні вивчені ще недостатньо. Багаточисельні теоретичні і експериментальні дослідження, статистичні дані про схід рейкових екіпажів з рейок і їх аналіз свідчать про високу чутливість їх показників динаміки до технічного стану ходових частин рухливого складу і верхньої будови шляху.

Запобігання сходу коліс рейкових екіпажів з рейок є досить складним завданням, яке особливо важливе при підвищенні швидкостей руху.

Перехід в Україні до високошвидкісного локомотивобудування приводить до необхідності шукати нові технічні рішення, пов'язані з примусовим вписуванням в криві колісних пар і візків, використанням пристроїв нахилу кузова або інші методи підвищення швидкості руху без збитку для динамічних якостей рухливого складу, безпеки його руху і комфорту для пасажирів

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завданню забезпечення безпеки руху рухомого складу від сходу колісних пар з рейок присвячена безліч досліджень [2, 3, 4]. Більше ста років тому М. Надалем [5] був запропонований спосіб визначення співвідношення сил, що діяли на колесо, при якому запобігає його схід від всползання на рейку. Як відомо, вихідним положенням колеса при цьому вважається таке, при якому його поверхня катання піднімається над голівкою рейки, і колесо контактує з рейкою лише в точці, розташованій на створюючій конічній частині гребеня [6, 7].

У роботах, виконаних під керівництвом професора М. Ф. Веріго [8], запропонований метод оцінки стійкості руху проти сходу колеса з рейок по уточненій формулі, яка визначає критичну величину відношення горизонтальної рамної сили і вертикальної сили при даному розподілі вертикальних навантажень на осі однієї і тієї ж колісної пари. Приведену в цих роботах уточнену умову знайшло широке вживання в експериментальних роботах за визначенням швидкостей руху нових і модернізованих одиниць рухливого складу, що гранично допускалися.

Мета статті. Розгляд питань забезпечення безпеки руху поїздів, кардинального скорочення випадків браків і аварій при підвищенні швидкостей руху поїздів, пропускних спроможностей ділянок і напрямів і зниження непродуктивних витрат.

Результати досліджень. Прийнято, що безпека від сходу буде забезпечена, якщо співвідношення прикладених до колеса сил – горизонтальною поперечною Y і вертикальною Q (при дії граничної сили сухого тертя $T=\mu N$) буде таке, що гребінь відносно рейки буде ковзати вниз. Тут μ – коефіцієнт тертя, $N=Q*\cos\beta*\sin\beta$ – нормальна реакція рейки в точці контакту, β – кут нахилу створюючою гребеня до горизонталі (рис.).

Вказана вище умова приводить до нерівностей:

$$Q * \sin\beta > Y * \cos\beta + (Q * \cos\beta + Y * \sin\beta)$$

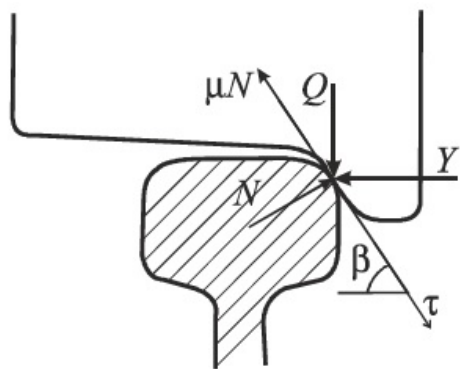


Рис. Сили, що діють в точці контакту при ковзанні гребеня вниз відносно голівки рейки

Для оцінки безпеки руху локомотивів і моторвагонного рухливого складу використовується коефіцієнт запасу стійкості, в який входить критерій безпеки як відношення направляючої сили до вертикальної [9, 10]. Для оцінки безпеки від сходу колеса з рейок для вагонів використовується коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейок, в який входить критерій безпеки як відношення бічної сили до вертикальної, що діють в точці контакту гребеня набігаючого колеса з голівкою рейки при одноточечному контакті [11, 12]. Якщо поперечна бічна сила тиску гребеня колеса на голівку рейки велика, а вертикальна динамічна сила, що діє від колеса на голівку рейки, мала (наприклад, унаслідок розвантаження при коливаннях вагону), то гребінь почне

підніматися по робочій грані голівки рейки і виявиться на його поверхні катання. Накочення колеса на голівку рейки не є миттєвим процесом. Воно відбувається протягом деякого часу. Якщо в цей час коефіцієнт запасу стійкості за рахунок коливань кузова або необресорених мас стане більше одиниці, то колесо зісковзне вниз, процес наковчання його на голівку рейки прирветься і безпека руху не порушиться.

Основними показниками, які характеризують безпеку руху локомотивів, є:

- критична швидкість руху;
 - коефіцієнт запасу стійкості проти сходу колеса з рейок;
 - коефіцієнт запасу стійкості від перекидання.
- Динамічні якості рухливого складу оцінюються по значеннях, що допускаються:
- коефіцієнтів запасу стійкості проти сходу колеса з рейок;
 - показників плавності ходу;
 - рамних сил;
 - частот вигинистих коливань кузова;
 - коефіцієнтів вертикальної динаміки і конструктивного запасу.

Причинами аварій і крахів є, перш за все, відхилення в стані рейкової дороги і ходових частин рухливого складу від норм їх вмісту [13]. З іншого боку, мають місце обставини, пов'язані з недоліками конструкції ходових частин екіпажів, які безпосередньо не викликають схід, але є причинами розвитку динамічних процесів, які приводять до підвищеної силової дії рухливого складу на дорогу і, зрештою, викликають його схід. Аналіз сходу за останні декілька років показав, що схід унаслідок вповзання колеса на рейку частіше був в порожніх вагонів.

Основними причинами сходу коліс подвижного складу з рейок є:

- схід із-за провалу колеса всередину колії;
- схід із-за наковчання колеса на рейку;
- схід із-за викиду дороги;
- схід із-за зламів рейки, зламів осей і коліс рухливого складу.

У число причин сходу коліс вагонів з рейок, пов'язаних з несправностями ходової частини вагонів, можна також включити такі, як:

- злам бічних рам і надресорних балок візків;
- несправності роликових підшипників буксового вузла;
- зрушення ступиці колеса на осі, обриви і відмови автозчипного пристрою;
- знос елементів фрикційних гасителів коливань і вузла того, що спирається кузова на надресорную балку;
- зміна профілю колеса, у тому числі загострений накат, недопустимі відхилення розмірів візка (баз, боковин, діаметрів коліс і так далі).

Наковчання колеса на голівку рейки (схід колеса з рейки) залежить від величин сил взаємодії колеса і рейки і геометрії колеса, а точніше – його гре-

беня. Супутніми чинниками, що впливають на накопчення колеса, є:

- кути нахилу робочої грані голівки рейки і гребеня колеса (міра і форма їх зносу);
- коефіцієнт тертя взаємодіючих поверхонь (з лубрикацією або без);
- вифарбовування металу на бічному робочому викруглянні голівки;
- вертикальні або горизонтальні нерівності рейки;
- план і профіль дороги.

У загальному випадку краху і аварії поїздів відбувалися по причинах [14]:

- несправності дороги – 44 %;
- несправності рухливого складу – 32,5 %;
- режими вибігання і тяги на переломах подовжнього профілю лінії – 6,3 %;
- режими повного службового і екстреного гальмування – 8,5 %;
- електричного (рекуперативного і екстреного гальмування) – 6,5 %.

При розробці заходів для підвищення рівня безпеки руху необхідно враховувати, що всі технічні засоби функціонують не ізольовано, а в умовах щонайтіснішої взаємодії. Зокрема, залізнична колія "працює" в умовах складної динамічної взаємодії механічної системи "колесо-рейка", на яку безпосередньо впливає режим ведення поїзда. Отже, щонайтісніша координація розробки методів забезпечення функціонування технічних засобів вагонного, локомотивного і путнього господарств є просто обов'язковою, але до сього дня погано здійснюємою вимогою забезпечення безпеки руху [15].

Підвищення безпеки, підвищення швидкості руху, створення резерву пропускної спроможності і забезпечення можливості управління рухом можливо спланувати за рахунок реалізації наступних заходів:

- створення і вдосконалення комплексів управління і забезпечення безпеки на локомотивах, включаючи автоведення, діагностування, реєстрацію параметрів руху;
- створення комплексів диспетчерського управління і контролю з передачею на локомотиви відповідальних команд і інформації для оптимального регулювання рухом поїздів з врахуванням оперативної зміни поїздової ситуації (розробка навігаційних систем і систем телематичського моніторингу транспортних потоків, систем управління транспортними потоками і інтелектуальних транспортних систем);
- створення системи технічного діагностування з підвищеною достовірністю з підвищеною достовірністю виявлення дефектів і прогнозуючих діагностичних систем на основі принциповий нових способів виявлення дефектів на ходу поїзди;
- розробка інтелектуального поїзда, що включає, серед іншого, системи діагностування і реєстрації даних, системи цифрового зв'язку, системи визначення подовжніх динамічних зусиль, системи розподіленого управління гальмівним устаткуванням і ін.

Поєднання різних способів контролю і ідентифікації дозволяє забезпечити необхідну достовірність і повноту вихідної інформації про рухливий склад, що якісно підвищує ефективність систем, що інформаційний-управляють, за рахунок зменшення негативного впливу «человече-ського чинника» і дозволяє перейти до «прогнозних» систем управління.

Висновок. Одним із способів істотного зниження аварійності, ризик і погроз безпеці є створення багатофункціональної системи управління і забезпечення безпеки рухом поїздів, з використанням нових технічних засобів і технологій управління, цифрових систем зв'язку і нових методів технічної діагностики.

При розробці методів забезпечення функціонування технічних засобів рухливого складу обов'язковою є щонайтісніша координація спільних дій. Підвищення безпеки руху повинне досягатися шляхом рішення задачі в комплексі з вдосконаленням конструкції, контролем технічного стану, режимами експлуатації, діагностики та інше.

Л і т е р а т у р а

1. Ольшевский, Е. А. Метод определения критерия устойчивости и коэффициента безопасности против схода с рельсов железнодорожного вагона [Текст] / Е. А. Ольшевский // *Праці ДПТ*. – 1967. – Вип. 72. – С. 94–101.
2. Трофимов А. Н. Процесс всползания гребня колеса на головку рельса при движении железнодорожного экипажа на боковой путь стрелочного перевода // *Тр. ЛИИЖТ*, 1973. – Вип. 323 – С. 56–66.
3. Carter F. W. On the Stability of Running of Locomotives // *Proc. Royal Soc.*, 1928, A, vol. 121, P. 585–611.
4. Elkins, J. A. Testing and Analysis Techniques for safety Assessment of Rail Vehicles: State of the Art / J.A. Elkins, A. Carter // *Vehicle System Dynamics*. – 1993. – 22. – P. 185–208.
5. Nadal, M. J. Locomotives a Vapeur Collection Encyclopedie Scintifique Biblioteque de Mecanique Applique et Genie, Vol. 186, (Paris), 1908.
6. Цыганенко В. В. Определение горизонтальных поперечных сил в кривых с учетом продольных сил, действующих в составе // *Пр. ДПТ*, вип. 88. – Дніпропетровськ, 1968. У кн.: Исследования взаимодействия пути и подвижного состава.
7. Азовский, А. П. Об оценке запаса устойчивости колеса от вкатывания на головку рельса [Текст] / А. П. Азовский, В. Н. Котуранов, М. Н. Овечников, И. В. Плотников / *Збірник статей міжнародної конференції «Безопасность движения поездов»*. – М.: МПТ – 2007. – С. VI-1-VI-2.
8. Вериги, М. Ф. Вопросы взаимодействия пути и подвижного состава и вопросы расчета пути [Текст] / М. Ф. Вериги // *Праці ЦНП МПС*. – 1963. – Вип. 268. – 125 с.
9. Мартынов, И. Э. Износ гребней колес грузовых вагонов и рельсов: проблема и пути ее решения / И. Э. Мартынов, В. Г. Маслиев, С. Д. Мокроусов и др. // *Вагонный парк*. – № 5 (74). – 2013. – С. 4–7.
10. Погорелов, Д. Ю. Показатель для оценки опасности схода подвижного состава путем вкатывания колеса на головку рельса [Текст] / Д. Ю. Погорелов, В. А. Симо-

- нов / Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 5 (147). – Частина I. – С. 64–70.
11. РД 24.050.37-95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. [Текст] – Введен у дію 01.07.1996. – М.: ДержНІІВ, 1995. – 101 с.
 12. . Блохин, Е. П. К вопросу зависимости коэффициента запаса устойчивости против схода колеса с рельса от горизонтальных поперечных ускорений пола в шкворневом сечении пассажирского вагона [Текст] / Е. П. Блохин, С. В. Мямлин / Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2011. – № 12 (166). – Частина I. – С. 237–248.
 13. Погорелов, Д. Ю. Критерий для оценки опасности схода подвижного состава путем вкатывания колеса на головку рельса [Текст] / Д. Ю. Погорелов, В. А. Симонов / Рухомий склад XXI століття: ідеї, вимоги, проекти». – 2009. – С. 136–138.
 14. Коротенко, М. Л. Безопасность от схода колеса с рельсов и совершенствование конструкций подвижного состава. Монография [Текст] / М. Л. Коротенко, И. В. Клименко, В. Я. Панасенко. – Д.: Дніпропетровськ, 2013. – 220 с.
 15. Недосеков А.Н. Стратегические ориентиры производства транспортной техники // Локомотив. – 2008. – №11. – С. 5–7.

References

1. Olshevskiy, E. A. Metod opredeleniya kriteriya ustoychivosti i koeffitsienta bezopasnosti protiv shoda s relsov zheleznodorozhnogo vagona [Текст] / E. A. Ol-shevskiy // Pratsi DIIT. – 1967. – Vip. 72. – S. 94–101.
2. Trofimov A. N. Protsess vspolzaniya grebnya kola na golovku relsa pri dvizhenii zheleznodorozhnogo eki-pazha na bokovoy put strelochnogo perevoda // Tr. LIIZhT, 1973. – Vip. 323 – S. 56–66.
3. Carter F. W. On the Stability of Running of Locomotives // Proc. Royal Soc., 1928, A, vol. 121, P. 585–611.
4. Elkins, J. A. Testing and Analysis Techniques for safety Assessment of Rail Vehicles: State of the Art / J.A. Elkins, A. Carter // Vehicle System Dynamics. – 1993. – 22. – P. 185–208.
5. Nadal, M. J. Locomotives a Vapeur Collection Encyclopedie Scintifique Biblioteque de Mecanique Applique et Genie, Vol. 186, (Paris), 1908.
6. Tsyiganenko V. V. Opredelenie gorizontalnykh poperechnykh sil v krivyykh s uchetoм prodolnykh sil, deystviyuschiy v sostave // Pr. DIIT, vip. 88. – Dnipropetrovsk, 1968. U kn.: Issledovaniya vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava.
7. Azovskiy, A. P. Ob otsenke zapasa ustoychivosti kola ot vkatyivaniya na golovku relsa [Текст] / A. P. Azovskiy, V. N. Koturanov, M. N. Ovechnikov, I. V. Plotnikov / Zbİrnik statey mizhnarodnoi konferentsii «Bezopasnost dvizheniya poezdov». – M.: MIIT – 2007. – S. VI-1-VI-2.
8. Verigo, M. F. Voprosy vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava i voprosy rasheta puti [Текст] / M. F. Verigo // Pratsi TsNII MPS. – 1963. – Vip. 268. – 125 s.
9. Martynov, I. E. Iznos grebney koles gruzovykh vago-nov i relsov: problema i puti ee resheniya / I. E. Mar-tyinov, V. G. Masliev, S. D. Mokrousov i dr. // Vagonnii park. – № 5 (74). – 2013. – S. 4–7.
10. Pogorelov, D. Yu. Pokazatel dlya otsenki opasnosti shoda podvizhnogo sostava putem vkatyivaniya kola na golovku relsa [Текст] / D. Yu. Pogorelov, V. A. Simo-nov / Visnik ShidnoukraYinskogo natsİonalnogo unİver-sitetu
- Im. V. Dalya. – 2010. – № 5 (147). – Chastina I. – S. 64–70.
11. RD 24.050.37-95. Vagoni gruzovye i passazhirskie. Metody ispytaniy na prochnost i hodovyye kachestva. [Текст] – Vveden u diyu 01.07.1996. – M.: DerzhNIIV, 1995. – 101 s.
12. Blohin, E. P. K voprosu zavisimosti koeffitsienta zapasa ustoychivosti protiv shoda kola s relsa ot gorizontalnykh poperechnykh uskoreniy pola v shkvor-nevom sechenii passazhirskogo vagona [Текст] / E. P. Blohin, S. V. Myamlin / Visnik Shidnoukrainskogo natsİonalnogo universitetu im. V. Dalya. – 2011. – № 12 (166). – Chastina I. – S. 237–248.
13. Pogorelov, D. Yu. Kriteriy dlya otsenki opasnosti sho-da podvizhnogo sostava putem vkatyivaniya kola na go-lovku relsa [Текст] / D. Yu. Pogorelov, V. A. Simonov / Rухomiy sklad XXI stolittya: Idei, vimogi, proekti». – 2009. – S. 136–138.
14. Korotenko, M. L. Bezopasnost ot shoda kola s rel-sov i sovershenstvovanie konstruktsiy podvizhnogo sos-tava. Monografiya [Текст] / M. L. Korotenko, I. V. Klimenko, V. Ya. Panasenکو. – D.: Dnipropetrovsk, 2013. – 220 s.
15. Nedosekov A.N. Strategicheskie orientiry proizvodstva transportnoy tehniki // Lokomotiv. – 2008. – № 11. – S. 5–7.

Клюев С.А. Повышение безопасности движения на железных дорогах.

В статье рассмотрены вопросы обеспечения безопасности движения рельсовых экипажей. Выполнен анализ причин схода колес подвижного состава с рельс. Предложены мероприятия снижения аварийности, рисков и угроз безопасности путем создания многофункциональной системы управления и обеспечения безопасности движением поездов, с использованием новых технических средств и технологий управления, цифровых систем связи и новых методов технической диагностики.

Ключевые слова: безопасность, подвижной состав, сход колеса, критическая скорость, динамические качества.

Klyuev S. Motion safety improvement on railway.

The questions of providing of safety of motion of rolling stock are considered in the article. The analysis of reasons of derailling of rolling stock is executed. The measures of decline of accident rate are offered, risks and threats safety by creation of multifunction control system and providing of safety motion of trains, with the use of new hardwares and management technologies, digital communication and new methods of technical diagnostics networks. The increase of safety of motion must be arrived at by the decision of task in a complex with perfection of construction, control of the technical state, modes of exploitation, diagnosticians and so on. Combination of different ways of control and authentication allows to provide necessary authenticity and plenitude of initial information about rolling stock, that high-quality promotes efficiency of the informative-managing systems due to diminishing of negative influence of «human factor» and allows to proceed to «prognosis» control system

Keywords: safety, rolling stock, derailling, critical speed, dynamic qualities.

Клюев С.О. – к.т.н., доц. кафедры «Охорони праці та БЖД» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail:sergistreet@gmail.com.

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

УДК 621.9

АНАЛИЗ СТАНОЧНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ, В КОТОРОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ КОЛЕСО ЯВЛЯЕТСЯ ЭВОЛЬВЕНТНЫМ

Кузьменко Н.Н.

THE ANALYSIS OF MACHINE GEARING IN WHICH THE CYLINDRICAL WHEEL IS EVOLVENT

Kuzmenko N.

В статье рассмотрена разработка теории получения в аналитическом виде станочного квазиглобоидного зубчатого зацепления с линейным контактом между цилиндрическим эвольвентным колесом и нарезаемым квазиглобоидным неэвольвентным колесом, при предложенной схеме формообразования квазиглобоидных витков (зубьев) будет получаться линейный контакт при любом передаточном числе, что позволит снизить себестоимость изготовления зубчатых колес на 20%.

Ключевые слова: станочное зацепление, эвольвентное колесо, глобоидное зубчатое колесо, квазиглобоидное зубчатое колесо, формообразование.

Введение. Любое техническое решение характеризуется некоторыми предельно достижимыми показателями его работоспособности. Реализуются они не сразу, а по мере последовательного усовершенствования, установления выявленных недостатков технического решения. Происходит эволюционное, т. е. осуществляемое постепенно, развитие технической идеи. Причем чем ближе достигнутые показатели к некоторым предельно достижимым, тем все больше требуется затрат и усилий, хотя показатели работоспособности, т. е. достигаемые результаты, повышаются все меньше. Такая общая диалектическая картина развития свидетельствует о том, что данное техническое решение достигло своего предельного состояния и что дальнейшие количественные изменения экономически нецелесообразны; необходимо внесение качественных, т. е. принципиально новых, изменений, позволяющих осуществить скачок в показателях работоспособности относительно ранее достигнутых.

Глобоидные червячные передачи с глобоидным червяком имеют несущую способность больше, чем обычные червячные передачи с цилиндрическим червяком. Они имеют очень большие передаточные отношения, в которых реализован линейный харак-

тер касания и находят широкое применение в различных силовых машинах.

Но есть большое количество машин и механизмов, где применяются зубчатые передачи на скрещивающихся валах с малыми передаточными отношениями. Они, к сожалению, имеют точечный характер касания. В результате их изготовить невозможно.

В связи с этим, перед исследователями стоит задача при малом передаточном отношении заменить глобоидный червяк в глобоидной передаче на квазиглобоидный червяк или квазиглобоидное колесо, получив, при этом линейный контакт.

Постановка проблемы. Несущую способность червячных передач можно повысить, если увеличить число витков червяка, сопрягающихся с червячным колесом, и расположить их на глобоидной поверхности. При этом контактные линии в зацеплении располагаются под большим углом к скорости скольжения, что улучшает условия для образования масляных клиньев в зацеплении. Такие передачи называют глобоидными. Их несущая способность при условии точного изготовления и надлежащего охлаждения существенно больше, чем передач с цилиндрическими червяками, зато изготовление и сборка их несколько сложнее.

Анализ последних исследований и публикаций. Основы этой теории заложили французский математик-геометр Оливье и русский ученый Х. И. Гохман.

Оливье, используя методы начертательной геометрии, разработал общий способ огибающих поверхностей для получения сопряженных поверхностей зубьев, а также обосновал возможность их получения посредством вспомогательных поверхностей.

Х. И. Гохман разработал основы аналитической теории пространственных зацеплений опираясь на математический аппарат дифференциальной

геометрии. В последующие годы метод Гохмана развивался, что нашло отражение в трудах таких ученых как Н. И. Колчин, И. А. Фрайфельд, П. Р. Родин, И. А. Кириченко и др.

Дальнейшее развитие теории пространственного станочного зацепления пошло по пути применения, так называемого, кинематического метода, который начали разрабатывать с 50-х годов прошлого века Шишков, Давыдов, Литвин.

Цель статьи. Существуют различные методы аналитического исследования зубчатых и станочных зацеплений. Используя один из этих методов, докажем линейный характер контакта в квазиглобoidных станочных передачах с малыми передаточными числами.

Результаты исследований. В основе кинематического метода лежит теорема о том, что в точке контакта взаимогнбаемых поверхностей вектор скорости \vec{v} относительного движения перпендикулярен нормали \vec{n} . Их произведение равно нулю $\vec{n} \cdot \vec{v} = 0$.

На основе кинематического метода были разработаны методы анализа зубчатых зацеплений.

- соответствие уравнения поверхности зацепления;

- уравнения поверхности зубьев ведомого колеса и инструмента;

- определение уравнений характеристик - текущей линии касания поверхностей инструмента и нарезаемого колеса.

Наиболее полно теория и методы исследования пространственных зубчатых зацеплений и пространственных станочных зацеплений на основе кинематического метода изложены в работе Литвина, которая считается классической.

С развитием ЭВМ появились новые возможности широкого применения теоретических методов на практике, а также поиск новых методов и путей решения различных задач, ориентированных на использование компьютеров.

Геометрические преобразования (повороты, сдвиги) описываются с помощью математических моделей, основанных на использовании матриц.

Наибольшее распространение получил метод однородных координат. В основе этого метода лежит представление о том, что любая точка в N - мерном пространстве может рассматриваться как проекция точки из $(N+1)$ - мерного пространства.

Для точки в трехмерном пространстве необходимо четыре составляющие w_x, w_y, w_z, w , где w может принимать любое значение. Обычно $w = 1$, что соответствует нормализованным координатам $(x, y, z, 1)$. При этом все преобразования (повороты, сдвиги, проекции) могут быть описаны матрицей 4×4 следующего вида:

$$\text{Матрица поворотов} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & d \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & e \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & f \\ x & y & z & S \end{vmatrix} \text{ Векторы проекций}$$

Основные преобразования выражаются следующим образом:

- поворот на угол φ вокруг оси x

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

- поворот на угол θ вокруг оси y

$$\begin{vmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

- поворот на угол ψ вокруг оси z

$$\begin{vmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

- сдвиг на вектор (x, y, z)

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ x & y & z & 1 \end{vmatrix}$$

Совокупность операций по преобразованию координат точки или тела описывается произведением матриц, которое приводится к единой матрице.

Вывод. Таким образом, на основе разработанной теории в аналитическом виде получено станочное квазиглобoidное зубчатое зацепление с линейным контактом между цилиндрическим эвольвентным колесом и нарезаемым квазиглобoidным неэвольвентным колесом.

Л и т е р а т у р а

1. Журавлев В. Л. Технология изготовления глобoidных передач. - М.: Машиностроение, 1995.
2. Кириченко И.А. Гиперболоидная зубчатая передача, полученная цилиндрической производящей поверхностью: 3б. наукових праць.- Краматорськ: Вид-цтво ДДМА, вип.№11, 2001.- С.129-133.

3. Кириченко И.А., Витренко В.А., Витренко А.В. Зубчатые передачи на скрещающихся валах // Международный сборник научных трудов "Прогрессивные технологии и системы машиностроения". – Донецк: ДГТУ.- 2002.-Выпуск №19.- С. 83-88.
4. Патент № 1.980.237, кл. 74-427, автор Nikola Trobojevich.
5. Патент США № 1.972.544, кл. 90-4.
6. Патент 1819196. В.А. Витренко. Способ изготовления гиперболических зубчатых колес
7. Litvin, F.L. Gear Geometry and Applied Theory. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994. – 724 p.
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 transmiss-ion 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. Patent 1819196. В.А. Витренко. Method of making of hyperboloidal gear-wheelsLitvin, F.L. Gear Geometry and Applied Theory. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994. – 724 p.
7. Litvin, F.L. Gear Geometry and Applied Theory. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994. – 724 p.
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. Аналіз верстатного зачеплення, в якому циліндрове колесо є евольвентним.

У статті розглянута розробка теорії здобуття в аналітичному вигляді верстатного квазіглобoidного зубчастого зачеплення з лінійним контактом між циліндровим евольвентним колесом і нарізаним квазіглобoidним неевольвентним колесом, при запропонованій схемі формоутворення квазіглобoidних витків (зубів) виходить лінійний контакт при будь-якому передавальному числі, що дозволить понизити собівартість виготовлення зубчастих коліс на 20%.

Ключові слова: верстатне зачеплення, евольвентное колесо, глобoidное зубчасте колесо, квазіглобoidное зубчасте колесо, формоутворення.

Kuzmenko N. The analysis of machine gearing in which the cylindrical wheel is evolvent.

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 «Приладобудування, метрологія та електротехніка» СНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 17.03.2016

УДК 656.025.4

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ
ВАНТАЖІВ НА ЗМІННУ СКЛАДОВУ ЗАГАЛЬНИХ ВИТРАТ****Куш Є.І., Скрипін В.С.****INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PROCESS PARAMETERS OF CARGO
TRANSPORTATION ON THE VARIABLE COMPONENT OF THE TOTAL COSTS****Kush Y. Skrypin V.**

Ефективність процесу перевезення вантажів визначається його витратами, що залежать від параметрів транспортних технологій. Управління витратами є актуальною проблемою в умовах ринкових змін. Проаналізовано вплив параметрів технологічного процесу перевезення вантажів на змінну складову загальних витрат. В результаті отримано двофакторну регресійну модель визначення змінних витрат, в яку, в якості змінних, увійшли вантажопідйомність транспортного засобу і його питома витрата палива. Результати аналізу статистичних показників свідчать про її адекватність і можливість застосування на практиці.

Ключові слова: транспортний засіб, транспортна послуга, загальні витрати, змінні витрати, вантажопідйомність.

Вступ. Автомобільний транспорт відіграє важливу роль в економіці країни. Значення транспорту визначається об'єктивною необхідністю перевезення вантажів від місця виробництва до місця споживання [1]. Соціально-економічні перетворення, що відбулися в Україні за останні 20 років, змінили вимоги до системи організації і управління транспортною сферою. Майже всі крупні автотранспортні організації приватизовані. Крім того, існує велика кількість індивідуальних перевізників і невеликих приватних підприємств. Кожне з них використовує свій метод визначення витрат на перевезення, спираючись на власний досвід, економічний стан і реакцію ринку транспортних послуг. Тому актуальним є визначення впливу параметрів транспортних технологій на витрати і розробка підходу до їх визначення.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. В умовах ринкової економіки аналіз фінансового стану автотранспортного підприємства має особливе значення через те, що його результати визначають управлінські рішення. Операційний аналіз, що відстежує залежність фінансових результатів діяльності підприємства, є основним ефектив-

ним методом фінансового аналізу [1]. Розділення витрат на змінні і постійні є основною умовою для проведення даного виду аналізу.

Під час надання транспортних послуг, підприємство несе відповідні витрати – оплата праці, витрати на запчастини, паливо, мастильні матеріали, на ремонт і утримання транспорту і доріг, витрати на утримання будівель, податки та ін. [1-4]. Всі ці витрати діляться на ті, що залежать від обсягу виробництва і не залежать. Першу групу відносять до змінних, другу – до постійних [3, 5-7, 9].

На вантажному автомобільному транспорті змінні витрати безпосередньо пов'язані з виконаною транспортною роботою. До них відносять витрати на [3, 6-7, 9]: автомобільне паливо; мастильні матеріали і інші експлуатаційні матеріали; автомобільні шини; технічне обслуговування і експлуатаційний ремонт; амортизацію транспортних засобів; заробітну плату водія, якщо вона залежить від обсягу виконаної роботи та інші.

Загальні витрати на перевезення вантажів визначаються за наступною залежністю [8]:

$$C_{\Sigma} = C_{3M} L + C_{П} T, \quad (1)$$

де C_{3M} – змінні витрати, євро/км;

$C_{П}$ – постійні витрати, євро/год.;

L – пробіг транспортного засобу, км;

T – час роботи на маршруті, год.

Визначення витрат на перевезення можливе також через собівартість перевезення 1 т вантажу, яка є одним з основних параметрів, що впливає на ефективність діяльності автотранспортного підприємства [6]. Собівартість, як показник, має велике значення при оцінці автотранспортної діяльності: чим вона нижча, тим кращий фінансовий стан підприємства [8].

Собівартість перевезення 1 тони вантажу (S_T) визначається за такою залежністю [8]:

$$S_T = \frac{l_{iv}}{q_n \cdot \gamma_{cm} \cdot \beta} \cdot \left(C_{3M} + \frac{C_{II}}{V_T} \right) + \frac{C_{II} \cdot t_{n/p}}{q_n \cdot \gamma_{cm}}, \quad (2)$$

де l_{iv} – довжина їздки з вантажем, км;

q_n – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;

γ_{cm} – статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності;

β – коефіцієнт використання пробігу;

V_T – технічна швидкість транспортного засобу, км/год;

$t_{n/p}$ – час на навантаження-розвантаження, год.

Серед показників, що впливають на собівартість перевезень, змінні витрати посідають особливу роль. За результатами досліджень вони складають до 80% загальної сума витрат на перевезення [3, 9]. Тому їх визначення має особливе значення в задачі оптимізації транспортних витрат.

Проведені вченими дослідження дозволили отримати математичний вираз залежності змінних витрат від вантажопідйомності транспортних засобів [8]. В сучасних ринкових умовах конкурентну боротьбу виграє те автотранспортне підприємство, яке може надати послуги за найменшою вартістю. Отже доцільним є розробка аналітичного виразу, який би визначав залежність змінних витрат від па-

раметрів технологічного процесу перевезення вантажів в сучасних умовах з достатньою адекватністю.

Ціль та задачі роботи. Метою даної роботи є дослідження впливу параметрів технологічного процесу перевезення вантажів на змінну складову загальних витрат.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати показники діяльності автотранспортних підприємств.

2. Виявити закономірність впливу параметрів технологічного процесу перевезення вантажів на змінну складову загальних витрат.

Виклад основного матеріалу. Для виконання поставленої мети на першому етапі дослідження було проведено аналіз економічної діяльності автотранспортних підприємств м. Харкова. Для цього були розглянуті звіти з діяльності, в яких визначалися витрати, що відносяться до змінних: витрати на паливо, мастильні матеріали, шини, технічне обслуговування (ТО) і ремонт, та інші. Вибірка підприємств і їх автомобільних парків, була такою, яка охопила максимальний різновид транспортних засобів за вантажопідйомністю. При цьому досліджувалися ті підприємства, в яких парки або бригади складаються з автомобілів однієї марки (табл. 1).

Результати аналізу статей витрат автотранспортних підприємств на здійснення технологічного процесу перевезення вантажів для транспортних засобів різної вантажопідйомності наведено в табл. 2.

Таблиця 1

Марки і технічні характеристики вантажних транспортних засобів

№	Марка транспортного засобу	Вантажопідйомність, т	Тип двигуна	Витрата палива, л/100 км
1	BAW Tonik 33463	1	Дизельний	12
2	JAC HFC1020KR	1,5	Дизельний	11
3	JAC HFC1020K	1,75	Дизельний	12
4	ГАЗ 3302 "Класік"	2	Бензиновий	12,5
5	FAW CA 1041	2,5	Дизельний	13,3
6	FOTTON BJ1043DK Evro	3	Дизельний	13,5
7	ГАЗ 3310 "Фермер"	3,5	Дизельний	15
8	ГАЗ 3310	3,9	Дизельний	16,6
9	ГАЗ 330809	4,3	Дизельний	17
10	ГАЗ 3309	4,5	Дизельний	25
11	Купава 470010	4,7	Дизельний	18
12	Dong Feng DFA1081E	5	Дизельний	18,5
13	Tata LPT1116	6	Дизельний	20
14	Купава 570010	6,65	Дизельний	22
15	FOTTON BJ1099	7	Дизельний	23
16	MAZ 5340A5-370-010	7,7	Дизельний	28,8
17	MAZ 5336A3	8,2	Дизельний	25
18	MAZ 534008-020	9,25	Дизельний	28
19	Mercedes 1841LL	10	Дизельний	28
20	MAZ 630305-221-600	12,7	Дизельний	30
21	MAZ 630305-220-600	13,3	Дизельний	26
22	MAZ 631208-070-710	14,05	Дизельний	32
23	CAMC HN1250G4D1	14,7	Дизельний	33
24	КРА365101	17	Дизельний	35
25	HOWO EXPO	20	Дизельний	39

Таблиця 2

Статті витрат на виконання транспортного процесу автомобілями різної вантажопідйомності

Марка транспортно-го засобу	Статті витрат					
	Пробіг, км	Витрати на паливо, євро	Витрати на шини, євро	Витрати на мастильні матеріали, євро	Витрати на ТО і ремонт, євро	Інші витрати, євро
BAW Tonik 33463	280512,9	22440,96	534,84	7854,34	3740,16	4955,72
JAC HFC1020KR	264808,8	16020,93	961,26	8650,42	5296,18	4670,96
JAC HFC1020K	235771,2	15560,9	855,85	7976,93	4715,42	4360,46
ГАЗ 3302 Класік	166824,2	11469,15	491,8	5838,84	3058,44	3131,83
FAW CA 1041	156816,1	11471,09	569,24	5854,47	3136,32	3170,47
FOTTON BJ1043DK Evro	226800,6	16839,9	823,28	8731,8	4914	4688,46
ГАЗ 3310 Фермер	242712,7	20023,74	1548,5	9627,58	4854,24	5312,07
ГАЗ 3310	278784,2	25452,98	1778,64	11058,43	5575,68	6382,20
ГАЗ 330809	242712,4	22693,57	2749,93	9627,58	5258,76	5809,28
ГАЗ 3309	283896,6	39035,7	3216,54	11261,21	6151,08	8340,88
Купава 470010	242712,7	24028,49	1388,31	9627,58	4854,24	5759,14
Dong Feng DFA1081E	346104,2	35216,08	2665	13728,79	8075,76	8442,27
Tata LPT1116	276912,6	30460,32	2132,22	10984,18	6922,8	7170,3
Купава 570010	293760,1	35544,96	2455,83	11652,48	6854,4	7994,42
FOTTON BJ1099	347544,9	43964,32	2370,25	13785,91	8688,6	9752,6
MAZ 5340A5-370-010	268416,2	42517,09	2834,47	11273,47	6710,4	8779,95
MAZ 5336A3	310824	42738,3	3145,54	12329,35	7770,60	9057,89
MAZ 534008-020	273600,5	42134,4	2889,22	10852,80	6840	8617,42
Mercedes 184ILL	278928	42954,91	3375,03	11064,15	7438,08	8877,63
MAZ 630305-221-600	267336,2	44110,44	5391,28	10604,33	7128,96	9010,57
MAZ 630305-220-600	302832,3	43304,98	6329,19	12012,34	8075,52	9586,89
MAZ 631208-070-710	299736,8	52753,54	5275,35	11889,53	7992,96	10387,1
CAMC HN1250G4D1	257328,5	46705,03	5661,22	10207,35	7166,88	9255,69
КРА365101	222624,6	42855,12	5305,87	8830,75	5936,64	8410,16
HOWO EXPO	311760,7	66872,52	6287,16	12366,48	8833,2	12348,3

Змінні витрати визначалися за наступною залежністю:

$$C_{3M} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{3Mi}}{L_3}, \quad (3)$$

де C_{3Mi} – значення i -ої статті змінних витрат, євро, (наприклад C_n – витрати на паливо, євро; $C_{ш}$ – витрати на шини, євро; C_m – витрати на мастильні матеріали, євро, та інші).

L_3 – загальний пробіг за період, що розглядається, км,

n – кількість статей змінних витрат.

В результаті проведених розрахунків було отримано значення змінних витрат на виконання процесу перевезення вантажів для транспортних засобів різної вантажопідйомності.

Дослідження залежності змінних витрат від параметрів технологічного процесу перевезення вантажів проводилося з використанням регресійно-

го і кореляційного аналізу [10]. Характеристики параметрів моделей визначалися з використанням методів математичної статистики [10]. Значимість факторів моделей визначалася на основі критерію Стюдента [11], інформаційна спроможність моделей – з використанням критерію Фішера [12]. Тіснота зв'язку між залежною та незалежною змінними визначалася коефіцієнтом кореляції.

Витрата палива є однією з найбільших статей витрат (табл. 2). Вона залежить не тільки від умов експлуатації, а і від конструктивних особливостей транспортного засобу. Чим більшою вантажопідйомністю автомобіль, тим більш потужний двигун потрібно на нього встановлювати з більшою витратою палива. Проведені додаткові дослідження, під час яких було проаналізовано залежність витрат палива від вантажопідйомності транспортних засобів, дозволили обґрунтувати дане ствердження. Графічне представлення цієї залежності наведено на рис.1.

Математично описати залежність витрати палива (R_n) від вантажопідйомності транспортних засобів можливо такою регресійною моделлю:

$$R_n = 1,255 + 8,196 \cdot q_n^{0,5}. \quad (4)$$

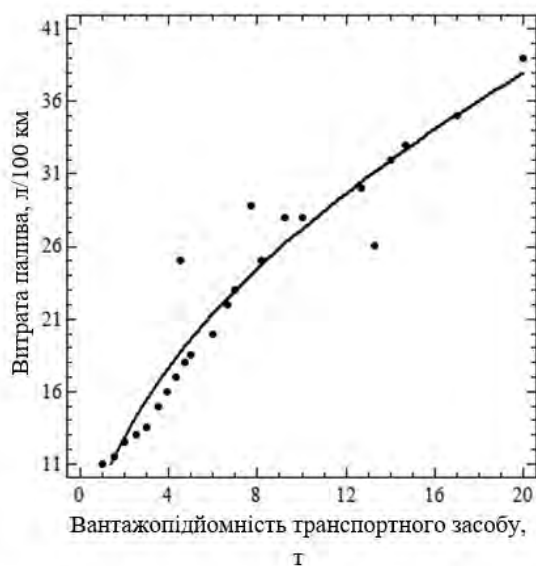


Рис. 1. Залежність витрати палива від вантажопідйомності транспортного засобу

Отримана модель має достатньо високу інформаційну спроможність, про що свідчить розрахункове значення показника Фішера 269,5, що перевищує табличне – 4,26. Значення коефіцієнта множинної кореляції, що дорівнює 0,925, свідчить про достатньо високий ступінь взаємозв'язку між параметрами що досліджуються [13]. Середня помилка апроксимації складає 6,98 %.

На наступному етапі було проведено дослідження залежності змінних витрат від вантажопідйомності транспортних засобів. Графічне представлення цієї залежності наведено на рис. 2.

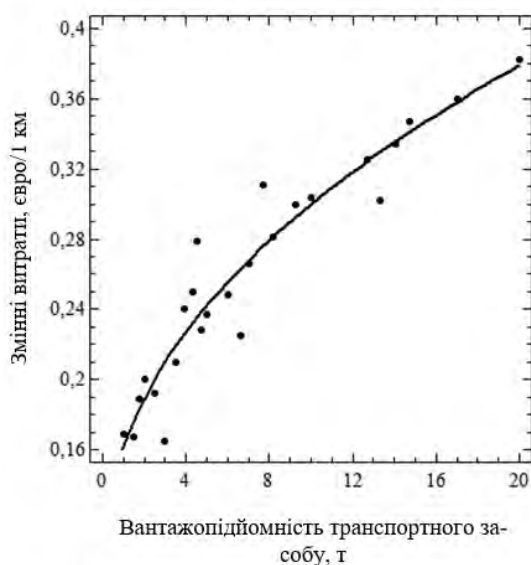


Рис. 2. Залежність змінних витрат від вантажопідйомності транспортного засобу

Зі збільшенням вантажопідйомності транспортних засобів зростають витрати на пальне, мастильні матеріали, шини, технічне обслуговування та інші, що призводить до зростання змінних витрат.

Математично описати залежність змінних витрат від вантажопідйомності транспортних засобів можливо такою регресійною моделлю:

$$C_{3M} = 0,087 + 0,0746 \cdot q_n^{0,456}. \quad (5)$$

Результати статистичної оцінки вказують, що отримана модель має достатньо високу інформаційну спроможність. Про що свідчить розрахункове значення показника Фішера 229,67, що перевищує табличне – 4,26. Ступінь кореляції дорівнює 0,909. Середня помилка апроксимації складає 5,56 %. Отже отримана модель достатньо адекватно описує залежність змінних витрат від вантажопідйомності транспортних засобів.

Аналіз рис. 1 показує певний розкид точок експериментальних досліджень, що свідчить про непропорційність залежності витрати палива від вантажопідйомності транспортних засобів. Це відбувається коли, наприклад, транспортний засіб є застарілою маркою, і відрізняється економічністю від нових, або він має бензиновий неекономічний двигун та інше. Тому на наступному етапі було проведено дослідження залежності впливу питомої витрати палива транспортного засобу (R_n), яка враховує ці особливості вантажних автомобілів, на змінні витрати. Вона розраховується як відношення витрати палива автомобіля до його вантажопідйомності.

Графічне представлення залежності змінних витрат від питомої витрати палива транспортних засобів наведено на рис. 3.

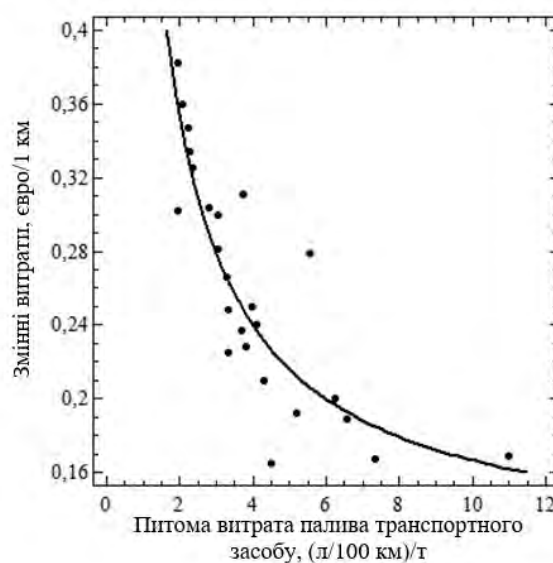


Рис. 3. Залежність змінних витрат від питомої витрати палива

Отримана залежність показує, що збільшення питомої витрати палива свідчить про зменшення вантажопідйомності автомобіля, і отже зменшення змінних витрат.

Математично описати залежність змінних витрат від питомої витрати палива транспортних засобів можливо такою регресійною моделлю:

$$C_{3M} = 0,111 + 0,46 \cdot R_n^{-0,92} \quad (6)$$

Результати статистичної оцінки вказують, що отримана модель має достатньо високу інформаційну спроможність. Про що свідчить розрахункове значення показника Фішера 78,83, що перевищує табличне – 4,26. Ступінь кореляції дорівнює 0,774. Середня помилка апроксимації дорівнює 8,61 %. Отже отримана модель з достатньо адекватно описує залежність змінних витрат від питомої витрати палива транспортних засобів.

Результати отриманих досліджень дозволяють зробити висновок, що отримані однофакторні моделі вірно відображають характер залежності змінних витрат від параметрів, що розглядалися. Але через недостатньо значні статистичні показники їх використовувати недоцільно. Задачу дослідження впливу параметрів технологічного процесу перевезення вантажів на змінні складові загальних витрат доцільно вирішувати з використанням методу множинної кореляції. Тому наступним етапом дослідження є визначення залежності змінних витрат від вантажопідйомності і питомої витрати палива транспортного засобу. Було отримано двофакторну модель, яка на відміну від отриманих дослідниками раніше виразів нелінійна і має такий вигляд:

$$C_{3M} = 0,113 \cdot q_n^{0,339} + 0,067 \cdot R_n^{-0,092} \quad (7)$$

Значення коефіцієнта множинної кореляції отриманої моделі дорівнює 0,991, що свідчить про достатньо високий ступінь взаємозв'язку між параметрами, що досліджуються. Оцінка адекватності проводилася за показником середньої помилки апроксимації. Її значення дорівнює 2,38 % і відповідає допустимим межах. Статистичні показники факторів моделі наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Характеристика моделі визначення змінних витрат

Фактори	Границі вимірювань	Стандартна похибка	Критерій Стюдента	
			розрахунковий	табличний
Вантажопідйомність транспортного засобу, т	1-20	0,0021	53,75	2,01
Питома витрата палива, (л/100 км)/т	1,95-11	0,0047	14,24	

Як бачимо використання багатофакторного регресійного аналізу дозволило отримати модель визначення змінних витрат з кращим ступенем адекватності на відміну від однофакторного моделювання, про що свідчать статистичні показники. Це дає дозволяє зробити висновок про можливість її застосування на практиці.

Дослідження взаємозв'язку змінних витрат для різних транспортних засобів, що визначають параметри транспортних технологій, проводилося на підставі характеристичного графіка (рис. 4).

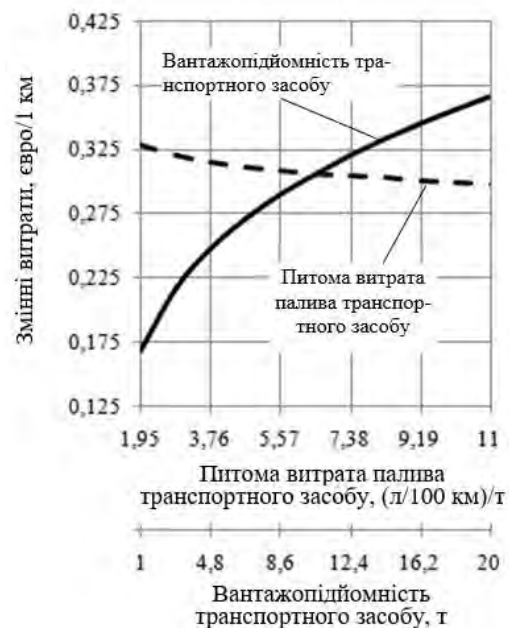


Рис. 4. Характеристичний графік змінних витрат на автомобільному вантажному транспорті

Висновки. В результаті проведених досліджень було отримано двофакторну регресійну модель визначення змінних витрат, в яку, в якості змінних, увійшли вантажопідйомність транспортного засобу і його питома витрата палива. Результати аналізу статистичних показників свідчать про її адекватність і можливість застосування на практиці.

У наступних дослідженнях планується визначення впливу параметрів технологічного процесу перевезення вантажів на постійну складову загальних витрат шляхом розробки і аналізу її математичної моделі.

Література

1. Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: Учебник для вузов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2006 – 560 с.
2. Winston C. Efficient Transportation Infrastructure Policy [Text] / C. Winston // Journal of Economic Perspectives. – 1991. – 5 (1). – P. 113-127.
3. The economics of transportation system : a reference for practitioners [Text] / K. Kockelman, T. D. Chen, K. Larsen, B. Nichols. – Austin : University of Texas at Austin, 2014. – 316 p.

4. Bougheas S. Infrastructure, transport costs and trade [Text] / S. Bougheas, P. Demetriades, E. Morgenroth // Journal of International Economics. – 1999. – № 47 Issue 1. – P. 169–189.
5. Kasilingam Raja G. Logistics and Transportation: Design and planning [Text] / Raja G. Kasilingam. – Jacksonville : Springer-Science + Business Media, B.V., 1999. – 297 p.
6. Левкин Г. Г. Логистика : теория и практика [Текст] / Г. Г. Левкин. – Ростов н/Д : Феникс, 2009. – 221 с.
7. Аникин Б.А. Коммерческая логистика [Текст]: Учебник / Б.А. Аникин, А.П. Тяпухин – М. : Проспект, 2015. – 432 с.
8. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / А. И. Воркут. – К. : Вища школа, 1986. – 447 с.
9. Калинина Т. Б. Учет затрат и калькулирование себестоимости на автотранспортных предприятиях [Текст] / Т. Б. Калинина // Бухгалтерский учет, статистика Экономические науки. – 2013. – № 4. – С.141–144.
10. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте [Текст] / В. Г. Галушко. – Киев : Вища школа, 1976. – 232 с.
11. Гутер Р. С., Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта [Текст] / Р. С. Гутер, Б. В. Овчинский. – М. : Наука, 1970. – 432 с.
12. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений [Текст] / А. К. Митропольский. – Москва : Наука, 1971. – 576 с.
13. Френкель А. А. Многофакторные корреляционные модели производительности труда [Текст] / А. А. Френкель. – Москва : Экономика, 1966. – 96 с.

References

1. Gruzovye avtomobil'nye perevozki [Tekst]: Uchebnik dlja vuzov / A. V. Vel'mozhin, V. A. Gudkov, L. B. Mi-rotn, A. V. Kulikov. – Moskva : Gorjachaja linija – Te-lekom, 2006 – 560 s.
2. Winston C. Efficient Transportation Infrastructure Policy [Text] / C. Winston // Journal of Economic Perspectives. – 1991. – 5 (1). – P. 113–127.
3. The economics of transportation system : a reference for practitioners [Text] / K. Kockelman, T. D. Chen, K. Larsen, B. Nichols. – Austin : University of Texas at Austin, 2014. – 316 p.
4. Bougheas S. Infrastructure, transport costs and trade [Text] / S. Bougheas, P. Demetriades, E. Morgenroth // Journal of International Economics. – 1999. – № 47 Issue 1. – P. 169–189.
5. Kasilingam Raja G. Logistics and Transportation: Design and planning [Text] / Raja G. Kasilingam. – Jacksonville : Springer-Science + Business Media, B.V., 1999. – 297 p.
6. Levkin G. G. Logistika : teoriya i praktika [Tekst] / G. G. Levkin. – Rostov n/D : Feniks, 2009. – 221 s.
7. Anikin B.A. Kommercheskaja logistika [Tekst]: Uchebnik / B.A. Anikin, A.P. Tjapuhin – M. : Prospekt, 2015. – 432 s.
8. Vorkut A. I. Gruzovye avtomobil'nye perevozki [Tekst] / A. I. Vorkut. – K. : Vishha shkola, 1986. – 447 s.
9. Kalinina T. B. Uchet zatrat i kal'kulirovanie sebes-toimosti na avtotransportnyh predpriyatijah [Tekst] / T. B. Kalinina // Buhgalterskij uchet, statistika Jeko-nomicheskie nauki. – 2013. – № 4. – S.141–144.
10. Galushko V. G. Veroyatnostno-statisticheskie metody na avtotransporte [Tekst] / V. G. Galushko. – Kiev : Vishha shkola, 1976. – 232 s.

11. Guter R. S., Jelementy chislennogo analiza i matema-ticheskoy obrabotki rezul'tatov opyta [Tekst] / R. S. Guter, B. V. Ovchinskij. – M. : Nauka, 1970. – 432 s
12. Mitropol'skij A. K. Tehnika statisticheskikh vychis-lenij [Tekst] / A. K. Mitropol'skij. – Moskva : Nau-ka, 1971. – 576 s.
13. Frenkel' A. A. Mnogofaktornye korrelyacionnye modeli proizvoditel'nosti truda [Tekst] / A. Frenkel'. – Moskva : Jekonomika, 1966. – 96 s.

Куш Е.И., Скрыпин В.С. Влияние параметров технологического процесса перевозки грузов на переменную составляющую общих затрат

Эффективность процесса перевозки грузов определяется его затратами, которые зависят от параметров транспортных технологий. Управление затратами является актуальной проблемой в условиях рыночных преобразований. Проанализировано влияние параметров технологического процесса перевозки грузов на переменную составляющую общих затрат. В результате получено двухфакторную регрессионную модель определения переменных затрат, в которую, в качестве переменных, вошли грузоподъемность транспортного средства и его удельный расход топлива. Результаты анализа статистических показателей свидетельствуют о ее адекватности и возможности применения на практике.

Ключевые слова: транспортное средство, транспортная услуга, общие затраты, переменные затраты, грузоподъемность.

Kush Y., Skrypin V. Influence of Technological Process Parameters of Cargo Transportation on the Variable Component of the Total Costs

The efficiency of cargo transportation process is determined by its costs, which depend on the parameters of transport technologies. These include labor costs, the cost of spare parts, fuel and lubricants, repair and maintenance of roads and transport, the cost of building maintenance, taxes and others. It is common practice to divide the costs into those independent and dependent on the volume of production. The first group is referred to as variable costs, the second - to the fixed costs. Road freight transport variable costs are directly related to the implementation of the transport operation. Cost management is an urgent problem in the conditions of market transformations. Within the framework of the research the authors have analyzed the impact of transport technology parameters to the variable component of the total cost. The conducted analysis resulted in creating a two-factor regression model for determining the variable costs which include the vehicle load and its specific fuel consumption as variables. The results of the analysis of statistical indicators show its adequacy and possibility of applying in practice.

Keywords: vehicle, transport service, total costs, variable costs, capacity.

Куш Є.І. – к.т.н., доцент кафедри "Транспортні системи і логістика" ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, e-mail: kush_bush@mail.ru.

Скрипін В.С. – аспірант кафедри "Транспортні системи і логістика" ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, e-mail: skrypinvs@gmail.com.

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

УДК 629.4.027:620.179.16

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ КРИТЕРІЇВ ВИЗНАЧЕННЯ ХИБНИХ ЛУНА-СИГНАЛІВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛІ ЗАЛІЗНИЧНИХ БАНДАЖІВ

Лисак Д.В.

PROVIDING THE NEW CRITERIA FOR DETERMINING OF THE FALSE ECHO-SIGNALS IN ULTRASONIC CONTROL OF A RAILWAY TIRES

Lysak D.

В статті розглянуто вплив хибних луна-сигналів на тлумачення результатів ультразвукового контролю при діагностуванні бандажів колісних пар рухомого складу залізниць, проаналізовані нові критерії визначення хибних луна-сигналів відбиття поверхневої хвилі при ультразвуковому контролі за допомогою прямого перетворювача, та аргументована необхідність забезпечення їх доступності для використання персоналом під час діагностичної операції ультразвукового контролю бандажів.

Ключові слова: локомотив, бандаж, безпека руху, ультразвуковий контроль, хибні луна-сигнали, критерії визначення.

Постановка проблеми. Оновлення рухомого складу залізниць є однією з найважливіших проблем транспорту України. Принциповою основою у створенні нового рухомого складу та його модернізації є використання нових технологічних рішень, матеріалів, приладів, тощо для забезпечення його високих техніко-економічних показників. Якісні зміни локомотивного парку з суттєво покращеними техніко-технологічними параметрами відіграють важливу роль у вирішенні проблем оновлення рухомого складу залізниць України. Нові та модернізовані локомотиви з комплексом перспективних технічних рішень дадуть можливість підвищити рівень безпеки руху поїздів та екологічної безпеки [1-5].

Колісна пара локомотивів є одним з відповідальних вузлів екіпажної частини, від стану якої залежить безпека руху поїздів. Ходові колеса локомотивів працюють в важких умовах. Зазвичай вони складаються із колісного центру, бандажу та бандажного кільця. Саме бандаж і взаємодіє з рейками і піддається різного роду навантаженням та посиленому зносу. Тому до стану металу бандажів ставляться високі вимоги.

Однією з таких вимог є відсутність в металі недопустимих несучільностей металу, які можуть в

процесі експлуатації стати початком руйнування чи значно пришвидшити його при руйнуванні від утоми [6, 7]. Відомо, що тріщини від утоми, як правило, починаються з поверхні, яка зазнає більших напружень, ніж внутрішні шари металу. Зменшуючи робочий переріз бандажу, частина внутрішніх несучільностей металу можуть стати поверхневими з причини зменшення товщини бандажу в процесі експлуатації.

Для виключення потрапляння в експлуатацію бандажів з недопустимими несучільностями металу передбачено в процесі виробництва та експлуатації контроль неруйнівними методами. Технічні умови міждержавних стандартів вимагають проведення ультразвукового контролю бандажів. Найпоширенішим методом контролю на теперішній час є ультразвуковий луна-метод. Метод базується на теоретичних засадах розповсюдження та відбиття ультразвукових хвиль в твердих тілах. Та на теперішній час одним з недоліків цього методу є наявність перешкод на розгортці ультразвукового дефектоскопу у вигляді «шумів», луна-сигналів відбиття від конструктивних елементів та відбиття поверхневої паразитної хвилі [8, 9]. Перешкоди у вигляді хибних сигналів на розгортці дефектоскопу, які не є луна-сигналами від несучільностей металу, заважають контролю, що може привести до пропуску в експлуатацію бандажів з недопустимими несучільностями металу. Одна із задач, що потребує вирішення при оновленні локомотивного парку є підвищення достовірності ультразвукового контролю при діагностуванні бандажів. Тому дослідження по відокремленню хибних луна-сигналів та луна-сигналів від несучільностей металу при ультразвуковому контролі є актуальними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теорія розповсюдження ультразвукових хвиль та ультразвукового луна-методу детально викладена у

роботах [9-11]. В цих роботах також розглянуті перешкоди луна-методу та способи їх усунення: шуми електричної і акустичної природи, перешкоди ультразвукових перетворювачів, луна-сигнали від конструктивних елементів, та бокових поверхонь, перешкоди які утворенні розсіюванням ультразвуку на структурі металу, та луна-сигнали відбиття паразитної поверхневої хвилі. Приведено усунення структурних перешкод двома шляхами – вибором оптимальних параметрів контролю та статистичними методами. Одним з основних методів відокремлення луна-сигналів від конструктивних елементів та зон локальних механічних напружень пропонується вибір відповідної схеми контролю та «стробування» – виключення із розглядання. Для виключення із розглядання луна-сигналів відбиття паразитної поверхневої хвилі в цих роботах рекомендовано демпфірування поверхневої хвилі та підтвердження зміни часу надходження луна-сигналів при переміщенні перетворювача відносно місця відбиття поверхневої хвилі. Такі методи не дають відповіді, як відокремити хибні луна-сигнали при їх знаходженні в одній зоні розгортки дефектоскопу з луна-сигналами від несущільностей металу. Відсутній розгляд особливостей самих луна-сигналів.

В [12] надані результати досліджень по визначенню хибних сигналів від поверхневої хвилі при діагностуванні бандажів рухомого складу ультразвуковим методом. Показано і обґрунтовано збільшення тривалості хибного луна-сигналу відбиття поверхневої хвилі в порівнянні з тривалістю луна-сигналу відбиття поздовжньої хвилі, та встановлена аналітична залежність цього збільшення від розміру п'єзоелементу. Приведені розрахункові графіки відокремлення хибного луна-сигналу поверхневої хвилі від поздовжньої.

В інструкції з ультразвукового контролю [13] що діє на залізничному транспорті передбачено використання декількох методів в тому числі луна-методу. Згідно з цією інструкцією при ультразвуковому контролі бандажів луна-методом розглянуті хибні відбивачі: клейма, бруд і допустимі uszkodження. Відрізнити хибні луна-сигнали від недопустимих uszkodжень пропонується шляхом визначення положення відбивача та оглядання ділянки в межах $\pm 100\text{мм}$.

Метою роботи є обґрунтування необхідності забезпечення доступності нових критеріїв визначення хибних луна-сигналів при ультразвуковому контролі бандажів.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розглянути вплив хибних луна-сигналів на тлумачення результатів ультразвукового контролю;
- провести аналіз розроблених нових критеріїв визначення хибних луна-сигналів при ультразвуковому контролі бандажів прямим перетворювачем;
- аргументувати необхідність забезпечення доступності персоналу, що виконує ультразвуковий контроль бандажів, до нових критеріїв визначення

хибних луна-сигналів при діагностуванні залізничних бандажів ультразвуковим контролем.

Викладення основного матеріалу. Виконання ультразвукового контролю відповідальних елементів таких як бандажі локомотивів нормативно регламентовано технічними вимогами державних стандартів і креслень, керівними документами та галузевими інструкціями на ультразвуковий метод контролю. Державним стандартом [14] передбачена регламентація рівнів кваліфікації з переліком видів робіт персоналу який виконує ультразвуковий контроль, вимог до виробничого стажу, підготовки, кваліфікаційного екзамену та сертифікації. Такі вимоги до ультразвукового контролю зумовлені складністю визначення вимірюваного ультразвуком показника та перевірки його відповідності технічним вимогам. Однією з таких складностей при контролі ультразвуковим луна-методом є відокремлення хибних сигналів від луна-сигналів від несущільностей металу.

При контролі бандажів імпульсним луна-методом поздовжніми хвилями в дефектоскопі використовується розгортка типу А. На екрані дефектоскопа зліва видно зондуєчий імпульс, справа – донний луна-сигнал. Робочою вважається зона розгортки між зондуєчим та донним сигналами. Наявність сигналу на розгортці між зондуєчим та донним сигналами теоретично свідчить про наявність несущільностей металу. На екрані ультразвукового дефектоскопу по вертикалі спостерігають амплітуду сигналу, а по горизонталі часову розгортку. Розташування луна-сигналу на цій розгортці визначається часом його надходження від поверхні відбиття. Найвіддаленіша поверхня відбиття ультразвуку протилежна поверхні сканування (донна) тому і донний луна-сигнал розташовується в кінці розгортки. Відповідно всі несущільності металу розташовані до донної поверхні, а луна-сигнали від них до донного сигналу на розгортці. Реально при ультразвуковому контролі бандажів поздовжніми хвилями в робочій зоні розгортки є хибні сигнали, що не є луна-сигналами від несущільностей металу. Хибні сигнали ускладнюють картину що спостерігається на екрані дефектоскопу та можуть стати причиною невірного тлумачення результатів контролю. Для розшифрування складної картини на розгортці дефектоскопу необхідно знати походження сигналів, їх положення на розгортці та інші відмінності.

Однією з причин появи на розгортці дефектоскопу при ультразвуковому контролі бандажів, хибних луна-сигналів відбиття поверхневої хвилі, що утворюється при контролі поздовжніми хвилями можуть бути нерівності від механічної обробки. Поверхнева хвиля може розповсюджуватися не тільки по плоскій поверхні, а й по поверхні з кривизною. Тому при контролі бандажів з поверхні катання поверхнева хвиля без відбиття розповсюджується на гребені та фасці кромки, а на екрані відсутні сигнали відбиття поверхневої хвилі. В процесі ультразвукового контролю бандажів з внутрішньої бокової поверхні відбиття поверхневої хвилі від гребеня не

спостерігається, а від протилежної кромки бандажа відбувається, яке і спостерігається на розгортці дефектоскопу [15].

В [8-11], які є основними учбовими посібниками з ультразвукового контролю, детально викладена теорія відбиття поздовжніх та поперечних хвиль від конструктивних елементів, та недостатньо розроблені критерії визначення хибних сигналів відбиття поверхневої хвилі.

Спеціальними теоретичними та експериментальними дослідженнями [12] встановлені особливості та розташування на розгортці дефектоскопу луна-сигналів відбиття поверхневої хвилі при контролі бандажів. Встановлені співвідношення, що визначають умови спостереження на розгортці дефектоскопу хибних луна-сигналів відбиття поверхневої хвилі по відношенню до донного сигналу. На підставі цих співвідношень і конкретних розмірів розрахунками та експериментально показано, що при ультразвуковому контролі бандажів з внутрішньої бічної поверхні в залежності від розташування перетворювача хибний сигнал може спостерігатись до донного, співпадати з донним, або буде за донним сигналом. На основі цього розроблені нові критерії визначення хибних луна сигналів: перехід луна-сигналу за донний та збіг заміряної та розрахункової відстані до краю бандажа. Таким чином для вірного тлумачення хибного луна-сигналу необхідне спостереження його переходу за донний сигнал. Тому є необхідність формування розгортки дефектоскопу з врахуванням необхідності спостереження сигналу за донним. Це є особливістю настройки розгортки ультразвукового дефектоскопу при контролі бандажів імпульсним луна-методом.

Настройка ультразвукового дефектоскопу при контролі бандажів прямим перетворювачем виконується для поздовжніх хвиль і показання відстані на дефектоскопі відбувається із розрахунку швидкості поздовжньої хвилі. Якщо на розгортці є хибний сигнал поверхневої хвилі, то дефектоскоп визначає відстань до відбивача поверхні за часом надходження сигналу та швидкості поздовжньої хвилі, а реально необхідно – для швидкості поверхневої хвилі. З цих причин показання дефектоскопу помилкові. Вимірювання дефектоскопом часу надходження сигналу не залежить від його швидкості і показання часу надходження залишаються правильними для будь-якої хвилі. Для підтвердження хибності луна-сигналу відбиття супутньої поверхневої хвилі від краю бандажу розроблено новий критерій. Він ґрунтується на порівнянні фактичного значення відстані перетворювача від краю бандажу з розрахованою для швидкості поверхневої хвилі та часу надходження хибного луна-сигналу.

В [12] розглянуті відмінності умов випромінювання і приймання імпульсів поздовжньої і супутній поверхневої хвиль при ультразвуковому контролі бандажу прямим перетворювачем. Поздовжня хвиля водночас розповсюджується від контактної площини перетворювача, а тривалість випромінюваного

імпульсу поздовжньої хвилі зумовлена тривалістю коливань випромінювань п'єзоелементу. Супутня поверхнева хвиля утворюється одночасно під площиною п'єзоелементу і розповсюджується під ним в напрямку відбивача від кожної ділянки п'єзоелементу. Найвіддаленіша ділянка п'єзоелементу знаходиться на відстані діаметра п'єзоелементу. Весь час проходження імпульсу поверхневої хвилі від п'єзоелементу йде випромінювання хвилі з п'єзоелементу, а тривалість імпульсу випромінюваної супутньої поверхневої відповідно зростає. Відбитий від краю імпульс поверхневої хвилі при надходженні до п'єзоелементу проходить увесь його діаметр і увесь цей час на екрані формується зображення луна-сигналу, що знову збільшує тривалість луна-сигналу. Враховуючи це збільшення тривалості хибного луна-сигналу супутньої поверхневої хвилі запропоновано в [12] як новий критерій визначення хибного луна-сигналу відбиття поверхневої хвилі.

Розглянуті нові критерії визначення хибних луна-сигналів відбиття супутньої поверхневої хвилі при ультразвуковому контролі залізничних бандажів прямим перетворювачем опубліковані у фахових наукових виданнях і на теперішній час є малодоступними для персоналу, що безпосередньо виконує ультразвуковий контроль.

Висновки.

1. Показано, що хибні луна-сигнали перешкоджають правильному тлумаченню результатів ультразвукового контролю. Аргументовано недостатність рекомендованих існуючими посібниками, керівними документами та інструкціями критеріїв визначення хибних луна-сигналів, що знижує достовірність результатів ультразвукового контролю.

2. Аналізом показано обґрунтованість розроблених нових критеріїв визначення хибних луна-сигналів відбиття поверхневої хвилі при ультразвуковому контролі бандажів.

3. Встановлено, що в широкодоступних, існуючих посібниках, керівних документах та інструкціях по ультразвуковому контролю на залізничному транспорті не представлені нові розробки визначення хибних луна-сигналів відбиття супутньої поверхневої хвилі при контролі прямим перетворювачем. Для підвищення достовірності ультразвукового контролю пропонується забезпечити доступність для вивчення та використання персоналом, що виконує ультразвуковий контроль, розроблених нових критеріїв визначення хибних луна-сигналів шляхом введення їх в учбові посібники, керівні документи та інструкції.

Л і т е р а т у р а

1. Гненний О. М. Проблеми оновлення тягового рухомого складу та оцінка ефективності інвестиційних проєктів у локомотивному господарстві/ О. М. Гненний, А. В. Вишнякова // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізнично-

- го транспорту імені академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту». 2015. – Вип. 9. – С. 105-110.
2. Пінчук О.П. Можливі моделі реформування залізничного транспорту України // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту». 2015. – Вип. 10. – С. 105-114.
 3. Карпов В.М. Стан, проблеми та перспективи оновлення залізничного рухомого складу України / В.М. Карпов, О.І. Никифорук // Формування ринкових відносин в Україні. – 2012. – №6 (133). – С. 160-166.
 4. Ломотько Д.В. Аналіз теоретичних підходів щодо оцінки ефективності роботи залізниць України / Д.В. Ломотько, Т.В. Бутко, О.В. Розсоха // Залізничний транспорт України. – 2012. – №2. – С. 36-38.
 5. Ломинога И.В. Обоснование затрат для обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте // Залізничний транспорт України. – 2012. – №2. – С. 18-19.
 6. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.
 7. Прочность материалов и конструкций / Редкол.: В.Т. Трошенко (отв. ред.) и др. – К.: Академперіодика, 2005. – 1088 с.
 8. Ермолов И.Н. Неразрушающий контроль: в 5 кн. / И.Н. Ермолов, Н.П. Алешин, А.И. Потапов. – М.: Высш. шк., 1991 – Кн. 2: Акустические методы контроля. – 283 с.
 9. Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля / И. Н. Ермолов. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
 10. Методы акустического контроля металлов / [Алешин Н.П., Белый В.Е. и др.]; под ред. Н.П. Алешина. – М.: Машиностроение, 1989. – 456 с.
 11. Крауткремер Йозеф, Крауткремер Герберт. Ультразвуковой контроль материалов. Справочник. / Пер. с нем. Е.К. Бухмана, под ред. В.Н. Волченко. М.: Металлургия, 1991. – 752 с.
 12. Лысак Д. В. Определение ложных сигналов от поверхностной волны при диагностировании бандажей подвижного состава ультразвуковым методом / Д.В. Лысак // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – №4(134). – ч. 1 – С. 86-92.
 13. ЦТ – 0069 Інструкція з ультразвукової дефектоскопії відповідальних деталей та нероз'ємних вузлів при ремонтах ТРС і МВРС. – К.: ТОВ „НВП Поліграфсервіс”, 2003. – 223 с.
 14. ДСТУ EN 473: 2012 Кваліфікація і сертифікація персоналу. Основні положення. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013. – 23 с.
 15. Басов Г.Г. Особенности настройки развертки ультразвукового дефектоскопа при контроле бандажей импульсным эхо-методом / Г.Г. Басов, Д. В. Лысак // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2011 – №1(155). – ч. 2 – С. 23-29.
 - Lazaryana «Problemi ekonomiki transportu». 2015. – Vip. 9. – S. 105-110.
 2. Pinchuk O.P. Mozhlyvi modeli reformuvannya zaliznynogo transportu Ukraini // Zbirnik naukovih prac' Dniπροpetrovs'kogo nacional'nogo universitetu zaliznynogo transportu imeni akademika V. Lazaryana «Problemi ekonomiki transportu». 2015. – Vip. 10. – S. 105-114.
 3. Karpov V.M. Stan, problemi ta perspektivi onovlennya zaliznynogo ruhomogo skladu Ukraini / V.M. Karpov, O.I. Niki-foruk // Formuvannya rinkovyh vidnosin v Ukraini. – 2012. – №6 (133). – S. 160-166.
 4. Lomot'ko D.V. Analiz teoretichnih pidhodiv shchodo ocinki efektyvnosti roboti zaliznic' Ukraini / D.V. Lomot'ko, T.V. But'ko, O.V. Rozsoha // Zaliznich. transport Ukraini. – 2012. – №2. – S. 36-38.
 5. Lominoga I.V. Obosnovanie zatrat dlya obespecheniya bezopasnosti na zheleznodorozhnom transporte // Zaliznynij transport Ukraini. – 2012. – №2. – S. 18-19.
 6. Pisarenko G.S. ta in. Opir materialiv: Pidruchnik / G.S. Pisarenko, O.L. Kvitka, E.S. Umans'kij; Za red. G.S. Pisarenka. – 2-ge vid., dopov. i pererobl. – K.: Vishcha shk., 2004. – 655 s.
 7. Durability of materials and designs / Redkol.: V. T. Troshchenko (otv. an edition), etc. – To.: Akadempriodika, 2005. – 1088 pages.
 8. Yermolov I.N. Nondestructive control: in 5 books / I.N. Yermolov, N. P. Alyoshin, A.I. Potapov. – M.: Vyssh. shk., 1991 – Book 2: Acoustic control methods. – 283 pages.
 9. Yermolov I. N. Theory and practice of ultrasonic control / I. N. Yermolov. – M.: Mechanical engineering, 1981. – 240 pages.
 10. Methods of acoustic control of metals / [Alyoshin N. P., White V. E., etc.]; under the editorship of N. P. Alyoshin. – M.: Mechanical engineering, 1989. – 456 pages.
 11. Krautkremer Josef, Krautkremer Herbert. Ultrasonic control of materials. Reference book. / The lane with him. Je.K. Buchmann, under the editorship of V. N. Volchenko. M.: Metallurgy, 1991. – 752 pages.
 12. Lysak D. V. Opredelenie lozhnyh signalov ot poverhnostnoj volny pri diagnostirovanii bandazhej podvizhnogo sostava ul'trazvukovym metodom / D.V. Lysak // Visnik Skhidnoukraińs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalia. – Lugans'k: vid-vo SNU im. V. Dalia, 2009. – №4(134). – ch. 1 – S. 86-92.
 13. CT – 0069 Instrukciya z ul'trazvukovoї defektoskopii vidpovidal'nih detalej ta neroz'emnih vuzliv pri remontah TRS i MVRs. – K.: TOV „NVP Poligrafservis”, 2003. – 223 s.
 14. DSTU EN 473: 2012 Kvalifikaciya i sertifikaciya personalu. Osnovni polozhennya. – K.: Minekonomrozvitku Ukraini, 2013. – 23 s.
 15. Basov G.G. Osobennost' nastroyki razvertki ul'trazvukovogo defektoskopa pri kontrole bandazhej impul'snym ehkhotmetodom / G.G. Basov, D. V. Lysak // Visnik Skhidnoukraińs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalia. – Lugans'k: vid-vo SNU im. V. Dalia, 2011 – №1(155). – ch. 2 – S. 23-29.

References

1. Gnennij O. M. Problemi onovlennya tyagovogo ruhomogo skladu ta ocinka efektyvnosti investicijnih proektiv u lokomotivnomu gospodarstvi/ O. M. Gnennij, A. V. Vishnyakova // Zbirnik naukovih prac' Dniπροpetrovs'kogo nacional'nogo universitetu zaliznynogo transportu imeni akademika V.

Лысак Д.В. Обеспечение доступности использования новых критериев определения ложных эхосигналов при ультразвуковом контроле железнодорожных бандажей.

В статье рассмотрено влияние ложных эхосигналов на толкование результатов ультразвукового контроля при диагностировании бандажей колесных пар подвижного состава железных дорог, проанализированы

новые критерии определения ложных эхо-сигналов отражения поверхностной волны при ультразвуковом контроле при помощи прямого преобразователя, и аргументирована необходимость обеспечения их доступности для использования персоналом во время диагностической операции ультразвукового контроля бандажей.

Ключевые слова: локомотив, бандаж, безопасность движения, ультразвуковой контроль, ложные эхо-сигналы, критерии определения.

Lysak D. Providing the new criteria for determining of the false echo-signals in ultrasonic control of a railway tires.

The article considers the influence of ghost indications on the interpretation of the results of ultrasonic control in the diagnosis of wheelset tires of railway rolling stock, analyzed

the new criteria for identifying of surface wave irrelevant reflections in ultrasonic control with straight-beam probe and reasoned the need to provide their availability for use by personnel during the diagnosis operation of ultrasonic control a railway tires.

Keywords: locomotive, tyre, traffic safety, ultrasonic control, ghost indications, determining criteria.

Лисак Д.В. – начальник лабораторії фізико-акустичних методів контролю Центральної заводської лабораторії ПАТ «Луганськтепловоз», dmitriylysak82@gmail.com.

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

Стаття подана 19.03.2016

УДК 625.1.03

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТИ ТРЕНИЯ ГРЕБНЯ КОЛЕСА ПО РЕЛЬСУ**Михайлов Е.В., Семенов С.А.****DETERMINATION OF WAY OF FRICTION OF COMB OF WHEEL ON RAIL****Mikhaylov E.V., Semenov S.A.**

В статье с использованием теории циклоидальных кривых проведен анализ особенностей кинематики движения колес традиционной и перспективной (с возможностью независимого вращения гребня) конструктивной схемы. Получено аналитическое выражение для определения длины пути трения гребня колеса по боковой грани головки рельса через геометрические параметры колеса с учетом реальных условий контактирования колеса с рельсом. Результаты анализа дают основания утверждать, что использование таких колес в ходовой части рельсовых экипажей может позволить существенно уменьшить дифференциальное кинематическое сопротивление движению и износ контактирующих поверхностей колеса и рельса за счет снижения пути трения гребней колес по боковым граням головок рельсов.

Ключевые слова: колесо, рельс, гребень, проскальзывание, циклоида удлиненная, эллипс, сопротивление движению.

Введение. Рельсовый транспорт, совершая значительные объемы перевозочной работы, является одним из крупнейших потребителей энергоресурсов как в нашей стране, так и во всем мире. Например, по данным Госкомстата Украины только в 2014 году железнодорожным транспортом было израсходовано энергоносителей (в нефтяном эквиваленте) в общем количестве 675 тысяч тонн. С учетом достаточно высокой стоимости энергоносителей, снижение их потребления является важнейшей задачей для повышения конкурентоспособности и дальнейшего развития этого вида транспорта.

Постановка проблемы. Большая часть используемой в работе железнодорожного транспорта энергии расходуется на тягу поездов. За счет преобразования энергии потребляемых силовыми установками локомотива энергоносителей, при взаимодействии движущих его колес с рельсами осуществляется работа касательной силы тяги, которая преимущественно затрачивается на преодоление препятствующих движению поезда неуправляемых внешних сил. Результирующая этих сил и представляет собой сопротивление движению поезда.

Представляется очевидным, что для повышения энергоэффективности рельсового транспорта (снижения количества потребляемых энергоносителей при том же или большем объеме перевозочной работы), целесообразно осуществлять мероприятия, направленные на снижение сопротивления движению поездов. Следует отметить, что составляющие общее сопротивление движению поезда внешние силы различны по своей природе и причинам возникновения, поэтому, для разработки указанных мероприятий, необходимо определить их структуру и реальные возможности регулирования интенсивности их действия.

Анализ последних исследований и публикаций. Полное сопротивление движению экипажа на рельсовом транспорте в общем случае включает в себя постоянно действующее основное сопротивление, и действующие временно дополнительные сопротивления (при трогании с места, от низкой температуры, от ветра, от уклона, от кривых, от воздушной среды в тоннеле и т.п.) [2, 7, 16, 17].

Основное сопротивление представляет суммарную силу, которая препятствует движению подвижного состава по прямому горизонтальному пути на открытой местности при нормальных метеорологических условиях (атмосферное давление 760 мм.рт.ст., температура наружного воздуха 20 °С, скорость ветра 0 м/с). Его величину обычно определяют как сумму следующих важнейших составляющих:

- сопротивление от трения качения колес по рельсам,
- сопротивление от трения скольжения колес по рельсам,
- сопротивление от рассеяния энергии в пути,
- аэродинамическое сопротивление,
- сопротивление от рассеяния экипажем энергии в окружающую среду.

Для определения величины первых четырех составляющих основного сопротивления движению

традиционно используются полученные по результатам экспериментов эмпирические формулы, например [2, 7], дающие приемлемые для практики результаты.

На уровень рассеяния подвижным составом энергии в окружающую среду может существенно влиять значительное число факторов, поэтому использование общих эмпирических формул в этом случае затруднительно [8, 17].

В различных странах используются также разнообразные эмпирические формулы для определения и составляющих дополнительного сопротивления движению. До настоящего времени использование эмпирических формул является основным расчетным методом оценки сопротивления движению рельсового экипажа.

При анализе значимости составляющих сопротивления движению рельсовых экипажей многие исследователи приходят к выводу, что наибольший вклад в общее сопротивление движению вносят те из них, которые связаны с кинематикой и динамикой фрикционного взаимодействия колес и рельсового пути [12]. Возникающие в результате этого взаимодействия силы, в зависимости от условий движения рельсового экипажа, создают до 90 (а порой и более) процентов сопротивления движению [4, 8, 12], поэтому, наиболее перспективными направлениями исследований по снижению сопротивления движению являются работы, направленные на уменьшение указанных составляющих.

Подсчитать рассеиваемую при фрикционном взаимодействии колес и рельсов энергию достаточно сложно из-за влияния на этот процесс многих факторов, основными из которых являются скорость движения и конструкция подвижного состава. Влияние скорости сказывается как на проскальзывании колесных пар, так и на изменении коэффициента трения, который также зависит от скорости. На скольжение колес также оказывают влияние конструктивная схема ходовой части, износ бандажей и рельсов, разбег колесных пар и т.д.

Особый вклад в создание сопротивления движению рельсовых экипажей вносят процессы, связанные с взаимодействием гребня колеса с рельсом в случае двухточечного контактирования, когда в гребневом контакте возникает дополнительное паразитное проскальзывание. Некоторые исследователи утверждают, что «величина удельного сопротивления в кривой пути, приходящаяся на трение гребня составляет около 95% от общей его величины» [4].

В работах В.П.Ткаченко [12] вводится понятие кинематического сопротивления движению, причиной которого является кинематическое несоответствие геометрических параметров поверхностей катания колес и кинематических параметров движения, вызывающее паразитные проскальзывания. При этом предложено выделять в кинематическом сопротивлении движению две составляющие: дифференциальное и циркуляционное сопротивление.

Первое определяется пространственным распределением контактных сил и скоростей скольжения в паре «колесо-рельс», а второе является результатом группового многоконтактного взаимодействия системы колес и колесных пар с рельсовым путем в процессе направляемого движения в рельсовой колее при циркуляции паразитной мощности в пределах одной колесной пары или группы колесных пар, объединенных одной рамой. Напрямую связанные с этими явлениями повышенные энергетические затраты на преодоление дополнительного сопротивления движению подвижного состава а также сопутствующий износ контактирующих поверхностей колес и рельсов представляют серьезную техническую и экономическую проблему для рельсового транспорта.

Известен ряд ресурсосберегающих технологий, направленных на снижение энергетических затрат на тягу поездов и износа контактирующих поверхностей. Наиболее проработанными и распространенными из них являются смазка зон контакта колеса с рельсом, улучшение динамических качеств рельсовых экипажей, оптимальный выбор соотношения твердости колеса и рельса, подбор конформных профилей поверхностей катания колеса и рельса и др. [5, 8, 13, 19]. Однако, использование этих технологий позволяет пока лишь частично решить проблему снижения кинематического сопротивления.

Важным направлением решения отмеченной проблемы может быть совершенствование конструкции ходовых частей рельсовых экипажей, заключающееся в оптимизации параметров рессорного подвешивания, обеспечении радиальной установки в кривых тележек и колесных пар экипажа, совершенствовании конструктивных схем самих колесных пар, например, применение независимо вращающихся колес, чему посвящено достаточно большое количество работ отечественных и зарубежных исследователей, например [5, 6, 13, 14]. Однако, вопросам совершенствования конструкций самих колес рельсовых экипажей уделяется пока недостаточно внимания. А ведь без изменения традиционной конструктивной схемы колеса (с монолитным изготовлением его поверхности катания и гребня) избежать отмеченного выше паразитного дифференциального проскальзывания гребней по рельсам не представляется возможным. Поэтому, целесообразно рассмотреть возможные преимущества принципиального изменения конструктивной схемы колеса, например, позволяющей гребню поворачиваться относительно колеса вокруг их общей оси. Авторами предложено несколько вариантов конструктивного исполнения таких колес для рельсовых экипажей [9, 10]. Не останавливаясь подробно на особенностях этих конструкций, подчеркнем, что все они имеют целью снижение дифференциального сопротивления движению при двухточечном контактировании колеса с рельсом за счет обеспечения раздельного вращения гребня и поверхно-

сти катания колеса вокруг общей оси. Для определения эффективности использования на рельсовом транспорте колес перспективной конструктивной схемы необходимо определить возможности снижения дифференциального сопротивления движению колес при их движении по рельсу.

Целью работы является определение пути трения гребня колеса по рельсу и возможностей снижения дифференциального сопротивления движению колеса рельсового экипажа за счет изменения конструктивной схемы колеса.

Результаты исследований. Движение колеса по рельсу приближенно можно описывать уравнениями плоскопараллельного движения тела, в котором всякое его перемещение в бесконечно малый промежуток времени может быть разложено на поступательное движение со скоростью некоторой точки тела и вращательное движение вокруг мгновенной оси, проходящей через эту точку.

Примем следующие допущения:

- колесо катится по рельсу с постоянной скоростью V ;
- продольное проскальзывание в точке A его контакта с рельсом отсутствует;
- при движении колеса по рельсу угол набегания $\psi = 0$;
- гребень колеса прижат к боковой грани головки рельса постоянной поперечной силой F ;
- площадки контакта поверхности катания колеса и головки рельса, а также гребня колеса и боковой грани головки рельса представляют собой геометрические точки.

Мгновенным центром поворота любой точки колеса при таком движении является точка контакта колеса с рельсом A . При качении колеса по рельсу без проскальзывания, расположенная на поверхности катания колеса точка A будет совершать движение по траектории обыкновенной циклоиды (рис.1), а расположенная на гребне колеса точка B – по траектории удлинненной циклоиды [3]. Траектория точки B на удлинненной циклоиде не имеет точек замирания (точек возврата). При этом на траектории удлинненной циклоиды имеются «петли», часть периметра которых (как это видно из рис.1) приходится на путь трения гребня по боковой грани головки рельса.

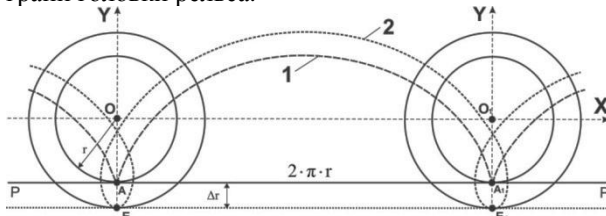


Рис.1. Траектории движения точек колеса традиционной конструктивной схемы:

1- циклоида, 2 – удлинненная циклоида

В случае использования колеса перспективной конструктивной схемы (с возможностью раздельного вращения гребня и поверхности катания

колеса вокруг общей оси) [9, 10, 18], точка B на гребне колеса при его качении по рельсу в идеальном случае может перекашиваться по боковой грани головки рельса без проскальзывания, перемещаясь по траектории обыкновенной циклоиды (рис.2).

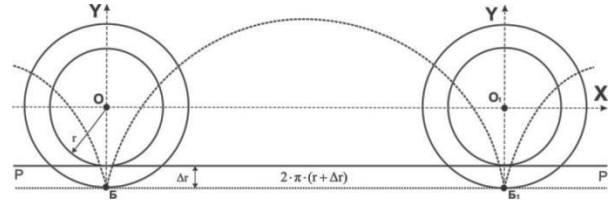


Рис.2. Траектория движения точки B на гребне колеса перспективной конструктивной схемы

Снижение паразитного проскальзывания в гребневом контакте определяет соответствующее снижение работы сил трения, что позволит существенно уменьшить дифференциальное кинематическое сопротивление движению такого колеса.

Теория циклоидальных кривых, в основу которой положены фундаментальные законы движения круга без проскальзывания, получила математическое обоснование в работах Х. Торичелли, Б. Паскаля, Р. Декарта, П. Ферма еще в 18-19 веках. Применение математических свойств циклоиды в области практической и прикладной механики также встречается в работах Х. Гюйгенса, И. Ньютона, Г. Лейбница, Л. Эйлера, Ж. Лагранжа [1, 3]. В настоящее время ряд исследователей [11, 14] также пытаются адаптировать эту теорию для исследования кинематических особенностей движения колеса подвижного состава по рельсовому пути.

Вычислим при помощи этой теории путь трения гребня колеса по боковой грани головки рельса, величина которого и определяет дифференциальное кинематическое сопротивление движению.

Из рис.3 видно, что путь трения точки контакта гребня по боковой грани головки рельса соответствует части периметра $B_1B_2B_3$ петли $CB_1B_2B_3$ удлинненной циклоиды.

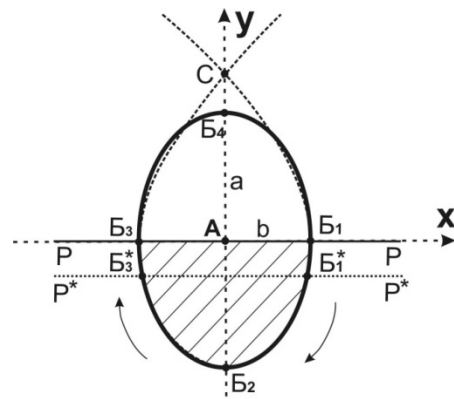


Рис.3. Петля удлинненной циклоиды

Уравнения удлинненной циклоиды в параметрическом виде записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} x_B &= r \cdot (\bar{\phi} - (r + \mathcal{D}r) \cdot \sin \bar{\phi}), \\ y_B &= r \cdot (1 - (r + \mathcal{D}r) \cdot \cos \bar{\phi}) \end{aligned} \quad (1)$$

Длина дуги плоской кривой при ее параметрическом задании в общем случае вычисляется по формуле

$$L = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sqrt{[x'(\alpha)]^2 + [y'(\alpha)]^2} d\alpha. \quad (2)$$

Интеграл вида (2) при подстановке производных от уравнений (1) будет представлять собой эллиптический интеграл второго рода, который через элементарные функции не решается. Для его вычисления необходимо использовать приближенные методы решения.

Из рис.3 видно, что периметр петли $CB_1B_2B_3$ удлинённой циклоиды достаточно хорошо аппроксимируется эллипсом $B_1B_2B_3B_4$. Часть периметра $B_1B_2B_3$ эллипса и представляет собой интересующий нас путь трения точки B гребня по боковой грани головки рельса.

Очевидно, что длина полуоси a эллипса $B_1B_2B_3B_4$ равна величине D_r . Для определения длины полуоси b эллипса рассмотрим расчетную схему, представленную на рис.4. При качении колеса по рельсу в некий момент времени t , при повороте колеса расположенная на гребне колеса точка B_1 достигает уровня горизонтальной линии PP , проходящей через точку контакта колеса с рельсом A , и вступает в контакт с боковой гранью головки рельса. При этом, для того, чтобы лежащая на одном радиусе OB_1 с точкой B_1 точка A_1 на поверхности катания колеса также вступила в контакт с рельсом в точке A_2 , колесо должно повернуться в направлении своего вращения на некоторый угол α .

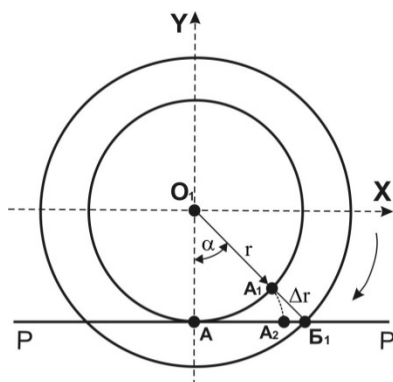


Рис.4. Расчетная схема

Величина этого угла составит

$$\delta = \arccos(r/(r + \mathbb{D}r)). \quad (3)$$

Тогда величина отрезка A_2B , которая и будет равна длине полуоси b эллипса (с учетом того, что $|AA_2| = \overset{\cup}{AA_1}$) определится так

$$|A_2B| = |AB| - |AA_2| = (r + \mathcal{D}r) \cdot \sin \delta - r \cdot \delta. \quad (4)$$

Таким образом, в первом приближении путь трения точки контакта гребня с рельсом по боковой грани его головки составит половину периметра $B_1B_2B_3$ эллипса $B_1B_2B_3B_4$.

Параметрические уравнения эллипса записываются в виде

$$y(\alpha) = b \cdot \sin \alpha ; x(\alpha) = \bar{\sigma} \cdot \cos \bar{\sigma} , 0 \leq \bar{\sigma} \leq 2\pi . \quad (5)$$

С учетом (2) и (5) выражение для определения длины дуги эллипса может быть записано в следующем виде

$$L = a \cdot \int_{\hat{\sigma}_1}^{\hat{\sigma}_2} \sqrt{1 - \left(\frac{b}{\hat{\sigma}}\right)^2 \cdot \cos^2 \hat{\sigma}} d\hat{\sigma}. \quad (6)$$

Интеграл вида (6) также представляет собой эллиптический интеграл второго рода и аналитически не решается. Поэтому, для определения длины части периметра $B_1B_2B_3$ эллипса воспользуемся известными приближенными формулами для определения длины периметра эллипса $L_э$. Наибольшую точность в диапазоне $0,05 < \bar{b}/b < 20$ по данным литературных источников обеспечивает формула Рамануджана [1, 15]:

$$L_3 \approx \pi \cdot \left[3 \cdot (a+b) - \sqrt{(3 \cdot a + b) \cdot (a + 3 \cdot b)} \right]. \quad (7)$$

Так, при эксцентриситете эллипса $\sim 0,980$ (соотношение осей $\sim 1/5$) погрешность вычислений составляет $\sim 0,02\%$. Погрешность всегда отрицательная.

В нашем случае длина L_T пути трения точки B гребня по боковой грани головки рельса по элементарному периметру петли удлинённой циклоиды (длина дуги $B_1B_2B_3$) будет равна

$$L_r \approx \frac{\pi}{\gamma} \cdot \left[3 \cdot (a+b) - \sqrt{(3 \cdot a+b) \cdot (a+3 \cdot b)} \right]. \quad (8)$$

В общем случае длина L_T пути трения точки B гребня по боковой грани головки рельса будет меньше вычисленной по выражению (8), так как, в

зависимости от геометрии контактирования, а также степени износа гребней колес и рельсов, точка B гребня вступает в контакт с рельсом не при достижении ею уровня линии PP а несколько ниже (линия P^*P^* см. рис.5).

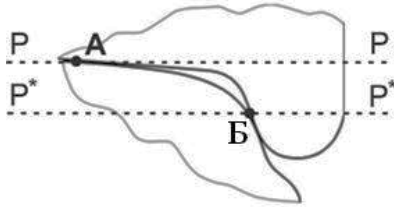


Рис. 5. Схема контактирования колеса с изношенным рельсом

Таким образом, значение длины пути трения гребня колеса по боковой грани головки рельса L_r по элементарному периметру петли удлинённой циклоиды может быть выражено через геометрические параметры колеса с учетом реальных условий контактирования гребня колеса и рельса

$$L_r \approx K^* \cdot \frac{\pi}{2} \cdot (3 \cdot (Dr + b) - \sqrt{(3 \cdot Dr + b) \cdot (Dr + 3 \cdot b)}) =$$

$$= K^* \cdot \frac{\pi}{2} \cdot (3 \cdot (Dr + b) - \sqrt{3 \cdot (Dr^2 + b^2) + 10 \cdot Dr \cdot b}), \quad (10)$$

где

$$b = (r + Dr) \cdot \sin(\arccos(r/(r + Dr))) - r \cdot \arccos(r/(r + Dr)) \quad (11)$$

Для того, чтобы точка B гребня прошла по боковой грани головки рельса путь трения L_r , колесо должно повернуться на угол 2α . Тогда, суммарный путь трения гребня по боковой грани головки рельса за один оборот колеса составит

$$L_r^{y1} = \frac{\pi}{\alpha} \cdot L_r = \frac{\pi}{\arccos(r/(r + Dr))} \cdot L_r. \quad (12)$$

Работа сил трения в гребневом контакте, определяющая величину дифференциального сопротивления движению колеса и износа контактирующих поверхностей, будет пропорциональна пути трения гребня по боковой грани головки рельса

$$A_r \approx F \cdot m \cdot L_r, \quad (13)$$

где m - коэффициент трения в гребневом контакте,

F - величина направляющего усилия в гребневом контакте.

На рис.6 для примера показан график зависимости величины суммарной работы A_r сил трения

в гребневом контакте за один оборот колеса от величин Dr и K^* при фиксированных значениях $F = 50$ кН, $m = 0,25$, $r = 0,475$ м.

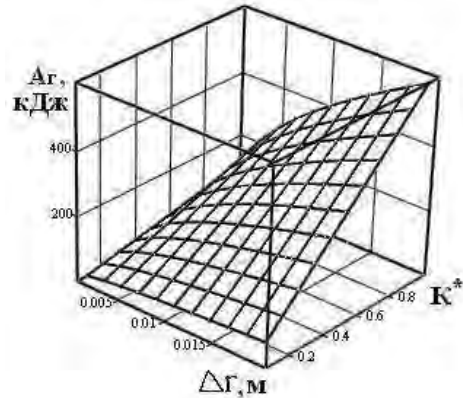


Рис. 6. График зависимости $A_r(Dr, K^*)$ при значениях $F = 50$ кН, $m = 0,25$, $r = 0,475$ м

Так, согласно графику, для значений $Dr = 0,01$ и $K^* = 0,9$ величина A_r составит около 4 кДж. С учетом того, что за один оборот колеса проходит путь около 3 метров, соответствующее значение величины суммарной работы сил трения в гребневом контакте на 1 километр пройденного пути при рассматриваемых условиях движения составит уже около 1300 кДж. Для случая движения колеса перспективной конструктивной схемы, вследствие отмеченных выше особенностей его кинематики, эта величина может быть существенно меньше (полного устранения трения в гребневом контакте добиться не удастся вследствие действия инерционных моментов и сопротивления в узле сопряжения гребня с колесом). Таким образом, использование в ходовой части рельсовых экипажей колес перспективной конструктивной схемы может позволить существенно снизить путь трения гребней колес по боковым граням головок рельсов и, тем самым, уменьшит дифференциальное кинематическое сопротивление движению и износ контактирующих поверхностей колеса и рельса.

Следует отметить, что вышеизложенные выкладки справедливы для условий движения колеса, когда угол его набегания на рельс равен нулю. При ненулевом угле набегания приведенные соотношения изменятся, и уточнение их характера требует дополнительных исследований.

Выводы.

В работе с использованием теории циклоидальных кривых получено аналитическое выражение для определения длины пути трения гребня колеса по боковой грани головки рельса через геометрические параметры колеса с учетом реальных условий контактирования.

Результаты анализа особенностей кинематики колеса перспективной конструктивной схемы дают

основания утверждать, что использование таких колес в ходовой части рельсовых экипажей может позволить существенно уменьшить дифференциальное кинематическое сопротивление движению и износ контактирующих поверхностей колеса и рельса за счет снижения пути трения гребней колес по боковым граням головок рельсов.

Л и т е р а т у р а

- Акопьян А.В., Заславский А.А. Геометрические свойства кривых второго порядка. - М.: МЦНМО, 2007. - 136 с.
- Астахов П.Н. Сопротивление движению железнодорожного подвижного состава. - М.: Транспорт, 1966. - 178 с.
- Берман Г. Н. Циклоида. - М: Наука, 1980. - 112с.
- Бондаренко Л. М., Довбня М. П., Ловейкин В. С. Деформационные опоры в машинах. - Днепропетровск: Дніпро - VAL, 2002. - 200 с.
- Винник Л.В. Проблемы механики подвижного состава с новыми конструкциями колесных пар. - Дисс. докт. техн. наук. - М., МИИТ, 2006. - 720 с.
- Голубенко А.Л. Сцепление колеса с рельсом. - Луганск: ВУГУ, 1999. - 476 с.
- Гребенюк, П. Т. Правила тяговых расчетов / П. Т. Гребенюк, А. Н. Долганов, О. А. Некрасов, А. Л. Лисицын и др. // М.: Транспорт, 1985. - 287 с.
- Комарова А.Н. Влияние характеристик тележек на энергоэффективность грузовых вагонов. - Дисс. канд. техн. наук. - С-Пб, 2015. - 88 с.
- Михайлов Є.В., Слащов В.А., Горбунов М.І., Щербак В.П., Семенов С.О. Колесо рейкового транспортного засобу. Декларацийний патент на корисну модель 75279. Оpubл. 26.11.2012, бюл. № 22/2012.
- Михайлов Є.В., Слащов В.А., Горбунов М.І., Семенов С.О. Колісна пара рейкового транспортного засобу. Декларацийний патент на корисну модель 78070. Оpubл. 11.03.2013, бюл. № 5/2013.
- Никитин, Д.Н., Коблов Р.В., Новачук Я.А., Григоренко В.Г. Моделирование кинематических параметров колес железнодорожного подвижного состава// Вестник ВНИИЖТ, № 4, 2012. - С.30-33.
- Ткаченко В.П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей. - Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996. - 200 с.
- Цыганков П.Ю. Совершенствование конструкции тележек скоростных локомотивов с целью улучшения их динамики: Дис. канд. техн. наук. - М., 2002. - 197 с.
- Шиллер В.В. Особенности взаимодействия колесной пары новой конструкции и рельсовой колеи//Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: материалы Всеросс. науч.-техн. конф./ОмГУПС, Омск, 2011. - С.52-58.
- Харди Г. Двенадцать лекций о Рамануджане. - М.: Институт компьютерных исследований, 2002. - 336 с.
- Lindgreen, E. Driving resistance from railroad trains / E. Lindgreen, S. Sorenson. - Copenhagen : DTU, 2005. - 86p.
- Lukaszewicz, P. Energy consumption and running time for trains: doct. ... thesis / P. Lukaszewicz. - Stockholm : KTH, 2001. - 154 p.
- Mikhaylov E., Semenov S., Panchenko E. The possibility of reducing kinematic slip with two-point contacting with rail wheel railway vehicle.-TEKA. COMMISSION OF
- MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE, 2013. Vol. 13, №3, 03-08, pp. 139-145.
- Rakhmaninow V. I., Andreyev A. V. Practical ways to estimate reduction of resistance to train motion when applying lubricant on lateral sides of rails / International Heavy Haul Association STS — CONFERENCE Wheel — Rail Interface. Vol. 2 (1999). P. 541-543.

References

- Akopjan A.V., Zaslavskij A.A. Geometricheskie svojstva krivyh vtorogo porjadka. - M.: MCNMO, 2007. - 136 s.
- Astahov P.N. Soprotivlenie dvizheniju zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava. - M.: Transport, 1966. - 178 s.
- Berman G. N. Cikloida. - M: Nauka, 1980. - 112 s.
- Bondarenko L. M., Dovbnja M. P., Lovejkin V. S. Deformacijni opori v mashinah. - Dnipropetrovsk: Dnipro - VAL, 2002. - 200 s.
- Vinnik L.V. Problemy mehaniki podvizhnogo sostava s novymi konstrukcijami kolesnyh par.- Diss.dokt.tehn. nauk.- M., MIIT, 2006.-720 s.
- Golubenko A.L. Sceplenie kolesa s rel'som.- Lugansk: VUGU, 1999.-476 s.
- Grebenjuk, P.T. Pravila tjavovyh raschetov / P. T. Grebenjuk, A. N. Dolganov, O. A. Nekrasov, A. L. Lisicyn i dr. // M.: Transport, 1985. - 287 s.
- Komarova A.N. Vlijanie harakteristik telezhok na jenergojeffektivnost' gruzovyh vagonov. - Diss. kand. tehn. nauk.- S-Pb, 2015. - 88 s.
- Mihajlov E.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.
- Mihajlov E.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.
- Nikitin, D.N., Koblov R.V., Novachuk Ja.A., Grigorenko V.G. Modelirovanie kinematcheskih parametrov koles zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava// Vestnik VNIIZhT, № 4, 2012.-S.30-33.
- Tkachenko V.P. Kinematcheskoe soprotivlenie dvizheniju rel'sovyh jekipazhej.- Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996.- 200 s.
- Cygankov P.Ju. Sovershenstvovanie konstrukcii telezhok skorostnyh lokomotivov s cel'ju uluchshenija ih dinamiki: Dis. kand. tehn. nauk.- M., 2002. - 197 s.
- Shiller V.V. Osobennosti vzaimodejstvija kolesnoj pary novoj konstrukcii i rel'sovoj kolei//Tehnologicheskoe obespechenie remonta i povyshenie dinamicheskikh kachestv zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava: materialy Vseross. nauch.-tehn. konf./OmGUPS, Omsk, 2011.- S.52-58.
- Hardi G. Dvenadcat' lekcij o Ramanudzhane. - M.: Institut komp'juternyh issledovanij, 2002. - 336 s.
- Lindgreen, E. Driving resistance from railroad trains / E. Lindgreen, S. Sorenson. - Copenhagen : DTU, 2005.-86p.
- Lukaszewicz, P. Energy consumption and running time for trains: doct. ... thesis / P. Lukaszewicz. - Stockholm : KTH, 2001. - 154 p.
- Mikhaylov E., Semenov S., Panchenko E. The possibility of reducing kinematic slip with two-point contacting with rail wheel railway vehicle.-TEKA. COMMISSION OF
- MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE, 2013. Vol. 13, №3, 03-08, pp. 139-145.
- Rakhmaninow V. I., Andreyev A. V. Practical ways to estimate reduction of resistance to train motion when applying lubricant on lateral sides of rails / International Heavy

Haul Association STS — CONFERENCE Wheel — Rail Interface. Vol. 2 (1999). P. 541-543.

Михайлов Є.В., Семенов С.О. Визначення шляху тертя гребеня колеса по рейці.

У статті з використанням теорії циклоїдних кривих проведений аналіз особливостей кінематики руху коліс традиційної і перспективної (з можливістю незалежного обертання гребеня) конструктивної схеми. Отримано аналітичне вираження для визначення довжини шляху тертя гребеня колеса по бічній грані голівки рейки через геометричні параметри колеса з урахуванням реальних умов контакту колеса з рейкою. Результати аналізу дають підстави стверджувати, що використання коліс перспективної конструктивної схеми в ходовій частині рейкових екіпажів може дозволити істотно зменшити диференціальний кінематичний опір руху і знос контактуючих поверхонь колеса і рейки за рахунок зниження шляху тертя гребенів коліс по бічних гранях голівок рейок.

Ключові слова: колесо, рейка, гребінь, прослизання, циклоїда подовжена, еліпс, опір руху.

Mikhaylov E.V., Semenov S.A. Determination of way of friction of comb of wheel on rail.

In the article with the use of theory of cycloidal curves the analysis of features of kinematics of motion of wheels of

traditional and perspective (with possibility of independent rotation of comb) structural chart is conducted. Analytical expression is got for determination of pathlength of friction of comb of wheel on the lateral surface of railhead through the geometrical parameters of wheel taking into account the real terms of contact of wheel with a rail. The results of analysis ground to assert that the use of wheels of perspective structural chart in working part of railway vehicle can allow substantially to decrease differential kinematics resistance to motion and wear of contacting surfaces of wheel and rail due to the decline of way of friction of combs of wheels on the lateral surface of heads of rails.

Keywords: wheel, rail, comb, slipping, cycloid extended, ellipse, resistance to motion.

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. — 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 29.03.2016

УДК 519.6:378

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ ВНЗ**Моркун В.С., Бурнасів П.В.,****METHODS OF QUALITY OF TIMETABLE SCHEDULING DETERMINATION
AT HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS****Morkun V.S., Burnasov P.V.**

Для визначення якості розкладу занять ВНЗ з точки зору суб'єктів навчального процесу, розроблено методику оцінки на основі методів нечіткого регресійного аналізу, а для контролю за якісними показниками в процесі складання розкладу розроблено інтегральну оцінку якості. Для автоматичного визначення нежорстких вимог до розкладу, від ступеню виконання яких залежить рівень задоволеності розкладом занять з боку суб'єктів навчального процесу розроблено принципи їх формування на основі розкладів попередніх періодів з використанням модифікованого методу найближчого сусіда для визначення прецедентів з інтегрованої бази розкладів. Отримано оцінки якості розкладу занять на прикладі двох варіантів розкладу з різною кількістю доступних аудиторій. Проаналізовано залежність оцінок показників якості від обсягу аудиторного фонду.

Ключові слова: розклад занять, критерії якості розкладу, метод найближчого сусіда, множина прецедентів

1. Вступ. Визначення якості розкладу занять у навчальних закладах задача нетривіальна. Стосовно завантаження аудиторного фонду критерії якості мають об'єктивний характер і досить просто визначаються у кількісній мірі. З якістю використання професорсько-викладацького складу ситуація дещо складніша: кожен викладач має своє особисте уявлення до якості його розкладу та якості розкладу студентів стосовно його дисципліни. Як відомо [1, 2], розклад занять має досить суттєвий вплив на якість підготовки фахівців взагалі. З метою керування освітнім процесом і виявлення прихованих факторів, що негативно на нього впливають, використовуються математичні моделі, в основі яких лежить апарат класичного регресійного аналізу. Опираючись на ці моделі, будуються прогнози якості розкладу занять які використовуються в процесі складання розкладу, що дозволяє зменшити кількість варіантів розкладів при пошуку оптимального.

Численні дослідження у галузі теорії розкладів доводять, що проблема створення оптимального роз-

кладу за один цикл є дуже складною, оскільки не існує єдиного критерію оптимальності для розкладу занять [3, 4, 5]. Різні види інтегральних критеріїв оптимальності є компромісними і в більшості випадків вони вступають у протиріччя з локальними критеріями [6]. Задача складання оптимального розкладу розкладається на дві підзадачі: складання повного розкладу і вирішення всіх протиріч та оптимізація складеного розкладу [7]. Задача складання оптимального навчального розкладу в загальному випадку характеризується великою розмірністю. У роботах [3, 7, 8] обґрунтована необхідність декомпозиції цієї складної задачі на підзадачі. Існуючі способи складання навчального розкладу розрізняються кількістю, видом обмежень, що враховуються, і критеріїв оптимальності. До того ж часто ці завдання є NP – важкими [9], тому для їхнього вирішення застосовуються різноманітні підходи й методи.

Метою роботи є дослідження критеріїв якості розкладу занять ВНЗ з точки зору суб'єктів розкладу (студентів і викладачів) та способів формування нежорстких вимог до розкладу.

Постановка завдання. Оптимальний розклад занять можливий лише коли критерій оптимальності єдиний і він набуває екстремального значення. В реальних розкладах занять такий випадок є неможливим, оскільки суб'єктами розкладу занять є студенти, викладачі та аудиторії, які мають різні, і подекуди взаємовиключні, критерії оптимальності, задоволення яких одночасно неможливе. Побудова інтегральних критеріїв, що враховують декілька різних часткових критеріїв дозволить створити досить непогані розклади занять, але вони не будуть оптимальними, оскільки сам критерій є компромісним.

2. Матеріали та результати досліджень. Проаналізуємо вимоги до розкладу з боку зацікавлених сторін. Визначимо зацікавлених осіб і їх вимоги до розкладу. Адміністрація зацікавлена в наявності повністю складеного розкладу у встановлений час, від-

повідності розкладу нормативно-правовим документам, зручному розкладу для груп і викладачів. Адміністрації також важливий графік завантаженості аудиторного фонду. Аналізуючи його можна ухвалювати рішення щодо введення нових аудиторій в аудиторний фонд, виводу аудиторій під адміністративно-господарські цілі, проведенні ремонтних робіт і т.д. Кафедри зацікавлені в раціональному використанні лабораторного фонду, дотримання режиму роботи лабораторій для забезпечення профілактичних робіт, вимог техніки безпеки, зручності розкладу викладачів і груп. Викладачі зацікавлені в задоволенні різноманітних побажань до розкладу. До розкладу груп також пред'являється ряд вимог.

Доцільно виділити наступні групи вимог, які можна прийняти за основу при визначенні показників якості розкладу:

1. відповідність розкладу нормативно-правовим документам;
2. відповідність розкладу вимогам навчального процесу (навчальні плани, наявність спеціальних лабораторій для проведення лабораторних робіт, урахування обмежень, що накладаються на форми навчання, об'єднання груп у потоки, формування віртуальних груп для вивчення дисциплін за вибором і т.д.);
3. відсутність занять, що не включені до розкладу;
4. урахування режиму роботи аудиторій;
5. урахування побажань викладачів до розкладу занять;
6. обмеження на розклад груп.

Перші три пункти містять жорсткі вимоги. Недотримання кожного з них означає фактичну відсутність розкладу занять і спричиняє зрив навчального процесу. Четвертий пункт важливий з адміністративної й господарської точки зору. Наприклад, деякі спеціальні аудиторії вимагають профілактичного обслуговування, або мають особливі вимоги до техніки безпеки. У цьому випадку недотримання режиму їх роботи також може привести до зриву навчального процесу.

Викладачі можуть бути штатними працівниками або працювати за сумісництвом. Викладачі, що працюють за сумісництвом, можуть мати побажання до розкладу, невиконання яких приводить до неможливості проведення викладачем занять. Різні життєві ситуації можуть диктувати вимоги до розкладу й для штатних викладачів.

За формальними показниками, розклад можна вважати якісним, при жорсткому дотриманні перших трьох пунктів, четвертого пункту і якомога більшої кількості побажань викладачів і обмежень на розклад груп. Оцінювати якість розкладу, доцільно по набору основних вимог, які система дозволяє врахувати, та співвідношенню загальної кількості вимог до кількості вимог що враховані у розкладі.

Будемо вважати, що є I критеріїв оптимальності, причому кожний з них характеризується числовим значенням K_i , $i \in [1, I]$. Нехай частинні критерії оптимальності для кожного заняття мають однакову шка-

лу виміру $[0, 1]$ і приведені до безрозмірного типу за допомогою лінійної функції нормованих частинних показників якості:

$$k_i^s = \frac{K_i^s - K_i^{\min}}{K_i^{\max} - K_i^{\min}}$$

де K_i^s - поточне значення i -го критерію для оцінюваного заняття;

K_i^{\max} - максимально можливе значення i -го критерію;

K_i^{\min} - мінімально можливе значення i -го критерію;

$$K_i^{\min} \leq K_i^s \leq K_i^{\max}; k_i^s \in [0, 1]$$

Уведемо адитивну функцію вибору заняття, що розраховується для кожного заняття розкладу. Вагові коефіцієнти критеріїв цієї функції можуть бути як статичними, так і динамічними:

$$q^s = \sum_i (e_i k_i^s)$$

Такий метод згортання критерію, що називається методом зважених сум, дозволяє забезпечувати пріоритет більш важливим частковим критеріям оптимальності за рахунок збільшення для них значень вагових коефіцієнтів e_i . Величина e_i задає в кількісному вимірі перевагу i -го критерію над іншими критеріями оптимальності, причому $\sum_i e_i = 1$.

Нормування вагових коефіцієнтів e_i виконується в такий спосіб:

$$e_i = \frac{|N_i|}{\sum_i |N_i|} \quad (1)$$

де $|N_i|$ - мінімальна необхідна кількість перестановок для оптимізації i -го критерію. Ці значення відповідають мінімально-необхідному числу перестановок занять для отримання «ідеального» розкладу за критеріями K_i .

Відзначимо, що розрахунок динамічних вагових коефіцієнтів e_i (1) виконується на кожному кроці оптимізації.

Функція інтегральної оцінки розкладу за всіма критеріями оптимальності, що показує різницю між поточним і «ідеальним» розкладом занять, обчислюється по наступній формулі:

$$Q = \sum_s \sum_i k_i^s \quad (2)$$

Задача оптимізації розкладу занять зводиться до перетворення за допомогою евристичного алгоритму попереднього розкладу у розклад, що має мінімальне значення інтегральної оцінки розкладу (2).

Одержати найкраще рішення поставленої задачі можна тільки перебравши всі можливі варіанти її рішення, що ставить задачу в ряд задач комбінаторики [10]. Але повний перебір має велику кількість варіантів. У зв'язку з незадовільним станом точних методів рішення задач теорії розкладу [11] і великою кількістю перестановок пов'язаних з оптимізацією розкладу, був розроблений евристичний алгоритм багатокритеріальної оптимізації розкладу занять [12].

Якість розкладу з точки зору викладача визначається ступенем урахування його побажань. Побажання викладачів має сенс стандартизувати до декількох найбільш вживаних варіантів: бажане заняття, небажане заняття, вільний день, обов'язковий день, кількість пар у день. Побажання викладачів доповнюються побажаннями кафедри. Наприклад, викладач для своєї дисципліни вказує побажання про час проведення заняття, а кафедра рекомендує аудиторію для цього заняття. На жаль, такі побажання формують далеко не всі викладачі та не всі кафедри, що значною мірою знижує якість розкладу складеного в автоматичному режимі.

У розкладах занять попередніх періодів вже присутня інформація якої не достає в поточних даних. Таким чином, пошук рішення на основі прецедентів в базі даних (БД) попередніх розкладів полягає у визначенні ступеня подібності поточної ситуації з прецедентами, які мали місце раніш, а потім у виконанні спроби розв'язати сформовану проблемну ситуацію, використовуючи прецедент, що має найбільшу ступінь схожості з поточною ситуацією. Якщо дисципліна, для якої потрібно знайти аудиторії в яких вона може бути проведена, вже викладалась у минулому і викладач співпадає з поточним, то вочевидь, що задача вирішена і аудиторії, що використовувались в попередні роки можна вважати такими, що рекомендовані в порядку спадання кількості використання. У випадку, коли викладач інший, то знайдений список аудиторій буде мати меншу ступінь достовірності. Для врегулювання випадків, коли дисципліна раніше не викладалась, або змінена її назва, для кожної дисципліни встановлюється ідентифікатори групи аудиторій. Кожна аудиторія може входити до декількох груп. Наприклад, комп'ютерний клас входить до груп аудиторій для практичних і лабораторних занять, комп'ютерних класів, комп'ютерних класів з встановленим пакетом програм Visual Studio, комп'ютерних класів з встановленим пакетом програм Microsoft SQL Server.

З урахуванням перерахованих особливостей модифікуємо метод найближчого сусіда для визначення прецедентів з бази прецедентів (БП). Дана модифікація полягає в тому, що вводиться спеціальна величина H – граничне значення ступеня подібності (близкості) прецедентів з БП та поточної проблемної ситуації, яка задається експертом (викладачем). В результаті порівняння вибирається не один єдиний найближчий сусід (прецедент), а деяка множина найближчих сусідів, ступінь подібності яких більше або дорівнює граничному значенню $S(C,T) \geq H$. Це дозволяє

вирішити проблему для випадку, коли є кілька прецедентів, рівновіддалених від поточної ситуації в заданій метриці. Далі диспетчерові може бути видано множину знайдених прецедентів із зазначенням ступеня їх подібності з поточною ситуацією для подальшого вибору найкращого рішення.

У модифікованому методі передбачені також наступні можливості.

Врахування коефіцієнтів важливості параметрів об'єкта у відповідності з експертними знаннями. Коефіцієнт важливості (вага) i -го параметра позначимо w_i , $w_i \in [0, 1]$. За замовчуванням вага параметра вважається рівним 1, але експерт (диспетчер) має можливість вказати необхідні на його погляд значення для коефіцієнтів важливості параметрів. Для врахування коефіцієнтів важливості параметрів при добуванні прецедентів з БП необхідно скоригувати значення параметрів x_i з формули Евклідової метрики

(евклідова відстань) [13] $d_{CT} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i^C - x_i^T)^2}$ пом-

ноживши їх на відповідні коефіцієнти w_i і використовувати величини межі діапазонів параметрів для опису прецедентів $x_i^{нов} \cdot w_i$, $x_i^{кин} \cdot w_i$ при обчисленні максимальної відстані d_{max} .

Робота з неповною інформацією у вихідних даних. У разі відсутності значень параметрів в описі прецеденту передбачається, що за даними параметрами прецедент і поточна ситуація збігаються, тобто $x_i^C = x_i^T$, а параметри з відсутніми значеннями не є важливими для даного прецеденту.

Для пошуку нежорстких обмежень до розкладу з використанням модифікованого методу визначення найближчого сусіда були розроблені відповідні алгоритми визначення прецедентів, що використовують різні метрики для визначення ступеня подібності (близкості) прецедентів з БП системи та поточної проблемною ситуацією.

Розглянемо алгоритм визначення прецедентів з використанням евклідової метрики. Вхідні дані: поточна ситуація T (тобто повинні бути задані числові значення параметрів, що описують ситуацію), CL – непорожня множина прецедентів, що зберігається в БП, $w_1 \dots w_n$ – ваги (коефіцієнти важливості) параметрів, m – кількість розглянутих прецедентів з БП і граничне значення ступеня подібності H .

Вихідні дані: Множина прецедентів SC (Set of Cases), які мають ступінь подібності (близкості) більшу або дорівнює порогового значення H .

Проміжні дані: Допоміжні змінні i, j (параметри циклу).

Крок 1. $SC = \emptyset, j = 1$; перехід до кроку 2.

Крок 2. Якщо $j \leq m$, то вибрати прецедент C_j з БП ($C_j \in CL$) і перехід до кроку 3, інакше вважати, що всі прецеденти з БП розглянуті і перехід до кроку 6.

Крок 3. Обчислити відстань d_{CT} в евклідовій метриці між вибраним прецедентом C_j і поточною

ситуацією T з урахуванням коефіцієнтів важливості параметрів:

$$d_{C,T} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(w_i (x_i^{C_j} - x_i^T) \right)^2} \quad (3)$$

Якщо значення параметра $x_i^{C_j}$ в описі прецеденту C_j відсутнє, то обчислити відстані $d_{C,T}$, враховуючи, що $x_i^{C_j} = x_i^T$, а якщо відсутнє значення параметра x_i^T в описі поточної ситуації T , то вирахувати відстань $d_{C,T}$, вважаючи $x_i^T = x_i^{\min} + (x_i^{\max} - x_i^{\min})/2$.

Перехід до кроку 4.

Крок 4. Обчислити ступінь подібності $S(C_j, T) = 1 - d_{C,T} / d_{\max}$, враховуючи при обчисленні d_{\max} ваги параметрів.

Перехід до кроку 5.

Крок 5. Якщо $S(C_j, T) \geq H$, то витягти прецедент C_j з БП і додати в результуючу множину SC ; привласнити $j = j + 1$ і перехід до кроку 2.

Крок 6. Якщо $SC \neq \emptyset$, то прецеденти для поточної ситуації успішно знайдені, видати їх список користувачеві і перехід до кроку 7. Інакше, якщо $SC = \emptyset$ і прецеденти для поточної проблемної ситуації не знайдені, видати повідомлення про необхідність зменшення порогового значення H і перехід до кроку 7.

Крок 7. Кінець алгоритму.

Зазначимо, що знайдені прецеденти можуть бути впорядковані за спаданням їх значень ступенів схожості з поточною ситуацією і видані користувачеві, який може з урахуванням власних уподобань вибрати найбільш відповідні прецеденти і на їх основі отримати рішення (діагноз і рекомендації) для поточної проблемної ситуації. Зауважимо також, що для обчислення відстані (3) можуть бути використані і інші показники (зважена евклідова метрика, манхеттенська метрика, квадрат евклідової відстані, відстань Чебишева, міра близькості Журавльова, міра подібності за Хеммінгом [13]), вибір яких робиться з урахуванням специфіки проблемної області.

Що стосується алгоритму, що базується на мірі подібності за Хеммінгом, то його відмінність від розглянутого вище алгоритму полягає в тому, що на кроці 3 визначається не відстань між прецедентом та поточною ситуацією, а кількість параметрів $n_{C,T}$, значення яких у прецеденту і поточної ситуації збігаються. Цей алгоритм може працювати із символічними значеннями параметрів в описі прецедентів і проблемної ситуації. Перед виконанням обчислень значення $n_{C,T}$ повинно бути обнулено ($n_{C,T} = 0$). Крім того, для врахування коефіцієнтів важливості при збігу значень параметрів значення $n_{C,T}$ не збільшується на одиницю, а на w_i .

У разі відсутності значення параметра $x_i^{C_j}$ в описі прецеденту C_j передбачається, що $x_i^{C_j} = x_i^T$, і

$n_{C,T}$ збільшується на w_i , а у разі відсутності значення параметра x_i^T в описі поточної ситуації T , передбачається, що $x_i^T \neq x_i^{C_j}$ і значення $n_{C,T}$ не змінюється. Далі на кроці 4 обчислюється міра подібності за Хеммінгом, а решта кроків алгоритму залишаються без змін. $S(C_o, T) = n_{C,T} / \sum_{i=1}^n w_i$

Необхідно відзначити, що в алгоритмах визначення прецедентів для врахування коефіцієнтів важливості параметрів може виконуватися попередній етап (крок 0) для коригування значень меж діапазонів параметрів і самих параметрів, що виключає необхідність в подальшому врахування коефіцієнтів важливості при пошуку прецедентів.

3. Експериментальна частина. Автоматизована інформаційна система (АІС) «АРМ диспетчера ВНЗ» у ДВНЗ «Криворізький національний університет» знаходиться на етапі дослідної експлуатації. Дослідження АІС проводились на даних осіннього семестру 2014-2015 н.р. Цей період був «цікавий» тим, що було складено два робочих розклади, які реально використовувались при проведенні навчального процесу. В першому варіанті були задіяні всі 14 корпусів, а в другому варіанті було виведено з експлуатації на період опалювального сезону 7 корпусів.

Загальні дані по очній та заочній формі навчання у в осінньому семестрі 2014-2015 н.р. наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Загальні дані КНУ

Кількість:	Форма навчання	
	Очна	Заочна
академічних груп	350	345
потоків	1146	890
штатних викладачів	788	
викладачів задіяних на заняттях	723	631
аудиторних занять	9911	16404
корпусів в яких проводяться заняття	12	
аудиторій в яких проводяться заняття	417	
середня місткість аудиторії	41,34	

У денній формі заняття мають періодичний характер, в табл. 1 вказана кількість занять фактично за два тижні, а у заочній формі заняття мають календарний характер і в табл. 1 вказана фактична кількість занять за семестр.

Обмежень на час проведення занять для груп очної форми навчання не накладалося окрім типових настанов – заняття плануються з першої до шостої пари включно, допускається використовувати нульову і сьому пари у виключних випадках при дефіциті деяких конкретних аудиторій. У середньому аудиторне навантаження групи очної форми навчання становить 25,4 академічних годин у тиждень.

Більшість викладачів є штатними працівниками вишу, 10% від загальної кількості викладачів є внутрішніми сумісниками на інших кафедрах.

Аналіз аудиторного фонду університету.

Характеристика аудиторного фонду наведена на рис. 1 та у табл. 2. Навчальні корпуси, за винятком №№ 1 та 8, не дуже відрізняються по кількості аудиторій, але є суттєві відмінності по співвідношенню аудиторій різної місткості (див. рис. 1) та типів (див. таблиця 2). Так корпуси №№ 12,13,14 мають більше аудиторій середньої і великої місткості (в основному лекційні), корпуси №№ 3,4,10 мають більше лабораторій розрахованих на одну академічну групу. Найбільш універсальними по типу і місткості аудиторій є корпуси №№ 1 та 6.

Корпуси університету по декілька штук угрупованні у п'яти різних частинах міста, переміщення між якими можливе лише за допомогою транспортних засобів. Корпуси у одному кластері ми називаємо спорідненими: переміщення між ними можливе пішки протягом десятихвилинної перерви і у розкладі корпуси такого кластеру плануються як один корпус. До таких кластерів відносяться відповідно корпуси №№ 1, 6; №№ 2, 3, 4; №№ 5, 8; №№ 13, 14; №№ 9, 10.



Рис. 1. Аналіз аудиторного фонду

Таблиця 2

Місткість аудиторій різних типів

Корпус	зал графіки	комп'ютерний клас	лабораторія	лекційна	павільйон	Спортзал	Взагалі
1	130	485	1710	2590	128	180	5223
2		55	222	701		57	1035
3			883				883
4		30	399	306			735
5		65	275	950			1290
6	25	145	528	1044			1742
8		30	141	55			226
9		60	208	694			962
10			164	608			772
12		90		1988		100	2178
13		60		1032		75	1167
14		30	425	570			1025
Σ	155	1050	4955	10538	128	412	17238

Таким чином, на основі аналізу кількості, місткості та якості аудиторій можна зробити висновок,

що найбільш універсальний аудиторний фонд є в корпусах №№ 1, 2, 6, 14. Корпуси №№ 3 і 10 не мають повного складу аудиторій різних типів необхідних для проведення занять і вони використовуються в комплексі з іншими корпусами.

Визначення ступеня відповідності аудиторного фонду поточному навчання.

У табл. 3 наведено аналіз планових завдань до складання розкладу занять у осінньому семестрі 2014-2015 навчального року по критерію кількості студентів у академічних групах та потоках у перерахунку. Наприклад, для проведення лекцій в академічній групі, або потоці з кількістю студентів до 17 заплановано 928 занять. Зрозуміло, що ці заняття необхідно провести не за одну пару.

У таблиці 4 загальну кількість планових занять перераховано на кількість пар в навчальних день при п'ятиденному робочому тижні. З табл. 4 видно, що сумарно для груп з кількістю студентів до 17 з використанням лише аудиторій місткістю до 17 необхідно майже 15 пар в день. Цей факт можна розцінювати як дефіцит невеличких аудиторій, але фактично це не є проблемою, оскільки при додатковому використанні аудиторій місткістю 18-30 та 31-50 осіб дефіцит аудиторій відсутній.

Таблиця 3

Кількість занять по плану на осінній семестр денної форми навчання

Форма занять	Кількість студентів					Взагалі занять
	< 17	18-30	31-50	51-90	> 91	
Лекція	928	520	298	164	7	1917
Лабораторні	512	384	2	0	0	898
Практичні	767	694	20	2	0	1483
Взагалі	2207	1598	320	166	7	4298

У середньому по вишу завантаження аудиторій складає 2,1 пари в день, що дозволяє без напруження організувати навчальний процес у одну зміну.

Таблиця 4

Планове завантаження аудиторій (кількість пар в день)

Форма занять	Кількість студентів					Середнє завантаження
	до 17	18-30	31-50	51-90	> 91	
Лекція	6,2	0,5	0,9	0,4	0,1	0,9
Лабораторні	3,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4
Практичні	5,1	0,6	0,1	0,0	0,0	0,7
Взагалі	14,7	1,5	1,0	0,4	0,1	2,1

Відсутність (у середньому) дефіциту аудиторного фонду дозволяє вільно планувати заняття заочної форми навчання і проведення різних ненавчальних (за розкладом) заходів роботи зі студентами: як то проведення консультацій, додаткових занять, виховних заходів, факультативів, наукової роботи та ін. Все вище сказане, не стосується деяких лабораторій та, наприклад, комп'ютерних класів у корпусах №№ 4, 8, 14, які є дефіцитними і потребують пріоритетного планування для забезпечення їх раціонального використання. На основі наведених даних можли-

во зробити висновок що в університеті є достатній аудиторний фонд і розклад занять може бути складеним.

Оцінка показників якості.

Серед виведених з розкладу занять корпусів на час опалювального сезону (№№ 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12) є маленькі (біля десятка аудиторій) і великі п'ятиповерхові корпуси. Це збільшило навантаження на інші корпуси і дало можливість отримати більш «цікаві» результати з точки зору «стресостійкості» системи складання розкладу. Таким чином, в наявності два робочих варіанти розкладу: перший варіант – «звичайний» розклад з використанням всіх ресурсів який був робочим до 1 листопада, і другий варіант – «екстремальний» розклад з виведенням деяких корпусів з розкладу з першого листопада до закінчення семестру. Обидва варіанти розкладу і були використані для подальшого аналізу. База даних розкладу занять була оброблена за допомогою програми написаної на мові Visual FoxPro, результати збережені в таблицях у форматі Microsoft Excel. В середовищі останнього і були побудовані всі графіки і діаграми.

На рис. 2 наведено сумарне завантаження аудиторій різних типів по парам занять, а на рис. 3 наведено діаграму сумарного завантаження аудиторій різного типу для двох варіантів розкладу. Виявилось, що у другому варіанті розкладу з'явилися неочікувані результати. Так, в результаті тимчасового виведення з розкладу семи корпусів збільшилось навантаження тільки залів графіки з 78 до 264 занять (такий тип аудиторій є тільки в корпусах №№ 1, 6), та лабораторій з 4221 до 5062 занять, а в комп'ютерних класах (з 1607 до 1478), лекційних аудиторіях (з 9282 до 8651) та спортивних залах (з 300 до 290) зменшилось навантаження.

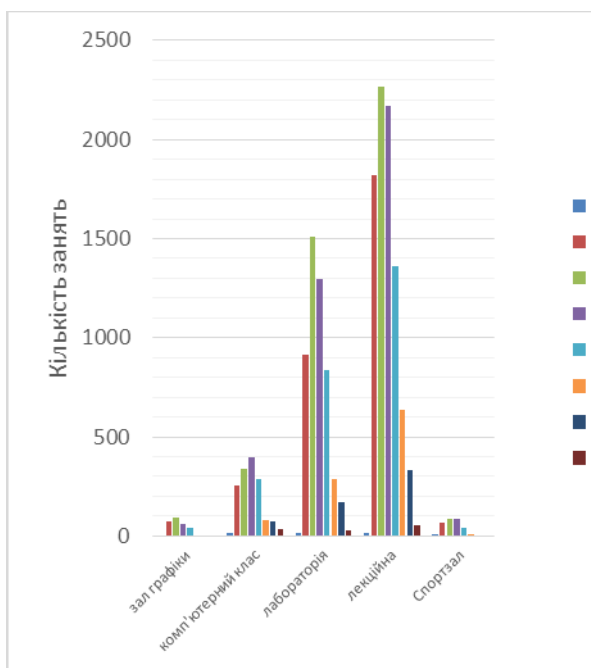


Рис. 2. Сумарне завантаження аудиторій різних типів по парам занять

Пояснюються ці досить «дивні» результати тим, що заняття не просто переносились з корпусу в корпус, а ще й додатково виконувалася оптимізація розкладу. Наприклад заняття з фізичної культури переносились не тільки на вільні 4-5-6 у пари, а і «підселювались» групи до занять на 1-3-х парах. У спортивному залі першого корпусу одночасно проводять заняття до семи груп. Корпуси, що виводились з розкладу (варіант розкладу 2) працювали в вересні і жовтні (варіант розкладу 1) тому заняття на кафедрах планувалися по змісту и видам занять таким чином, щоб критичні заняття в унікальних лабораторіях були проведені на початку семестру. Лекції частково (в основному для одної групи) перепланувалися в нелекційні аудиторії відповідної місткості з метою вивільнення лекційних аудиторій для потоків. В цілому, за рахунок комплексного вирішення проблеми переносу занять, на якості проведення занять другий варіант розкладу деструктивної дії не мав.

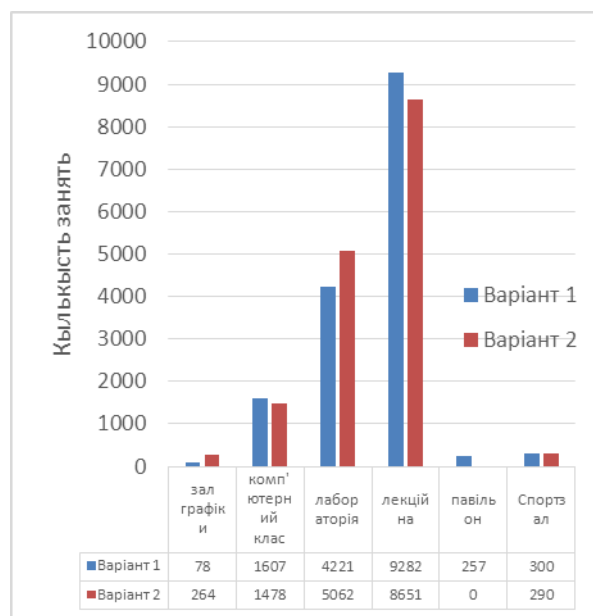


Рис. 3. Сумарне завантаження аудиторій для двох варіантів розкладу

Наявність занять на нульовій та сьомій парах, в першу чергу, пояснюється намаганням диспетчерів задовольнити якомога більшу кількість вимог викладачів до розкладу та дефіцитом комп'ютерних класів у корпусі №1. Точніше кажучи, не дефіцитом власне класів обладнаних комп'ютерами, а класів з комп'ютерами з встановленим необхідним ліцензійним програмним забезпеченням. Хоча у цьому корпусі є найбільша кількість комп'ютерних класів і багато спеціалізованих лабораторій і кафедральних приміщень які не задіяні у аудиторних заняттях (методичні кабінети, наукові лабораторії, викладацькі) обладнані в кожному по декілька комп'ютерів, дефіцит комп'ютерних класів зберігається, тому що в першому корпусі сконцентровані факультети – найбільші «споживачі» комп'ютерів – факультет інформаційних технологій, електротехнічний, механіко-машинобудівний та геолого-екологічний факультети.

Ці факультети використовують комп'ютери для програмування, розрахунків та САПРів. Дефіцитність лабораторій у корпусах №№ 1 та 14 пояснюється їх унікальністю та високої вартості встановленого обладнання (що не дозволяє обладнати більшу кількість лабораторій).

На рис. 4 наведено сумарне завантаження аудиторій різних типів по парам занять для двох варіантів, а на рис 5 для варіанту 1. Найбільше завантаження аудиторного фонду що по першому, що по другому варіантам розкладу на другій та третій парах. Тобто в цілому, заняття проводяться, і в екстремальному варіанті також, за перші три пари, які є найбільш сприятливими для навчання. Так в першому варіанті розкладу на першій парі 20% занять, на другій 27% та на третій парі 25% (див.).

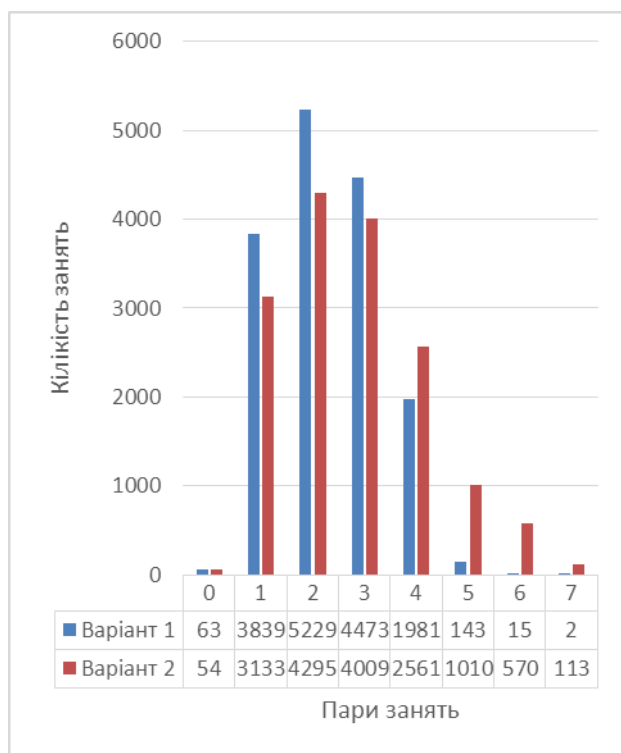


Рис. 4. Розподілення занять по парам

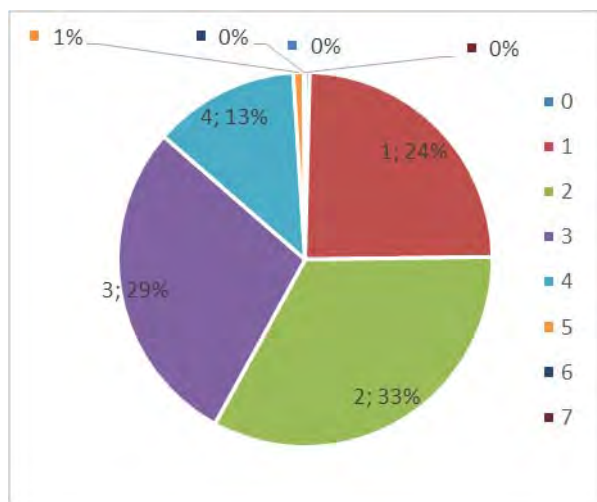


Рис. 5. Розподілення занять по парам для варіанту 1

Оцінка ступеню врахування побажань викладачів.

В табл. 5 зведено сумарно побажання викладачів до часу проведення занять, вільного дня (дня в який небажано планувати заняття), обов'язкового дня (день, коли бажано планувати заняття) та відповідну кількість задовільнених побажань у розкладі за обома варіантами. Побажання на час проведення занять подали 536 викладачів, побажання на кількість зайнятих днів і кількість занять у день подали 418 викладачів. Ступінь виконання у розкладі побажань викладачів наведено на рис. 6.

Рівень урахування побажань викладачів до розкладу занять досить великий – від 79,6% для обов'язкового дня у другому варіанті розкладу до 98,4% для небажаного заняття у першому варіанті (див. рис. 6).

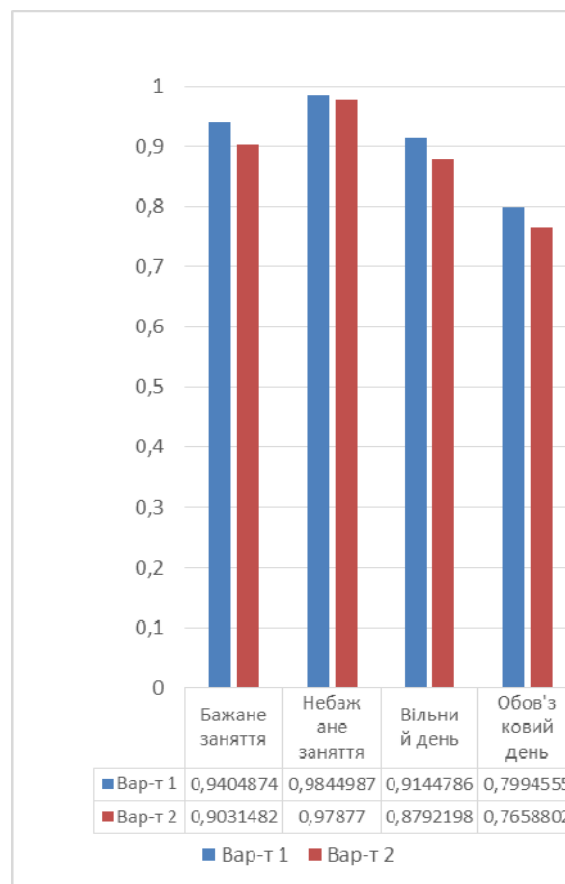


Рис. 6. Ступінь виконання у розкладі побажань викладачів

У розкладі занять студентів «вікон» немає – це було одним з жорстких обмежень для розкладу. У розкладі занять викладачів та аудиторного фонду «вікна» наявні (див. рис. 7).

В першому варіанті розкладу 508 викладачів (76,26%) з 723, а в другому варіанті 475 викладачів (65,70%) взагалі не мають «вікон», по одному «вікну» за два навчальні тижні мають відповідно 121 (16,74%) та 132 (18,26%) викладачів, по 2 «вікна» мають відповідно 62 (8,58%) та 75 (10,37%) викладачів. Від 3-х до 7-и «вікон» мають взагалі менше двох

Таблиця 5

Побажання викладачів щодо часу проведення занять

Пара		Бажане заняття			Небажане заняття			Вільний день			Обов'язковий день		
		План	Вар-т 1	Вар-т 2	План	Вар-т 1	Вар-т 2	План	Вар-т 1	Вар-т 2	План	Вар-т 1	Вар-т 2
Понеділок	0	0	0	0	530	530	527	345	338	340	107	102	100
	1	305	286	265	248	232	230						
	2	584	536	512	52	41	37						
	3	415	380	384	63	45	41						
	4	198	160	174	105	87	82						
	5	95	35	46	203	189	184						
	6	0	0	0	520	520	514						
	7	0	0	0	521	521	515						
Вівторок	0	0	0	0	516	514	514	212	192	178	204	186	188
	1	408	376	341	362	351	357						
	2	618	584	580	41	39	38						
	3	508	492	487	50	44	41						
	4	234	228	230	142	126	122						
	5	68	43	52	304	298	297						
	6	0	0	0	504	503	502						
	7	0	0	0	510	510	510						
Середа	0	5	5	5	519	519	519	248	231	214	359	228	224
	1	420	400	387	358	350	347						
	2	542	481	320	24	21	20						
	3	487	402	385	64	62	63						
	4	241	208	224	146	141	140						
	5	59	42	48	205	200	197						
	6	0	0	0	520	520	520						
	7	0	0	0	518	518	518						
Четвер	0	0	0	0	532	530	530	126	101	98	247	203	167
	1	692	690	687	286	282	280						
	2	651	650	742	21	18	19						
	3	492	480	476	25	23	22						
	4	257	221	240	208	200	194						
	5	51	41	44	249	244	240						
	6	0	0	0	524	520	521						
	7	0	0	0	528	528	528						
П'ятниця	0	0	0	0	536	536	535	402	357	342	185	162	165
	1	524	712	518	249	246	247						
	2	756	657	624	31	28	26						
	3	604	574	542	34	33	32						
	4	305	274	284	241	240	237						
	5	42	35	38	325	321	318						
	6	0	0	0	526	526	524						
	7	0	0	0	530	530	530						
Взагалі		9561	8992	8635	11870	11686	11618	1333	1219	1172	1102	881	844

відсотків викладачів. С точки зору кількості «вікон» у розкладах викладачів розклад занять визнано добрим в обох варіантах. Перший варіант на 4,56% кращий ніж другий варіант, оскільки для його складання були доступними на 133 аудиторії більше.

В першому варіанті розкладу було задіяно 386 аудиторій, а в другому варіанті 252 аудиторії (див. табл. 6), що складає відповідно 40,79 та 62,48 занять на аудиторію при загальній кількості занять в семестрі 15745.

Очевидно, що по ступеню завантаження аудиторного фонду другий варіант краще, а по наявності «вікон», тобто щільності завантаження аудиторного фонду краще перший варіант (на 6,2 %).

Таким чином, наведені показники говорять про досить високий рівень якості проаналізованого розкладу. Наявність двох варіантів розкладу занять дозволила дослідити вплив на якість розкладу такого важливого ресурсу як об'єм аудиторного фонду.

Однією з безумовних вимог до розкладу була заборона для студентів переїзду між корпусами протягом навчального дня. Допускається лише перехід між корпусами, що розташовані поруч – такі корпуси диспетчери називають «дружніми» і планують в них заняття як в один корпус.

Для викладачів допускається переїзд між корпусами якщо між заняттями в таких корпусах не менше ніж одна вільна пара. Такі випадки в розкладі занять

викладачів є в наявності. В першому варіанті 5 викладачів переїзять за два тижні загалом одинадцять раз, а в другому варіанті 3 викладачі переїзять до інших корпусів по одному разу.

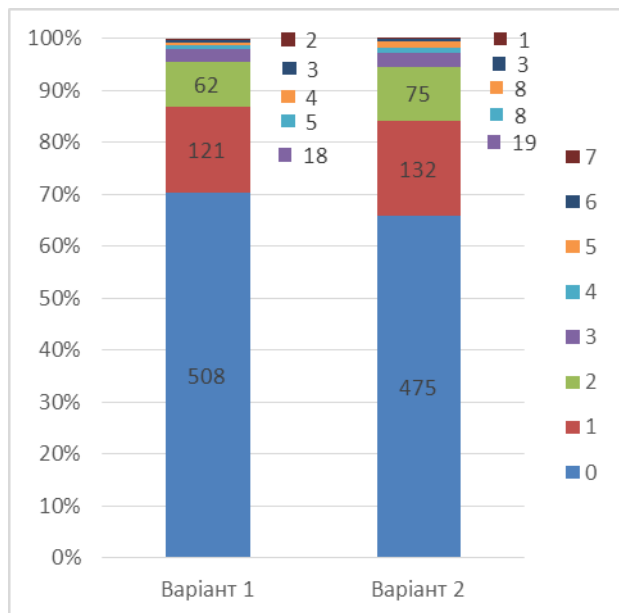


Рис. 7. Кількість викладачів, що мають «вікна» у розкладі занять

Таблиця 6

Кількість аудиторій в яких є «вікна» у розкладі занять

Кількість «вікон»	Варіант 1		Варіант 2	
	Кількість	%	Кількість	%
0	197	51,04	113	44,84
1	106	27,46	61	24,21
2	45	11,66	43	17,06
3	23	5,96	14	5,56
4	10	2,59	9	3,57
5	3	0,78	9	3,57
6	2	0,52	3	1,19
Взагалі	386		252	

4. Висновки. Запропоновано критерії оцінки показників якості розкладу занять, який формується автоматизованою системою. Отримані оцінки на прикладі двох варіантів розкладу осіннього семестру 2014/2015 навчального року дозволяють зробити висновок про його високу якість. Проаналізовано залежність оцінок показників якості від обсягу аудиторного фонду. Отримані результати дозволяють зробити висновок про можливість поліпшення якості розкладу при збільшенні аудиторного фонду. В той же час цей шлях не дає повного рішення, що пояснюється жорсткістю побажань викладачів.

Література

1. Луценко Е.В. Рефлексивная автоматизированная система управления качеством подготовки специалистов / Луценко Е.В., Коржаков В.Е. // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2007. №4. С.28-36.

2. Савельев А.Я. Автоматизация управления вузом. / А.Я. Савельев, Ю.Б. Зубарев В.Е. Коваленко, Т.А. Колоскова — М.: Радио и связь, 1984.
3. Галузин К.С. Математическая модель оптимального учебного расписания с учетом нечетких предпочтений. // Автореф. дисс. канд. физ. мат. наук: спец. 05.13.18 "" / К.С. Галузин. - Пермь: Перм, гос.техн. ун-т - 2004.
4. Ерунов В.П. Формирование оптимального расписания учебных занятий в вузе / Ерунов В.П., Морковин И.И. // Вестник Оренбургского государственного университета: сб. науч. трудов. - Оренбург. - 2001. № 3. С. 55-63.
5. Бурнасов П.В. Критерії оптимальності задачі складання розкладу занять в системі управління ресурсами як підсистемі АСУ ВИШУ / П.В. Бурнасов // Гірничий вісник. - 2014. - Вип. 98. - С. 109-115. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2014_98_28.
6. Моргун В.С. Розробка системи управління ресурсами вишу при складанні розкладу занять / В.С. Моргун, П.В. Бурнасов // Гірничий вісник : науково-технічний збірник. - Вип. 99.-Кривий Ріг: ДВНЗ "КНУ", 2015.- с. 159-164.
7. Morkun V.S. The management of the resources education al institution / V.S. Morkun, P.V. Burnasov // Metallurgical and Mining Industry. - 2014. - №4. - P. 56-61. - Режим доступу до ресурсу: <http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/12.2014.pdf>
8. Клеванский Н.Н. Разработка математической модели глобальной оптимизации расписания занятий / Клеванский Н.Н., Костин С.А., Пузанов А.А.// Сложные системы. Анализ, моделирование, управление - Саратов: ООО Издательство "Научная книга", 2005. - С.39-42.
9. Касьянов В.Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. / В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев. - Санкт- Петербург: "БХВ-Петербург", 2003. - 1086с.
10. Липский В. Комбинаторика для программистов / Липский В. // Пер. с польск. - М.: Мир, 1988. - 213 с.
11. Жданова Е.Г. Теория расписаний / Е.Г Жданова - М.: МГУ, 1999. — С. 11-16.
12. Бурнасов П.В. Критерії якості автоматичного складання розкладу занять у ВНЗ / П.В. Бурнасов // Вісник Криворізького технічного університету. : зб. наук. праць. - Кривий Ріг. - 2008. - Вип. 22. - С. 136-140.
13. Карпов Л.Е. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин. // ИСП РАН, препринт. - 2006. - №18.

References

1. Lucenko E.V. Refleksivnaja avtomatizirovannaja si-stema upravlenija kachestvom podgotovki specialistov / Lucenko E.V., Korzhakov V.E. // Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 4: Estestvenno-matematicheskie i tehnicheckie nauki. 2007. №4. S.28-36.
2. Savel'ev A.Ja. Avtomatizacija upravlenija vuzom. / A.Ja. Savel'ev, Ju.B. Zubarev B.E. Kovalenko, Koloskova — M.: Radio i svjaz', 1984.
3. Galuzin K.S. Matematicheskaja model' optimal'nogo uchebnogo raspisanija s uchetom nechetkih predpochtenij.

- // Avtoref. diss. kand. fiz. mat. nauk: spec. 05.13.18 "" / K.S. Galuzin. - Perm': Perm, gos.tehn. un-t - 2004.
4. Erunov V.P. Formirovanie optimal'nogo raspisanija uchebnyh zanjatij v vuze / Erunov V.P., Morkovin I.I. // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta: sb. nauch. trudov. - Orenburg. - 2001. № 3. S. 55-63.
 5. Burnasov P.V. Kryterii' optymal'nosti zadachi skladan-nja rozkladu zanjat' v systemi upravlinnja resursamy jak pidsystemy ASU VYShU / P.V. Burnasov // Girnychyj visnyk. - 2014. - Vyp. 98. - S. 109-115. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2014_98_28.
 6. Morkun V.S. Rozrobka systemy upravlinnja resursamy vyshu pry skladanni rozkladu zanjat' / V.S. Morkun, P.V. Burnasov // Girnychyj visnyk : naukovy-tehnichnyj zbirnyk. - Vyp. 99.-Kryvyj Rig: DVNZ "KNU"., 2015.-с. 159-164.
 7. Morkun V.S. The management of the resources education-al institution / V.S. Morkun, P.V. Burnasov // Metallurgical and Mining Industry. - 2014. - №4. - P. 56-61. - Режим доступу до ресурсу: <http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/12.2014.pdf>
 8. Klevanskij N.N. Razrabotka matematicheskoy modeli global'noj optimizacii raspisanija zanjatij / Klevan-skiy N.N., Kostin S.A., Puzanov A.A.// Slozhnye si-stemy. Analiz, modelirovanie, upravlenie - Saratov: OOO Izdatel'stvo "Nauchnaja kniga", 2005. - S.39-42.
 9. Kas'janov V.N. Grafy v programmirovanii: obrabot-ka, vi-zualizacija i primenenie. / V.N. Kas'janov, V.A. Evstigneev. - Sankt- Peterburg: "BHV-Peterburg", 2003. - 1086s.
 10. Lipskij V. Kombinatorika dlja programmistov / Lip-skiy V. // Per. s pol'sk. - M.: Mir, 1988. - 213 s.
 11. Zhdanova E.G. Teorija raspisanij / E.G Zhdanova - M.: MGU, 1999. - S. 11-16.
 12. Burnasov P.V. Kryterii' jakosti avtomatichnogo skladan-nja rozkladu zanjat' u VNZ / P.V. Burnasov // Visnyk Kryvoriz'kogo tehnicnogo universytetu. : zb. nauk. prac'. - Kryvyj Rig. - 2008. - Vyp. 22. - S. 136-140.
 13. Karpov L.E. Metody dobychi dannyh pri postroenii loka-l'noj metriki v sistemah vyvoda po precedentam / L.E. Karpov, V.N. Judin. // ISP RAN, preprint. - 2006. - №18.

Моркун В.С., Бурнасов П.В. Методы определения качества расписания занятий ВУЗа

Для определения качества расписания занятий ВУЗа с точки зрения субъектов учебного процесса, разработа-на методика оценки на основе методов нечеткого регрес-сионного анализа, а для контроля качественных показа-телей в процессе составления расписания разработана интегральная оценка качества. Для автоматического

определения нежестких требований к расписанию, от степени выполнения которых зависит уровень удовле-творенности расписанием занятий со стороны субъек-тов учебного процесса, разработаны принципы их фор-мирования на основе расписаний предыдущих периодов с использованием модифицированного метода ближайшего соседа для определения прецедентов из интегрированной базы расписаний. Получены оценки качества расписания занятий на примере двух вариантов расписания с разным количеством доступных аудиторий. Проанализирована зависимость оценок показателей качества от объема аудиторного фонда.

Ключевые слова: расписание занятий, критерии ка-чества расписания, метод ближайшего соседа, множе-ственное число прецедентов

Morkun V.S., Burnasov P.V. Methods of quality of timetable scheduling determination at higher educational institutions

To determine the quality of the teaching schedule of the University from the point of view of subjects of educational process, there was developed a methodology for estimating on the basis of methods of fuzzy regression analysis and for moni-toring quality indicators in the process of scheduling there was elaborated an integrated quality assessment. To automat-ically detect non-rigid schedule requirements, the degree of which depends on the level of satisfaction with the class schedule on the part of subjects of educational process there was worked out principles of their formation on the basis of the schedules of previous periods with the use of a modified nearest neighbor method to define the base case-integrated schedules. The estimations of the quality of class schedules by the example of two schedule options with different number of available classrooms were obtained. The dependence of esti-mates of quality indices of the volume of the auditorium fund was analyzed

Keywords: schedule, schedule quality criteria, nearest neighbor method, set of precedents.

Моркун Володимир Станіславович – д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи ДВНЗ «Криворізь-кий національний університет», morkun@mail.ua

Бурнасов Павло Вікторович – старший викладач ка-федри інформатика, автоматики і систем управління ДВНЗ «Криворізький національний університет», burnasov@live.com

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

Стаття подана 09.03.2016

УДК 656.025.2

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ УКРАИНЫ

Нестеренко Г. И., Музыкина С. И., Музыкин М. И.

ANALYSIS OF THE EXISTING SYSTEM OF ORGANIZATION OF TRANSPORTATION PASSENGERS WITH DISABILITIES BY RAILWAY TRANSPORT IN UKRAINE

Nesterenko H. I., Muzykina S. I., Muzykin M. I.

В статье проведен анализ существующей системы организации перевозок пассажиров с ограниченными возможностями железнодорожным транспортом на примере Львовской железной дороги. В графическом виде представлен анализ использования вагона для инвалидов, анализ наиболее популярных направлений передвижения инвалидов, анализ количества перевезенных пассажиров в специализированном пассажирском вагоне для перевозки инвалидов. Кроме этого дана техническая характеристика используемого пассажирского подвижного состава. Для пассажиров с ограниченными возможностями комфортность проследования между станциями низкая, т. к. инвентарный парк Украины построен по техническим требованиям, которые предоставлял СССР.

Ключевые слова: лицо с ограниченной подвижностью; перевозка пассажиров; маршрут следования поезда; специализированный пассажирский вагон для перевозки инвалидов.

Введение. В настоящее время уровень развития железнодорожного транспорта той или иной страны свидетельствует не только о достижениях этой державы в области науки и техники, о прогрессе в сфере транспорта, но также и о состоянии экономики и социальном уровне развития страны в целом.

При этом уровень развития в социальной сфере имеет достаточно широкое значение. Одним из самых актуальных аспектов в этом смысле является состояние социальной защищенности наиболее уязвимых групп общества – инвалидов и лиц с ограниченными физическими возможностями (ограниченной подвижностью).

Понятие «Люди с ограниченной подвижностью» подразумевает людей, у которых есть трудность в использовании поездов или инфраструктуры железнодорожной системы [1-5]. Это понятие включает следующие категории:

— пользователи инвалидного кресла (люди, которые из-за немощи или неспособности используют инвалидное кресло для передвижения).

Другие трудности в передвижении, включая

- людей с проблемами конечностей;
- людей с амбулаторными трудностями;
- людей с детьми;
- людей с тяжелым или большим багажом;
- пожилых людей;
- беременных женщин;
- со слабым зрением;
- слепых людей;
- людей со слабым слухом;
- глухих людей;

— с проблемами коммуникации (имеется в виду людей, у которых есть трудность в общении или понимании письменного, или разговорного языка, включая иностранных людей с нехваткой знания местного языка, людей с трудностями с коммуникацией, людей с сенсорными, психологическими и интеллектуальными проблемами);

— людей с маленьким ростом (включая детей).

Ухудшения у людей могут быть долгосрочными или временными, могут быть видимыми или скрытыми.

Однако, понятие «людей с ограниченной подвижностью» не включает людей, у которых проблемы с алкоголем или наркотиками, если такая зависимость не была вызвана лечением.

Постановка проблемы. Инвалиды, люди с ограниченной подвижностью есть в любом государстве, в каждой группе общества. Численность этой категории в подавляющем большинстве стран не только не уменьшается, но в последнее время стабильно увеличивается.

Причины и следствия инвалидности в разных странах различны. Эти различия объясняются раз-

ними социально-экономическими условиями и разными мерами, принимаемыми в государствах по обеспечению благосостояния своих граждан.

Предприятия и организации, которые осуществляют транспортное обслуживание населения, обязаны обеспечить специальное оборудование транспортных средств, вокзалов, аэропортов и других объектов, которое бы дало возможность инвалидам беспрепятственно пользоваться их услугами. В тех случаях, когда действующие транспортные средства не могут быть приспособлены для использования инвалидами, органы местного самоуправления создают другие возможности для их передвижения. При проектировании и создании новых средств передвижения, реконструкции и строительстве аэропортов, железнодорожных вокзалов и автовокзалов, морских и речных портов обязательно предусматривается возможность их использования инвалидами [6, статья 28].

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросами перевозки инвалидов и пассажиров с ограниченной подвижностью железнодорожным транспортом занимаются Нестеренко Г. И., Яновский П. А., Литвиненко С. Л., Габриэлова Т. Ю. [7] До них этот вопрос в нашей стране не рассматривался.

Цель статьи. Показать проблемы существующие в Украине при перевозке людей с ограниченными возможностями в передвижении.

Изложение основного материала. Основой нормативной базы Украины в области социальной защиты инвалидов является Закон Украины «Об основах социальной защищенности инвалидов в Украине» от 21.03.1991 № 876-ХІІ с соответствующими изменениями и дополнениями [6].

Этот Закон определяет основы социальной защищенности инвалидов в Украине и гарантирует на уровне со всеми другими гражданами возможности для участия в экономической, политической и социальной сферах жизни общества, создания необходимых условий, которые дают возможность инвалидам вести полноценный образ жизни согласно индивидуальным способностям и интересам. Инвалиды в Украине владеют всей полнотой социально-экономических, политических, личных прав и свобод, закреплённых Конституцией Украины и другими законодательными актами. Дискриминация инвалидов запрещается и преследуется по закону.

Органы государственной власти, предприятия (объединения), учреждения и организации (независимо от форм собственности и ведения хозяйства) обязаны создавать условия для беспрепятственного доступа инвалидов к обитаемым, общественным и производственным домам, сооружениям, общественному транспорту, для свободного передвижения в населённых пунктах [6, статья 26].

Спектр задач, определённых соответствующими нормативными документами, достаточно широк и серьёзен. Однако почти все они имеют общегосударственный, глобальный характер. Более конкрет-

ное отношение к непосредственному обеспечению транспортного обслуживания инвалидов и лиц с ограниченными физическими возможностями имеют отраслевые нормативные документы. Сегодня в Украине среди всех видов транспорта наиболее развито направление обслуживания инвалидов и лиц с ограниченной подвижностью на железнодорожном транспорте.

Обслуживание граждан железнодорожным транспортом регулируется:

— Законом Украины «О транспорте» от 10.11.1994 № 233/94-ВР [8];

— Законом Украины «О железнодорожном транспорте» от 04.07.1996 № 274/96-ВР [9];

— Порядком обслуживания граждан железнодорожным транспортом, утверждённый Постановлением Кабинета Министров Украины от 19.03.1997 № 252 [10];

— Правилами перевозок пассажиров, багажа, грузобагажа и почты железнодорожным транспортом Украины, утверждённые приказом Министерства транспорта и связи от 27.12.2006 № 1196 с изменениями внесёнными приказами Министерства инфраструктуры [11];

— Законами Украины «О предпринимательстве», «О защите прав потребителей», «О предприятиях в Украине», «Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения», другими актами законодательства.

По заявлению инвалида, который передвигается на коляске, или его законного представителя железная дорога (пункт обслуживания пассажиров) по мере сил осуществляет прицепку специальных вагонов, которые имеют оборудование для посадки инвалида в поезд и специализированное купе для проезда.

При групповых перевозках инвалидов вагоны прицепляются одной группой. В случае отсутствия специального вагона (при принятии железной дорогой нескольких заявлений на одну дату) заявителю предлагается перенести дату поездки. Заявитель не позже как за 2 суток до отправления поезда информируется относительно даты прицепки специального вагона и оформления проездных документов.

Если инвалид нуждается в помощи при посадке в вагон, он лично или уполномоченное им лицо должны в письменном виде или по телефону предупредить об этом ответственное лицо на вокзале (начальника вокзала, пассажирской станции или дежурного по вокзалу), а в день выезда подтвердить это. Информация о необходимости предоставления помощи отмечается в специально заведённом журнале, предусмотренном технологическим процессом работы соответствующего пункта продажи. Если аналогичную помощь необходимо оказать при высадке, обязанность о предоставлении информации в пункт высадки полагается на пункт отправления, а обеспечение организации высадки – на пункт высадки пассажира.

При посадке/высадке проводник, при необходимости, оказывает помощь в доставке ручной клади инвалида до/из вагона. При необходимости работники вокзала оказывают помощь в сопровождении инвалида территорией вокзала. Плата за отмеченные услуги не производится.

Проводник обязан помочь инвалиду по зрению и инвалиду, который передвигается на коляске, если такие лица осуществляют поездку без сопровождающего, занять свое место в вагоне согласно проездного документа. Проводник вагона обязан также предложить инвалиду услугу по застеланию постели и при наличии соответствующего согласия безвозмездно предоставить её.

Согласно статистических показателей в 2014 году львовские железнодорожники 177 раз использовали специально оборудованные вагоны для людей с ограниченными физическими возможностями. Для выполнения всех заявок инвалидов в 2014 году Львовская магистраль пополнила свой парк еще двумя единицами такого подвижного состава и теперь в наличии Львовской железной дороги есть три специально оборудованных вагона.

Данные вагоны использовались на следующих маршрутах: Симферополь-Львов; Киев-Львов; Симферополь-Луцк; Львов-Одесса; Ивано-Франковск-

Киев; Ровно-Симферополь; Ивано-Франковск-Симферополь; Ковель-Симферополь; Киев - Черновцы; Львов-Николаев; Львов-Херсон; Одесса-Ровно; Симферополь-Здолбунов; Винница-Ковель; Винница-Симферополь; Жмеринка-Симферополь; Львов - Черкасы; Львов-Шевченко; Мукачeve-Симферополь; Винница-Ровно; Донецк - Хмельницкий, Львов; Киев - Луцк; Киев - Червоноград; Ковель - Одесса; Коломыя - Симферополь; Симферополь - Славута; Симферополь - Тернополь; Симферополь - Тячево; Симферополь - Хмельницкий; Симферополь - Черновцы; Шепетовка - Симферополь; Бердичев - Симферополь; Винница - Николаев; Винница - Киверцы; Винница - Донецк; Джанкой - Ковель; Джанкой - Львов; Киев - Николаев; Киев - Свалява; Киев - Стрый; Конотоп - Москва; Кременчуг - Львов; Луцк - Винница; Луцк - Одесса; Львов - Днепродзержинск; Львов - Геничеськ; Львов - Рокувата; Львов - Шепетовка; Моршин-Киев; Печановка - Киверцы; Ровно - Долинская; Симферополь - Киверцы; Сарны-Славянск; Симферополь - Береговое; Тернополь - Харьков; Ужгород - Киев; Херсон - Тернополь; Хмельницкий - Николаев; Хмельницкий - Одесса; Черкасы-Красное; Черкасы-Одесса.

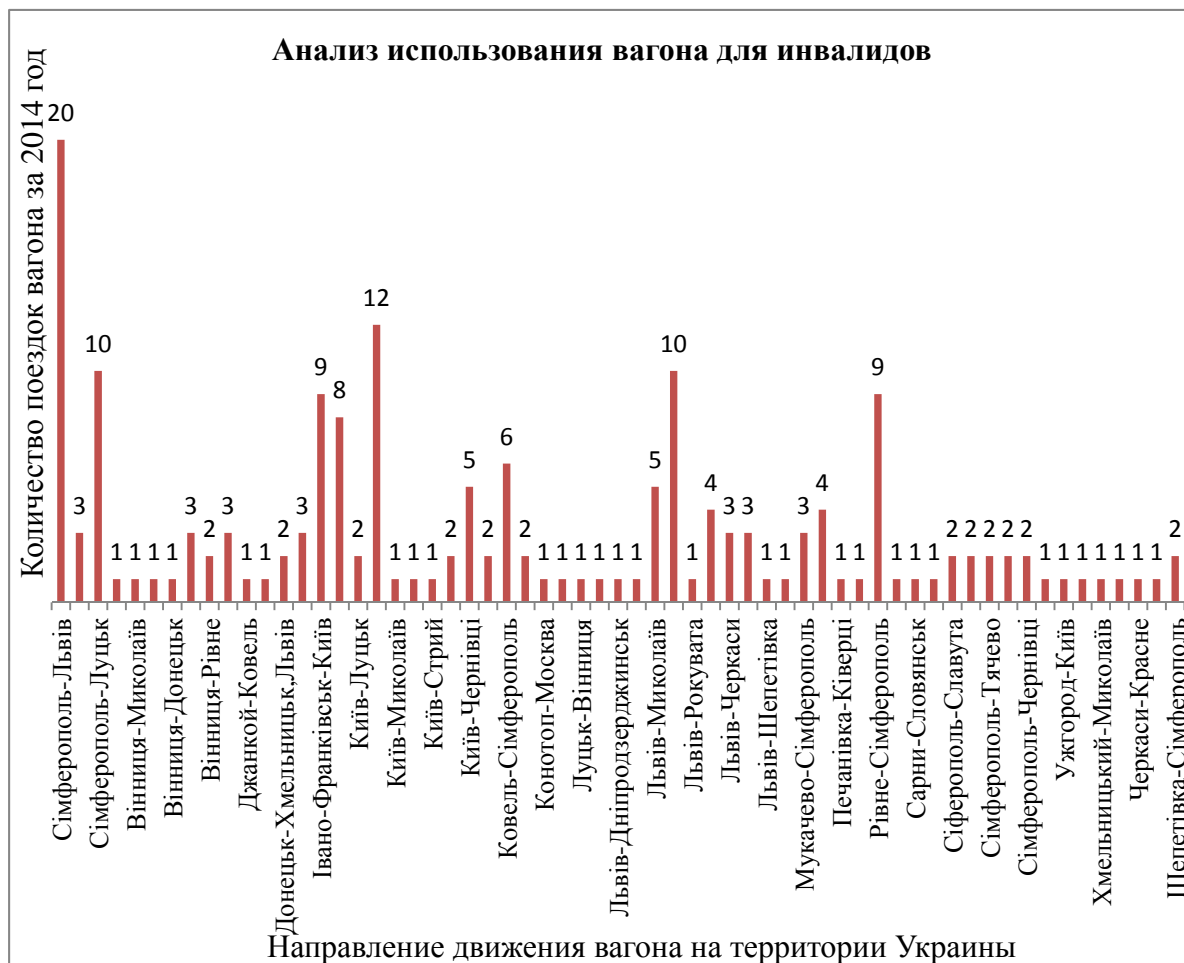


Рис.1. Анализ использования вагона для инвалидов

Проанализировав маршруты следования вагонов по территории Украины, можно сделать выборку направлений, на которых чаще всего курсируют вагоны для инвалидов.

Из вышеприведенного анализа (рис. 2) на маршруте Симферополь - Львов вагон для перевозки инвалидов использовался чаще всего, а именно 20 раз за 2014 год. Кроме того маршрут к столице Украины также является достаточно популярным для лиц с ограниченными возможностями.

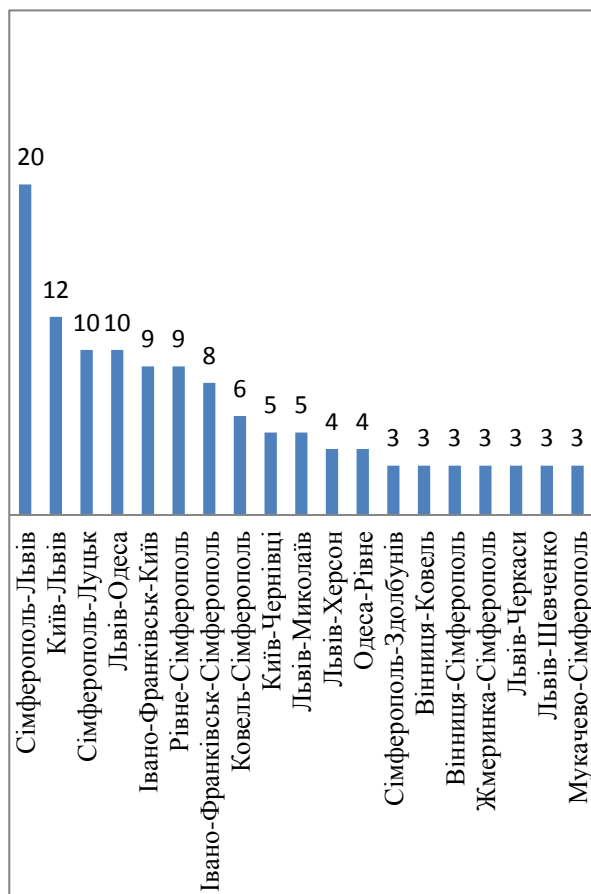


Рис. 2. Анализ наиболее популярных направлений

Проведен анализ количества перевозок инвалидов по месяцам (рис. 3). Согласно статистических данных наибольшее количество инвалидов были перевезены во время летних перевозок, меньше всего – в январе и ноябре.

Однако, недостаточно полно удовлетворяется весь спектр потребностей в перевозках инвалидов железнодорожным транспортом в дальнем сообщении. Это объясняется тем, что в инвентарном парке пассажирских вагонов железных дорог Украины с одной стороны имеется 19 специализированных пассажирских вагонов для перевозки инвалидов (СПВИ), в том числе 2 – с местами для сидения, а с другой стороны – нет СПВИ международного сообщения типа RIC.

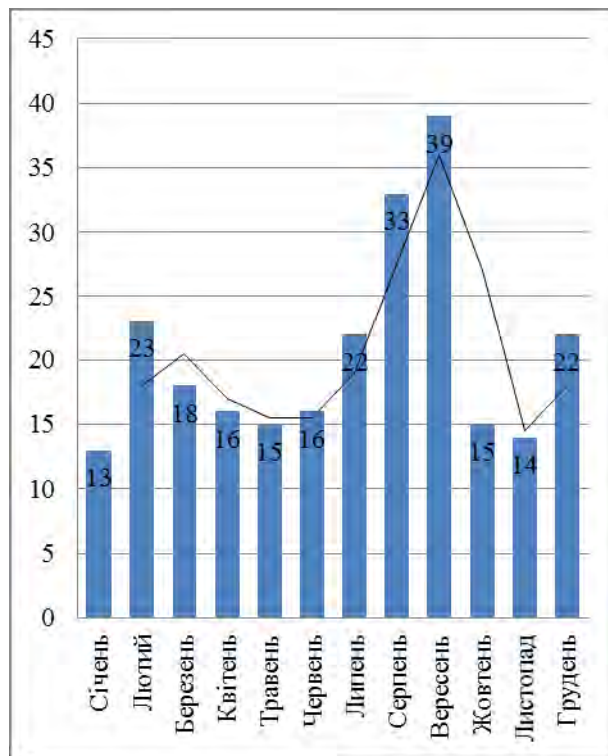


Рис. 3. Анализ количества перевезенных пассажиров СПВИ

Таким образом, обеспечение возможности перевозки инвалидов в СПВИ типа RIC в международном сообщении – актуальная задача, стоящая сегодня перед железнодорожниками Украины на пути обеспечения интероперабельности в рассматриваемой области.

Пассажиры могут получить информацию о СПВИ, оформить соответствующую заявку по телефонам, указанным на официальном сайте Укрзалізнички в подразделе «Сервисные услуги» или «Услуги в поездах» раздела «Для пассажиров».

Вокзальные комплексы и станции железных дорог Украины постепенно приводятся в соответствие с требованиями для обслуживания и создания безбарьерных условий инвалидам и пассажирам с ограниченной подвижностью.

Кроме средств механизации на пассажирских вагонах на железных дорогах Украины в 2014 г. проведен ряд мероприятий согласно Плана мероприятий относительно выполнения Протокола совещания по результатам проведенного аудита вокзала ст. Киев-Пассажирский Юго-западной железной дороги относительно определения доступности зданий и сооружений и предоставления услуг для маломобильных пассажиров, а также по вопросам доступности других объектов железнодорожного транспорта от 14.08.2014, утвержденного 19.08.2014.

Согласно мероприятий проведена следующая работа:

1. Проведено обеспечение всех 167 составов поездов международного и внутреннего сообщения, сезонных и местных одной салонной тележкой для

людей с инвалидностью, в том числе по железным дорогам:

- **Донецкая:** 26 тележек;
- **Львовская:** 32 тележки;
- **Одесская:** 31 тележка;
- **Южная:** 29 тележек;
- **Юго-западная:** 22 тележки;
- **Приднепровская:** 27 тележек.

2. Проведен аудит 21 железнодорожного вокзала относительно определения доступности зданий и сооружений и предоставления услуг для маломобильных пассажиров, с привлечением к этой работе представителей общественных организаций инвалидов, Укртрансинспекции, в том числе по железным дорогам:

- Львовская: Ивано-Франковск, Черновцы, Чоп, Тернополь, Ровно, Ужгород, Трускавец;
- Одесская: Одесса-Главная, Херсон, Николаев, им. Т. Шевченко;
- Южная: Харьков-Пассажирский, Полтава, Сумы;
- Юго-западная: Жмеринка, Винница, Хмельницкий, Козятин;
- Приднепровская: Днепропетровск, Запорожье-1, Бердянск.

3. Проведено размещение на веб-сайте Укрзалізнички информации для лиц с ограниченными физическими возможностями и других маломобильных групп населения.

4. Проведено оборудование 18 железнодорожных вокзалов механическими подъемными устройствами для поднимания к/из вагона людей с инвалидностью, в том числе по железным дорогам:

- Львовская: Львов, Тернополь, Ровно, Черновцы, Ивано-Франковск, Ужгород, Чоп;
- Одесская: Николаев, Херсон, им. Т. Шевченко;
- Юго-западная: Жмеринка, Хмельницкий, Винница, Козятин, Фастов, Белая Церковь;
- Приднепровская: Днепропетровск, Запорожье-1.

5. Проведено обеспечение 57 железнодорожных вокзалов тележками для людей с инвалидностью, в том числе по железным дорогам:

- Львовская: Чоп, Здолбунов, Ковель, Сарны, Броды, Мукачеве, Стрый, Самбор, Мостиска-2, Подзамче, Дрогобыч;
- Одесская: Первомайск-на-Бугу, Александрия;
- Южная: Лосье, Красноград, Казачья Лопасть, Харьков-Балашовский, Основа, Изюм, Мереха, Люботин, Смородино, Ромодан, Ромны, Лубны, Гребенка, Прилуки;
- Юго-западная: Жмеринка, Конотоп, Чернигов, Шепетовка, Житомир, Коростень, Нежин, Бахмач, Гадание, Шостка, Бердичев, Каменец-Подольский, Дарница, Хутор-Мих.;
- Приднепровская: Кривой Рог - Главный, Мелитополь, Запорожье-2, Роды, Бердянск, Синельниково-1, Днепропетровск Южный,

Днепродзержинск Пас., Павлоград-1, Марганец, Никополь, Цапелное, Апостолово, Рокуватая, Кривой Рог, Пятихатки Пасс.

6. При возобновлении объектов железнодорожного транспорта на юго-востоке Украины обязательно учитываются потребности в доступности к объектам людей с инвалидностью и других маломобильных групп населения.

7. Проведены изменения к должностным инструкциям работников, которые задействованы в обслуживании маломобильных пассажиров, в части заданий и обязанностей, обеспечения работы относительно предоставления помощи людям с инвалидностью и другим маломобильным группам населения при использовании железнодорожного транспорта, в частности организации транспортировки и сопровождение такой категории лиц по территории вокзала, станции, к билетным кассам, залов ожидания, комнат матери и ребенка, камер хранения, вагона, помощи во время посадки/высадки к/из вагона и тому подобное, а также требования относительно прохождения подготовки и учебы по обслуживанию людей с инвалидностью и других маломобильных групп населения.

8. Проведено на всех железнодорожных вокзалах и пассажирских станциях обучение навыкам правильного обращения с людьми с инвалидностью и других маломобильных групп населения персонала, который задействован в их обслуживании, с привлечением общественных организаций инвалидов.

9. Проведено обеспечение на железнодорожных вокзалах и пассажирских станциях беспрепятственного пользования залами ожидания и выделенными местами для ожидания, комнатами матери и ребенка, а также камерами хранения людьми с инвалидностью и маломобильными группами населения.

В данный момент изношенность пассажирского подвижного состава на территории Украины приблизительно 87%. Большинство вагонов для пассажиров, дизель и электропоездов было построено в СССР и ГДР. Со времен распада СССР Украина закупила только 300 вагонов, 14 электропоездов и 1 дизельпоезд.

В таблицах 1-2 представлена изношенность дизель-поездов и электропоездов на Львовской железной дороге. Как видим из общего анализа износа основных средств хозяйства пригородных пассажирских перевозок уровень износа является критическим

В таблице 3 представлены данные по использованию пассажирских вагонов по пассажирскому хозяйству Львовской железной дороги, срок эксплуатации которых превышает 28 лет.

На ниже представленном графическом анализе (рис. 4) представлена тенденция старения приписного парка пассажирских вагонов состоянием на нача-

ло 2015 года (вагонов со сроком эксплуатации до 28 лет и свыше 28 лет) за период 2015-2036 годы.

Таблица 1

Износ дизель-поездов

Серия	Припис-ной парк	Отрабо-танный ресурс (ед).	%	В эксплуата-ции с отрабо-танным ре-сурсом (ед).	%
Д1	24,5	24,5	100	15,5	63
ДПЛ	6	6	100	5	83
ДТЛ	1	1	100	1	100
ДР1А	25,5	22	87	13,5	61
ДЕЛ-02	1	-	-	-	-
Всего	58	53,5	92	35	65

Таблица 2

Износ электропоездов

Серия	Припис-ной парк	Отрабо-танный ресурс (сек.)	%	В эксплуата-ции с отрабо-танным ре-сурсом (сек.)	%
ЕР2	89	89	100	68	76
ЕР2Т	10	-	-	-	-
ЕПЛ2Т	26	-	-	-	-
ЕР9П	37	37	100	30	81
ЕР9М	14	14	100	10	71
ЕР9Т	10	-	-	-	-
Всего	186	140	75	108	77

В связи со старением подвижного состава и невозможностью замены вагонов на вагоны нового

производства уменьшается и количество составов поездов, что сопровождается увеличением интенсивности использования пассажирских вагонов. Это приводит к увеличению износа пассажирских вагонов и уменьшению вагонов в резерве и ремонтном запасе.

Вывод. Для пассажиров с ограниченными возможностями комфортность проследования между станциями низкая, т. к. инвентарный парк Украины построен по техническим требованиям, которые предоставлял СССР. При построении вагонов на ВСЗ Амендорфф и Калининском ВСЗ в технические характеристики не включались условия для перевозки лиц с ограниченным физическими возможностями.

Недостаточно полно удовлетворяется весь спектр потребностей в перевозках инвалидов железнодорожным транспортом в дальнем сообщении. Это объясняется тем, что в инвентарном парке пассажирских вагонов железных дорог Украины с одной стороны имеется 19 СПВИ, в том числе 2 – с местами для сидения, а с другой – нет СПВИ международного сообщения типа RIC.

Вокзальные комплексы и станции железных дорог Украины постепенно приводятся в соответствие с требованиями для обслуживания и создания безбарьерных условий инвалидам и пассажирам с ограниченной подвижностью.

Таблица 3

Вагоны сроком эксплуатации 28 лет и более

Структурной подразделение	Всего	В том числе								
		Ожидает ремонта	В деп. ремонте	В кап. ремонте	Экспл. в пас. поездах	В отстое	Под жильем	Ожид. исключение	Ваг., не обслед. для продлен. срока	Курсирует в приг. поездах
ЛВЧД - 1	268	45	2	1	95	38	6	74	3	4
ЛВЧД - 6	41	-	3	1	30	2	-	5	-	-
ЛВЧД - 14	160	-	-	-	85	62	-	-	5	8
ЛВЧ - 4	93	18	-	-	26	30	-	6	13	-
ЛВЧ - 5	54	-	2	-	24	20	1	3	4	-
Всего	616	63	7	2	260	152	7	88	25	12

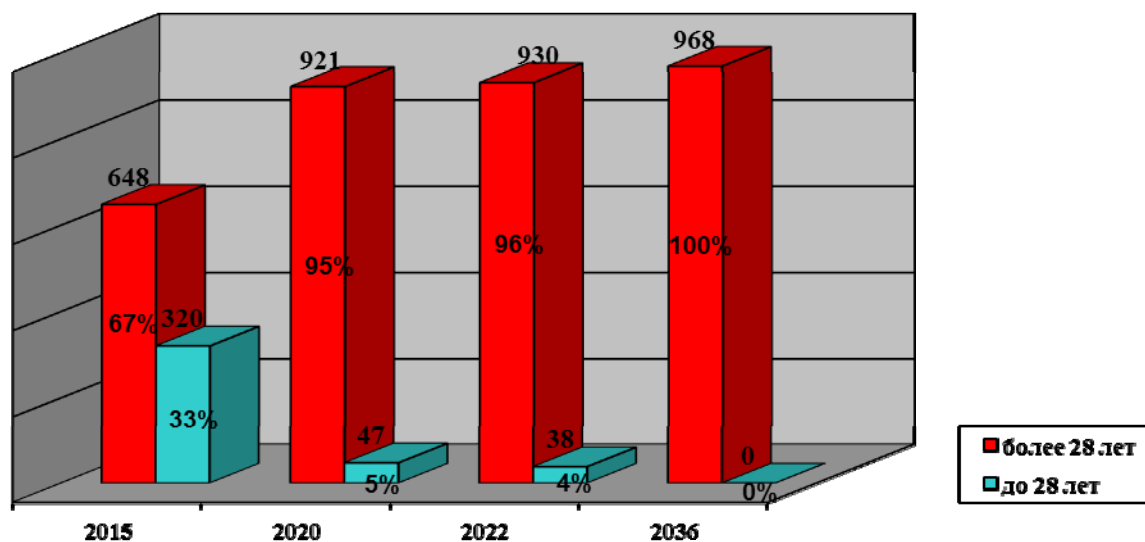


Рис.4. Графический анализ износа подвижного состава

Л и т е р а т у р а

1. Директива Европейского Парламента и Совета 96/48/ЕС от 23.07.1996 про интеграцию трансевропейской скоростной железнодорожной системы // Официальный вестник Европейского Союза, 1996. – Л. 235. – Вып. 39. – С. 6 – 24.
2. Директива Европейского Парламента и Совета 2001/16/ЕС от 19.03.2001 про интеграцию обычной трансевропейской скоростной железнодорожной системы // Официальный вестник Европейского Союза, 2001. – Л. 110. – Вып. 44. – С. 1 – 27.
3. Директива Европейского Парламента и Совета 2004/50/ЕС от 29.04.2004 о внесении изменений в Директивы 96/48/ЕС и 2001/16/ЕС // Официальный вестник Европейского Союза, 2004. – Л. 220. – Вып. 47. – С. 40 – 57.
4. Положение ЕС от 05.07.2006 №1107/2006 о правах пассажиров-инвалидов и пассажиров с ограниченной подвижностью // Официальный вестник Европейского Союза, 2006. – Л. 204. – Вып. 49. – С. 1 – 9.
5. Техническая спецификация интероперабельности относительно лиц с ограниченной подвижностью в обычных трансевропейских и высокоскоростных железнодорожных системах / Решение Европейской Комиссии 2008/164/ЕС от 21.12.2007 // Официальный вестник Европейского Союза. – 2008. – Л. 64. – Вып.51. – С. 72-206.
6. Закон України «Про основи соціальної захищеності інвалідів в Україні» від 21.03.1991. - № 876-XII. – Відомості Верховної Ради УРСР. – 1991. - №21. – Ст. 252.
7. Нестеренко Г. И. Техническая спецификация интероперабельности для перевозки инвалидов и пассажиров с ограниченной подвижностью : Учебное пособие. / Г. И. Нестеренко, П. А. Яновский, С. Л. Литвиненко, Т. Ю. Габриэлова. – К.: Кондор-Издательство, 2013. – 198 с.
8. Закон України «Про транспорт» № 233/94-ВР // Відомості Верховної Ради України. – 1994. - №51. – Ст. 446.
9. Закон України «Про залізничний транспорт» № 274/96-ВР // Відомості Верховної Ради України. – 1996. - №40. – Ст. 183.
10. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Порядок обслуговування громадян залізничним транспортом» від 19.03.1997 №252. // Офіційний вісник України. – 1997. - №12. – Т. 1. – С. 167.
11. «Правила перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти залізничним транспортом України» затверджені Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 27.12.2006 р. № 1196 із змінами внесеними наказами Міністерства інфраструктури. – К.: Інпрес, 2013. – 168 с.

References

1. Direktiva Evropejskogo Parlamenta i Soveta 96/48/ES ot 23.07.1996 pro integraciju transeuropejskoj skorostnoj zheleznodorozhnoj sistemy // Oficial'nyj vestnik Evropejskogo Sojuza, 1996. – L. 235. – Vyp. 39. – S. 6 – 24.
2. Direktiva Evropejskogo Parlamenta i Soveta 2001/16/ES ot 19.03.2001 pro integraciju obychnoj transeuropejskoj skorostnoj zheleznodorozhnoj sistemy // Oficial'nyj vestnik Evropejskogo Sojuza, 2001. – L. 110. – Vyp. 44. – S. 1 – 27.
3. Direktiva Evropejskogo Parlamenta i Soveta 2004/50/ES ot 29.04.2004 o vnesenii izmenenij v Direktivy 96/48/ES i 2001/16/ES // Oficial'nyj vestnik Evropejskogo Sojuza, 2004. – L. 220. – Vyp. 47. – S. 40 – 57
4. Polozhenie ES ot 05.07.2006 №1107/2006 o pravah passazhirov-invalidov i passazhirov s ogranicennoj podvizhnost'ju // Oficial'nyj vestnik Evropejskogo Sojuza, 2006. – L. 204. – Vyp. 49. – S. 1 – 9.
5. Tehnicheskaja specifikacija interoperabel'nosti odnositel'no lic s ogranicennoj podvizhnost'ju v obychnyh transeuropejskih i vysokoskorostnyh zheleznodorozhnyh sistemah / Reshenie Evropejskoj Komissii 2008/164/ES ot 21.12.2007 // Oficial'nyj vestnik Evropejskogo Sojuza. – 2008. – L. 64. – Vyp.51. – S. 72-206.
6. Zakon Ukrai'ny «Pro osnovy social'noi' zahyshhenosti invalidiv v Ukrai'ni» vid 21.03.1991. - № 876-XII. – Vidomosti Verhovnoi' Rady URSR. – 1991. - №21. – St. 252.
7. Nesterenko G. I. Tehnicheskaja specifikacija interoperabel'nosti dlja perevozki invalidov i passazhirov s ogranicennoj podvizhnost'ju : Uchebnoe posobie. / G. I.

- Nesterenko, P. A. Janovskij, S. L. Litvinenko, T. Ju. Gabrijelova. – K.: Kondor-Izdatel'stvo, 2013. – 198 s.
8. Zakon Ukraïny «Pro transport» № 233/94-VR // Vidomosti Verhovnoi' Rady Ukraïny. – 1994. - №51. – St. 446.
 9. Zakon Ukraïny «Pro zaliznychnyj transport» № 274/96-VR // Vidomosti Verhovnoi' Rady Ukraïny. – 1996. - №40. – St. 183.
 10. Postanova Kabinetu Ministriv Ukraïny «Pro Porjadok obslugovuvannja gromadjan zaliznychnym transportom» vid 19.03.1997 №252. // Oficijnyj visnyk Ukraïny. – 1997. - №12. – T. 1. – S. 167.
 11. «Pravyla perevezennja pasazhyriv, bagazhu, vantazhobagazhu ta poshty zaliznychnym transportom Ukraïny» zatverdzeni Nakazom Ministerstva transportu ta zv'jazku Ukraïny vid 27.12.2006 r. № 1196 iz zminamy vnesenymy nakazamy Ministerstva infrastruktury. – K.: Inpres, 2013. – 168 s.

Нестеренко Г. І., Музикіна С. І., Музикін М. І.
Аналіз наявної системи організації перевезень пасажирів з обмеженими можливостями залізничним транспортом України.

У статті проведено аналіз існуючої системи організації перевезень пасажирів з обмеженими можливостями залізничним транспортом на прикладі Львівської залізниці. У графічному вигляді представлений аналіз використання вагона для інвалідів, аналіз найбільш популярних напрямків пересування інвалідів, аналіз кількості перевезених пасажирів в спеціалізованому пасажирському вагоні для перевезення інвалідів. Крім цього дана технічна характеристика використовуваного пасажирського рухомого складу. Для пасажирів з обмеженими можливостями комфортність проходження між станціями низька, тому що інвентарний парк України побудований за технічним вимогам, які надавав СРСР.

Ключові слова: особа з обмеженою рухливістю; перевезення пасажирів; маршрут прямування поїзда; спеціалізований пасажирський вагон для перевезення інвалідів.

Nesterenko H. I., Muzykina S. I., Muzykin M. I.
Analysis of the existing system of organization of transportation passengers with disabilities by railway transport in Ukraine.

The article analyzes the existing organization of transportation passengers with disabilities by railway transport on the example of Lviv railway. In the graphs presented the analysis of car use for disabled persons, analysis of the most popular areas of movement of persons with disabilities, the analysis of number of passengers carried in a special passenger car for transportation of disabled persons. Also describe the technical characteristics of the passenger rolling stock. For disabled passengers comfortable passage between stations is low, since the Ukrainian car fleet was built on technical requirements, which has provided the Soviet Union.

Keywords: person with reduced mobility; transportation of passengers; route of the train; special passenger car for transportation of disabled persons.

Нестеренко Г. І. – к.т.н., доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ), e-mail: galinamuzykina@rambler.ru.

Музикіна С. І. – к.т.н., доцент кафедри «Безпека життєдіяльності» ДНУЗТ, e-mail: fufei@rambler.ru.

Музикін М. І. – магістр, аспірант кафедри «Безпека життєдіяльності» ДНУЗТ, e-mail: grafmim@rambler.ru.

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

Стаття подана 13.03.2016

УДК 622.278

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА

Новак Г.Л., Григоренко Т.Г.

INNOVATIVE TEACHING METHODS IN VOCATIONAL AND PRACTICAL TRAINING OF COLLEGE STUDENTS

Novak G., Grigorenko T.

В статье рассмотрены инновационные методы повышения качества образовательного процесса при профессионально-практической подготовке студентов колледжа. Представленные в статье методы обучения позволяют воспитывать компетентных профессионалов, умеющих ориентироваться в изменяющихся условиях, готовых решать производственные задачи любой сложности, способных к самообразованию и саморазвитию.

Ключевые слова: медиасреда, электронные образовательные ресурсы, творческое развитие личности, информационно активные методы и формы обучения, практико-ориентированные задания.

Введение. Отличительной чертой современно-го специалиста любой области является не только наличие фундаментальных знаний в профессиональной деятельности, но и необходимость владения совокупностью программных средств, которые помогут ему ориентироваться в информационном пространстве.

Таким образом, задача преподавателя высшего учебного заведения – воспитать профессионала с активной жизненной позицией, компетентного в своей сфере деятельности, с умением ориентироваться в изменяющихся условиях, готового решать профессиональные задачи, способного к самообразованию, саморазвитию и самореализации. Средствами, способными помочь в осуществлении данной задачи становятся электронные ресурсы, функционирующие на базе новых информационных технологий и составляющие основу для становления современной медиасреды.

Постановка проблемы. Мультимедиа представляет собой быстро развивающуюся информационную технологию, которую отличают: интеграция в одном программном продукте различных видов информации, работа в режиме реального времени, а также новый уровень интегрированного общения «человек - компьютер».

Информационные технологии позволяют создавать такие электронные средства обучения, которые интегрируют свойства практически всех традиционных средств, использовать, корректировать и сохранять опыт, содержащий в информационных средах, обмениваться им, сочетать достижения педагогических и информационных технологий, минимизировать расходы на обучение.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах Чупрова, Л. В., Ксенцова, Г. Ю., Нурланова Б. М., Бобер Ю.В., Колесникова Н. Н. и др. неоднократно уделялось внимание формированию общих и профессиональных компетенций, характеризующих будущую профессиональную деятельность выпускников. В современных условиях творческая личность становится востребованной на всех ступенях развития. Для того чтобы выжить в ситуации постоянных изменений, а также адекватно на них реагировать, будущий специалист должен активизировать свой творческий потенциал.

Цель статьи. В работе сделана попытка показать, что в условиях перехода к разным инновационным моделям и методам обучения, общие принципы и подходы в организации образовательного процесса повышают вою эффективность в профессионально-практической подготовке студентов колледжей.

Результаты исследований. Для повышения качества образовательного процесса преподаватель в своей работе может использовать электронные образовательные ресурсы, такие как презентации, видеолекции, видеоконференции, электронные учебники, мультимедиа курс, компьютерные модели, образовательные порталы, образовательные ресурсы удаленного доступа и другие. Каждый тип электронных образовательных ресурсов в образовательном процессе решает ограниченный круг специфических задач, поэтому их использование возможно в

качестве вспомогательного материала в образовательном процессе с традиционными педагогическими технологиями и в сочетании друг с другом.

Учебно-методический комплекс по каждой дисциплине, опирающийся на использование отдельных элементов информационных технологий, обеспечивает повышение эффективности взаимодействия преподавателя и студента в образовательном процессе и новое качество образовательной среды. Особенностью учебно-методических комплексов по дисциплинам, использующих электронные образовательные ресурсы, является то, что они оптимально сочетают систематизацию теоретических знаний и практических навыков студентов, повышают качество текущего контроля успеваемости, развивают навыки самоконтроля студентов, позволяют актуализировать и сохранить интерес студента к выбранной профессии.

Каждый тип электронных образовательных ресурсов, включенный в учебно-методический комплекс, имеет свои преимущества и вносит разный вклад в повышение эффективности образовательного процесса.

Не стоит забывать и о творческом потенциале современных студентов, который во многом является движущей силой в овладении профессиональных знаний. Так на смену образованию, дающему высокий уровень общих знаний, должно прийти образование, ориентированное на творческое развитие личности каждого обучающегося. Системное становление творческой личности будет обеспечивать гармонизированный образовательный процесс, построенный на принципиально новых методологических основаниях, протекающий в результате творческой деятельности взаимодействия преподавателей и студентов и предполагающий превращение студента из пассивного объекта профессиональной подготовки в субъект взаимодействия. Переход от информативных к активным методам и формам обучения студентов, через включение в учебную деятельность самих, является необходимым условием для плодотворной реализации задач. Перед профессионально-техническими колледжами поставлены задачи: обучение будущих специалистов фундаментальными знаниями; приучение студентов к самостоятельному получению информации за короткое время и развитие творческого мышления; обучение умениям научного исследования; воспитание разностороннего и культурного человека.

Во время работы над созданием электронных образовательных ресурсов, модель «преподаватель – студент», дает возможность подачи лекционного материала более наглядно, доступно, динамично. В тоже время сохраняется принцип научности. Приобретенный опыт практической деятельности может быть использован будущими специалистами для решения проблем, возникающих в повседневной жизни, в быту, на производстве. Практико-ориентированные задания повышают эффективность образовательного процесса за счет повышения

мотивация к освоению данной области познания, которая проявляется только в условиях лично значимых для студентов.

Вывод. Использование электронных ресурсов в образовательном процессе значительно влияет на формы и методы представления учебного материала, характер взаимодействия между обучаемым и педагогом, и, соответственно, на методику проведения занятий в целом. Вместе с тем электронные средства обучения не заменяют традиционные подходы к обучению, а значительно повышают их эффективность.

Компьютерные инновационные технологии призваны стать не дополнительным «довеском» в обучении, а неотъемлемой частью целостного образовательного процесса, значительно повышающей его эффективность.

Л и т е р а т у р а

1. Новак Г.Л. Пути активизации работы студентов на занятиях специальных транспортных дисциплин/ Г.Л. Новак // Методический вестник Мариупольского механико-металлургического колледжа. – Мариуполь, 2010. – с.56 – 64.
2. Пометун О. І., Пироженко Л. В. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: Наук.-метод.посібник / За ред. О. І. Пометун. – К., 2004. – 192 с.
3. Фіцула М.М. Педагогіка вищої школи: Навч. посібник. – К.: Акдемвидав, 2006. – 352 с.
4. Гуревич Р. С. Інформатизація навчального процесу як чинник формування особистості майбутніх фахівців // Дидактика професійної школи : зб. наук. пр. / ред. кол.: С. У. Гончаренко (голова), В. О. Радкевич, І. Є. Каньковський (заст. голови) та ін. — Хмельницький : ХНУ, 2006. — Вип. 4. — С. 94—97.
5. Литвин А. В. Інформатизація професійно-технічних навчальних закладів будівельного профілю : монографія / Андрій Вікторович Литвин. — Львів: Компанія «Манускрипт», 2011. — 498 с.
6. П'яткова Г. П. Технологія інтерактивного навчання у вищій школі : навчально-методичний посібник [для студентів вищих навчальних закладів] / Г. П. П'яткова. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 120 с.
7. Смирнова Т.Л. Инновации в образовательном процессе подготовки экономистов // Современное образование: инновационный потенциал умной экономики России: материалы международной научно-методической конференции 1-2 февраля 2007г., Россия, Томск. - Томск: Томский гос. университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. - с.98-100.
8. Чупрова, Л. В. К вопросу об инновационных методах обучения в вузе/Л. В. Чупрова//Сборники конференций НИЦ Социосфера, 2012. № 23. С.32–35.
9. Чупрова, Л. В. К проблеме совершенствования системы подготовки специалистов в высшей школе/Л. В. Чупрова//Педагогика и современность, 2012. № 1. С.63–67
10. Залогин, Ю.С. Компьютерные технологии в образовательном процессе / Ю.С. Залогин // Актуальные проблемы технологического образования: сб. науч. статей. Вып. 1. — Брянск: Изд-во БГПУ, 2000. — С. 30–34.

11. Кларин М. В. Интерактивное обучение-инструмент освоения нового опыта / М.В. Кларин // Педагогика. – 2000. – №7. – С. 12 – 19.

References

1. Novak G.L. The ways to activate the work of students on the lessons of Special Transport disciplines / G.L. Novak // Methodical Bulletin Mariupol Mechanics and Metallurgy College. - Mariupol, 2010. - s.56 - 64.
2. Pometun A.I., Pyrozhenko L.V. The modern lesson. Interactive learning technologies: Scientific handbook / Ed. O.I. Pometun. - K., 2004. - 192 s.
3. Fitsula M.M. High Education Pedagogy: Scientific manual. - K.: Akdemvydav, 2006. - 352 s.
4. Gurevich R.S. Informatization of the educational process as a factor in identity formation of future professionals // Didactics of vocational school: collection of scientific works/ ed. count. , U.S. Goncharenko (head), V. Radkevich, I.E. Kankovskyy (deputy head) and others. - Khmelnytsky: KNU, 2006. - Vol. 4. - s. 94-97.
5. Litvin A.V. Informatization of the vocational research institutions of building profile: monograph / A.V. Lytvyn. - Lviv: the "Manuskript" company, 2011. - 498 s.
6. Pyatkova G.P. The interactive learning technology in high education: Textbook [for college students] / G.P. Pyatkova. - Lviv: Publishing center LNU of Ivan Franko , 2008. - 120 s.
7. Smirnova T.L. The innovations in the educational process of economists preparation // Modern education: the innovative potential of smart Russian economy: Materials of the International Scientific Conference 1-2 February 2007, Tomsk, Russia.. - Tomsk: Tomsk State. university of Control Systems and Radio Electronics, 2007. - s.98-100.
8. Chuprova L.V. On the issue of innovative teaching methods in high school / L.V. Chuprov // Collection of conferences SRC sociosphere, 2012. № 23. s.32-35.
9. Chuprova L.V. Problem of improving the specialists preparing system in higher education / L.V. Chuprov // Pedagogy and modernity, 2012. № 1. s.63-67
10. Zalogin Y.S. Computer technologies in educational process / Y.S. Zalogin // Actual problems of technological education: collection of scientific articles. Edit. 1 - Bryansk: Publishing BSPU, 2000. - s. 30-34.
11. Klarin M.V. Interactive preparation - implement of a new tool experience / M.V. Klarin // Pedagogy. - 2000.- №7.- s. 12 - 19.

Новак Г.Л., Григоренко Т.Г. Інноваційні методи навчання у професійно-практичній підготовці студентів коледжу.

У статті розглянуто інноваційні методи підвищення якості освітнього процесу в професійно-практичній підготовці студентів коледжу. Представлені в статті методи навчання дозволяють виховувати компетентних професіоналів, які вміють орієнтуватися в умовах, що змінюються, готових вирішувати виробничі завдання будь-якої складності, здатних до самоосвіти і саморозвитку.

Ключові слова: *медіа середовище, електронні освітні ресурси, творчий розвиток особистості, інформаційно активні методи і форми навчання, практико-орієнтовні завдання.*

Nowak G., T. Grigorenko The innovative methods of training in vocational and practical preparation of college students.

The article considers innovative methods of improving the quality of the educational process in vocational and practical training of college students. The teaching methods, that are presented in the article, can educate competent professionals who know how to navigate the changing environment, who is ready to solve industrial problems of any complexity, capable of self-education and self-development.

Keywords: *media environment, electronic educational resources, creative personality development, information and active methods of learning, practice-oriented tasks.*

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.

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

Стаття подана 22.03.2016

УДК 656.029.4

СТАБІЛІЗАЦІЯ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

Оліскевич М. С.

THE STABILIZATION OF MATERIAL FLOWS AT TRANSPORT TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF CARGO DELIVERY

Oliskevych M. S.

Стаття присвячена динаміці транспортно-технологічних систем постачання вантажів. Розглядається вплив коливання вхідних матеріальних потоків на виникнення затримок у зв'язку з неузгодженістю логістичних операцій. Наведено можливі шляхи покращення стабільності ланцюгів збуту. Досліджено рівень розгалуження логістичної схеми як показник контролю стабілізації потоків. Обґрунтовано шляхи зміни швидкості дискретних матеріальних потоків і довжини логістичних ланцюгів як заходи зменшення затримок доставки товарів і уникнення додаткових резервів. Показано спосіб обчислення часових критеріїв стабільності транспортних систем з використанням графо-аналітичних моделей.

Ключові слова: транспортно-технологічна система, затримки постачання, логістичний ланцюг, розгалуження.

Вступ. Сучасні транспортно-технологічні системи (ТТС) характеризуються тим, що базуються на тісніших зв'язках між усіма ланками логістичних ланцюгів постачання, є більш розгалуженими і складнішими за структурою, мають сильніші ознаки ритмічності й функціонують в умовах значного коливання матеріальних потоків [12]. Змінність умов, та випадковий характер перебігу логістичних операцій впливають на рівень показників системи в цілому негативно. З іншого боку, зміни в матеріальних потоках є джерелами додаткової інформації, яку можна здобути й ефективно використати для виявлення і застосування потенціалу наявних логістичних структур. У зв'язку з тим, що інформаційні потоки набули визначного значення в ТТС, дослідження джерел їх утворення є актуальним.

Постановка проблеми. У цій статті показано, що зміна попиту на доставку вантажів у мережі споживачів приводить до неупорядкованості структури транспортно-технологічної системи, як наслідок – до затримок в постачанні товарів, утворенні додаткових запасів. Заподіяти цьому можна, якщо виявити потенціал детермінованої системи, якою є

логістичний ланцюг операцій підготовки та постачання товарів.

В умовах сучасного ринку з високим рівнем конкуренції постачальники товарів зіткнулись з проблемами ефективного керування усім ланцюгом постачання, знижуючи при цьому запаси, скорочуючи тривалість затримок і зменшуючи тривалість доставки в цілому [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У багатьох дослідженнях визначено, що в моделях економічних процесів незалежні змінні, найчастіше, є дискретними [7]. Раніше було показано також, що, будь-яку ТТС можна відобразити у вигляді комбінації скінченної множини елементарних логістичних операцій (ЕЛО), які є пов'язані організаційним параметром – тактом, а також іншими параметрами: розміром гурту матеріальних елементів, які переміщують разом, фронтом [10]. Функціональні зв'язки таких моделей відображають потоковий характер ТТС, детерміновані зв'язки будь-яких двох ЕЛО в логістичному ланцюгу, взаємодію транспортних та інших засобів і дають змогу визначити реальну продуктивність системи при доставці поштучних вантажів від виробника до споживача в цілому. Однак така можливість є тоді, коли попит на споживання є сталим. Якщо ж він – змінний, то й структура і параметри ТТС міняються [9]. Тому, у даному випадку, ТТС потрібно розглядати як динамічну систему, яка еволюціонує [6].

Для відображення складних дискретних систем у динаміці використовують симуляційні, зокрема, дискретно-подійні моделі, які дають змогу уникнути труднощів побудови аналітичних залежностей і вивчити процеси перетворення матеріальних потоків в режимі реального (модельного) часу [2]. Проте, такі моделі не дають змогу дослідити стійкість дискретних систем при зміні зовнішніх умов, і розробити найбільш ефективні заходи їх стабілізації, оскільки не завжди відображають їх критичних станів.

Для оптимізації дискретних систем застосовують математичне програмування, у тому числі – в умовах невизначеності, або неповної визначеності [1, 11]. Головний недолік цих методів – вони не враховують змінної структури логістичних ланцюгів, якої не уникнути при змінному матеріальному потоці.

Для дослідження динаміки і стійкості дискретних систем найчастіше застосовують різницеві рівняння різного порядку [2]. Вони досить точно відображають реакцію систем на зовнішні впливи. Однак, у цих рівняннях використовують лише одну змінну – час, яка набуває дискретних значень. У моделі ТТС, яка складається з ланцюга елементарних логістичних операцій, таких змінних є декілька. Крім того, розв'язання різницевих рівнянь не дає змоги визначити шляхи структурної оптимізації ТТС, так само як і вказати шляхи покращення показників її функціонування і розроблення стратегій розвитку.

У деяких джерелах називають основні тенденції еволюції керування ланцюгами поставок [4, 12]. Серед них – трансформації лінійних ланцюгів в розгалужені мережі, які характеризуються тим, що мають вищу ступінь надійності щодо виконання поставлених на них задач.

Досить близько до поставленої мети цієї статті є методика побудови часових моделей процесу транспортування вантажів [3, 5]. Однак, основне її призначення – оцінити економічні показники для заданої часової відміни транспортно-технологічної системи. Дослідити динаміку процесу дана методика не дає можливості.

Мета статті. Визначити чинники, які впливають на утворення затримок матеріального потоку в ТТС при зміні попиту на постачання вантажів. Ця мета може бути досяжна при використанні відповідної методики моделювання динаміки ТТС.

Результати досліджень. Розглядалась типова ТТС, що складається з логістичних ланцюгів постачання поштучних вантажів від виробника до мережі споживачів за потоковою технологією, що досліджена раніше: виробництво – пакування у споживчу тару – пакування в транспортні пакети – формування гурту відправлення – навантаження – розподіл за напрямками – доставка в розподільчий пункт – розподіл за споживачами – розвезення на кільцевих маршрутах [7, 8]. Особливості моделі ТТС, що досліджувалась: 1) є декілька джерел вантажопотоків – декілька виробників; 2) мережа споживачів не обмежена у взаємозв'язках, зокрема немає обмежень щодо постачання вантажу від будь-якого виробника, чи від будь-якого розподільчого пункту; 3) кількість кінцевих споживачів у мережі збуту – скінченна, але не фіксована, тобто обсяг постачання вантажів – це функція, яка залежить від інтенсивності споживання товарів кожним споживачем μ_i та загальною кількістю взятих до обслуговування споживачів $i=1\dots n$. В моделі збережено принцип нерозривності матеріального потоку: при фронті робіт $f=1$ будь-яка i -та

ЕЛО не може розпочатись, якщо не завершена попередня, а тривалість її перебігу t_i є не більшою, ніж показник ритмічності – такт τ . Цей показник є сталим, якщо матеріальний потік не трансформуються в розмірі дискретних гуртів – k , або якщо він не змінюється за середньою інтенсивністю, яку визначаємо за виразом:

$$\mu = \frac{k_i}{\tau_i}. \quad (1)$$

Загальна інтенсивність матеріального потоку в мережі – це сума усіх потоків, що виходять з джерел, або ж сума усіх потоків, які доходять до споживачів (сумарний попит), незалежно від того в якій мірі розгалужена мережа і скільки у ній є кінцевих пунктів матеріальних потоків (споживачів C_i). Затримки в русі матеріальних елементів при сталому загальному потоці відбуваються в результаті неузгодженості величин t_i та τ_i . У попередніх роботах було показано, що при сталому сумарному матеріальному потоці можна запропонувати таку відміну будь-якої ТТС, при якій неузгодженість більшості її ЕЛО, отже й затримки будуть мінімальними [9]. Ці відміни відбуваються при критичних значеннях такту вхідного потоку.

Якщо вхідний потік змінний, то затримки потоку можуть відбуватись не тільки у зв'язку з неузгодженістю тактів і тривалостей ЕЛО, а й через неузгодженість тактів сусідніх у логістичному ланцюгу операцій. У попередніх дослідженнях проведено дослідження процесу адаптації ТТС до змін вхідного потоку. Детальніше покажемо утворення затримки потоку при зміні його потужності на прикладі однієї елементарної операції №4 (рис. 1).

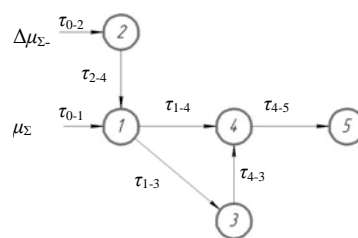


Рис. 1. Елементарний приклад змін в структурі і властивостях ЕЛО при зміні вхідного потоку: 1-5 ЕЛО

На рис. 1 показано потоки, які зазнають перетворень в ЕЛО № 4, та сусідні з нею – №№1 і 5, коли сумарний потік є сталим ($\mu_\Sigma = \text{const}$). У цьому випадку зберігається співвідношення:

$$\mu_\Sigma = \frac{k_1}{\tau_{0-1}} = \frac{k_2}{\tau_{1-4}} = \frac{k_3}{\tau_{4-5}}, \quad (2)$$

де μ_Σ – стала середня інтенсивність вхідного матеріального потоку; k_1, k_2, k_3 – розміри гуртів матеріаль-

них елементів, які, в загальному випадку, можуть бути різними; τ_{0-1} , τ_{1-4} , τ_{4-5} – такти відповідних ЕЛО.

Нульова операція – це зовнішнє середовище по відношенню до заданої ТТС. У ньому виникають збурення, які передаються у вигляді додаткового вхідного потоку з інтенсивністю $\Delta\mu_\Sigma$, яка може бути додатною, або від'ємною (зменшення сумарного потоку). В попередніх публікаціях було показано, що додаткові потоки зумовлюють необхідність тимчасового резервування частини матеріальних елементів для вирівнювання пульсацій. У даному випадку таке резервування відображено у вигляді ЕЛО №2 – резерву вхідного потоку, який має місце, коли $\Delta\mu_\Sigma$ має знак "-", і ЕЛО №3, який характерний для випадку зростання вхідного потоку. При будь-якому значенні $\Delta\mu_\Sigma$ стабільність матеріальних потоків в ТТС порушується, це потребує додаткових запасів потужностей і, водночас, приводить до затримок потоків (рис. 2).

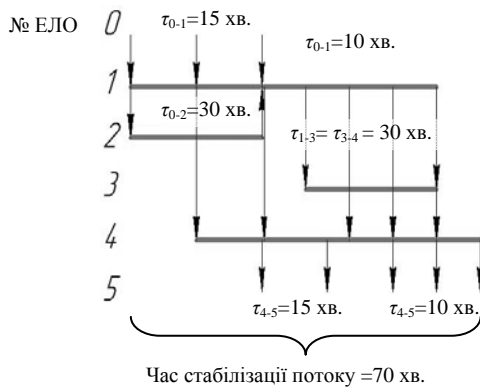


Рис. 2. Приклад циклограми процесу

На рисунку показано приклад впливу збільшення вхідного матеріального потоку на стабілізацію системи. Для даного прикладу прийнято, що розміри гуртів матеріальних елементів не змінюються. Затримка потоку – це декілька тактів τ_{1-3} і τ_{3-4} , які є переходами системи від початкового (він ж дорівнює вихідному τ_{4-5}) такту $\tau_{0-1} = 15$ хв. до 10 хв. Під час цієї затримки матеріальні потоки не здійснюють потрібних перетворень, а нагромаджуються в ТТС. Загальний період стабілізації потоку після його збурення у даній системі складається з двох півперіодів: стабілізації на вході й під час виконання, власне, ЕЛО №4.

Такий приклад дає змогу зробити припущення про те, що шляхи стабілізації потоків слід шукати в структурі самої ТТС. Запропоновано і досліджено такі з них: 1) розгалуження логістичного ланцюга по напрямках, кожен з яких має власні коливання інтенсивності потоків; 2) зміна довжини логістичного ланцюга, з використанням операцій, які пов'язані з прискоренням/сповільненням потоків; 3) зміна кількості джерел потоків; 4) зміна кількості стоків. Зрозуміло також, що час стабілізації потоку залежатиме від величини $\Delta\mu_\Sigma$, однак на практиці вона не піддається контролю.

Дослідження проводились з виокремленням кожного окремого чинника, що впливає на затримки матеріального потоку. Так, розгалуження ланцюгів постачання також розглянуто на елементарному прикладі (рис. 3). У ньому задано пункт прийому-перерозподілу потоків – ЕЛО №1 і скінченна кількість напрямків, у даному випадку – три. Припускалось, що розміри гуртів матеріальних елементів до і після перерозподілу не змінювались. До зміни матеріального потоку в цій схемі виконувалась рівність:

$$\frac{k}{\tau_{0-1}} = \frac{k}{\tau_{1-4}} + \frac{k}{\tau_{1-6}} + \frac{k}{\tau_{1-8}} = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3.$$

Після збільшення/зменшення матеріальних потоків утворюється додаткова вершина 2 графа, яка означає тимчасову затримку потоку внаслідок неготовності системи перелаштуватись на нове значення вхідного такту, а також вершини 3, 5, 7, що символізують ЕЛО тимчасової затримки потоку внаслідок неузгодженості його з попитом споживача, відповідно μ_1 , μ_2 , μ_3 .

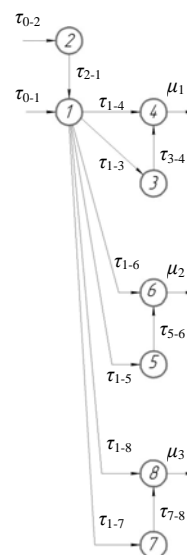


Рис. 3. До дослідження впливу розгалуженості ТТС на сукупні затримки

Нова рівність набуває вигляду:

$$\begin{aligned} \frac{k}{\tau_{0-1} \pm \Delta\tau_{0-1}} &= \frac{k}{\tau_{1-4} \pm \Delta\tau_{1-4}} + \frac{k}{\tau_{1-6} \pm \Delta\tau_{1-6}} + \frac{k}{\tau_{1-8} \pm \Delta\tau_{1-8}} = \\ &= (\mu_1 \pm \Delta\mu_1) + (\mu_2 \pm \Delta\mu_2) + (\mu_3 \pm \Delta\mu_3) \end{aligned} \quad (3)$$

де $\Delta\tau_i$ – зміна такту подачі матеріального потоку внаслідок його нового перерозподілу; $\Delta\mu$ – зміна середньої інтенсивності матеріального потоку внаслідок зміни попиту на доставку товарів. Знак \pm вказано з врахуванням збільшення/зменшення сумарного потоку.

Права частина рівності (3), що знаки \pm при величинах $\Delta\mu$ можуть бути різними. Це означає, що функція ЕЛО №1 є не тільки розподільчою, а й ста-

білізаційною. Так, якщо зміна інтенсивності потоку за напрямом μ_1 є додатною, а μ_2 – від’ємною, то сумарна інтенсивність потоку зміниться лише на значення $\Delta\mu_\Sigma = \Delta\mu_1 - \Delta\mu_2 + \Delta\mu_3$, що є менше, ніж при тотальному зростанні попиту на усіх напрямках. Допустимо також, що об’єднання таких потоків, зміна інтенсивності яких сукупно мінімізують загальне зростання μ_Σ може бути способом стабілізації коливальності в ТТС, оскільки при цьому зменшується потреба в значному резервуванні на ЕЛО №2. Однак, навіть при наявності незначного коливальності вхідних та потоків між напрямками, виникають затримки часу переміщення продукції. Приклад таких затримок подано на циклограмі (рис. 4). На цьому прикладі на усіх трьох напрямках потоки зростають, що потребує додаткового потоку з тактом $\tau_{0,2}=30$ хв. В результаті вхідний такт $\tau_{0,2}$ зменшується до 10 хв., а усі три вихідні – до 30 хв. У зв’язку з тим, що їх попереднє значення було 45 хв., виникає неузгодження і розриви потоку. Також з’являється потреба додаткових запасів на стабілізацію роботи ТТС.

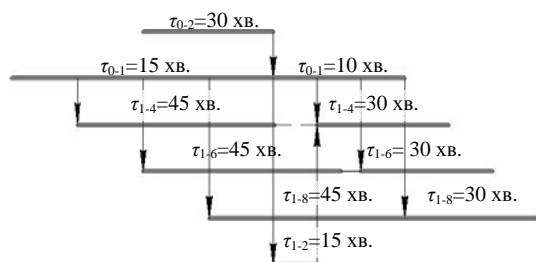


Рис. 4. Циклограма матеріальних потоків при їх розгалуженні і зміні середньої інтенсивності

Проведено дослідження і побудовано залежність сукупних затримок від зміни інтенсивності потоку (рис. 5).

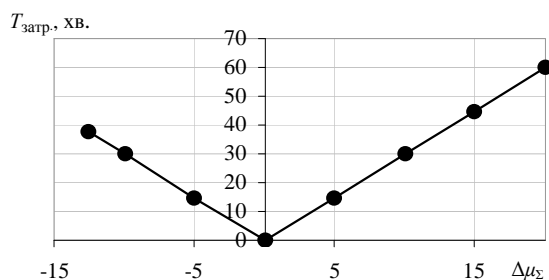


Рис. 5. Залежність сумарних часових затримок матеріального потоку від зміни інтенсивності

При побудові даної залежності розглядався найпростіший випадок, при якому на усіх напрямках розгалуженого потоку його розмір збільшується пропорційно. Через це отримана залежність є лінійною. Можна припустити, що існує відповідна комбінація розподілених потоків, яка приводить до оптимального режиму стабілізації ТТС, при якому сукупні затримки є мінімальними. Також було з’ясовано, що зростання / зменшення рівня розгалу-

женості ТТС при сталому значенні сумарного вихідного потоку не впливає на сумарну тривалість затримок, якщо при цьому різні напрямки потоків не є однаковими за реакцією на збурення.

Під час досліджень впливу довжини логістичного ланцюга на період стабілізації ТТС та сумарні затримки в ній взято до уваги попередні дослідження стосовно впливу розмірів гуртів матеріальних елементів на швидкість потоку [9]. Так, якщо інтенсивність матеріального потоку в лінійному логістичному ланцюзі (без розгалужень) зростатиме, то на кожній додатковій ЕЛО затримки часу додаватимуться до загальних. Однак, якщо при цьому можна збільшити швидкість потоку шляхом зменшення розміру гурту k_i на кожній i -й ЕЛО, без порушення транспортної технології, то додаткове складування вантажів буде непотрібне. Розглянемо вираз:

$$\mu_y + \Delta\mu = \frac{k_i}{\tau_i} + \frac{k_i}{\Delta\tau_i} = \frac{k_j}{\tau_j}, \quad (4)$$

ліва частина якого показує збільшення інтенсивності матеріального потоку в цілому, середня – демонструє, як можна стабілізувати роботу ТТС використанням додаткової ЕЛО складування з тактом роботи $\Delta\tau_i$ при збільшенні потоку, а права – як, не збільшуючи запасів, уникнути затримок. Однак зменшення розмірів гурту матеріальних елементів негативно впливає на вартість їх переміщення. Тому величина k_j/k_i повинна мати обмежене застосування. Це можливо при більшій кількості послідовних ЕЛО в ланцюзі постачання.

Висновки та перспективи подальших досліджень. При зміні матеріального потоку в заданій ТТС за загальним обсягом та за структурою виникають потреба в резервуванні і додаткові затримки, пов’язані з необхідністю узгодити параметри нових та старих ЕЛО. Для стабілізації роботи ТТС з мінімальними втратами часу і коштів можна порекомендувати такі заходи як частковий та повний перерозподіл потоків між напрямками і джерелами, а також використання змінних гуртів матеріальних елементів і довших лінійних логістичних ланцюгів.

Література

1. Yoon Chang, Harris Makatsoris. Supply chain modeling using simulation. I. J. of SIMULATION 2009. Vol. 2 No. 1. Available online of <http://scholar.google.com.ua/scholar?q>
2. Dominiak Cezary. The Discrete Interactive Multiple Goal Programming under Risk. Multiple Criteria Decision Making/University of Economics in Katowice, 2012, 7: 59-70.
3. Куниця А.В. Формалізація схеми взаємозв’язку між складовими операціями процесу доставки вантажів / А. В. Куниця, В. Г.Обіщенко // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту, 2010, № 2(11). – С.37-42.
4. Кутах О. П. Моделирование транспортных систем / О. П. Кутах. – К.: Київ. ун-т економіки і технологій транспорту, 2004. – 196 с.

5. Танаев В.С., Сотсков Ю.Н. Теория расписаний. Многостадийные системы. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 328 с.
6. Zhivitskaya H. Topological properties and methodology of research of complex logistic systems efficiency // ECONTECHMOD. An International Quarterly Journal On Economics In Technology, New Technologies And Modeling Processes. 2014. Vol. 3, No. 3, 23-33.
7. Котенко А. М., Логістична модель доставки вантажу від відправника до одержувача // А. М. Котенко, А. О. Ковальов // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – № 53. – С. 25-29.
8. Rayhard Yunemann 1989. Material flows in logistics. Berlin: Shkrynher, 286.
9. Олісевич М. С. Дослідження структури та параметрів транспортно-технологічної системи матеріального постачання за умов прогнозованої зміни попиту на продукцію / Мирослав Олісевич // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2010. – №1(143). – С. 254-259.
10. Вільковський Є. К. Методика визначення необхідної кількості автотransпортних засобів на маятникових маршрутах / Є. К. Вільковський, М. С. Олісевич, В. М. Дорош // Вісник НТУ. – 2006. – №13, Ч.2. – С.68-72.
11. Bulgakova J. The model of work in process inventory management of rail cars building company. Transport problems. 2013. Volume 8, Issue 4, 129-136.
12. Уотерс Д. Логистика: управление цепью поставок: Пер. с англ. – М.: ЮНИТИ, 2003. – 503 с.

References

1. Yoon Chang, Harris Makatsoris. Supply chain modeling using simulation. I. J. of SIMULATION 2009. Vol. 2 No. 1. Available online of <http://scholar.google.com.ua/scholar?q>
2. Dominiak Cezary. The Discrete Interactive Multiple Goal Programming under Risk. Multiple Criteria Decision Making/University of Economics in Katowice, 2012, 7: 59-70.
3. Kunycja A.V. Formalizacija shemy vzajemov'jazku mizh skladovymy operacijamy procesu dostavky vantazhiv / A. V. Kunycja, V. G.Obishhenko // Visti Avtomobil'no-dorozhn'ogo instytutu, 2010, № 2(11). – С.37-42.
4. Kutah O. P. Modeljuvannja transportnyh system / O. P. Kutah. – К.: Kyi'v. un-t ekonomiky i tehnologij transportu, 2004. – 196 s.
5. Tanaev V.S., Sotskov Ju.N. Teoryja raspysanyj. Mnogostadyjnye systemy. – М.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1989. – 328 s.
6. Zhivitskaya H. Topological properties and methodology of research of complex logistic systems efficiency // ECONTECHMOD. An International Quarterly Journal On Economics In Technology, New Technologies And Modeling Processes. 2014. Vol. 3, No. 3, 23-33.
7. Kotenko A. M., Logistychna model' dostavky vantazhu vid vidpravnyka do oderzhuvacha // А. М. Котенко, А. О. Ковальов // Zb. nauk. prac'. – Harkiv: UkrDAZT, 2003. – № 53. – С. 25-29.
8. Rayhard Yunemann 1989. Material flows in logistics. Berlin: Shkrynher, 286.
9. Oleskevych M. S. Doslidzhennja struktury ta paramet-riv transportno-tehnologichnoi' systemy material'nogo postachannja za umov prognozovanoi' zminy popytu na

produkciju / Myroslav Oleskevych // Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo nac. un-tu im. V. Dalja. – 2010. – №1(143). – С. 254-259.

10. Vil'kovs'kij Є.К. Metodika viznachennja neobhidnoi' kil'kosti avtotransportnih zasobiv na majatnikovih marshrutah / Є. К. Vil'kovs'kij, М. S. Oleskevich, V. M. Dorosh // Visnik NTU. – 2006. – №13, Ch.2. – С.68-72.
11. Bulgakova J. The model of work in process inventory management of rail cars building company. Transport problems. 2013. Volume 8, Issue 4, 129-136.
12. Uoters D. Logystyka: upravlenye cep'ju postavok: Per. s angl. – М.: JuNYTY, 2003. – 503 s.

Олісевич М. С. Стабилизация материальных потоков в транспортно-технологических системах доставки грузов.

Статья посвящена динамике транспортно-технологических систем доставки грузов. Рассмотрено влияние колебания входных материальных потоков на возникновение задержек в связи с несогласованностью логистических операций. Приведены возможные пути улучшения стабильности цепей поставки. Исследован уровень разветвление логистической схемы как показатель контроля стабилизации потоков. Обоснованы пути изменения скорости дискретных материальных потоков и длины логистических цепей как мероприятия уменьшения задержек доставки товаров и избежание дополнительных резервов. Показан способ исчисления временных критериев стабильности транспортных систем с использованием графо-аналитических моделей.

Ключевые слова: транспортно-технологическая система, задержки снабжение, логистическая цепь, разветвление.

Oleskevych M. S. The stabilization of material flows at transport technological systems of cargo delivery

The article is devoted to the dynamics of the transport and technological systems of cargo delivery. The influence of fluctuations in the incoming material flow of delays due to inconsistency logistical operations. An possible ways to improve the performance of the sales chain determined. The level of branching of logistics scheme as a measure of control of stabilization of the flows was evaluated. The ways to change a speed of discrete material flow and logistics chain length as measures to reduce goods delivery delays and avoid additional reserves were grounded. To stabilize the transport system with minimal loss of time and money one can recommend such measures as partial and complete redistribution of flows between sources and destinations, and use variables bands of material elements and longer linear logistic chains. It was designed the way about calculating temporal stability criteria for transport systems using graph-analytic models.

Keywords: transport and technological system, delay supply, logistic chain, branching.

Олісевич М.С. – к. т. н., доцент кафедри «Експлуатація і ремонт автомобільної техніки» НУ "Львівська політехніка", e-mail: Myroslav@3G.ua.

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

Стаття подана 25.03.2016

УДК 658.7.011.1

**ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАПАСІВ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН
ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УТРИМАННЯ ТЕПЛОВОЗІВ****Ольховська Т.О.****DEFINITION OF CHARACTERISTICS OF STOCKS OF SPARE PARTS
FOR MAINTENANCE OF THE MAINTENANCE OF DIESEL LOCOMOTIVES****Olhovskaya T.O.**

У статті розглянуті питання формування запасів запасних частин для утримання тепловозів, що дозволяють якісно оцінювати їх рівень з погляду теорії масового обслуговування. Даний підхід дозволяє розділяти запасні частини на ті, які після їх відновлення можна використовувати повторно й запасні частини, які після виходу їх з ладу можна тільки утилізувати. При цьому процес утримання тепловозів приймається як система, а сам локомотив є об'єктом цієї системи з відповідними показниками інтенсивності й потоку відмов його деталей.

Ключові слова: деталі, запас, відмова, потік, система, тепловоз, елемент.

Вступ. Запаси мають складну статико-динамічну природу. Статичність їх проявляється в тому, що на визначаємий момент часу конкретний продукт не витрачається й не переміщується. Динамічність запасів витікає з того, що на складі, де по більшій частині вони зберігаються, ситуація постійно змінюється: тобто одні продукти відпускаються, а інші надходять. Взагалі ефективність логістичних систем підвищилася б при відсутності запасів, у створення та утримання яких вкладаються чималі кошти. Однак на практиці обійтися без запасів зовсім неможливо.

Постановка проблеми. Запаси запасних частин і матеріалів є дуже важливим матеріальним ресурсом, без якого неможлива робота ремонтного виробництва. Існує велика кількість моделей поповнення запасів, підходи до яких можуть істотно розрізнятися між собою. Істотно це залежить у першу чергу від виду запасних частин за характером їх подальшого використання. Одні запасні частини після їх відмови можуть бути відновлені (відремонтовані) і у подальшому встановлені на тепловоз, а інші після виходу їх з ладу тільки утилізуються. Виходячи із цього формалізація задачі по управлінню запасами за видами запасних частин є актуальною й своєчасною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування теорії управління запасами як наукової дисципліни розпочалося в середині 1950-х років. Докладний розвиток цього етапу наведений у роботах [2,3]. Є ряд навчальних посібників [1,5,6,8,9], де з математичної точки зору розкривається сутність формування обсягу запасів, а також основні закономірності стосовно до різних галузей промисловості. В одній з останніх робіт [7], на основі узагальнення, як головний показник використана умова забезпечення заданої надійності постачання. Класична модель оптимізації запасів Уілсона (детерміновані умови закупівель і споживання) була запропонована ще в 1915 р. і дотепер залишається актуальною [4]. По суті вона дала цілий напрям у дослідженні операцій і оптимізації запасів. Висновок формули Уілсона ґрунтується на необхідності мінімізації витрат на закупівлю продуктів і їх утримання на складі у класичному математичному аналізі. З'явилася безліч модифікацій моделі за рахунок включення додаткових факторів. У той же час, таке ускладнення утруднило її практичне застосування, оскільки для розрахунків не завжди вистачає необхідної інформації. Крім того, більшість існуючих розробок мають обмежену застосовність через неконкретність у визначенні витрат в результаті втрати переваг, волевого призначення норм запасів, а також відсутності комплексного підходу до складових частин сукупних запасів.

Мета статті. У роботі зроблена спроба отримати аналітичні залежності, за якими можна визначати рівень запасів різних видів запасних частин за їх подальшим використанням.

Результати досліджень. Процес відмов деталей тепловозів в експлуатації є випадковим, тобто не можна достатньо точно прогнозувати, яка деталь і в який час відмовить. Виходячи із цього, комплект

запасних елементів повинен забезпечити своєчасну їх заміну з певною ймовірністю [11].

Для технічного обслуговування (ТО) тепловозів постачання має масовий характер, що дозволяє при розгляді процесу забезпечення використовувати математичний апарат теорії масового обслуговування. При цьому можна зробити наступні припущення [10].

1. Є система обслуговування запасними елементами, яка складається з великої кількості однотипних елементів, що входять у комплект $Z_{3,q}$. Під системою обслуговування мається на увазі система ТО тепловозів, а сам тепловоз як об'єкт цієї системи. У систему на обслуговування надходить необмежений найпростіший потік вимог, що складається із наступних найпростіших потоків:

- потік відмов деталей Λ_1 , які знаходяться у роботі під час експлуатації тепловоза з параметрами потоку відмов

$$\Lambda_1 = m \lambda_1, \quad (1)$$

де λ_1 - інтенсивність відмов деталей тепловоза, які знаходяться у роботі під час експлуатації тепловоза;

m - кількість елементів;

- потік відмов (ремонтів) Λ_2 деталей, для комплексу $Z_{3,q}$ із параметрами

$$\Lambda_2 = n_3 \lambda_2, \quad (2)$$

де λ_2 - інтенсивність відмов (ремонтів) деталей для комплексу $Z_{3,q}$;

n_3 - кількість деталей даного типу.

Тоді, при наявності запасних елементів цього типу в $Z_{3,q}$ сумарний потік відмов складе

$$\Lambda_c = \Lambda_1 + \Lambda_2 = m \lambda_1 + n_3 \lambda_2. \quad (3)$$

2. При надходженні потоку вимог від тепловоза (який знаходиться на ТО) або від комплексу запасних частин $Z_{3,q}$ на запасний вузол або деталь воно негайно задовольняється одним із вільних елементів $Z_{3,q}$. При відсутності такого елемента система приймає заявку на обслуговування (чергову вимогу), але при цьому виникає певна ймовірність простою об'єкта, який очікує ремонту [10].

3. Кожний елемент комплексу $Z_{3,q}$ може одночасно обслуговувати тільки одна чергова вимога. Проведеними дослідженнями на кафедрі "Експлуатація та ремонт рухомого складу" УкрДУЗТ було встановлено, що час обслуговування однієї вимоги одним елементом $Z_{3,q}$ підпорядкований експоненціальному закону з відповідним математичним очікуванням і часом обслуговування $t_{обсл}$.

4. У кожний момент часу система забезпечення об'єкта одним типом запасних елементів $Z_{3,q}$ може знаходитися в одному з наступних станів:

- у комплекті $Z_{3,q}$ є всі елементи;

- у комплекті $Z_{3,q}$ відсутній один з необхідних елементів;

- зайняті два елементи комплексу $Z_{3,q}$;

.....

.....

- зайняті $n_3 - 1$ елементів комплексу $Z_{3,q}$ (стан n);

- зайняті все n_3 елементів комплексу $Z_{3,q}$ (стан $n_3 + 1$).

Отже, можливо всього $n_3 + 1$ станів системи забезпечення запасними елементами. Ймовірність того, що в момент часу t зайнято рівно s елементів $Z_{3,q}$, можна визначити за виразом [10]

$$P_s(t) = \left[\frac{(t_p \Lambda_c)^s}{s!} \right] (1 - e^{-\Lambda_c t})^s e^{-t_p \Lambda_c (1 - e^{-\Lambda_c t})}, \quad (4)$$

де t_p - середній час ремонту або заміни деталі із запасів $Z_{3,q}$;

v - інтенсивність потоку ремонту або заміни деталі із запасів $Z_{3,q}$.

Інтенсивність потоку ремонту або заміни деталей зі $Z_{3,q}$ визначається як [10]

$$v = \frac{1}{t_p}. \quad (5)$$

Ймовірність того, що в момент часу t зайнято не більше n_3 елементів $Z_{3,q}$, визначається як сума ймовірностей $n+1$ неспільних станів від $s = 0$ до $s = n_3$, тоді

$$P_{s \leq n_3}(t) = \sum_{s=0}^{n_3} P_s(t) = e^{-t_p \Lambda_c (1 - e^{-\Lambda_c t})} \sum_{s=0}^{n_3} \left[\frac{(t_p \Lambda_c)^s}{s!} \right] (1 - e^{-\Lambda_c t})^s. \quad (6)$$

Ймовірність того, що в момент часу t зайнято більше n_3 елементів $Z_{3,q}$ (подія протилежна попередній), буде складати

$$P_{s > n_3}(t) = 1 - \sum_{s=0}^{n_3} P_s(t) = 1 - e^{-t_p \Lambda_c (1 - e^{-\Lambda_c t})} \sum_{s=0}^{n_3} \left[\frac{(t_p \Lambda_c)^s}{s!} \right] (1 - e^{-\Lambda_c t}). \quad (7)$$

Розглянемо граничний випадок при $t \rightarrow \infty$.
Тоді

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P_{s \leq n_s}(t) = P_s(t) = 1 - e^{-t_p \Lambda_c} \sum_{s=0}^{n_s} \left[\frac{(t_p \Lambda_c)^s}{s!} \right]. \quad (8)$$

Позначивши $t_p \lambda_c$ через ρ , імовірність можна визначити як

$$P_n(\rho) = 1 - e^{-\rho} \sum_{s=0}^{n_s} \left[\frac{(\rho)^s}{s!} \right]. \quad (9)$$

Отриманий вираз використаний для розрахунку потрібної кількості сервісного запасу вузлів і деталей $Z_{3,q}$, які можуть бути відновлені для ТО тепловозів 2ТЕ116. Для розрахунку прийнята припустима ймовірність простою об'єкта, що очікує ремонту і

користуючись таблицями функцій $\sum_{s=0}^{n_s} \left[\frac{(\rho)^s}{s!} \right]$ при

відомому ρ , визначено значення кількості запасних частин n_s [2].

Відповідно до даної методики в локомотивних депо Південної залізниці був зібраний статистичний матеріал і проведений розрахунок потрібної кількості запасних вузлів та деталей тепловозів при проведенні ТО, які можуть бути відновлені.

За цими розрахунками були отримані наступні залежності по визначенню запасу вузлів і деталей, які можуть бути відновлені:

- при $P_n(\rho) = 0,15$:

$$f(n_s) = 0,0075n_s^2 + 0,8753n_s - 2,057; \quad (10)$$

- при $P_n(\rho) = 0,1$:

$$f(n_s) = 0,0045n_s^2 + 0,454n_s - 2,1314; \quad (11)$$

- при $P_n(\rho) = 0,05$:

$$f(n_s) = 0,004n_s^2 + 0,0577n_s - 0,261; \quad (12)$$

- при $P_n(\rho) = 0,01$:

$$f(n_s) = 0,0025n_s^2 + 0,00309n_s - 1,6384. \quad (13)$$

За цими залежностями розрахована та складена номограма, яка дозволяє визначати розрахункову кількість запасних вузлів і деталей тепловозів 2ТЕ116, що можуть бути відновлені при проведенні ТО, (рис. 1). За даною методикою складений перелік таких запасних частин.

Для елементів, які не підлягають відновленню, тобто коли середній час ремонту або заміни деталі із запасів $Z_{3,q}$ складає $t \rightarrow \infty$, а $\nu \rightarrow 0$, після підстановки цих обмежень у вираз (7) і розкриття невідомості $0 \rightarrow \infty$, одержимо

$$\lim_{\nu \rightarrow 0} P_{s \leq n_s}(t) = P_n(t) = 1 - e^{-\Lambda_c t} \sum_{s=0}^{n_s} \frac{(\Lambda_c t)^s}{s!}. \quad (14)$$

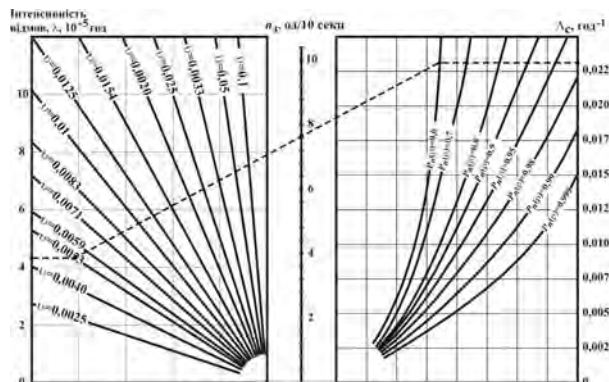


Рис. 1. Номограма для визначення кількості запасних вузлів і деталей тепловозів 2ТЕ116, які можуть бути відновлені

У цьому виразі значення $\Lambda_c t$ є математичним очікуванням числа запасних елементів за час експлуатації t . Для розкриття даного виразу приймемо, що об'єкт має інтенсивність відмов Λ_c . Розподіл щільності ймовірності часу безвідмовної роботи $f(t)$ при експоненціальному законі розподілу відмов має вигляд

$$f(t) = \Lambda_c e^{-\Lambda_c t} = \left(\frac{1}{T_0} \right) e^{-\frac{t}{T_0}}. \quad (15)$$

Система повинна виконувати задані функції протягом часу t (передбачуваний період експлуатації). За цей час у системі може відбутися випадкова кількість відмов n , яка обумовлена ненадійністю її окремих елементів. Замість елемента, що відмовив, щоразу із запасу вилучається новий елемент. Тому число витрачених елементів n_s за час t буде дорівнює числу відмов n .

При цих умовах імовірність того, що за час t об'єкт зажадає точно n_s запасних елементів, визначиться за формулою Пуассона

$$P_s(t) = \left[\frac{(\Lambda_c t)^{n_s}}{n_s!} \right] e^{-\Lambda_c t}, \quad (16)$$

де $\Lambda_c t$ - математичне очікування кількості запасних елементів за час експлуатації t .

Математичне очікування в цьому випадку можна визначити як

$$M_n = n_3 = \sum_{n=0}^{\infty} n_3 P_3(t) = \sum_{n_3=0}^{\infty} \left[\frac{n_3 (\Lambda_c t)^{n_3}}{n_3!} \right] e^{-\Lambda_c t}. \quad (17)$$

Перший член суми даного виразу при $n_3 = 0$ буде дорівнювати нулю. Отже, його можна перетворити до наступного виду

$$n_{cp} = \Lambda_c t e^{-\Lambda_c t} \sum_{n_3=1}^{\infty} \frac{(\Lambda_c t)^{n_3-1}}{(n_3-1)!}. \quad (18)$$

Позначимо $n-1 = k$. Тоді

$$n_{cp} = \Lambda_c t e^{-\Lambda_c t} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\Lambda_c t)^k}{k!} = \Lambda_c t e^{-\Lambda_c t} e^{\Lambda_c t} = \Lambda_c t. \quad (19)$$

Таким чином, вираз (9) можна записати у вигляді

$$P_n(t) = 1 - e^{-n_{cp}} \sum_{s=0}^{n_3} \frac{n_{cp}^s}{s!}. \quad (20)$$

Задаючись припустимою ймовірністю простою об'єкта $P_n(t)$, а також значенням часу експлуатації t і знаючи величину Λ_c можна знайти n_{cp} , а потім за формулою (20) визначити кількість запасних елементів n_3 .

Висновки. У роботі визначено, що основною умовою стабільного матеріально-технічного постачання при утриманні тепловозів є формування й контроль запасів відповідних видів запасних частин на всіх видах зберігання (цехах, площадках, коморах). Враховано, що таке постачання має масовий характер. Це, у свою чергу, дозволило при розгляді процесу забезпечення застосувати математичний апарат теорії масового обслуговування. В роботі запропонований порядок розрахунку щодо визначення раціонального розміру запасних частин, які можна поновити та таких, що потребують утилізації. За виконаними розрахунками створені номограми залежностей ймовірності відмов і часу поповнення запасів.

Л и т е р а т у р а

1. Бродецкий Г.Л. Управление запасами / Г.Л.Бродецкий. - М.: Эксмо, 2008. - 352с.
2. Букан Дж. Научное управление запасами / Букан Дж., Кенигсберг Э. - М.: Наука, 1967. - 424с.
3. Дж. Хедли Анализ систем управления запасами / Дж. Хедли, Т. Уайтин. - М.: Наука, 1969. - 512с.
4. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики / В.С.Лукинский. - М.: "Питер", 2003. - 176с.
5. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами / Ю.И.Рыжиков. - СПб.: "Питер", 2001. - 384с.
6. Сакович В.А. Модели управления запасами / В.А.Сакович. - Минск.: Наука и техника, 1986.-319 с.

7. Тиверовский В.И. Новый этап в развитии транспорта и логистики за рубежом / В.И.Тиверовский // Транспорт: наука, техника, управление. - 2013. - №12. - С.46-51.
8. Фасоляк Н.Д. Экономика, организация и планирование материально -технического снабжения и сбыта / Н.Д.Фасоляк. - М.: Экономика, 1980. - 276 с.
9. Фролов В.А. Организация работы материальных складов железнодорожного транспорта / В.А.Фролов, А.Г.Усов. - М.: Транспорт, 1979. 296 с.
10. Хэнсменн Ф. Применение математических методов в управлении производством и запасами / Хэнсменн Ф. - М.: Прогресс, 1966. - 93 с.
11. Шубников А.К. Экономика и организация материально-технического снабжения железнодорожного транспорта / А.К.Шубников. - М.: Транспорт, 1991.-214с.

References

1. Brodeckiy G.L. Upravlenie zapasami / G.L. Brodeckiy. - M.: Eksmo, 2008. - 352s.
2. Bukan Dg., Kenigsberg E. Nauthnoe upravlenie zapasami / Bukan Dg., Kenigsberg E. - M.: Nauka, 1967. - 424s.
3. Dg. Hedly, T. Yatin. Analiz sistem upravleniya zapasami / Dg. Hedly, T. Yatin. - M.: Nauka, 1969/- 512s/
4. Lukinsky V.S. Modeli I metody teorii logistici / V.S. Lukinsky. - M.: "Piter", 2003. - 176s.
5. Rygikov U.I. Teoriya otheredey i upravlenie zapasami / U.I. Rygikov. - SPb.: "Piter", 2001. - 384s.
6. Sakovich V.A. Modeli upravleniya zapasami / V.A. Sakovich. - Minsk.: Nauka I texnika, 1986. - 319s/
7. Tiversky V.I. Novi etap v razvitii transporta i logistiki za rubegem / V.I. Tiversky // Transport: nauka, texnika, upravlenie. - 2013. - №12. - S.46-51.
8. Fasolyak N.D. Ekonomika, organizaciya i planirovanie materialno-texnicheskogo snabgeniya i zbitya / N.D. Fasolyak. - M.: Ekonomika, 1980. - 276s.
9. Frolov V.A. Organizaciya raboty materialnyx skladov geleznodorognoogo transporta / V.A. Frolov. - M.: Transport, 1979. - 296s.
10. Xensmen F. Primenenie matematicheskix metodov v upravlenii proizvodstvom i zapasami / Xensmen F. - M.: Progres, 1966. - 93s.
11. Hubnikov A.K. Ekonomika i organizaciya materialno-texnicheskogo snabgeniya geleznodorognoogo transporta / A.K. Hubnikov. - M.: Transport, 1971. - 214s.

Ольховская Т.А. Определение характеристик запасов запасных частей для обеспечения содержания тепловозов.

В статье рассмотрены вопросы формирования запасов запасных частей для содержания тепловозов, позволяющие качественно оценивать их уровень с точки зрения теории массового обслуживания. Данный подход позволяет разделять запасные части на те, которые после их восстановления можно использовать повторно и запасные части, которые после выхода их из строя можно только утилизировать. При этом процесс содержания тепловозов принимается как система, а сам локомотив является объектом этой системы с соответствующими показателями интенсивности и потока отказов его деталей.

Ключевые слова: детали, запас, отказ, поток, система, тепловоз, элемент.

Olxovskay T.O. Definition of characteristics of stocks of spare parts for maintenance of the maintenance of diesel locomotives.

In clause questions formation of stocks of spare parts for the maintenance of the diesel locomotives are considered, allowing qualitatively estimating their level from the point of view of the theory of mass service. The given approach allows to divide spare parts on what after their restoration can be used repeatedly and spare parts which after their exit out of operation can be utilized only. Thus process of the maintenance of diesel locomotives is accepted as system, and the lo-

comotive is object of this system with corresponding parameters of intensity and a stream of refusals of his details.

Keywords: *details, a stock, refusal, a stream, system, a diesel locomotive, an element.*

Ольховська Т.О. – інженер вагонного депо Харків-Сортувальний, ДП "Південна залізниця".
Тел. 099-511-32-54

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

Стаття подана 29.03.2016

УДК 656.073.28

ПУТИ И ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ МОРСКОГО ПОРТА

Пархотко А.В.

WAYS AND PROBLEMS OF INCREASE OF OVERALL PERFORMANCE OF INFRASTRUCTURE OF SEAPORT

Parkhotko A.

В статье рассмотрена система информационного обмена между структурными подразделениями морского порта. Раскрыто понятие инфраструктуры порта и рассмотрены факторы, влияющие на эффективность ее работы. Приведена математическая модель сравнительной оценки эффективности использования единой информационной системы по отношению к варианту накопительной передачи информации. Даны основы для построения эффективной информационной системы.

Ключевые слова: информационная система, эффективность, порт, информационный поток, менеджмент.

Введение. Технологический процесс работы морского порта включает следующие операции и приемы [1]:

- 1) прием грузов к перевозке;
- 2) подготовка порта к приему судов;
- 3) погрузка судов;
- 4) подготовка порта к отходу судна.

При этом деятельность порта осуществляется на базе объектов портовой инфраструктуры. Согласно Закону Украины [2] к объектам портовой инфраструктуры принадлежат: подвижные и неподвижные объекты, которые обеспечивают функционирование морского порта, в том числе акватория, гидротехнические сооружения, доки, буксиры, ледоколы и другие суда портового флота, средства навигационного оборудования и другие объекты навигационно-гидрографического обеспечения морских путей, системы управления движением судов, информационные системы, перегрузочное оборудование, железнодорожные и автомобильные подъездные пути, линии связи, средства тепло-, газо-, водо- и электроснабжения, другие средства, оборудование, инженерные коммуникации, расположенные в пределах территории и акватории морского порта и предназначенные для обеспечения безопасности мореходности, предоставления услуг, обеспечения

государственного надзора (контроля), в морском порту.

Таким образом, объектно-техническая часть (инфраструктура) и людской ресурс (менеджмент и рабочий персонал) создают производственный комплекс для обслуживания морского транспорта, то есть порт.

Эффективность работы инфраструктуры морского порта можно оценить объемом погрузочно-разгрузочных работ, а также общей прибылью от всех видов деятельности [3]. Основным же показателем работы порта является грузооборот. Под грузооборотом порта понимается все количество груза, проходящее через его причалы (погруженное на суда или выгруженное из них, в том числе перегружаемое на рейде), в определенный промежуток времени.

Следует отметить многокритериальность условий эффективной работы порта. К ним относятся:

- наличие благоприятного экономического климата в стране;
- благоприятные погодные условия;
- действия менеджмента порта;
- действия производственного персонала порта;
- наличие современного погрузочного оборудования;
- использование информационных систем и технологий.

Промышленность и транспорт Восточного региона Украины активно развиваются в силу технико-экономического развития Украины и ее вхождения в мировые промышленно-транспортные системы [4]. В связи с этим становятся неизбежными процессы все более глубокой приспособленности портов к запросам грузо- и судовладельцев на основе не только расширения клиентуры, но и повышения надежности, качества услуг.

Наряду с поступлениями новых, техническое оснащение многих существующих объектов инфраструктуры морских портов не соответствует современным и особенно перспективным требованиям. Сверхнормативный износ объектов промышленного транспорта порта, значительный удельный вес морально и физически устаревшего подвижного состава транспорта не позволяет обеспечивать должное качество транспортного обслуживания, отрицательно сказывается на эффективности работы порта.

Постановка проблемы. Совершенствование технологии перегрузочных работ в портах неразрывно связано с настоятельной потребностью комплексной механизации и автоматизации этих работ для снижения их трудоемкости, максимального сокращения ручного труда на всех видах операций, включая подсобные и вспомогательные. Следовательно, такая потребность является важной социально-экономической задачей, направленной на кардинальное повышение производительности труда и улучшение условий труда человека [1].

По мере создания и внедрения в эксплуатацию новых типов перегрузочных машин, транспортных средств, автоматических грузозахватных устройств, изменения форм предъявления грузов к перевозке, совершенствования методов и приемов труда портовых рабочих технология перегрузочных работ должна пересматриваться в направлении достижения более высокой производительности труда, уменьшения времени обработки транспортных средств, снижения совокупных затрат по порту и флоту.

Опыт работы морских и речных портов страны, а также зарубежная практика в области транспортировки грузов, изучаемые отраслевыми институтами водного транспорта, позволяют выделить в настоящее время следующие основные направления и тенденции совершенствования технологии перегрузочных работ в портах:

1) Переход на рациональные и совершенные формы предъявления грузов к перевозкам.

2) Широкое внедрение комплексной механизации перегрузочных работ, а также поэтапная их автоматизация.

3) Дальнейшее совершенствование конструкции и создание новых типов подъемно-транспортных машин, позволяющих значительно повысить производительность перегрузочных процессов и механизировать все технологические операции.

4) Применение полуавтоматических и автоматических грузозахватных устройств, позволяющих ускорить операции захвата и освобождения груза.

5) Использование специализированных складов при перегрузке отдельных видов грузов (элеваторы, бункеры, склады для порошкообразных материалов, склады стеллажного типа, склады с раскрывающимися крышами для минеральных удобрений, соли и сахара-сырца и прочие).

6) Автоматизация управления подъемно-транспортными машинами, применение средств автоматики и ЭВМ для адресования, учета, поиска и подбора грузов и контейнеров на причалах порта.

Следует отметить, что понятие "автоматизация" уже давно перестало обозначать только исключение ручного труда из технологических операций. Сегодня это также использование информационных технологий для сбора, переработки, и хранения данных на всех этапах технологического цикла. Практически все структурные подразделения предприятия имеют дело с потоками информации, от скорости обработки которой зависит продуктивность работы персонала и скорость выполнения технологических операций. В целом же наблюдается низкий уровень обработки внутренних и внешних информационных потоков.

Экономическая эффективность грузопереработки порта зависит от использования современных средств передачи и обработки данных (построения единой логистической информационной системы), правильного учета задействованных ресурсов. При этом, обеспечивается не только поддержание непрерывности перегрузочных работ, но и появляется возможность увеличения грузопотока за счет снижения перестраховочных временных интервалов между судозаходами.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах Макеевой Ю.Н. [1], Винникова В.В. [3], Хлопецкой Л.Ф. [4], Смахова А.А. [5], Аникина Б.А. [6], Гаджинского А.М. [7] неоднократно рассматривалось взаимодействие объектов инфраструктуры порта в технологическом процессе грузопереработки. Однако пути улучшения работы инфраструктуры порта рассматриваются в основном в разрезе технического обеспечения. В работах Ильиной О. П. [8], Барабановой М.И. [9], Андриевского Б.Р. [10], Грабаурова В.А. [11] и Арутюняна М. [12] синтезированы понятия информатизации бизнеса и технологических процессов. Транспорт информационных потоков внутри морского порта в настоящее время вызывает много вопросов.

Цель статьи. В работе сделана попытка рассмотреть информационные потоки морского порта как фактор для повышения эффективности работы инфраструктуры порта.

Результаты исследований. Как указано выше, материальная база портов значительно устарела. Однако, современные условия стремительно развивающегося научно-технического прогресса в мире заставляют порты осуществлять частичную реконструкцию производственных мощностей. На смену устаревшему оборудованию приходит современное и высокотехнологичное. Важным является то, что новое оборудование не только автоматизировано, но и оснащено технологиями для извлечения и пересылки данных, порождающихся в ходе технологического процесса. При этом отсутствуют технические возможности для комплексного учета и обработки таких информационных потоков.

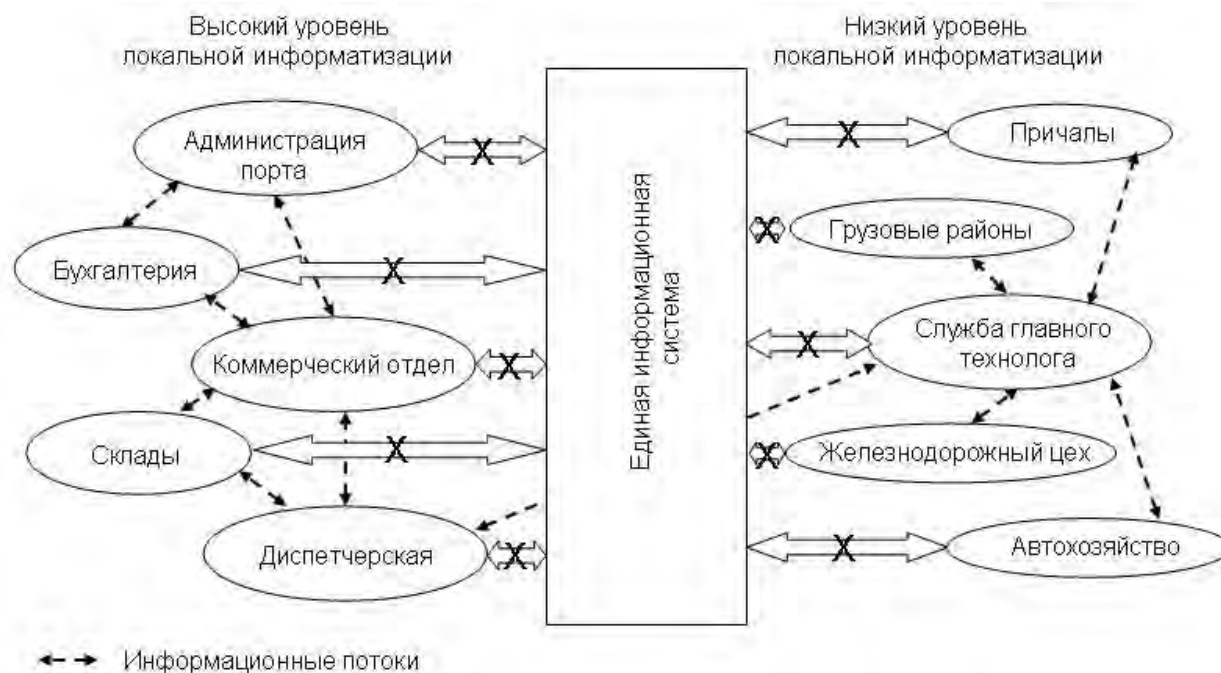


Рис. Интеграция информационных потоков структурных подразделений в единую информационную систему порта

Следует отметить, что производственные подразделения имеют различную степень внутренней информатизации. Как правило, подразделения, оперирующие цифровыми данными имеют более высокий уровень учета и обработки информационных потоков. На рисунке представлена структура информационного обмена между структурными подразделениями, а также степень интеграции в единую информационную систему порта.

Как видно из рисунка, структурные подразделения порта имеют локальные последовательные информационные цепочки, обусловленные необходимостью обмена оперативными данными. Однако, информационная система, как единый механизм хранения и обработки данных отсутствует. Информационные потоки последовательны и разрознены. Данный факт объясняется отсутствием нормативной и научной основы для упорядочивания внутрихозяйственных информационных потоков.

Рассмотрим, является ли действующая система информационного обмена эффективной сравнив два варианта доставки информации между инфраструктурными подразделениями: в первом случае информация доставляется путем накопления и периодической пересылки информационными пакетами (например в виде отчетов за период), во втором случае используется единая информационная система (далее ЕИС) в которую данные поступают сразу после их возникновения и там сохраняются для последующего использования любыми структурными подразделениями.

Передавать информацию сразу в ЕИС, а затем использовать по мере надобности выгодно, если достигается экономия времени на всем пути передачи информации и обеспечивается доставка "точно в

срок" при оптимальном использовании технических средств всех видов транспорта информационных потоков [5].

Надо иметь в виду, что при создании ЕИС требуются значительные инвестиции, а ее обслуживание требует существенных эксплуатационных расходов. При создании и использовании ЕИС в качестве регуляторов информационных потоков возникает ряд проблем, которые требуют решения следующих методических задач:

- определения целесообразности участия ЕИС в обслуживании информационных потоков с точки зрения доставки информации "точно в срок";
- определения экономической целесообразности участия ЕИС в обороте информационных потоков в целях экономии эксплуатационных расходов;
- идентификации оптимального объема информации, обрабатываемой ЕИС;
- определения условий экономической целесообразности создания ЕИС в зависимости от мощности информационных потоков.

Переходя к рассмотрению первой задачи, следует подчеркнуть, что ее постановка в значительной степени обусловлена отношениями субъектов инфраструктуры. Доставка информации согласно нормативного времени - это необходимое условие организации внутреннего информационного обмена между потребителями.

В математической форме условие функционирования ЕИС при обслуживании информационных потоков записывается следующим образом:

$$T_H - T_{ЕИС} \geq \Delta t, \quad (1)$$

где T_H, T_{EIS} - время доставки информации по варианту с учетом накопления и с участием ЕИС;

Δt - эффект, выражающийся в сокращении времени доставки, который достигается за счет участия ЕИС в обслуживании информационных потоков (назначается потребителем информационного сервиса).

При решении данной задачи исходим из следующих допущений:

- доставка информации в ЕИС из пунктов формирования осуществляется средствами информационной сети, а при накопительном варианте комбинированно с использованием информационной сети и в бумажном виде;
- продолжительность доставки информации от пункта отправления до пункта назначения относится к одному информационному пакету q , величина которого принимается постоянной;
- продолжительность технологических операций, связанных с приемом и отправлением информации в пунктах отправления и в ЕИС, принимаем независимой от объема отправки;
- затраты времени непосредственно на перемещение информации с участием ЕИС и при накопительном варианте организации передачи принимаем независимыми от варианта доставки;
- одинаковые по времени элементы затрат исключаем из процедуры сравнения вариантов.

Время на накопление информации до объема информационного пакета

$$\frac{qc}{\sum_j p_j} \quad (2)$$

среднее время выполнения дополнительных технологических операций по прибытию и отправлению информационных пакетов, поступающих из пунктов сбора информации, отнесенное к одной отправке,

$$\frac{q\tau_{по}}{m} \sum \frac{1}{p_j} \quad (3)$$

где $1/p_j$ - число поступлений информации или отправок из пункта отправления на j -е назначение; $\tau_{по}$ - средняя продолжительность выполнения операций по получению и отправлению информации по одной отправке. По принятому условию это время равно продолжительности аналогичных операций, выполняемых в пунктах сбора информации и у ее получателя.

Продолжительность операций принятия и отправки информации, прибывшей из пунктов отправления при ее физической доставке в бумажном виде

$$2 \frac{\sum p_j}{mq_{II}} \quad (4)$$

где 2 - коэффициент, учитывающий две дополнительные информационные операции; q_{II} - производительность метода передачи бумажной информации.

Еще раз подчеркнем, что затраты времени на пересылку сформированных информационных пакетов в пунктах сбора и в местах накопления, а также на технологические операции с этими пакетами не учитываются, так как они принимаются одинаковыми при обоих вариантах доставки информационных пакетов.

Тогда время доставки при накопительном варианте

$$T_H = \frac{qc}{\sum_j p_j} + \frac{q\tau_{по}}{m} \sum \frac{1}{p_j} + 2 \frac{\sum p_j}{mq_{II}} \quad (5)$$

Теперь рассмотрим виды специфических затрат времени при участии в обслуживании информационных потоков ЕИС.

При таком варианте передачи информации появляются следующие специфические виды затрат времени: усредненное по всем пунктам отправления $j, j = \overline{1, m}$ время накопления информации на один информационный пакет

$$\frac{qc}{m} \sum_{j=1}^m \frac{1}{p_j} \quad (6)$$

где c - параметр накопления информации; p_j - мощность потока информации отправителя на j -е назначение;

время на отправление информационного пакета в пункт использования и операции по прибытию в пункт назначения, не зависящее от j и равное τ_0 ;

Тогда время доставки по варианту ЕИС

$$T_{EIS} = \frac{qc}{m} \sum_j \frac{1}{p_j + \tau_0} \quad (7)$$

Следовательно, можно представить в развернутом виде выражение (1), которое определяет условие эффективности варианта с ЕИС:

$$\frac{qc}{\sum_j p_j} + \frac{q\tau_{по}}{m} \sum \frac{1}{p_j} + 2 \frac{\sum p_j}{mq_{II}} - \frac{qc}{m} \sum_j \frac{1}{p_j + \tau_0} \leq \Delta t \quad (8)$$

В качестве критерия выгоды обслуживания информационных потоков с участием ЕИС могут быть приняты эксплуатационные затраты. Убедительным аргументом в пользу этого является то, что 1 ч хранения и накопления информационного пакета не эквивалентен по стоимости 1 ч обслуживания ЕИС при получении и отправке информации.

Для использования стоимостного критерия в выражение (8) следует ввести соответствующие денежные показатели, характеризующие стоимость:

простая передающих информацию устройств при загрузке и выгрузке информации в ЕИС;

накопления (хранения) одного информационного пакета соответственно при накопительном варианте и с участием ЕИС;

выполнения технологических операций по получению и отправке одного информационного пакета;

выполнения информационных операций с одним информационным пакетом;

единичный эффект получателя, отнесенный к одной отправке, который реализуется за счет сокращения времени доставки при накопительном варианте.

Для j -го получателя экономически оправданы услуги ЕИС, если разность стоимости передачи информации меньше или по крайней мере равна сумме экономии затрат, полученной в результате сокращения времени накопления (хранения) информации в точке накопления Δc_{H_j} и если есть дополнительный эффект, который может быть реализован получателем за счет ускорения обработки информации и доставки "точно в срок" Δc_{D_j} :

$$\Delta c_{T_j} \leq \Delta c_{H_j} + \Delta c_{D_j} \quad (9)$$

Величина c_{T_j} для j -го отправителя включает в себя стоимость непосредственно за операции, связанные с передачей и приемкой информации:

$$\Delta c_{T_j} = (c_{EIS_j} - c_{H_j}) p_j \quad (10)$$

где c_{EIS_j} и c_{H_j} - платы за пересылку единицы информации соответственно с участием ЕИС и по накопительному варианту; p_j - мощность информационного потока на j -е назначение.

Экономия в результате сокращения времени хранения информации (расходы на накопление информационного пакета не зависят от j)

$$\Delta c_{H_j} = q \left(\frac{c_{H_1}}{p_j} - \frac{c_{H_2}}{\sum p_j} \right) \quad (11)$$

Дополнительный эффект получателя при дальнейшем использовании своевременно доставленной информации

$$\Delta c_{D_j} = c_{\Delta_j} \Delta t_j \quad (12)$$

Следовательно, в итоге получим условие экономической целесообразности для j -го потребителя информационных услуг воспользоваться достоинствами ЕИС:

$$(c_{EIS_j} - c_{H_j}) p_j \leq q \left(\frac{c_{H_1}}{p_j} - \frac{c_{H_2}}{\sum p_j} \right) + c_{\Delta_j} \Delta t_j \quad (13)$$

где c_{H_1} и c_{H_2} - единичные затраты на хранение информации при накопительном варианте передачи информации и с участием ЕИС.

При функционировании ЕИС сокращается суммарная требуемая накопительная мощность средств сбора информации вследствие уменьшения времени хранения информации при ее постоянной передаче в информационную систему, соответственно ускоряется доставка информации получателем.

Таким образом, направление системной информатизации техпроцесса можно определить как неотъемлемый и основополагающий фактор повышения эффективности работы инфраструктуры порта.

Вывод. Построение эффективной информационной системы с использованием современных средств передачи и обработки данных способствует эффективной работе инфраструктуры порта.

Предложенная методика позволяет:

- 1) Сформировать понимание информационных потоков морского порта.
- 2) Применить научный подход к оценке факторов, влияющих на эффективность работы инфраструктуры порта.
- 3) Определить эффективность объединения информационных потоков в единую информационную систему.
- 4) Дать основы для построения эффективной информационной системы.

Л и т е р а т у р а

1. Макеева Ю.Н. Организация и технология перегрузочных процессов в портах. Оптимизация технологических схем: учебное пособие для вузов; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2007. – 237 с.
2. Закон України "Про морські порти України" № 4709-VI от 17.05.2012 - Урядовий кур'єр № 114 від 27.06.2012.
3. Винников В.В. Экономика предприятия морского транспорта (экономика морских перевозок): Учебник для вузов водного транспорта. - 2-е изд., перераб. и доп. - Одесса: Латстар, 2001. - 416 с.

4. Хлопецкая Л.Ф., Зинченко С. Г., Пархотко А.В. Проблемы развития системы промышленного транспорта морского порта. Материалы III-й международной интернет-конференции молодых ученых и студентов. – Северодонецк: ВНУ им. В. Даля, 2015, С. 27-31.
5. Смехов А.А. Маркетинговые модели транспортного рынка. – М.: Транспорт, 1998. – 120 с.
6. Аникин Б.А. Логистика: Учебник – М.: ИНФРА-М, 2002.
7. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. – 2-е изд. – М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 1999. – 228 с.
8. Ильина О. П., Кияев В. И. и др., Трофимов В. В. Информационные системы и технологии в экономике и управлении. М.: Высшее образование, 2013. — 524 с.
9. Барабанова М.И., Кияев В. И. Информационные технологии: открытые системы, сети, безопасность в системах и сетях. Учебное пособие, 2-е изд. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2013. — 287 с.
10. Андриевский Б.Р., Матвеев А.С., Фрадков А.Л., Управление и оценивание при информационных ограничениях: к единой теории управления, вычислений и связи, Автомат. и телемех., 2010, выпуск 4, 34–99
11. Грабауров В. А. Информационные технологии для менеджеров. – М.: Финансы и статистика, 2001.– 368 с.
12. Арутюнян М., Ермошкина Н., Карминский С. Демистификация ИТ. Что на самом деле информационные технологии дают бизнесу ООО «Альпина Бизнес Букс», 2006. — 296 с.
10. Andrievsky B. R., Matveev A.S., Fradkov A.L., Management and estimation at information restrictions: to the uniform theory of management, calculations and communication, the Automatic machine. and telefur., 2010, release 4, 34–99
11. Grabaurov V. A. Information technologies for managers. – M.: Finance and statistics, 2001. – 368 pages.
12. Arutyunyan M., Ermoshkina N., Karminsky S. Demytification IT. What actually information technologies give to business of LLC Alpina Business Buks, 2006. — 296 pages.

Пархотко А.В. Шляхи та проблеми підвищення ефективності роботи інфраструктури морського порту.

У статті розглянута система інформаційного обміну між структурними підрозділами морського порту. Розкрито поняття інфраструктури порту і розглянуті чинники, що впливають на ефективність її роботи. Приведена математична модель порівняльної оцінки ефективності використання єдиної інформаційної системи по відношенню до варіанту накопичувальної передачі інформації. Дани основи для побудови ефективної інформаційної системи.

Ключові слова: інформаційна система, ефективність, порт, інформаційний потік, менеджмент.

Parkhotko A. Ways and problems of increase of overall performance of infrastructure of seaport.

Technological process of work of seaport includes a number of operation, connected with loading, unloading and service of courts, reception and sending freights. Information processing is the cornerstone of process of management of material streams. Information streams of port cover interaction of internal and external users of information: management of port, production divisions, public institutions and clients of port. Thus, technological process can be presented in the form of a turn of information streams.

Economic efficiency of work infrastructure of port depends on the speed of processing of courts. Timely actions of management thanks to optimum transport of information streams provide acceleration of an internal turn of information and documents and, respectively, minimizing of unproductive outages of technology and to increase of goods turnover of port.

In article the system of information exchange between structural divisions of seaport was considered. The concept of infrastructure of port is opened and the factors influencing efficiency of her work were considered. The mathematical model of a comparative assessment of efficiency of use of a unified information system in relation to option of accumulative information transfer is given. Bases for creation of effective information system are given too.

Keywords: information system, efficiency, port, information stream, management.

Пархотко А.В. – аспірант кафедри «Транспортні системи» СНУ ім. В. Даля, e-mail: andrey777mail@ukr.net.

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

Стаття подана 21.03.2016

References

1. Makeeva Yu.N. Organization and technology of reloading processes in ports. Optimization of technological schemes: manual for higher education institutions/Growth. the state. un-ty of means of communication. – Rostov N / Д, 2007. – 237 pages.
2. The law of Ukraine "About seaports of Ukraine" No. 4709-VI of 17.05.2012 - Government courier № 114 of 27.06.2012
3. Vinnikov V.V.. Economy of the enterprise of sea transport (economy of shipping): The textbook for higher education institutions of a water transport. - 2nd prod., reslave. and additional - Odessa: Latstar, 2001.-416 pages.
4. Hlopetskaya L.F., Zinchenko S. G., Parkhotko A.V. Problems of development system of industrial transport of seaport. Materials III of the international Internet conference of young scientists and students. – Severodonetsk: VNU of V. Dahl, 2015, page 27-31.
5. Smekhov A.A. Marketing models of the transport market. – M.: Transport, 1998. – 120 pages.
6. Anikin B. A. Logistika: The textbook – M.: INFRA-M, 2002.
7. Gadzhinsky A. M. Logistika: The textbook for the highest and average special educational institutions. – 2nd prod. – M.: Information and implementation center "Marketing", 1999. – 228 pages.
8. Ilyina O. P., Kiyaev V. I., etc., Trofimov V. V. Information systems and technologies in economy and management. M.: The higher education, 2013. — 524 pages.
9. Barabanova M. I., Kiyaev V. I. Information technologies: open systems, networks, safety in systems and networks. Manual, 2nd prod. SPb.: Publishing house СПбГЭУ, 2013. — 287 pages.

УДК 656.022.9

ОЦІНКА ВПЛИВУ УМОВ РУХУ ТА ХАРАКТЕРИСТИК МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТІВ НА ВИБІР ЗУПИНОК ЯК КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК

Півторак Г.В., Вариницька О.В.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF TRAFFIC CONDITIONS AND CHARACTERISTICS CITIES BUS ROUTES ON CHOICE PUBLIC STOP AS TIME POINT

Pivtorak H.V., Narynytcka O.V.

Дотримання розкладу руху громадським пасажирським транспортом є однією з основних ознак якості транспортного обслуговування. Використання певних зупинок маршруту як контрольних точок дозволяє спростити процес складання та контролю розкладів. Для визначення зупинки як контрольної точки потрібно визначити характеристики, які впливають на процес вибору. В роботі з використанням методу основних компонент визначаються чинники, які здійснюють найбільший вплив на характеристику зупинки. Зокрема, це час простою на зупинці та час простою на попередній зупинці. Також робиться припущення, що викиди методу основних компонент можуть бути зупинками, які варто розглядати як можливі контрольні точки маршруту.

Ключові слова: контрольна точка, час простою, зупинка ГПТ, метод основних компонент.

Постановка проблеми. Для формування розкладів руху міського громадського транспорту, перевірки їх адекватності та контролювання дотримання цих розкладів доцільним є використання певних зупинок маршруту як контрольних часових точок (time point, TP) [1]. Проте показники зупинки, які б характеризували її як TP, досі однозначно не визначені.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням визначення характеристик зупинок, які б впливали на вибір їх як TP, займалися в основному зарубіжні автори. Зокрема, в роботі [2] такими характеристиками називають час руху між зупинками та їх фізичне розташування. Леслі [3] основною ознакою TP вважає величину коефіцієнта змінності інтервалу руху. Деякі автори [4, 5, 6] пропонують за основу брати кількість пасажирів, що здійснюють посадку/висадку на даній зупинці.

Багато авторів однією з основних характеристик зупинного пункту маршруту називають час простою транспортних засобів на ньому. Більшість робіт пов'язано з вивченням характеристик часу

простою на існуючих маршрутах з врахуванням таких чинників, як пасажиропотік, наповненість автобуса, коефіцієнт змінності пасажирів, а також характеристики транспортного засобу, що працює на маршруті (довжина, кількість дверей, пасажиромісткість) [7, 8, 9]. Проте вивчення сумісного впливу тих чи інших чинників на характеристику зупинки проводилось дуже мало. Тому використання багатофакторних моделей для оцінки характеристик зупинок є актуальною задачею.

Метою роботи є вивчення взаємовпливу різних характеристик зупинки ГПТ з допомогою багатовимірного аналізу.

Виклад основного матеріалу. Метою будь-якого багатовимірного аналізу є декомпозиція даних, яка дає змогу виявити і промодельовати їх взаємозв'язки і закономірності

Метод основних компонент (Principal component analysis, PCA) – це один з основних способів обробки великорозмірних даних. Винайдений в 1901 році англійським математиком Карлом Пірсоном. Суть методу полягає в тому, що початкові вхідні дані представляються у вигляді матриці X , яка складається з n зразків (спроб, об'єктів, експериментів) та p змінних (показників, характеристик). Її часто називають «матрицею даних». Відображені таким способом дані дуже часто допомагають визначити прихований тренд [10, 11].

В якості об'єктів виступають зупинки громадського транспорту. Таблиця даних складається з таких змінних:

- розміщення зупинки відносно початку маршруту (відстань від початку маршруту);
- наявність точки тяжіння (-1 – немає, +1 – є);
- загальна кількість маршрутів, що проходять через дану зупинку;
- напрямку руху транспортних засобів на маршруті (-1 та +1);

- час простою на зупинці, с;
- час простою на попередній зупинці, с;
- період робочого дня (всього 7 періодів).

Для отримання інформації про часові характеристики руху автобусів на маршруті отримано доступ до GPS-даних з трекерів, встановлених на автобусах маршрутів ГПТ, які обслуговує ЛК «АТП № 1» (м. Львів). Дані фіксувалися протягом листопада-грудня 2014 року. Інформація записувалася у файл *.txt в такому вигляді:

```

Файл Редагування Формат Видгляд Довідка
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 0 '243' 24.059858333333 49.784208333333
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 0 '167' 24.056411666667 49.79517
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 0 '238' 24.072963333333 49.81176
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 1 '235' 23.988696666667 49.834321666667
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 1 '269' 23.969236666667 49.820171666667
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 1 '157' 23.996921666667 49.838833333333
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 1 '123' 24.01738 49.80197
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 1 '161' 24.053428333333 49.796185
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 1 '180' 23.994316666667 49.838693333333
'Thu Nov 27 09:55:15 2014' '32' 1 '191' 23.985716666667 49.817346666667

```

Рис. 1. Таблиця даних про часові характеристики маршрутів

У вищенаведеній таблиці перший стовпець – дата у вигляді МІСЯЦЬ ДЕНЬ ГОД:ХВ:СЕК РІК, другий стовпець – номер маршруту, третій стовпець – напрямок (прямий або зворотній), четвертий стовпець – номер трекера (номер автобуса), п'ятий стовпець – координата довготи, шостий стовпець – координата широти (координати розташування автобуса в даний момент часу).

Сигнал з трекера отримується кожних 11 с.

Визначення того, чи автобус перебуває на зупинці, проводилося порівнянням координат зупинки та координат місця перебування автобуса. Похибка приймалася рівною $\pm 0,001^\circ$ широти ($\approx \pm 11$ м) та $\pm 0,0002^\circ$ довготи ($\approx \pm 14$ м).

Для опрацювання отриманих даних написана програма мовою програмування Python. Блок-схема програми подана на рис. 2.

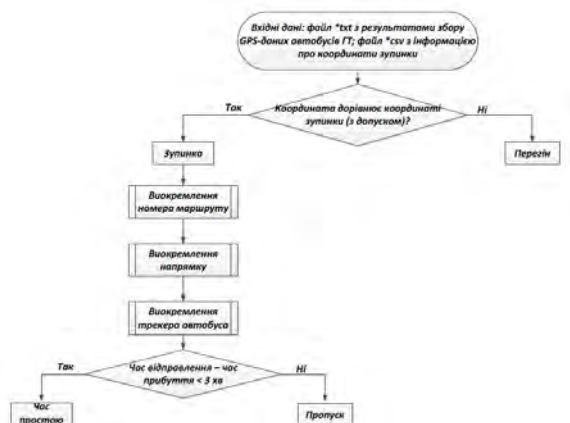


Рис. 2. Алгоритм комп'ютерної обробки результатів

Проведено опрацювання даних по маршрутах № 32 та № 37 м. Львова. Нечасові характеристики маршруту отримано камеральним обстеженням [12].

Дані про простій автобусів на зупинці поділено на п'ять груп: час простою на зупинці менше 10 с, в межах 10 – 20 с, в межах 20 – 30 с; в межах 30 – 45 с; більше 45 с.

Робочий час автобусів на маршруті поділено на часові періоди: $6^{00} - 8^{00}$, $8^{00} - 10^{00}$, $10^{00} - 12^{00}$, $12^{00} - 14^{00}$, $14^{00} - 17^{00}$, $17^{00} - 19^{00}$, $19^{00} - 22^{00}$ год.

Результати опрацювання даних GPS-трекерів оформлялися у вигляді таблиць (таблиця 1).

Такі таблиці сформовано для кожного маршруту для кожного часового періоду.

Інформація про зупинки оформлена у вигляді матриці розмірністю $n \times p$, де $n = 312$ – кількість досліджень, $p = 7$ – кількість показників, які враховувалися.

Опрацювання даних матриці методом основних компонент для визначення взаємозв'язків між показниками, які взято для розгляду, проводилося в програмному середовищі The Unscrambler X 10.3.

На рис. 3 показано загальний вигляд The Unscrambler X 10.3 в момент виконання МОК (PCA) для даних матриці, імпортованих в програму.

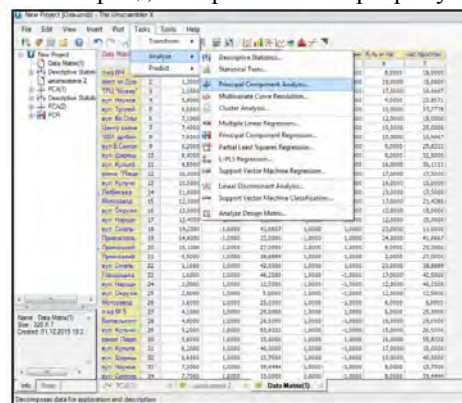


Рис. 3. Схема виконання МОК в програмному середовищі The Unscrambler X 10.3

Для аналізу даних, які мають різні одиниці виміру та різну фізичну суть (час простою – секунди, наявність точки тяжіння чи кількість маршрутів, що проходять через зупинку – безрозмірні величини з різним смисловим навантаженням), їх потрібно певним чином підготувати. В МОК цей процес називається шкалюванням. Для проведення шкалювання матриця даних перераховується за формулою [11]:

$$x_{шк} = \frac{(x - \bar{x})}{s} \quad (1)$$

Де x – початкові дані;

\bar{x} – середнє значення величини;

s – середньоквадратичне відхилення.

Значення середньоквадратичних відхилень та дисперсій показників до та після проведення шкалювання подано в таблиці 2.

Таблиця 1

Кількість повторів тривалості часу простою на зупинці

Номер зупинки	Назва зупинки	Тривалість часу простою на зупинці, с				
		менше 10	10...20	20...30	30...45	більше 45

Таблиця 2

Статистичні характеристики набору даних

Статистичний показ- ник	Віддаленість від початку маршруту	Напрямок руху	Кількість маршрутів	Точка тяжіння	Період добі	Час про- стою	Час простою на по- передній зупинці
До проведення шкалювання							
Середньоквадратичне відхилення	4,1242	1,002	4,867	0,918	2,294	10,239	10,257
Дисперсія	17,009	1,003	23,684	0,842	5,267	104,839	105,216
Після проведення шкалювання							
Середньоквадратичне відхилення	0	0	0	0	0	0	0
Дисперсія	1	1	1	1	1	1	1

Основні компоненти фактично показують, які чинники здійснюють найбільший вплив на характеристики зупинки. В результаті застосування МОК визначено, що перших дві основних компоненти описують 88% початкової варіації, а наступних дві – ще 15 %.

В результаті побудови та аналізу графіків рахунків (scores) отримано такі висновки:

- відсутність точки тяжіння біля зупинки зменшує час простою на ній;
- зв'язок між кількістю маршрутів, що проходять через зупинку, та часом простою на зупинці спостерігається тільки при значній кількості маршрутів (більше 15 маршрутів), що можна пояснити ускладненням під'їздом до зупинки автобуса та посадкою в нього пасажирів;
- для ранкових періодів (з 6⁰⁰ до 8⁰⁰) час простою на зупинці менший, ніж для інших періодів;
- віддаленість зупинки від початку маршруту обернено пропорційна до часу простою;
- чим ближчий до середнього значення час простою на попередній зупинці, тим більше відхилення часу простою від середнього на наступній зупинці і навпаки;
- при наявності точки тяжіння на зупинці і середній тривалості часу простою на попередній зупинці час простою на зупинці є значним. Проте якщо на попередній зупинці час простою був великим, то на поточній зупинці спостерігаються середні значення часу простою (можна припустити, що водій трохи поспішає через затримку на попередній зупинці).

В методі основних компонент важливою характеристикою є викиди – нетипові зразки або змінні. Вони можуть бути як результатом неправильних вимірів (тоді їх потрібно видалити, щоб не деформувати модель), так і дуже важливими даними, які потребують детальнішого дослідження. В результаті виконання аналізу даних авторами зроблено висновок, що саме викиди методу основних компонент

можуть буди пропозиціями щодо контрольних точок маршруту, адже це ті зупинки, характеристики і умови функціонування яких суттєво відрізняються від загального масиву даних.

Висновки. Отже, проведені дослідження дозволяють припустити, що метод основних компонент доцільно застосовувати для визначення характеристик зупинки, які здійснюють вплив на неї, для визначення взаємозв'язків між кількома характеристиками та для пропозицій щодо вибору контрольних точок маршруту. Подальші дослідження стосуватимуться аналізу додаткових чинників (інтервал руху на маршруті, регулярність руху тощо).

Л і т е р а т у р а

1. S.C. Wirasinghe, G. Liu, Determination of the number and locations of time points in transit schedule design – Case f a single run. *Annals of Operations Research, Canada, Volume 60, Issue 1*, 1995, P.161 – 191. DOI 10.1007/BF02031945.
2. Transit Scheduling: Basis and Advanced Manuals. Transportation research board executive committee, 1998, P. 149
3. L.J.S. Lesley, The role of the timetable in maintaining bus service reliability. *Proceedings of the International Symposium on Operating Public Transport, University of Newcastle-Upon-Tyne, UK*, 1975.
4. M. Abkowitz, I. Engelstein, Methods for maintaining transit service regularity, *Transportation Research Record*, 1984. – 162 p.
5. M. Abkowitz, E. Amir, I. Engelstein, Optimal control of headway variation on transit routes, *Journal of Advanced Transportation*, V.20 (1). - 1986. - P. 73 – 88.
6. S. C. Wirasinghe, G. Liu. Optimal schedule design for a transit route with one intermediate time point. *Transportation Planning and Technology. Volume 19, Issue 2*, 1995, P. 121-145.
7. Давідч Ю.О. Оцінка тривалості простою транспортних засобів на проміжних зупинках / Ю.О. Давідч, Д.П. Понкратов, С.І. Куш, М.В. Каложний // Науково-технічний збірник № 105 «Комунальне

- господарство міст», ХНУМГ, Харків, 2012, ст. 390 – 394.
8. Калюжний М. В. Визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / М. В. Калюжний; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х., 2011. – 21 с. – укр.
 9. Василенко Т.Є. Теоретичні аспекти оцінки пропускної здатності зупинного пункту / Т.Є. Василенко, Д.В. Фесенко, Д.В. Гулак // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник / ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ. – Горлівка, 2010. - № 2.(11) – С. 90-97. ISSN: 1990-7796.
 10. Померанцев А. Метод Главных Компонент (PCA). [Електронний ресурс] - <http://www.chemometrics.ru/materials/textbooks/pca.htm>.
 11. Эсбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы / Пер. з англ. С.В. Кучерявского; Под ред. О.Е. Родионовой. – Черногловка: Изд-во ИПХФ РАН, 2005. – 160с.
 12. Електронний ресурс <http://www.eway.in.ua/ua/cities/lviv/routes>

References

1. S.C. Wirasinghe, G. Liu, Determination of the number and locations of time points in transit schedule design – Case f a single run. *Annals of Operations Research, Canada, Volume 60, Issue 1*, 1995, P.161 – 191. DOI 10.1007/BF02031945.
2. Transit Scheduling: Basis and Advanced Manuals. Transportation research board executive committee, 1998, P. 149
3. L.J.S. Lesley, The role of the timetable in maintaining bus service reliability. *Proceedings of the International Symposium on Operating Public Transport, University of Newcastle-Upon-Tyne, UK, 1975.*
4. M. Abkowitz, I. Engelstein, Methods for maintaining transit service regularity, *Transportation Research Record*, 1984. – 162 p.
5. M. Abkowitz, E. Amir, I. Engelstein, Optimal control of headway variation on transit routes, *Journal of Advanced Transportation*, V.20 (1). - 1986. - P. 73 – 88.
6. S. C. Wirasinghe, G. Liu. Optimal schedule design for a transit route with one intermediate time point. *Transportation Planning and Technology. Volume 19, Issue 2*, 1995, P. 121-145.
7. Davidich Ju.O. Ocinka tryvalosti prostoyu transportnyh zasobiv na promizhnyh zupynkah / Ju.O. Davidich, D.P. Ponkratov, Je.I. Kush, M.V. Kaljuzhnyj // *Naukovo-tehnichnyj zbirnyk № 105 «Komunal'ne hospodarstvo mist»*, HNUMH, Harkiv, 2012, st. 390 – 394.
8. Kaljuzhnyj M.V. Vyznachennja dovzhyny peregonu marshrutu mis'kogo pasazhyrs'kogo avtomobil'nogo transportu: avtoref. dys. kand. techn. nauk: 05.22.01 / M. V. Kaljuzhny; HNUMH. – H., 2011. – 21 s. – ukr.
9. Vasylenko T.Je. Teoretychni aspekty ocinky propusknoi' zdatnosti zupynnogo punktu / T.Je. Vasylenko, D.V. Fesenko, D.V. Hulak // *Visti Avtomobil'no-dorozhn'ogo instytutu: naukovo-vyrobnychyj zbirnyk / DVNZ «DonNTU» ADI. – Horlivka, 2010. - № 2.(11) – s. 90-97. ISSN: 1990-7796.*
10. Pomerancev A. Metod Glavnyh Komponent (PCA). [Electronnyj resurs]- <http://www.chemometrics.ru/materials/textbooks/pca.htm>.
11. Esbensen Je. Analiz mnogomernyh dannyh. Izbrannye glavy / Per. z angl. S.V. Kucherjavs'koho; Pod red. O.E. Rodionovoj. – Chernogolovka: Izd-vo IPHF RAN, 2005. – 160s.
12. Electronnyj resurs <http://www.eway.in.ua/ua/cities/lviv/routes>

Пивторак Г.В., Вариницкая О.В. Оценка влияния умов движения та характеристик городских автобусных маршрутов на выбор остановок как контрольных пунктов.

Одним из главных признаков качества транспортного обслуживания считается соблюдения расписания движения общественным пассажирским транспортом. Использование избранных остановок маршрута как контрольных пунктов дает возможность упростить процесс составления та контроля расписания. Чтобы считать остановку контрольным пунктом, необходимо определить характеристики, которые влияют на процесс выбора. В данной работе с использованием метода главных компонент определяются факторы, которые наиболее влияют на характеристику остановки. В частности, это время простоя на остановке и время простоя на предыдущей остановке. Также предполагается, что выбросы метода главных компонент могут быть остановками, которые целесообразно рассматривать как возможные контрольные пункты маршрута.

Ключевые слова: контрольный пункт, время простоя, остановка ОПТ, метод главных компонент.

Pivtorak H.V., Varynytska O.V. Assessment of the influence of traffic conditions and characteristics cities bus routes on choice public stop as time point.

Adherence to the public passenger's transport schedule is one of the main features of a transport service. The use of certain stops route as time points can simplify the process of drawing up and monitoring schedules. For classification public stop as time point as necessary to determine the characteristics that influence the selection process. In this paper, using the method of principal components determined factors that carry the greatest impact on characterization stop. It was analyzed of the impact of these indicators: direction, number of routes, attraction point, period day, distance to the start route, downtime stop and downtime previous stop. In particular, this downtime to stop and downtime at the previous stop. Also, it is assumed that singularity of the principal components of the PCA can be stops that should be considered as a possible time points.

Keywords: time point, downtime, public stop, Principal component analysis.

Пивторак Галина Василівна, асистент, кафедра «Транспортні технології», НУ «Львівська політехніка», kostelnhal@gmail.com

Вариницька Ольга Вікторівна, магістрант, кафедра «Транспортні технології», НУ «Львівська політехніка».

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецкая-Белецкая Н.Б.**

Стаття подана 11.03.2016

УДК 621.1

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПАТ «УКРАЇНСЬКІ ЗАЛІЗНИЦІ»

Підпригора А.І., Клецька О.В., Хижа О.В.

WAYS IMPROVING THE EFFICIENCY OF FUEL AND ENERGY COMPLEX OF "UKRAINIAN RAILWAYS"

Pidiprugora A., Kletska O., Khizha O

Досягнуті на залізницях результати споживання паливно-енергетичних ресурсів в останні роки можуть слугувати подальшої інтенсифікації впровадження ресурсозберігаючих, енергоефективних технологій, удосконаленню економічного механізму енергозбереження, популяризації державної та галузевої енергетичних стратегій та в кінцевому вигляді розвиненню енергетичного менеджменту у транспортному секторі. Проблемні питання, які визначені відповідним аналізом роботи паливно-енергетичного комплексу – поглибленому, системному моніторингу та практичному вирішенню у підрозділах залізничного транспорту, згідно чинних стандартів та законодавству.

Ключеві слова: паливно-енергетичний комплекс, енергоефективність, ресурсозбереження, нетягова сфера, енергетична безпека.

Вступ. Актуальність питання енергоефективності в нашій країні із року в рік лише зростає. Енергоемність валового внутрішнього продукту все ще залишається на високому рівні. Проблема ресурсозбереження вимагає якнайшвидшого вирішення, в першу чергу,

в особливо енергоємних галузях, до яких також відноситься залізничний транспорт. Складний економічний етап, в умовах сучасних перетворень на залізничному транспорті вимагають від залізничників уміння оперативно реагувати на проблеми, які постають перед ними. Однією з проблем у паливно-енергетичному комплексі є забезпечення поступового зменшення енергоемності, а обмеження фінансових можливостей потребує розвинення енергетичного менеджменту, який би надав новий поштовх щодо генерації нових ідей в сфері енергозбереження.

Для подальшого забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних залізниць, необхідною умовою є не тільки розробка та впровадження ресурсозберігаючих заходів, а і розвинення енергетичного менеджменту, який би міг узагальнити всю роботу, яка проводиться в напрямку енергозбереження по різних напрямкам споживання енергоресурсів, а також виявити найбільш економічно доцільні технології та запропонувати їх до впровадження на всіх регіональних філіях ПАТ «Укрзалізниця». Постановка проблеми. Визначення необхідності впровадження на

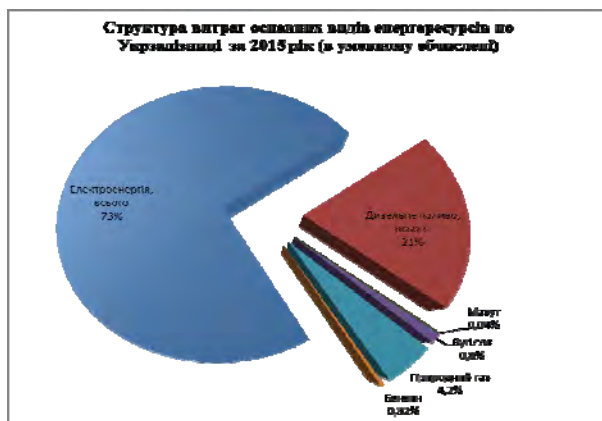
залізничному транспорті енергетичного менеджменту, з метою поступового усунення проблем, які стоять перед ПЕК ПАТ «Укрзалізниця».

Аналіз останніх публікацій. У статтях М.І.Луханіна, Г.А.Бойко, М.В. Мелешко, О.І.Ваганова та інших неодноразово наголошувалося на необхідності впровадження, як енергетичного менеджменту на залізницях, так і впровадження енергетичних та екологічних стандартів.

Мета. Запропонувати читачам основні шляхи вирішення тих проблем, які існують в сфері енергозбереження на залізничному транспорті в контексті розвитку енергетичного менеджменту у залізничній галузі.

Основний матеріал. Для розгляду шляхів підвищення ефективності роботи паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) ПАТ «Укрзалізниця» необхідно мати уяву взагалі, що уявляє собою ПЕК залізничного транспорту. Споживання енергетичних ресурсів ПАТ «Укрзалізницею» щорічно зменшується, однак по окремим видах залишається ще досить значною. В першу чергу це стосується електричної енергії та дизельного пального. Так, за підсумками роботи у 2015 році, було спожито:

- електроенергії 4,84 млрд. кВт·год, у тому числі на тягу поїздів – 4,04 млрд. кВт·год (83,3%), що на 466 млн. кВт·год (8,8%) менше ніж у 2014 році;
- дизельного палива 306,7 тис. тонн, у тому числі на тягу поїздів – 267,2 тис. тонн (87,1%), що на 5 тис. тонн (1,6%) менше ніж у 2014 році;
- природного газу 85,6 млн. м³, що на 26 млн. м³ (23,3%) менше ніж у 2014 році;
- вугілля 27,2 тис. тонн, що менше на 24,1 тис. тонн (47%) ніж у 2014 році;
- мазуту топкового 0,6 тис. тонн, що на 1,6 тис. тонн менше ніж у 2014 році;
- бензину 4,6 тис. тонн, що на 1,3 тис. тонн менше ніж у 2014 році.



Тенденція зменшення споживання енергетичних ресурсів із року в рік має позитивний характер. І це обумовлено не тільки, на жаль, зниженням обсягів перевезень (-8,6% до рівня 2014 року), а і поступовим зменшенням енергоємності залізничного транспорту.

За останні п'ять років відбулось зменшення енергоємності на 16,65% по ПАТ «Укрзалізниця». По регіональним філіям відсоток зниження енергоємності (2015 рік до 2010 року) склав: регіональна філія «Південна залізниця» - 21,37%; регіональна філія «Одеська залізниця» - 21,31%; регіональна філія «Львівська залізниця» - 26,15%; регіональна філія «Південно-Західна залізниця» - 16,38%; регіональна філія «Придніпровська залізниця» - 12,08%; регіональна філія «Донецька залізниця» - +11,84%.

Незважаючи на позитивні підсумки роботи в сфері паливовикористання в останні роки, на сучасному етапі розвитку регіональних філій (філій) для систематизації роботи по економії та ефективного використання енергетичних ресурсів, підвищення продуктивності праці, подальшого зниження енергоємності перевізного процесу, проведення якісного аналізу витрат енергоресурсів по всім напрямкам їх споживання, поступового виконання організаційних, економічних та технічних можливостей залізничного транспорту, виконання більш широкого спектру енергетичних аудитів виробничих підрозділів, необхідне нове переосмислення той роботи, яка проводиться в сфері енергозбереження.

При умовах обмеження фінансування залізничного транспорту, необхідно більш досконало підходити до вирішення проблем, які існують у паливно-енергетичному комплексі ПАТ «Укрзалізниця». А для цього необхідно вже зараз розробити енергетичну стратегію залізничного транспорту та запроваджувати реальні кроки по впровадженню енергоменеджменту у регіональних філіях.

Це необхідно робити так як, серед складових експлуатаційних витрат регіональних філій, що впливають на енергоємність, собівартість перевізної роботи (послуг), провідне місце посідають витрати на енергетичні ресурси, закупівельні ціни та тарифи на які постійно зростають.

На теперішній час, в експлуатаційних витратах регіональних філій складова енергетичних ресурсів сягає 25%, а у локомотивному господарстві цей відсоток становить приблизно 55. А тому, навіть незначне зменшення фінансових витрат на енергоресурси, дозволять направити ці кошти на оновлення тягового рухомого складу, що зараз є однією з найважливіших завдань залізничного транспорту.

Задоволення потреб щодо перевезення пасажирів та вантажів при безумовному забезпеченні безпеки руху та збереження вантажів що перевозяться, ефективне використання технічних засобів, дотримання вимог чинного при-

родоохоронного законодавства не можливе без організації чіткої, надійної, безперебійної та злагодженої роботи паливно - енергетичного комплексу регіональних філій та філій ПАТ «Укрзалізниця», як безпосередньо в тязі поїздів, так і нетяговій сфері (стаціонарній енергетиці).

Особливого значення ефективна робота ПЕК набуває у сучасних умовах господарювання – після створення ПАТ «Укрзалізниця».

Паливно-енергетичний комплекс України забезпечує потреби країни менше ніж на 50%. За цих обставин робота українських залізниць у сфері енергозбереження вимагає професійного підходу. І починати потрібно з моніторингу споживання енергоресурсів по окремим напрямкам у господарствах залізниць, пошуку напрямів впливу на рівень енергоємності, розробки та реалізації заходів, впровадження інноваційних проектів, які мають ресурсоефективну спрямованість, а також збільшення відсотку застосування альтернативних джерел енергії (теплові насоси, сонячні колектори, використання торфобрикетів і т.п.).

Вимоги сьогодення до відомого енергоменеджера не обмежуються суто знаннями і напрацюваннями в галузі паливовикористання, але й повинні відповідати вимогам та прагненням щодо більш широкого та поглибленого рівня знань, практичних навичок у сферах проектування, будівництва та експлуатації об'єктів залізничної інфраструктури, економічного аналізу, господарської діяльності, транспортної логістики та маркетингу.

Перші кроки в цьому напрямку були зроблені в регіональній філії «Одеська залізниця», де з минулого року почала працювати служба енергоменеджменту, яка в своєму складі має чотири відділи та 20 фахівців, які займаються різними напрямками в сфері ресурсо-та енергозбереження.

Однак скільки б не створювалося структур, яка б чисельність їх не була, без наявності енергетичної стратегії (політики), без визначення основних напрямків та шляхів роботи, не можливо говорити о досягненні максимального результату, а лише о короткострокових перемогах по окремим гілкам діяльності.

Тому ефективне споживання, оптимізація непродуктивних витрат, економія ПЕР, в першу чергу, в тязі поїздів, у нетяговій сфері за рахунок впровадження концептуальних заходів бережливого виробництва, як консолідувочої концепції для підвищення енергоефективності діяльності регіональних філій у сфері ресурсоспоживання є запорукою поліпшення фінансового стану залізничного транспорту, завдяки зниженню як питомих, так і валових витрат енергоресурсів. Тобто паливна, енергетична і техніко-технологічні складові є у числі домінуючих, для вирішення подальших проблем розвитку ПЕК.

«Строить – значит созидать!» - ця фраза була сказана начальником служби будівельно-монтажних робіт та цивільних споруд О.Д.Герасименко (на теперішній час в.о. головного інженера – першого заступника начальника регіональної філії «Південна залізниця» ПАТ «Укрзалізниця») з нагоди 60-річчя створення служби.

В даному випадку ми повинні мати на увазі будівництво відносно нового напрямку діяльності залізничного транспорту – енергоменеджменту.

Енергетичний менеджмент (енергоменеджмент) – це складова системи загального управління, зорієнтована на забезпечення надходження та раціонального використання ПЕР споживачами. Щодо суб'єктів господарювання енергоменеджмент – вид постійної, цілеспрямованої діяльності персоналу підприємства та залучених фахівців (консультантів), що полягає у складанні енергобалансів,

веденні необхідних для аналізу ефективності енергоспоживання вимірювань, а також у розробленні та впровадженні енергоощадних заходів.

З точки зору процесу управління, функціонування енергоменеджменту, як системи управління, полягає в отриманні зовнішньої та внутрішньої інформації щодо використання енергоресурсів об'єктом управління (підприємство чи його підрозділ або технологічний процес), у передаванні інформації для подальшого її аналізу (обробки), а також у розробленні на цій підставі енергоощадних заходів та у практичній реалізації останніх.

Тобто енергоменеджмент – це постійна діяльність, направлена на енергозбереження, яка не закінчується впровадженням пілотних проектів і ґрунтується на перевірці, що враховує моніторинг і вимірювання, внутрішні аудити та коригувальну діяльність, а також включає розробку та впровадження нових енергозберігаючих заходів і «роботу над помилками».

А для успішної діяльності, а точніше для досягнення потрібного результату і необхідно завчасно сформулювати основні енергетичні цілі. До них можна віднести наступні:

- розробка стратегії енергоефективності ПАТ «Укрзалізниця»;
- впровадження енергоменеджменту у всіх регіональних філіях; за рахунок створення самостійних відділів (служб), з «тематичним наповненням» його функціональних обов'язків;
- розробка електронної бази всіх підрозділів ПАТ «Укрзалізниця» по витратах енергетичних ресурсів та впроваджуємих проектів;
- підвищення надійності технологічного обладнання, забезпечення його безаварійної роботи та впровадження сучасних енергоефективних технологій;
- зниження питомих норм споживання ПЕР по напрямкам та технологічним процесам їх споживання;
- розробка нових методик проведення енергетичних аудитів виробничих підрозділів та тягових пліч обслуговування;
- забезпечення інформованості фахівців філій з питань енергоменеджменту та мотивації персоналу на підвищення енергоефективності.

В той же час, для досягнення вищезазначених цілей необхідно визначитися з наступним:

- у регіональних філіях (філіях) створити самостійні відділи (служби) з «тематичним наповненням» його функціональних обов'язків, в тому числі, забезпечити спільну розробку «Енергетичної стратегії ПАТ «Укрзалізниця»;
- забезпечити поступове переоснащення та вивід з експлуатації застарілого обладнання, з одночасним впровадженням у виробництві механізмів, які мають найнижчу питому норму споживання відповідного енергетичного ресурсу, при всіх інших рівних умовах;
- розробити окрему програму по впровадженню альтернативних джерел енергії у різних сферах діяльності залізничного транспорту;
- виконати аналіз рівня споживання енергоресурсів та скласти паливно-енергетичний баланс регіональних філій та ПАТ «Укрзалізниця», з метою визначення пріоритетних напрямків ресурсозаощадження;
- встановити систему, згідно котрої при розробці різноманітних видів проектів, закупівлі обладнання одним з основних критеріїв вибору стала енергетична ефективність проекту або механізму;

- організувати систему моніторингу та якісного аналізу використання паливно-енергетичних ресурсів, факторів, які впливають на рівень їх споживання та визначити напрямки по зменшенню негативного впливу виробничих процесів на по надмірне споживання енергетичних ресурсів;

- вийти на новий етап виконання енергетичних аудитів, за рахунок, як проведення обстежень виробничих підрозділів, окремих напрямків господарської діяльності, так і спільно з вищими навчальними закладами, запровадити розробку окремих методик проведення енергетичних аудитів на залізничному транспорті;

- розробити новий порядок та механізми мотивації персоналу, які спрямовані на підвищення енергоефективності;

- організувати систему навчання (постійного підвищення кваліфікації) причетних фахівців в сфері енергоефективності у виробничих підрозділах, завдяки залученню вищих навчальних закладів, які мають відповідні напрямки наукової діяльності. Більш широко використовувати студентів у відповідних виробничих процесах, з метою формування їх світогляду у бережливому ставленні до енергетичних ресурсів;

- визначити фактори, які при споживанні палива та електроенергії негативно впливають на оточуюче середовище та забезпечити поступове зменшення впливу залізничного транспорту на сучасне довкілля;

- розпочати роботу по створенню іміджу ПАТ «Українські залізниці», як компанії, яка в своїй діяльності орієнтована на енергозбереження та ощадливе ставлення до природи рідного краю.

Прикладом впровадження сучасного енергетичного менеджменту в одному з напрямків стаціонарній енергетиці може служити впровадження одеськими залізничниками автоматизована програма «Дистанційного контролю споживання природного газу», яка з минулого року почала діяти у ряді виробничих підрозділів регіональної філії «Одеська залізниця».

Завдяки цієї програми, до якої підключено наразі більше 30 виробничих підрозділів, вдається перш за все відійти від практики фактичних «неконтролюємих перетопів», коли безвідповідальні фахівці «випалювали» майже весь заданий лімітом природний газ. Зараз же, завдяки постійному «он-лайн» контролю фахівцями служби енергоменеджменту, такі явища майже виключені з виробничої діяльності. Система дозволяє у вигляді таблиць та графіків бачити витрати природного газу, а потім на підставі температури оточуючого середовища, показник якого також надає система, аналізувати витрати по підрозділам та приймати оперативні керівні рішення щодо усунення виявлених розбіжностей (зловживань) в роботі окремих виробничих підрозділів. Безумовно, визначити фактичну економію, безпосередньо від системи дуже важко, однак її запровадження, а також доведення до виробничого персоналу котельних, що вони знаходяться «під постійним наглядом» автоматизованої системи, в кінцевому рахунку принесе не аби який фінансовий результат.

Ще одним прикладом може служити запровадження тепловійного обстеження будівель, споруд, а також пасажирських вагонів. Коли майже одразу, можна побачити «витоки тепла» з приміщення або вагону та, в окремих випадках, оперативно усунути це явище.

Останнім прикладом, вже керівного рішення ПАТ «Українські залізниці», в сфері енергетичного та фінансового менеджменту, можна навести отримання з 01.03.2016 року всіма регіональними філіями та філією «Панютинсь-

кий вагоноремонтний завод» Ліцензій на право виробництва, транспортування та постачання теплової енергії. Завдяки отриманню в Національній комісії, що здійснює державне регулювання в сфері електроенергетики та комунальних послуг таких Ліцензій (постанова НКРЕКП від 25.02.2016 №252) всі регіональні філії без перешкод мають можливість надавати послуги з постачання теплової енергії різним підприємствам та населенню і завдяки цьому мати прибуток.

Також необхідно відмітити, що зараз вищі навчальні заклади Україні, в тому числі і залізничного профілю, почали готувати енергоменеджерів. У навчальних закладах вони отримують сучасне бачення стану енергетичних проблем, які стоять перед країною. Вивчають не тільки устаткування, яке вже десятиками років експлуатується на підприємствах, а і знайомляться з новим енергетично ощадливим обладнанням. На курсовому та дипломному проектуванні розробляють проекти з застосуванням альтернативних джерел енергії, проводять техніко-економічне обґрунтування по вибору найбільш ефективного теплосилового обладнання. Такі спеціалісти повинні стати в нагоді майже кожному виробничому підрозділу, так як майже у всіх підрозділах є котельні, компресори, системи теплопостачання, автотранспортні цеха, паливні склади, а тому регіональні філії та вищі навчальні заклади повинні більш плідно співпрацювати ще на етапі проходження переддипломних практик, щоб студент міг заздалегідь відчувати «дух виробництва».

За результатами проведеного аналізу використання енергоресурсів, практична, системна, цілеспрямована робота щодо переходу на рівень бережливого виробництва, може бути поліпшена з урахуванням реалізації ресурсу -, енергозберігаючих організаційних, технічних, технологічних заходів за напрямками:

- дотримання національних стандартів, у тому числі за напрямом ресурсозбереження, формування ресурсозберігаючих, ресурсоефективних заходів, розроблення програмних документів;
- проведення підготовчої роботи щодо сертифікації фахівців з енергозбереження, охорони навколишнього природного середовища на відповідність міжнародного стандарту ISO 50001:2011 (Енергетичний менеджмент), до впровадження якого приєдналась Україна;
- розроблення ресурсозберігаючої політики на 2016 - 2020 роки;
- поетапний перехід на уніфіковану модель менеджменту (ресурсоменеджмент);
- фінансування енергозберігаючих, енергоефективних заходів (проектів) з попереднім опрацюванням техніко - економічного обґрунтування (ТЕО) їх впровадження та прогнозованої перспективи новачі;
- удосконалення, поглиблення аналізу споживання кожного ресурсу на підставі ефективності заходу довгострокового використання, значення валових та питомих норм;
- розроблення цільових, довгострокових програм (заходів) щодо окремих напрямків використання енергоресурсів, за прикладом діючих у 2000-2006 роках програм по модернізації котельного та компресорного обладнання, а також впровадження на той час сучасних приладів освітлення;
- визначення найбільш сучасного електротермічного обладнання, з нагоди постійного зростання цін на електроенергію;
- переведення автотранспортних засобів на споживання суміші згущених нафтових газів;

- розвинення сектору альтернативної енергетики у господарствах ПАТ «Українські залізниці»;

- проведення енергетичних обстежень по різних напрямках споживання ПЕР, в тому числі, вихід на новий рівень «Екологічного аудиту» виробничих підрозділів регіональних філій.

Ці, а також багато інших заходів, які повинні бути визначені як першочергові, дозволять оптимізувати роботу паливно-енергетичного комплексу ПАТ «Українські залізниці» та сприяти більш стрімкому зниженню енергоємності залізничного транспорту, тим самим дозволити покращити фінансове становище галузі.

Підсумки. Виходячи з вищевикладеного, для покращення стану ПЕК ПАТ «Укрзалізниця», розвинення на залізничному транспорті енергетичного менеджменту, необхідно, на нашу думку, зробити наступні «шість кроків до успіху», а саме:

1. Створити на всіх регіональних філіях самостійні відділи (служби) з енергоменеджменту.

2. Розробити енергетичну стратегію (політику) ПАТ «Укрзалізниця».

3. Забезпечити стійке фінансування, розроблених заходів, які будуть передбачені енергетичною стратегією.

4. Створити електронну базу ПАТ «Укрзалізниця» по використанню енергетичних ресурсів та впровадженню енергоощадних заходів.

5. Втілити на залізничному транспорті мотиваційні чинники, які дозволять привити культуру «бережливого виробництва».

6. Залучити кращу студентську молодь до вирішення проблем енергоефективності на залізничному транспорті, налагодив на новому рівні взаємовідносини по ланцюгу «студент-бакалавр-магістр-працівник».

А девізом, до втілення вищезазначених напрямків, може стати висловлювання начальника регіональної філії «Південна залізниця» ПАТ «Укрзалізниця» Уманця Миколи Григоровича, який нещодавно, представивши нового керівника Куп'янської дирекції залізничних перевезень, сказав – «НЕ ТРЕБА БОЯТИСЯ ЗМІН!».

Л і т е р а т у р а

1. Аналіз використання ПЕР за 2015 рік. ПАТ «Укрзалізниця», ЦНорм.
2. Учётная экономия. Газета «Магістраль» №22 (2112), 30 березня – 5 квітня 2016 року.
3. Нетягова сфера Одеської та Південної залізниць - реалізація стратегії бережливого виробництва. М.І.Луханін
4. Політика регіонального філіала «Одесская железная дорога» в области энергоменеджмента. Утверждена в марте 2016 г., Г.А.Бойко
5. Мелешко М.В. Роль енергетичного обстеження (аудиту) в реалізації концептуальних заходів бережливого виробництва на Одеської залізниці. Журнал «Українські залізниці», №4 (10), 2014 рік.
6. Не треба боятися змін. Газета «Южная Магістраль» №12, від 01.04.2016 року.

References

1. Analysis of PER for 2015. PJSC "Ukrzaliznytsia" TsNorm.
2. The accounting savings. The newspaper "Highway" №22 (2112), March 30 - April 5, 2016.

3. No traction sector of Odessa and Southern Railway - implementation of lean manufacturing strategies. M.I.Luhanin
4. Politics regional branch "Odesskaya Railway" in the energohomenedzhmenta. Approved in March 2016 g, H.A.Boyko
5. Meleshko MV The role of the energy audit (audit) in implementing lean manufacturing concept measures at the Odessa railway. The magazine "Ukrainian Railways", №4 (10), 2014.
6. Do not be afraid of change. The newspaper "South Mahys-tral» №12, 01.04.2016 of the year.

Подопригора А.И., Клецкая О.В., Хижа О.В. Пути повышения эффективности работы топливно-энергетического комплекса ПАТ «Украинские железные дороги».

Достигнутые на железных дорогах потребления топливно-энергетических ресурсов в последние годы могут служить подальшей интенсификации внедрения ресурсосберегающих, энергоэффективных технологий, усовершенствованию экономического механизма энергосбережения, популяризации государственной и отраслевой энергетических стратегий и в конечном виде развитию энергетического менеджмента в транспортном секторе. Проблемные вопросы, которые определены соответствующим анализом работы топливно-энергетического комплекса – системному мониторингу и практическому решению в подразделениях железнодорожного транспорта, в соответствии с действующими стандартами и законодательством.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, энергоэффективность, нетяговая сфера, энергетическая безопасность.

Pidiprugora A., Kletska O., Khizha O Ways to improve the efficiency of fuel and energy complex of PJSC "Ukrainian Railways".

Achieved results on the railways of fuel and energy resources in recent years can serve as further intensify introduction of resource, energy efficient technologies improvement of the economic mechanism of energy conservation, popularization of state and industrial energy strategies and finally it can help to develop energy management in the transport sector.

Problem questions, that were found by appropriate analysis. Works of the energy sector that make deep systematic monitoring and practical solutions in rail transport units, according to applicable standards and legislation.

Keywords: fuel and energy complex, energy efficiency, resource conservation, energy security.

Подопригора А.И. – аспірант кафедри «Теплотехніки та теплових двигунів» Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail: pai_1976@mail.ru

Клецкая О.В. – аспірант кафедри «Теплотехніки та теплових двигунів» Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail: gurao@ukrnet.com

Хижа О.В. – студентка механічного факультету Українського державного університету залізничного транспорту e-mail: gurao@yandex.ru

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецкая-Белецкая Н.Б.**

Стаття подана 19.03.2016

УДК 656.13

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ У МІСТАХ

Понкратов Д.П.

PASSENGER FLOWS MODELING FEATURES IN CITIES

Ponkratov D.

У статті розглянуто особливості моделювання пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту. Увагу зосереджено на формалізації взаємозв'язку між характеристиками альтернативних шляхів пересування та величиною кореспонденції, що за ними буде реалізовано. В якості змінних величин, що залежать від величини пасажиропотоку виділено імовірність відмови пасажирів в посадці та коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу. Запропонований підхід може бути використано для моделювання пасажиропотоків у маршрутних системах значних та найзначніших міст.

Ключевые слова: пасажиропотік, узагальнена вартість пересування, імовірність відмови пасажирів в посадці, коефіцієнт використання пасажиромісткості.

Вступ. Формування керуючих впливів щодо удосконалення організації пасажирських перевезень у містах передбачає використання в якості вихідних даних відомості про пасажиропотоки, що є характеристикою попиту мешканців міста на пересування. Визначення характеристик пасажиропотоку натурними методами пов'язано із деякими труднощами, основними з яких є неможливість розглянути його перерозподіл у зв'язку із зміною параметрів пересування пасажирів у маршрутному транспорті. Внаслідок цього обґрунтування проектних рішень з удосконалення перевізного процесу виконують з використанням моделювання процесу формування пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту. Використання цього методу дає змогу розглянути наслідки різних рішень з удосконалення перевізного процесу та на підставі їх співставлення обирати той, що при найменших витратах дозволить досягти вагомого ефекту.

Постановка проблеми. Обґрунтованість рішень з удосконалення перевізного процесу буде спостерігатись у тому випадку коли модель буде як найбільше відповідати реальному процесу формування пасажиропотоків, тобто буде враховувати особливості цього процесу. Однією з них є погір-

шення характеристик пересування пасажирів при збільшенні попиту на користування цією альтернативою (маршрутом міського пасажирського транспорту або групою маршрутів). Отже підвищення адекватності моделей формування пасажиропотоків у містах шляхом врахування вагомих факторів та взаємозв'язків між ними є актуальним завданням, як з практичної, так й теоретичної точок зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При моделюванні пасажиропотоків слід враховувати взаємний зв'язок між характеристиками пересування пасажиропотоків та умовами пересування пасажирів. Ігнорування цих особливостей не призводить до значних похибок при недостатньо великому завантаженні маршрутної мережі. У разі перевищення транспортної пропозиції над транспортним попитом факт погіршення характеристик шляху пересування є вагомим та нехтування їм значно відображається на адекватності розрахунків [1].

Методом, що враховує зазначені обставини є рівноважний розподіл (equilibrium assignment). В його основу покладено принципи, сформульовані Уолдропом, щодо користувальницької та системної рівноваги у транспортній мережі [2]. Спочатку цей метод використовували для моделювання транспортних потоків, а потім його було адаптовано й для розрахунку пасажирських потоків [1, 3, 4].

Із метою врахування взаємозв'язку між величиною попиту на використання альтернативи та характеристиками пересування в мережі для знаходження рівноважного розподілу використовують метод «обмеження за пропускну (провізною) здатністю» (capacity restraint) [5]. В його основу покладено той факт, що зі зростанням попиту на використання альтернативи погіршуються її характеристики. Це призводить до перерозподілу потоків в мережі та має бути враховано шляхом зміни умов сполучення на тому чи іншому елементі мережі. При чому погіршення умов користування альтернативою стає помітним вже при навантаженнях, значно менших за максимально можливі [6].

Для моделювання взаємозв'язку між ступенем завантаженості автомобільної дороги і швидкістю (часом) руху транспортних засобів використовуються різні функції, найбільш відомою з яких є BPR-функція [7]. Функції, що використовуються для опису погіршення характеристик шляху пересування при зростанні величини пасажиропотоку, як правило, отримують за результатами натурних спостережень [1, 4, 8].

Наприклад, у праці [8] при вирішенні завдання розподілу пасажиропотоків на сумісній ділянці маршрутної мережі користуються залежністю:

$$c_s^m = tv^s + p_{wait} \left[\frac{\alpha^m}{d_s} + \beta^m \left(\frac{V_s + \bar{V}_s}{K_s} \right)^{n^m} \right] + p_{walk} tc^s + \frac{1}{v_{time}^m} fare^s,$$

де c_s^m – узагальнена вартість шляху в часовому вираженні; m – вид транспорту (метро, автобус); tv^s , tc^s – відповідно час поїздки й пішохідного підходу; p_{wait} , p_{walk} – відносні вагові коефіцієнти часу очікування та пішохідного підходу; v_{time}^m – вартість часу, що залежить від виду транспорту, що використовується; d_s – загальна інтенсивність руху транспортних засобів на маршрутах, що проходять на ділянці s ; α^m – параметр, що залежить від процесу прибуття пасажирів і транспортних засобів до зупинного пункту; V_s – кількість пасажирів, що підійшли до зупинного пункту; \bar{V}_s – кількість пасажирів у салоні транспортного засобу; β^m ; n^m – параметри функції; K_s – загальна кількість пасажиро-місць, надана всіма маршрутами, що проходять на ділянці s ; $fare^s$ – плата за проїзд.

За такого підходу зростання пасажиропотоку позначається на збільшенні витрат часу пасажирів на очікування транспортного засобу та поїздки у ньому. У той же час недостатньо враховано вплив дискомфорту через переповнення транспортного засобу на рішення, що приймають пасажирів щодо вибору шляху пересування.

Такий підхід, однак, є спрощеним і не повною мірою відповідає фізичній сутності процесу, що розглядається. У першому випадку припущення про зростання часу очікування зі збільшенням кількості пасажирів, які бажають здійснити поїздку у транспортному засобі, є цілком виправданим. Попри це, намагання оцінити ступінь дискомфорту пасажирів, викликаного переповненням транспортних засобів додатковими хвилинами, є, більшою мірою, штучним прийомом.

Цибулка Я. вказує, що дискомфорт у системі міського громадського транспорту можна вимірювати ступенем психологічної та фізичної втоми [9].

Мета статті. У праці запропоновано підхід щодо оцінки альтернативних варіантів шляху пересування пасажирів, що враховує взаємозв'язок між характеристиками привабливості цих шляхів та величиною пасажиропотоку, що за ними реалізується.

Результати досліджень. Оцінку альтернативних варіантів шляху пересування можна проводити за узагальненою вартістю пересування:

$$C_{nepij}^k = \left(\sum_{i,j} \frac{l_{neu}^k i(j)}{V_{neu}} + \sum_{z=1}^n \left(\frac{l_{mn}^z}{V_c^z} + \left(\frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{отк}^z}{1-P_{отк}^z} I_{nl}^z \right) \frac{1}{60} \right) + \sum_{z=1}^{n-1} t_n^z C_{чac} + \frac{D_m(-0,0709 + 0,545(I^k - 3)^2)}{D_{pm}100} + \sum_{z=1}^n T^z \right),$$

де $l_{neu}^k i(j)$ – відстань пішого руху відповідно в транспортному районі i відправлення та j прибуття при здійсненні пересування по шляху k , км; V_{neu} – середня швидкість пішохода, км/год; l_{mn}^z – відстань маршрутної поїздки на z -му маршруті, км; V_c^z – швидкість сполучення на z -му маршруті, км/год; I_{nl}^z – плановий інтервал руху на маршруті z , хв.; σ_z^2 – середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу руху, хв.; $P_{отк}^z$ – імовірність відмови пасажирів в посадці на зупиночному пункті маршруту m ; D_m – дохід середньостатистичного пасажирів за місяць, грн.; D_{pm} – середня кількість робочих днів у місяці, дн.; I^k – показник, що характеризує функціональний стан організму пасажирів наприкінці здійснення пересування шляхом k , бали; $C_{чac}$ – вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн./год; T^z – величина тарифу на маршруті z , грн.; n – кількість маршрутних поїздок у мережній, од.; t_n^z – час на пішохідний рух між зупинними пунктами при здійсненні пересадки, год.

Складовими, що залежать від величини пасажиропотоку у цьому виразі є імовірність відмови пасажирів в посадці та показник функціонального стану пасажирів наприкінці здійснення пересування.

Відмови пасажирів в посадці виникають при перевищенні попиту користування маршрутом над величиною транспортної пропозиції. Її обсяг може бути охарактеризований кількістю пасажиро-місць, що надані пасажирам для здійснення поїздки та залежить від кількості та місткості транспортних засобів та експлуатаційної швидкості руху. Через виникнення відмов у посадці певна частка пасажирів не має можливості здійснити посадку у транспортний засіб через його переповнення.

Імовірність відмови пасажирів в посадці може бути визначена за формулою [10]:

$$P_{\omega_i} = \sum_{\Delta I_z = -I_{cp}}^{I_{cp}} \left[\left(\sum_{K=\omega_i+1}^M \frac{(\lambda_i(I_{cp} + \Delta I_z))^K}{K!} e^{-(\lambda_i(I_{cp} + \Delta I_z))} \frac{K - \omega_i}{K} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{\Delta I_z^2}{2\sigma^2 T}} \right],$$

де λ_i – інтенсивність прибуття пасажирів на i -й зупинний пункт, пас./хв.; K – кількість пасажирів, які прибувають на зупинний пункт, пас.; ω_i – кількість вільних місць в салоні транспортного засобу, пас. I_{cp} – математичне очікування інтервалу руху, хв.; M – максимально можлива кількість пасажирів, які підійшли до зупинного пункту, пас.; σ – середнє квадратичне відхилення інтервалу руху, $0 \leq I \leq 2 I_{cp}$, хв.; T – крок зміни інтервалу, $T = 2 I_{cp} / n$, хв.

Згідно до вказаної залежності розподіл прибуття транспортних засобів на зупинний пункт описується нормальним законом розподілу, а підхід пасажирів – законом розподілу Пуассона.

Імовірність відмови пасажирів в посадці значною мірою зумовлена інтенсивністю їх підходу до зупинного пункту та наявністю вільних місць у салоні транспортного засобу. Ці параметри є змінними та залежать від величини кореспонденції, що реалізується за альтернативними шляхами пересування мережею.

Інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту p маршруту m можна визначити за формулою:

$$\lambda_{zm}^z = \frac{\sum_{q=p+1}^{n_{zm}} h_{pq}^z}{\tau}, \quad p = 1, n_{zm}^z,$$

де h_{pq}^z – величина кореспонденції між зупинними пунктами p та q маршруту z , пас.; n_{zm}^z – кількість зупинних пунктів на маршруті z , од.; τ – розрахунковий період, хв.

Величину маршрутної кореспонденції визначимо за таким виразом:

$$h_{pq}^z = \sum_{i=1}^{n_m} \sum_{j=1}^{n_n} h_{ij}^k, \quad z \in k, \quad p, q \in z,$$

де h_{ij}^k – величина кореспонденції, що реалізується за шляхом пересування k між транспортними районами i відправлення та j призначення, пас.; n_n – кількість варіантів шляху пересування між транспортними районами i відправлення та j призначення, для яких виконується умова $\Delta C_{nepij}^k \leq \Delta$, од.; ΔC_{nepij}^k – відхилення величини узагальнених витрат на пересування для k -го шляху від критичного, %; Δ – константа, що визначає область згладжування, %; n_m – кількість транспортних районів у мережі, од.

Величина кореспонденції, що реалізується за шляхом пересування k між транспортними районами i відправлення та j призначення, визначається таким чином:

$$h_{ij}^k = H_{ij} P_{ij}^k,$$

де H_{ij} – величина кореспонденції між транспортними районами відправлення i та призначення j , пас. P_{ij}^k – частка кореспонденції, що реалізується k -им шляхом пересування між транспортними районами відправлення i та призначення j .

$$P_{ij}^k = \frac{\exp(\beta \Delta C_{nepij}^k)}{\sum_{k=1}^m \exp(\beta \Delta C_{nepij}^k)},$$

де β – коефіцієнт моделі ($\beta = -0,0683$); m – кількість шляхів пересування, що входять до множини альтернативних, од.

Зміна показника функціонального стану пасажирів при здійсненні пересування можна визначити використовуючи методику [10]. Відповідно до неї визначення показника функціонального стану пасажира після здійснення маршрутної поїздки проводиться із залученням такої залежності:

$$P = -0,21 + 1,045(P_1(1 - 0,14(\kappa \gamma_{mn} + 0,6) \ln t_{mn})) + \kappa \gamma_{mn}(\kappa \gamma_{mn} + 0,6) \ln t_{mn},$$

де $\kappa \gamma_{mn}$ – значення коефіцієнта заповнення салону під час маршрутної поїздки з урахуванням коефіцієнта пропорційності; t_{mn} – час маршрутної поїздки, хв.; P_1 – багаточлен, який описує транспортними параметрами функціональний стан організму пасажира перед маршрутною поїздкою, тобто наприкінці її очікування. Його величина визначається таким чином:

$$P_1 = 0,33 + 0,915(P_n(1 - 0,28 \ln(t_{oc} + 1))) + 1,12 \ln(t_{oc} + 1) + 0,00107 t_{oc},$$

де P_n – початковий функціональний стан пасажира, бали.

Значення коефіцієнта пропорційності визначимо виходячи із залежності [10]:

$$k = 1 + \left(\frac{\gamma'_{mn}}{\gamma_{mn}} \right)^2 - \frac{\gamma'_{mn}}{\gamma_{mn}},$$

де γ'_{mn} – коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу під час маршрутної поїздки, величина якого зумовлена зайнятістю місць для сидіння пасажирів; γ_{mn} – коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу при здійсненні маршрутної поїздки.

Величину динамічного коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортних засобів визначали за формулою:

$$\gamma_{(mn)ij}^z = \frac{\sum_{pq} l_{pq}^z F_{pq}^z}{q_n^z l_{ij}^z N_{mz}^z}, \quad i = p, j = q,$$

де l_{pq}^z – довжина перегону pq маршруту z між пунктами i початку та j закінчення маршрутної поїздки, км; F_{pq}^z – величина пасажиропотоку на перегоні pq маршруту z , пас./год; q_n^z – пасажиромісткість транспортних засобів на маршруті z , пас.; l_{ij}^z – відстань маршрутної поїздки пасажирів між пунктами i та j на маршруті z , км; N_{mz}^z – інтенсивність руху транспортних засобів на маршруті z , од./год.

Запропонований підхід дає змогу врахувати взаємозв'язок між характеристиками альтернативних варіантів і величиною попиту на їх використання, як функцію від імовірності відмови пасажирів в посадці та рівня заповнення салону транспортного засобу. У якості показників, що залежать від величини попиту на користування шляхом пересування, застосовували інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту, кількість вільних місць у салоні транспортного засобу та динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості під час здійснення маршрутної поїздки. Запропонований підхід дає змогу врахувати особливості формування пасажиропотоків у значних і найзначніших містах, що характеризуються високим попитом мешканців на послуги маршрутного пасажирського транспорту й обмеженим рівнем транспортної пропозиції.

Висновки. Формалізовано взаємозв'язок між характеристиками альтернативних шляхів пересування та величиною кореспонденції, що за ними буде реалізовано. В якості змінних величин, що залежать від величини пасажиропотоку виділено імовірність відмови пасажирів в посадці та коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу. Запропонований підхід може бути використано для моделювання пасажиропотоків у маршрутних системах значних та найзначніших міст.

Л і т е р а т у р а

1. Wu J. H., Florian M., Marcotte P. (1994) Transit equilibrium assignment: a model and solution algorithms. *Transportation Science*, 28(3), p. 193 – 203.

2. Wardrop J. G. (1952) Some theoretical aspects of road traffic research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers I I*, 1, p. 325 – 378.
3. Lam W. H. K., Gao Z. Y., Chan K. S., Yang H. (1999). A stochastic user equilibrium model for congested transit networks. *Transportation Research*, 33B, p. 351–368.
4. De Cea J., Fernandez E. (1993). Transit assignment for congested public transport system: An equilibrium model. *Transportation Science*, 27(2), p. 133–147.
5. Sheffi Y. *Urban transportation networks: equilibrium analysis with mathematical programming methods*. – 1985. – 399 p.
6. Мягков В. Н. Математическое обеспечение градостроительного проектирования / В. Н. Мягков, Н. С. Пальчиков, В. П. Федоров. – Л.: Наука, 1989. – 144 с.
7. Ortuzar J.D. *Modelling Transport*. / J.D. Ortuzar, L.G. Willumsen. Third Edition. John Wiley & Sons Ltd, 2006. – 499 p.
8. Fernández J. E., De Cea J., Malbrán H. (2008) Demand responsive urban public transport system design: Methodology and application. *Transportation Research Part A*, 42, p. 951–972.
9. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок в городах / Я. Цибулка; пер. с чешск. И. В. Шварца. – М.: Транспорт, 1987. – 239 с.
10. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник / В. К. Доля. – Х.: Форт, 2010. – 504 с.

References

1. Wu J. H., Florian M., Marcotte P. (1994) Transit equilibrium assignment: a model and solution algorithms. *Transportation Science*, 28(3), p. 193 – 203.
2. Wardrop J. G. (1952) Some theoretical aspects of road traffic research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers I I*, 1, p. 325 – 378.
3. Lam W. H. K., Gao Z. Y., Chan K. S., Yang H. (1999). A stochastic user equilibrium model for congested transit networks. *Transportation Research*, 33B, p. 351–368.
4. De Cea J., Fernandez E. (1993). Transit assignment for congested public transport system: An equilibrium model. *Transportation Science*, 27(2), p. 133–147.
5. Sheffi Y. *Urban transportation networks: equilibrium analysis with mathematical programming methods*. – 1985. – 399 p.
6. Myagkov V. N. *Matematicheskoye obespecheniye gradostroitel'nogo proyektirovaniya* / V. N. Myagkov, N. S. Pal'chikov, V. P. Fedorov. – L.: Nauka, 1989. – 144 s.
7. Ortuzar J.D. *Modelling Transport*. / J.D. Ortuzar, L.G. Willumsen. Third Edition. John Wiley & Sons Ltd, 2006. – 499 p.
8. Fernández J. E., De Cea J., Malbrán H. (2008) Demand responsive urban public transport system design: Methodology and application. *Transportation Research Part A*, 42, p. 951–972.
9. Tsibulka YA. *Kachestvo passazhirsikh perevozok v gorodakh* / YA. Tsibulka; per. s cheshsk. I. V. Shvar-tsa. – M.: Transport, 1987. – 239 s.
10. Dolya V. K. *Pasazhirs'ki perevezennya: pidruchnik* / V. K. Dolya. – KH.: Fort, 2010. – 504 s.

Понкратов Д.П. Особливості моделювання пасажиропотоків у містах

У статті розглянуто особливості моделювання пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту. Увагу зосереджено на формалі-

зації взаємозв'язку між характеристиками альтернативних шляхів пересування та величиною кореспонденції, що за ними буде реалізовано. В якості змінних величин, що залежать від величини пасажиропотоку виділено імовірність відмови пасажирів в посадці та коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу. Запропонований підхід може бути використано для моделювання пасажиропотоків у маршрутних системах значних та найзначніших міст.

Ключові слова: пасажиропотік, узагальнена вартість пересування, імовірність відмови пасажирів в посадці, коефіцієнт використання пасажиромісткості.

Ponkratov D. Passenger flows modeling features in cities.

Paper obtained the features of passenger traffic route simulation system of urban passenger transport. Proposed approach allows considered the relationship between the characteristics of alternatives variants and demand's value for its use as a function of the failure-to-board probability and level of vehicle's salon utilization. As indicators that depend on

path choice demand, have been chosen the intensity of passenger's nigh to stopping point, the number of empty seats in the salon of the vehicle and dynamic utilization passenger coefficient at the route travel time. The approach allows considering peculiarities of passenger's traffic forming in the most important cities that have a high demand of residents service's for shuttle transportation and a limited level of transport of-fers.

Keywords: passenger flows, generalized cost of travel, failure-to-board probability, capacity load factor.

Понкратов Д.П. – к.т.н., доцент, докторант кафедри «Транспортні системи і логістика» ХНУМГ ім. О.М. Беке-това, e-mail: dponkratov@mail.ua.

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

Стаття подана 12.03.2016

УДК 629.463

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С УЧЕТОМ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Потапенко О.А., Могила В.И.

INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF MOBILE CONNECTIONS OF FREIGHT CARS WITH CONSIDERING THE CONDITION OF THE RAILWAY TRACK

Potapenko O., Mogila V.

При взаимодействии подвижного состава и верхнего строения железнодорожного пути возникают интенсивные динамические нагрузки. Они разрушают детали подвижного состава и элементы верхнего строения пути. Процесс взаимодействия колесо – рельс в значительной степени определяется динамическими свойствами вагона как автоколебательной системы, а именно свойством устойчивости невозмущенного движения, управлять которым можно только путем совершенствования конструкции тележки и прежде всего за счет улучшения её динамических свойств: степени демпфирования её собственных форм колебаний и обеспечения устойчивости невозмущенного движения в диапазоне эксплуатационных скоростей движения.

В статье рассмотрены проблемы, возникающие в работе тележки 18-100 с учетом ее конструктивного исполнения и влияние состояния верхнего строения пути на динамические характеристики движения грузовых вагонов.

Ключевые слова: железнодорожный путь, рельсы, грузовой вагон, трехэлементная тележка, фрикционный гаситель колебаний, коэффициент динамики, эксплуатация.

Постановка проблемы. Парк грузовых вагонов Украины насчитывает свыше 146 тысяч вагонов, из них в рабочем состоянии находится около 95 тысяч, а остальные фактически исключены из эксплуатации и пребывают в запасе или в ремонте. В 2014 году на железных дорогах Украины эксплуатировалось более 170 тыс. грузовых вагонов, в том числе более 110 тыс., принадлежащих Укрзализныце. Из них около 50 тыс. — полувагоны с износом до 90% [1].

Ежегодно, в результате сходов и повреждений в Украине выходит из строя несколько тысяч единиц грузовых вагонов. На текущий момент около 80% (105 тысяч единиц) грузовых вагонов старше нормативного срока эксплуатации. А возраст некоторых единиц давно перешел за 40 и даже 50 лет [2].

Изменение уровня качественного состояния рельсового пути, технического обслуживания и

условий эксплуатации вагонов в последнее время все чаще приводит к появлению усталостных трещин рам тележек грузовых вагонов, их изломов и разрушений, сходов с рельсов и крушениям поездов [3].

Поэтому важнейшей задачей является максимальное повышение безопасности и эффективности эксплуатации грузовых вагонов с двухосными тележками, как на магистральных дорогах, так и на промышленных предприятиях [4].

Совершенствование конструкции грузовых вагонов, особенно вагонов с повышенной нагрузкой на ось, улучшение их динамических качеств, системы демпфирования и гашения колебаний, снижение силового воздействия на элементы верхнего строения пути один из важнейших вопросов, который постоянно исследуется.

Цель статьи. Исследование динамики грузового вагона в зависимости от состояния и характера верхнего строения пути.

Материалы и результаты исследования. Динамические характеристики ходовых частей подвижного состава железных дорог напрямую влияют на безопасную эксплуатацию поездов в разных режимах загрузки вагонов и во всем диапазоне скоростей их движения.

Грузовые перевозки в основном выполняются подвижным составом с двухосными трехэлементными тележками типа 18-100 (ЦНИИ-ХЗ-0) [3]. Из-за низких динамических свойств, простые по конструкции и в обслуживании трехэлементные тележки, имеют ряд характерных недостатков. Как показывает практика, у тележки 18-100, в силу особенностей ее конструктивного исполнения, невозмущенное движение является неустойчивым, что приводит к интенсификации колебательных процессов в системе «вагон - путь», угрожает безопасности движения поездов и приводит к перечисленным выше последствиям. При взаимодействии подвижного со-

става и верхнего строения железнодорожного пути возникают интенсивные динамические нагрузки. Они оказывают разрушающее воздействие, как на детали подвижного состава, так и на элементы верхнего строения пути.

Результаты динамических показателей от возмущений, действующих на порожний и груженный полувагон на тележках 18-100, показаны на рис. 1 – 6 [5, 8, 10]. На данных рисунках горизонтальной линией обозначены допустимые значения динамических показателей грузовых вагонов, кривая линия показывает поведение полувагона при увеличении скорости движения.

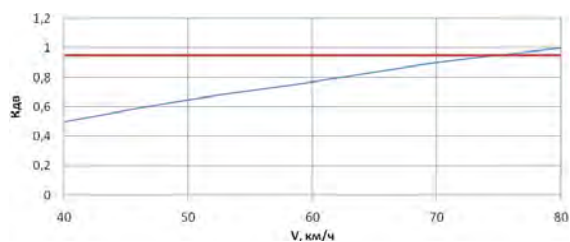


Рис. 1. Коэффициент вертикальной динамики порожнего полувагона

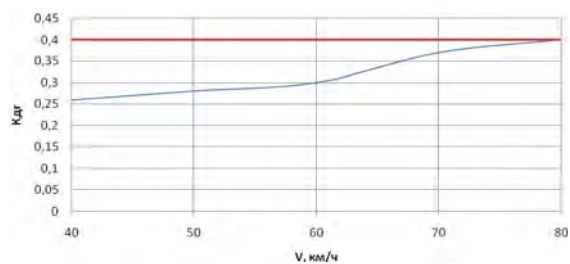


Рис. 2. Коэффициент горизонтальной динамики порожнего полувагона

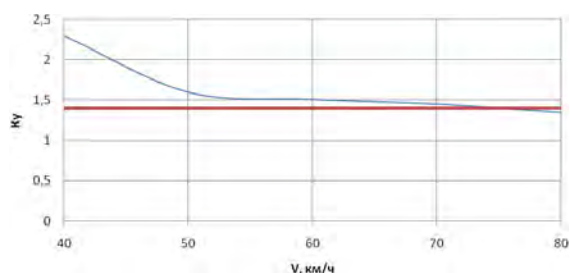


Рис. 3. Коэффициент устойчивости порожнего полувагона

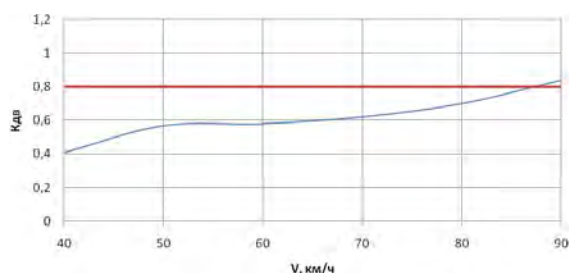


Рис. 4. Коэффициент вертикальной динамики груженного полувагона

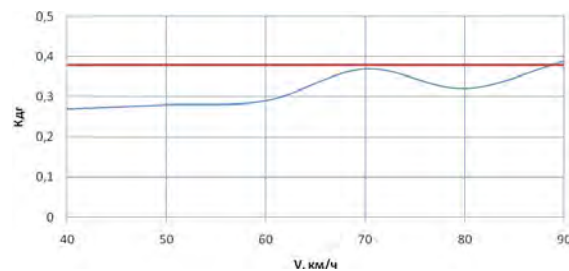


Рис. 5. Коэффициент горизонтальной динамики груженного полувагона

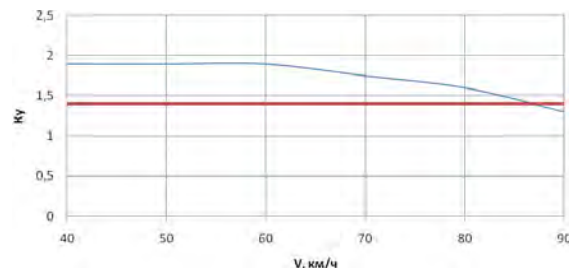


Рис. 6. Коэффициент устойчивости груженного полувагона

Действующие в настоящее время рекомендуемые и допускаемые величины динамических показателей для вагонов приведены в табл. 1 [6, 7, 8].

Таблица 1

Допускаемые динамические показатели для грузовых вагонов

Критерий	Груженный	Порожний
$K_{дв}$	0,8	0,85
$K_{дг}$	0,40	0,40
$K_{уст}$	1,30	1,30

Как мы видим, все три динамических показателя выходят из допускаемого диапазона значений при скоростях, близких к 80 км/ч для порожнего и 90 км/ч для груженного полувагона. Дальнейшее повышение скорости движения грузовых вагонов приведет к ухудшению динамических показателей.

Вследствие ограничения максимально допустимой величины статического прогиба рессорного подвешивания грузовых вагонов по условиям сцепляемости в порожнем и груженом состояниях, весь диапазон эксплуатационных скоростей лежит в докритической и критической областях колебаний вагона. Это означает, что для обеспечения удовлетворительных ходовых качеств вагонов решающим фактором является демпфирование колебаний.

Различные несовершенства колесных пар, в совокупности с увеличенным модулем упругости пути, являются причиной накопления неисправностей узлов ходовой части вагона и дефектов верхнего строения пути, снижающих их технический ресурс. Выкрашивание металла в головке принимающего рельса, наличие выщербины, наклеп поверхности катания, а также значительный износ боковых поверхностей головок отдающего и принимающего

рельсов, указывают на сложный характер взаимодействия колеса и рельса в зоне стыка и на интенсивность сил взаимодействия колеса с рельсом [9].

В стыке всегда возникает дополнительная динамическая сила P , передаваемая и пути, и вагону. Для вагона она является источником возникновения колебаний, а для пути – источником повышения просядок шпал в балласте. В результате возникновения этих просядок продольный профиль пути приобретает вид, показанный на рис.7 [10].

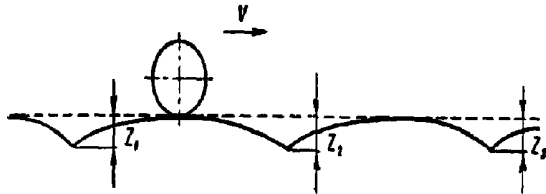


Рис. 7. Схема 3-х стыкового участка продольного профиля железнодорожного пути

Естественно, что при таком продольном профиле пути, колесо вынуждено неравномерно во времени перемещаться в пространстве и это также является одной из причин возникновения колебаний вагонов. К этому следует добавить, что ударные процессы возникают на каждом колесе колесной пары не одновременно из-за различного износа стыков. Различия в прогибах и сдвиге стыков друг относительно друга по длине пути и служат причиной появления большого количества дефектов рельсов и сокращения их срока службы. Иногда при перевозках возникает сильное взаимодействие вынуждающих сил в вертикальной и горизонтальной плоскостях симметрии экипажа, приводящее к резонансным явлениям и, соответственно, значительным колебаниям силы взаимодействия колеса и рельса, снижающим коэффициент устойчивости против вкатывания гребня колеса на головку рельса. При движении вагона по пути с железобетонными шпалами, повышенная, по сравнению с деревянными шпалами, жесткость пути, большая необрессоренная масса, а также значительная твердость объемнозакаленных рельсов и колес обуславливают повышение динамических сил в контакте колеса с рельсом.

Известно, что при скорости 70 км/ч и статической колесной нагрузке 100,45 кН неровность на поверхности катания длиной 250 мм и глубиной 1 мм вызывает увеличение давления колеса на рельс до 215,6 кН для железобетонных шпал и до 192,1 кН для деревянных шпал [11].

Вынужденной мерой борьбы с такими явлениями является действующее ограничение скорости 60 км/ч в кривых малого радиуса, что негативно влияет на пропускную способность железных дорог. Процесс взаимодействия колеса - рельс в значительной степени определяется динамическими свойствами вагона как автоколебательной системы, а именно свойством устойчивости невозмущенного движения, управлять которым можно только путем совершен-

ствования конструкции тележки прежде всего за счет улучшения её динамических свойств: степени демпфирования её собственных форм колебаний и обеспечения устойчивости невозмущенного движения в диапазоне эксплуатационных скоростей движения. Это основной путь снижения интенсивности колебательных процессов вагонов, износов в контакте колеса - рельс и нарушений безопасности движения.

В порожнем режиме движения грузового вагона по неровностям рельсового пути, вследствие недостаточного статического прогиба, как правило, не превышающего 8 - 10 мм, а также неизбежного износа в рессорном подвешивании элементов пары трения «клин - фрикционная планка», имеет место недостаточное демпфирование практически всех форм колебаний грузового вагона.

На основании проведенных исследований установлено, что сила трения, возникающая в гасителе, зависит от конфигурации профиля износа. В процессе эксплуатации фрикционного гасителя колебания тележки модели 18-100 плоскость рабочей поверхности фрикционного клина неравномерно изнашивается. Анализ геометрии закругления фрикционного клина и проведенные исследования износа, показали, что с уменьшением радиуса закругления поверхности фрикционного клина зазор прилегания клина к фрикционной планке увеличивается [3].

Ухудшение процесса гашения вертикальных колебаний, рост амплитуды колебаний, а следовательно и напряжений в элементах кузова, происходит при изменении геометрии клина на 12 мм. В этом случае сила трения гасителя колебаний уменьшается на 30...35 % у груженого вагона, а у порожнего происходит полная разгрузка клиньев [3, 12].

Анализ условий эксплуатации показал, что неустойчивость коэффициента трения в фрикционных клиновых гасителях колебаний зависит от условий, главными из которых являются: нагрузка, скорость, свойства контактирующих поверхностей. Передача усилий и движения от одной детали к другой производится под давлением в области контакта.

Установлено, что при трении наряду с чисто механическими силами в зоне фрикционного контакта тяжелонагруженных деталей на результат трения и изнашивание контактирующих тел большое влияние могут оказывать силы, связанные с физическими, химическими, механохимическими, тепловыми процессами, развивающиеся непосредственно в зоне трения, когда там сильно меняются свойства взаимодействующих тел и их микрорельеф. Концентраторы тепловых и механических напряжений по своему меняют как уровни трения, так и изнашивание взаимодействующих тел [13 – 17].

Теоретический анализ проблемы исследования, а также опыт эксплуатации показал, что одним из условий, ограничивающим повышение скорости движения и улучшения динамических показателей рессорного подвешивания экипажа, и прежде всего,

рессорного подвешивания экипажа, и прежде всего фрикционных клиновых гасителей колебаний, есть силовые фрикционные связи ходовых частей рельсовых экипажей, которые обуславливают скоростные качества подвижного состава.

Выводы. Проведенные исследования современных условий эксплуатации подвижного состава указывают, что в настоящее время в связи с ростом износа эксплуатационного парка грузовых вагонов, а также недостатком оборотных средств на приобретение активных основных средств, ведущую роль играют:

- применение при изготовлении фрикционных гасителей колебаний и других деталей и узлов новых технологий и материалов;
- использование бесстыковых железнодорожных путей с рельсами типов Р65, Р75;
- укладывание железнодорожного пути на железобетонные шпалы со стабилизированным щебеночным основанием.

Л и т е р а т у р а

1. Українські залізниці. Ресурсоефективність залізниць. - № 3-4 (21-22) - 2015. - с. 30 - 37.
2. <http://trans-port.com.ua/53025-vetkhie-vagony-ukrzaliznyci-vse-chashhe-skhodjat.html> - Портал Trans Port.
3. Губачева Л.А., Потапенко О.А., Потапенко А.Н. Влияние геометрии поверхности фрикционного клина на работу фрикционного гасителя колебаний грузовых вагонов // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. - 2014. - № 5 (212), ч. 1. - с. 64 - 66.
4. Губачева Л.А., Потапенко О.А. Модельная установка для испытаний фрикционных планок гасителя колебаний грузовых вагонов // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Комп'ютерні науки для інформаційного суспільства» грудень 12-13. Луганськ: видавництво «Нолідж», 2012. - с. 364 - 367.
5. Письменный Е.А. Определение динамической нагрузки грузовых вагонов на опытных тележках / Е.А. Письменный // Вісник ДНУЗТ. - Д., 2007. - Вип. 17. - с. 182-187.
6. О нормах допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм: утверждено приказом МПС России № 41 от 12.11.01.
7. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). - М.: Гос НИИВ-ВНИИЖТ, 1996. - 319 с.
8. Вершинский С. В., Данилов В. Н., Хусидов В. Д. Динамика вагонов: Учебник для вузов ж.д. транспорта / Под ред. Вершинского С.В. - М: Транспорт. 1991. - 360 с.
9. Журнал Объединение производителей железнодорожной техники «Техника железных дорог». - №3 (15), август, 2011. - с. 48 - 56.
10. Вериги М.Ф. Динамика вагонов. Конспект лекций. - М: ВЗИИТ, 1971. - 176 с.
11. Шарапов С.Н. Проблемы создания малообслуживаемого пути. Железнодорожный транспорт. 2011. - №3. - с. 25 - 32.
12. Потапенко О.А., Потапенко А.Н. Взаимосвязь геометрии фрикционного клина с процессом гашения вертикальных колебаний тележки 18-100. // Матеріали науково - практичної конференції студентів та молодих вчених «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» листопад 4 - 6. Северодонецьк: видавництво «СНУ ім. В. Даля», 2014. - с. 67 - 69.
13. Крагельский И. В. Трение и износ. Изд. 2 е. М.: Машиностроение, 1968. - 480 с.
14. Костецкий Б. И. Фундаментальные закономерности трения и износа. Киев: Общество «Знание». УССР, 1981. - 31 с.
15. Лихтман В. И., Щукін Е. Д., Ребиндер П. А. Физико-химическая механика металлов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. - 303 с.
16. Основы трибологии. М.: Машиностроение, 2001. - 663 с.
17. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника). М.: Машиностроение, 2003. - 575 с.

References

1. Ukraïns'ki zaliznici. Resursoefektivnist' zaliznic'. - № 3-4 (21-22) - 2015. - s. 30 - 37.
2. <http://trans-port.com.ua/53025-vetkhie-vagony-ukrzaliznyci-vse-chashhe-skhodjat.html> - Portal Trans Port.
3. Gubacheva L.A., Potapenko O.A., Potapenko A.N. Vliyanie geometrii poverhnosti frikcionnogo klina na rabotu frikcionnogo gasitelja kolebanij gruzovyh vagonov // Vistnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja. - 2014. - № 5 (212), ch. 1. - s. 64 - 66.
4. Gubacheva L.A., Potapenko O.A. Model'naja ustanovka dlja ispytaniy frikcionnyh planok gasitelja kolebanij gruzovyh vagonov // Materiali III Mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii studentiv, aspirantiv ta molodih vchenih «Komp'yuterni nauki dlja informacijnogo suspil'stva» gruden' 12-13. Lugans'k: vidavnictvo «Noulidzh», 2012. - s. 364 - 367.
5. Pis'mennyj E.A. Opredelenie dinamicheskoy nagruzhennosti gruzovyh vagonov na opytnyh telezhkah / E.A.Pis'mennyj// Vistnk DNUZT. - D., 2007. - Vip. 17. - s. 182 - 187.
6. O normah dopuskaemyh skorostej dvizhenija podvizhnogo sostava po zheleznodorozhnyh putjam kolei 1520 (1524) mm: utverzhdeno prikazom MPS Rossii № 41 ot 12.11.01.
7. Normy dlja rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznyh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnyh). - M.: Gos NIIV-VNIIZhT, 1996. - 319 s.
8. Vershinskij S. V., Danilov V. N., Husidov V. D. Dinamika vagonov: Uchebnik dlja vuzov zh.d. transporta / Pod red. Vershinskogo S.V. - M: Transport. 1991. - 360 s. Zhurnal
9. Objedinenie proizvoditelej zheleznodorozhnoj tehniki «Tehnika zheleznyh dorog». - №3 (15), avgust, 2011. - s. 48 - 56.
10. Verigo M.F. Dinamika vagonov. Konspekt lekcij. - M: VZIIIT, 1971. - 176 s.
11. Sharapov S.N. Problemy sozdaniya maloobslyuzhivajemogo puti. Zheleznodorozhnyj transport. 2011. - №3. - s. 25 - 32.
12. Potapenko O.A., Potapenko A.N. Vzaimosvjaz' geometrii frikcionnogo klina s processom gashenija vertikal'nyh kolebanij telezhki 18-100. // Materiali nauково - praktichnoï konferencii studentiv ta molodih vchenih «Logistichne upravlinja ta bezpeka ruhu na transporti» listopad 4 - 6. Severodonec'k: vidavnictvo «SNU im. V. Dalja», 2014. - s. 67 - 69.
13. Kragel'skij I. V. Trenie i iznos. Izd. 2-e. M.: Mashinostroenie, 1968. - 480 s.

14. Kosteckij B. I. Fundamental'nye zakonomernosti trenija i iznosa. Kiev: Obshchestvo «Znanie». USSR, 1981. - 31 s.
15. Lihtman V. I., Shhukin E. D., Rebinder P. A. Fiziko-himicheskaja mehanika metallov. M.: Izd-vo AN SSSR, 1962. - 303 s.
16. Osnovy tribologii. M.: Mashinostroenie, 2001. - 663 s.
17. Trenie, iznos i smazka (tribologija i tribotehnika). M.: Mashinostroenie, 2003. - 575 s.

Потапенко О.О., Могила В.І. Дослідження динаміки рухомих сполучень вантажних вагонів з урахуванням стану залізничної колії.

При взаємодії рухомого складу і верхньої будови залізничної колії виникають інтенсивні динамічні навантаження. Вони руйнують деталі рухомого складу і елементи верхньої будови колії. Процес взаємодії колесо - рейка в значній мірі визначається динамічними властивостями вагона, як автоколивальною системою, а саме властивістю стійкості незбуреного руху, керувати котрим можна тільки шляхом вдосконалення конструкції візка і перш за все за рахунок поліпшення його динамічних властивостей: ступеня демпфірування його власних форм коливань і забезпечення стійкості незбуреного руху в діапазоні експлуатаційних швидкостей руху.

У статті розглянуті проблеми, що виникають в роботі візка 18-100 з урахуванням його конструктивного виконання і впливу стану верхньої будови колії на динамічні характеристики руху вантажних вагонів.

Ключові слова: залізнична колія, рейки, вантажний вагон, трьохелементний візок, фрикційний гаситель коливань, коефіцієнт динаміки, експлуатація.

Potapenko O., Mogila V. Investigation of the dynamics of mobile connections of freight cars with considering the condition of the railway track.

There are intensive dynamic loadings at interaction of a rolling stock and top structure of a railway track. At the interaction of rolling stock and the upper structure of railway track occur intense dynamic loadings. They destroy details of a rolling stock and elements of the superficial structure of a way. The process of interaction of wheel - rail is largely determined by the dynamic properties of the car as a self-oscillatory system, namely, the property of stability unperturbed motion, which can be controlled only by improving the design of the cart and first of all by improving its dynamical properties: degree of damping of her own forms of fluctuations and ensuring stability of not indignant movement in the range of operational speeds of the movement.

In article deals the problems arising in operation of the cart 18-100, taking into account her design and influence of a condition of the superficial structure of a way on dynamic characteristics of the movement of freight cars.

Keywords: railway, rails, freight car, three-element cart, friction damper of fluctuations, the coefficient of dynamics, exploitation.

Потапенко О.О. - аспірант кафедри «Залізничний транспорт» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: vesna201009@rambler.ru
Могила В.І. - к.т.н., проф., зав. кафедри «Залізничний транспорт» ЧНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 16.03.2016

УДК 656.2.02.001.57

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

Роговий А.С., Хорошилов Д.В.

USE OF SIMULATION MODELING METHODS FOR CALCULATION OF RAILWAY STATIONS CAPACITY

Rogovoy A.S., Horoshilov D.V.

У статті приведено результати розрахунку пропускної здатності залізничної станції на основі методів імітаційного моделювання та лінійного програмування. Проаналізовано методи, що використовуються для моделювання транспортних систем: аналітичний, теорія масового обслуговування, графічний метод та імітаційне моделювання. Перевірено адекватність отриманих результатів за допомогою U-критерію Манна-Уїтні. Результати розрахунків показали, що найточніший результат має імітаційне моделювання, а аналітична формула, що найчастіше використовується при розрахунках, має помилку до 90 відсотків.

Ключові слова: залізничний транспорт, лінійне програмування, імітаційна модель, пропускна здатність, залізнична станція.

Вступ. Залізниця - ключова ланка в транспортній системі, яка забезпечує вантажні та пасажирські перевезення на території України. Вони сприяють зростанню економіки країни, розвитку її промисловості і прискоренню науково-технічного прогресу. Функціонування багатолінійних та багатофазних систем залізничного транспорту характеризується значними коливаннями, тому що розподіл транспортних потоків в них нестационарний та існують складні ймовірнісні зворотні зв'язки й залежності між різними елементами.

Постановка проблеми. На даний час при проектуванні систем залізничного транспорту перевага віддається аналітичним залежностям, що були перевірені багаторічним досвідом їх використання. Але, як показує практика, в багатьох випадках є досить велика помилка між розрахунковими значеннями, отриманими за допомогою аналітичних залежностей і реальними параметрами внаслідок того, що в аналітичних залежностях не усі фактори, що можуть чинити вплив, враховані. Тому вирішення практичних задач тільки аналітичними методами часто сполучено із великими ймовірностями отримання не

досить точного результату [1, 8, 9]. За останні кілька десятиліть накопичився досвід використання тих або інших методологічних підходів і моделей для розрахунку й оптимізації транспортних систем взагалі, і систем залізничного транспорту зокрема [2, 6, 7, 10]. Але аналіз показує, що часто методи використовуються некоректно [5].

На залізничному транспорті одним з найважливіших параметрів є пропускна здатність [3, 4, 11]. Під пропускною здатністю звичайно розуміють максимальне число поїздів установленої ваги, що може бути пропущено через станцію протягом доби при найкращому використанні постійних пристроїв і прийнятої технології роботи [3]. Фактичні можливості станції пропускати поїздопотік можуть виявитися або вище максимальної розрахункової величини, або нижче її, тому що порядок використання постійних пристроїв змінюється залежно від сформованих експлуатаційних умов. Організація руху поїздів, технологія роботи станції не можуть бути заздалегідь, на всі випадки життя, визначені як найвигідніші, найкращі. По своїй сутності пропускна здатність станції – величина багатоелементна [3].

У розрахунках пропускної здатності станцій аналітичний метод є найпоширенішим. Станція розбивається на елементи, що розраховують ізольовано. Пропускна здатність звичайно визначається в поїздах або парах поїздів однієї якої-небудь категорії. Інші пересування розглядаються як постійні операції, на виконання яких затрачається частина розрахункового періоду [4]. Але ці аналітичні розрахунки мають досить високу помилку, тому розрахунок пропускної здатності залізничних станцій потребує більш досконалих методів розрахунку, яким є імітаційне моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасне імітаційне моделювання застосовується в основному для дослідження ситуацій та систем,

що можна описати як системи масового обслуговування. Це не обмежує застосування імітаційного моделювання, оскільки на практиці будь-яку ситуацію дослідження операцій або прийняття рішень можна тією чи іншою мірою розглядати, як систему масового обслуговування. Із цієї причини методи імітаційного моделювання знаходять широке застосування в задачах, що виникають у процесі створення систем масового обслуговування, систем зв'язку; в економічних і комерційних завданнях, включаючи оцінки поведінки споживача, визначення цін, економічне прогнозування діяльності фірм; у соціальних та соціально-психометричних завданнях; на транспорті; у задачах аналізу військових стратегій і тактик.

Основний недолік існуючого розрахунку пропускної здатності залізничних станцій за коефіцієнтом завантаження полягає в припущенні, що в міру вичерпання пропускної здатності елемента витрата часу на одну операцію не змінюється, або резерв із ростом кількості поїздів N_{ϕ} знижується лінійно. В дійсності: чим більше фактичне завантаження, тим помітніше відхилення резерву від прямолінійного графіка. Результати розрахунку за коефіцієнтом завантаження виявляються завищеними на величину $\epsilon = N'_{\max} - N''_{\max}$. Більш надійний результат забезпечує графічний метод, що широко застосовувався для розрахунку станцій ще в дореволюційний період. Він наочний і простий, але досить трудомісткий. До початку 50-х років відноситься розробка так називаного графоаналітичного методу, що сполучає користування номограмами та емпіричними коефіцієнтами з підрахунком результатуючих величин по аналітичних формулах. Графічний розрахунок незмірно ближче до дійсності, чим розрахунок аналітичний. Він завжди дає цілочислове рішення, погоджує роботу основних ланок станції, але найбільш точно дійсність може відображати тільки диспетчерський графік [3].

Мета і постановка задачі. Метою роботи є збільшення точності розрахунку пропускної здатності залізничних станцій за рахунок використання сучасних методів імітаційного моделювання.

Результати досліджень. Відомо, що пропускна здатність станції залежить від того, у якій послідовності використовуються станційні колії, як сполучається місцева станційна робота з поїзною. Найкращий результат виходить у тому випадку, якщо є можливість передбачати так називані конфліктні ситуації. Тоді можна планово, за прийнятим критерієм, вибрати оптимальну черговість пересувань. Відомо, що число поїздів установленої ваги не повністю характеризує складність структури пересувань по станції. Завантаження її елементів залежить від того, звідки й куди пропусकाються поїзди, у якій послідовності займаються й звільняються елементи станції, у якій черговості виробляються пересування. Для кожної станції, існує порядок роботи, при якому досягається найвища пропускна здатність усього комплексу пристроїв, але його практично не можна до-

сити швидко відшукати перебором всіх можливих варіантів графіка й технології навіть із використанням ПК.

Поряд з максимальною варто розрізняти так називану ефективну пропуску здатність. Оскільки рух поїздів здійснюється організовано (за графіком), прокладка ниток графіка повинна вироблятися з деяким резервом, що забезпечує стабільність наміченого графіка, що гарантує виконання встановлених якісних показників роботи дільниць і станцій. Із цього йде, що ефективна пропускна здатність (граничне середнє завантаження) завжди виявляється нижче граничного максимального завантаження.

Для дослідження транспортних систем, в тому числі й дослідження пропускної здатності, найчастіше використовують аналітичний детермінований метод розрахунку, теорію масового обслуговування, графічний метод та імітаційне моделювання. Але використання кожного з вищенаведених методів може привносити деяку помилку у розрахунки. Порівнювальна оцінка, проведена в [4] показує, що явну перевагу має метод імітаційного моделювання, але він є дуже трудомістким й недостатньо продуктивним, коли є багатоваріантність. Результати порівняння різних методів наведено на рис. 1.

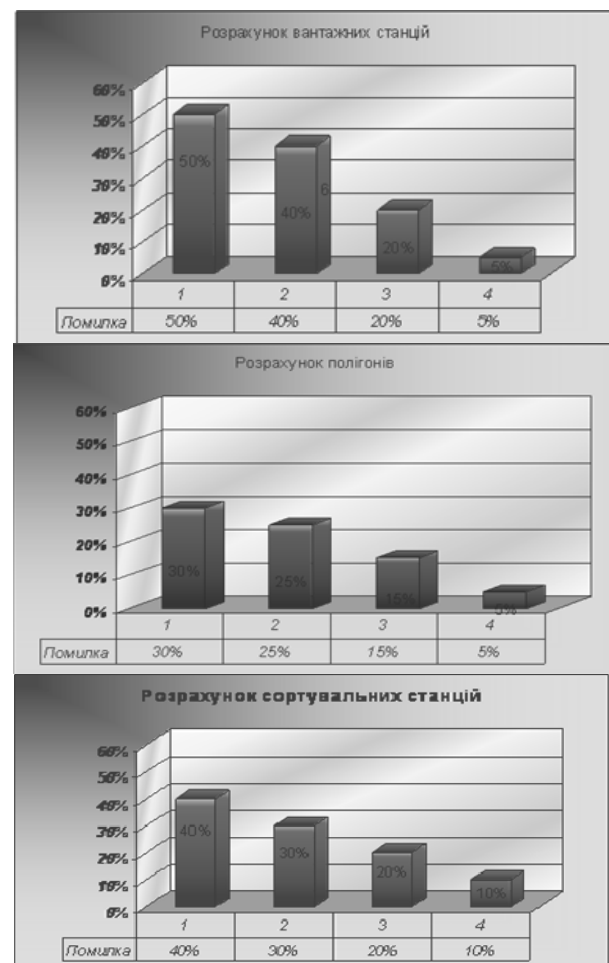


Рис. 1. Порівнювальна оцінка методів розрахунку при дослідженні транспортних систем

Нами було виконано розрахунок пропускної здатності залізничного перетинання (рис. 2) за допомогою різних методів моделювання таких як: лінійне програмування, моделювання за допомогою теорії масового обслуговування, аналітичні формули, що виведені за допомогою апарату теорії ймовірності та імітаційне моделювання.

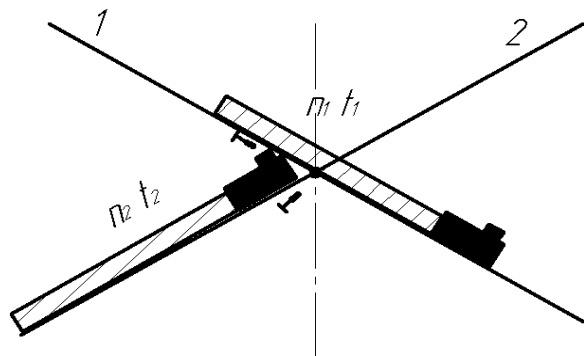


Рис. 2. Залізничне перетинання

Аналітичних формул для залізничного перетинання є декілька. Самий простий спосіб розрахунку базується на підрахунку сумарної тривалості заняття точок перетинання маршрутів. Для заданих розмірів руху по перетинанню N_1 й N_2 і тривалості заняття перетинання t_1 й t_2 визначається сума:

$$\sum_{i=1}^n N_i t_i = N_1 t_1 + N_2 t_2$$

де $i = 1, 2, 3, \dots, n$ – число маршрутів, що перетинаються.

Знайдена сума деякою мірою дає уявлення про використання пропускної здатності.

У більш складних випадках, коли маршрути, що перетинаються, нерівноправні, підрахунок сумарної тривалості заняття перетинання втрачає практичний зміст.

Аналітична формула, яка використовується на даний час базується на ймовірнісному підрахунку тривалості затримок рухомого складу на перетинаннях. У найпростішому випадку сумарна тривалість затримок по кожній точці перетинання дорівнює:

для рівноправних маршрутів:

$$\sum_{i=1}^{N_1+N_2} T_{i,2} = \frac{N_1 N_2}{2T_p} (t_1^2 + t_2^2);$$

для нерівноправних маршрутів:

$$\sum_{i=1}^{N_2} T_{i,3} = \frac{N_1 N_2}{2T_p} (t_1 + t_2)^2,$$

де T_p – тривалість розрахункового періоду.

Для більш складних випадків запропоновані відповідні формули, які дають можливість орієнтовно оцінити величину очікуваних затримок рухомого складу. Однак порівняння розрахункових значень затримок з результатами імітаційного моделювання показує на значні погрішності розрахункових значень, звичайно в меншу сторону.

Результати розрахунків показали, що найточніший результат має імітаційне моделювання, а аналітична формула, що найчастіше використовується при розрахунках має погрішність до 90% (рис. 3).

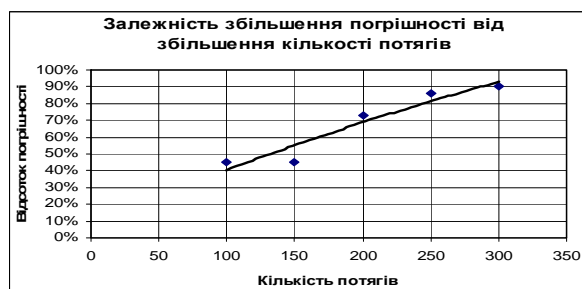


Рис. 3. Розбіжність результатів розрахунків за аналітичною формулою та імітаційним моделюванням

Аналізуючи рис. 3 можна бачити, що помилка розрахунку за аналітичною формулою збільшується зі збільшенням пропуску поїздів, що можна пояснити зростанням похибки при ймовірнісному аналізі. Для розрахунку пропускної здатності залізничної станції використалося імітаційне моделювання за допомогою програмних комплексів та було спроектовано граф імітаційної моделі руху поїздів маршрутів через стрілки та колії, що дало змогу підтвердити збільшення пропускної здатності. Програми, що дозволяють використати апарат імітаційного моделювання, сприяють збереженню фінансових витрат, що не потрібно використати для коштовних експериментів.

Адекватність розрахунків перевірялася за У-критерієм Манна-Уїтні, який є непараметричним статистичним критерієм, що використовується для оцінки відмінностей між двома вибірками за рівнем будь-якої ознаки, виміряних якісно. Він дозволяє виявити відмінності в значенні параметра між малими вибірками. Чим менше значення критерію, тим ймовірніше, що відмінності між значеннями параметра в вибірках достовірні.

Таким чином, в роботі проаналізовано методи визначення пропускної здатності залізничних станцій. Результати математичного моделювання за аналітичним методом та методом лінійного програмування потребують перевірки адекватності, яка проведена методами імітаційного моделювання за допомогою комп'ютерних програмних продуктів.

Висновки.

1. На основі імітаційного моделювання збільшено точність розрахунку пропускної здатності залізничних станцій, на прикладі розрахунку залізничного перетинання.

2. Результати розрахунків показали, що найточніший результат має імітаційне моделювання, а аналітична формула, що найчастіше використовується при розрахунках має погрішність до 90%.

3. Із заданою довірчою ймовірністю за допомогою U-критерію Манна-Уїтні, що використовується для оцінки відмінностей між двома вибірками за рівнем будь-якої ознаки, вимірюваного якісно, отримано, що проведені імітаційні розрахунки є адекватними.

Література

1. Акулиничев В.М. и др. Математические методы в эксплуатации железных дорог. М. Транспорт, 1981, – 224с.
2. Левин Д.Ю. Оптимизация потоков поездов. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.
3. Моделирование транспортных систем. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С., М-изд-во «Транспорт» 1992г., – 209 с.
4. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей (теоретические основы, методология): Автореф. дис....д-ра. техн. наук: 05.22.08/ А.Э.Александров; УрГУПС. – Екатеринбург, 2008. – 50 с.
5. Harvey M. Wagner, Principles of Operations Research, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1969
6. Philip M. Morse, George E. Kimball, Methods of Operations Research, New York, MIT Press and John Wiley & Sons, 1951
7. L. V. Kantorovich, "Mathematical Methods of Organizing and Planning Production" Management Science, 4, 1960, 266–422.
8. Taha H. A. (An Introduction to Operations Research). – Macmillan, 1971.
9. Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2006). Numerical methods for engineers. Boston: McGraw-Hill.
10. Sokolowski, J. A., & Banks, C. M. (2009). Principles of modeling and simulation: A multidisciplinary approach. Hoboken, N.J.: John Wiley.
11. Parkinson T., Fisher I. Rail transit capacity. – Transportation Research Board, 1996. – Т. 13.

References

1. Akulinichev V.M. i dr. Matematicheskie metody v jekspluatácii zheleznyh dorog. M. Transport, 1981, – 224s.
2. Levin D.Ju. Optimizacija potokov poezdov. – M.: Transport, 1988. – 175 s.
3. Modelirovanie transportnyh sistem. Persianov V.A., Skalov K.Ju., Uskov N.S., M-izd-vo «Transport» 1992g., – 209 s.
4. Raschet i optimizacija transportnyh sistem s ispol'zovaniem modelej (teoreticheskie osnovy, metodologija): Avtoref. dis....d-ra. tehn. nauk: 05.22.08/ A.Je.Aleksandrov; UrGUPS. – Ekaterinburg, 2008. – 50 s.
5. Harvey M. Wagner, Principles of Operations Research, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1969
6. Philip M. Morse, George E. Kimball, Methods of Operations Research, New York, MIT Press and John Wiley & Sons, 1951
7. L. V. Kantorovich, "Mathematical Methods of Organizing and Planning Production" Management Science, 4, 1960, 266–422.
8. Taha H. A. (An Introduction to Operations Research). – Macmillan, 1971.

9. Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2006). Numerical methods for engineers. Boston: McGraw-Hill.
10. Sokolowski, J. A., & Banks, C. M. (2009). Principles of modeling and simulation: A multidisciplinary approach. Hoboken, N.J.: John Wiley.
11. Parkinson T., Fisher I. Rail transit capacity. – Transportation Research Board, 1996. – Т. 13.

Роговой А.С., Хорошилов Д.В. Использование методов имитационного моделирования для расчета пропускной способности железнодорожных станций.

В статье приведены результаты расчета пропускной способности железнодорожной станции на основе методов имитационного моделирования и линейного программирования на примере моделирования железнодорожного пересечения. Проанализированы методы, используемые для моделирования транспортных систем: аналитический, теория массового обслуживания, графический метод и имитационное моделирование. Проверена адекватность полученных результатов с помощью U-критерия Манна-Уитни. Результаты расчетов показали, что самый точный результат дает имитационное моделирование, а аналитическая формула, наиболее часто используемая при расчетах, имеет погрешность до 90 процентов. Аналитическая формула основывается на вероятностном подходе подсчета длительности задержек подвижного состава на пересечениях. Погрешность расчета по аналитической формуле увеличивается при увеличении пропуска поездов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, линейное программирование, имитационная модель, пропускная способность, железнодорожная станция.

Rogovoy A.S., Horoshilov D.V. Use of simulation modeling methods for calculation of railway stations capacity.

In article results of calculation of railway stations capacity on the basis of simulation modeling methods on an example of railway crossing modeling are resulted. The methods used for transport systems modeling are analysed: analytical, the queuing theory, the graphic method and simulation modeling. Adequacy of the received results by means of Mann-Whitney U-test is checked up. Results of calculations have shown that the most exact result is given by simulation modeling, and the analytical expression most often used at calculations, has an error to 90 percent. The analytical expression is based on the probabilistic approach of calculation of delays duration of a rolling stock on crossings. The calculation error under the analytical expression increases at increase in the admission of trains.

Keywords: a railway traffic, linear programming, simulation model, railway station capacity.

Роговий А.С. – к.т.н., доцент кафедры «Теоретична механіка і гідравліка», ХНАДУ, м. Харків, Україна, e-mail: asrogovoy@ukr.net

Хорошилов Д.В. – студент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СХУ ім. В.Далі, м. Северодонецьк, Україна.

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

Стаття подана 19.03.2016

УДК 621.547

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

Роговой А.С.

ENERGY EFFICACY OF PNEUMATIC TRANSPORT PLANTS

Rogovyi A.

На основе показателей энергетической эффективности промышленного пневматического транспорта, таких как удельный расход электроэнергии на тонну перемещаемого материала и удельный расход электроэнергии на тонну и метр перемещения, была произведена систематизация и обобщение опыта создания пневмотранспортных установок. Для различных вариантов концентрации и производительности был проведен проектный расчет перемещения угольной пыли по горизонтальному трубопроводу различной длины для систем пневмотранспорта на основе разных насосов: транспортные аэрожелоба, струйные насосы, установки всасывающего действия, шлюзовые, пневмовинтовые и пневмокамерные насосы.

Ключевые слова: промышленный транспорт, энергетическая эффективность, удельный расход электроэнергии, пневматический транспорт, насос.

Постановка проблемы. Современное развитие ведущих отраслей промышленности – металлургической, горнодобывающей, энергетики, химической, сельского хозяйства и строительства, напрямую связано с широким внедрением в технологию производства комплексной механизации пневматического транспорта [1-10], который становится важнейшим элементом технологических комплексов. Практикой подтверждена эффективность применения этого вида транспорта (трубопроводный транспорт составляет 30% объема всех промышленных транспортных работ). Дальнейшее развитие техники и технологии пневматического транспорта является важной задачей, в связи, с чем возникают сложные вопросы совершенствования этого вида транспорта, а также сочетания подачи материалов с основными производственными процессами. В различных технологических компоновках предприятий трубопроводный транспорт рассматривается теперь как важнейшее звено совершенствования производства [10].

Как известно [7, 8, 10], одним из основных недостатков пневмотранспорта является высокий удельный расход электроэнергии на тонну переме-

щаемого материала, что сдерживает широкое внедрение систем пневматического транспортирования грузов из-за недостаточной информации по энергоэффективности различных питателей и усложняет выбор и компоновку пневмотранспортной установки [1-9, 13, 14].

Анализ последних исследований и публикаций. Выбору пневмотранспортного оборудования и машин для перемещения различных сыпучих грузов во многих отраслях промышленности посвящено значительное число справочников [1-8, 10, 11, 13, 14], однако приведенные в них технические характеристики машин не всегда позволяют оценить их энергоэффективность. Зачастую в справочниках приводят преимущества и недостатки тех или иных машин, используемых в качестве питателей в пневмотранспортных установках, а также стандартную типологию применяемых машин, основанную на показателях производительности и техпроцесса, естественно, принимая во внимания капиталовложения и габариты [1, 4, 6-8], при этом энергозатраты учитывались как второстепенный фактор. В последнее время, энергоэффективность и стоимость обслуживания, «при прочих равных», приобретают приоритетное значение при выборе решения в случае нового строительства или модернизации участков пневмотранспорта. Но, энергоэффективность тех или иных установок, в большинстве справочников, не приведены, поэтому приходится производить проектный расчет установки, с применением различных питателей и принимать решение относительно выбора наилучшего.

В настоящей статье авторами систематизирован и обобщен опыт создания пневмотранспортного оборудования, созданного отечественными и зарубежными производителями [1-19], для перемещения угольной пыли, результатом чего стал возможным отбор проектных решений относительно выбора питателей на основе учета и минимизации основного

недостатка пневмотранспорта – удельного расхода электроэнергии на тонну перемещаемого материала.

Цель. Целью работы является систематизация и обобщение опыта создания пневмотранспортных установок и сравнение их энергетической эффективности.

Результаты исследований.

Для оценки энергетической эффективности пневмотранспортных установок, производился проектный расчет для перемещения угольной пыли по горизонтальному трубопроводу различной длины. Расчеты произведены по методикам, приведенным в справочниках и монографиях [1-19], что позволило рассчитать два основных показателя транспортирования груза – удельный расход электроэнергии на тонну перемещаемого материала (e_m) и удельный расход электроэнергии на тонну и метр перемещения (e_L).

Перемещение сыпучих материалов в трубопроводе осуществляется разными способами: 1) путем переноса твердых частиц материала обтекающим их воздухом или газом (или путем выдавливания воздухом скоплений материала) [1-8, 10, 11, 13-14]; 2) путем придания материалу текучести за счет аэрации (насыщение воздухом) [2, 4, 7, 8]. В зависимости от способа создания воздушного потока и условий движения его в трубопроводе вместе с материалом различаются следующие основные системы пневмотранспортных установок: всасывающие, нагнетательные и комбинированные (всасывающе-нагнетательные). По величине создаваемой разности давлений установки можно разделить на: 1) установки низкого давления (до 100 кПа): струйные аппараты [1, 4-7, 9-15], установки всасывающего действия [1-8, 10, 11, 13, 14], шлюзовые питатели [1, 4, 5, 7, 13, 14] и аэрожелоба [4, 7, 8]; 2) установки среднего давления (100-300 кПа): пневмовинтовые насосы [4, 7, 8, 13, 14] и 3) установки высоконапорного импульсного транспортирования – камерные питатели (давление выше 300 кПа) [4, 6-10, 13, 14].

Аэрожелоба. Транспортные аэрожелоба – один из видов горизонтального пневмотранспорта сухих мелких неомоющих материалов. Они относятся к установкам нагнетательного действия с низким давлением, транспортирующим материал в условиях плотной фазы [4, 7, 8]. Используются чаще всего для вспомогательных операций и предназначены для транспортирования с небольшим уклоном при подаче из одного пункта в другой, а также для сбора материала из ряда точек и подачи в одну точку.

Характеристики энергетической эффективности перемещения с помощью аэрожелобов представлены на рис. 1. Данные взяты из [4, 8], при этом техническая производительность Π_T варьировалась в диапазоне 25-165 т/ч, дальность транспортирования L_{np} – от 10 до 40 м.

Удельные затраты электроэнергии на перемещение вычислялись следующим образом: затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала

$e_m = N / \Pi_T$, кВтч/т, где N – затраченная мощность; затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала на 1 м: $e_L = e_m / L_{np}$.

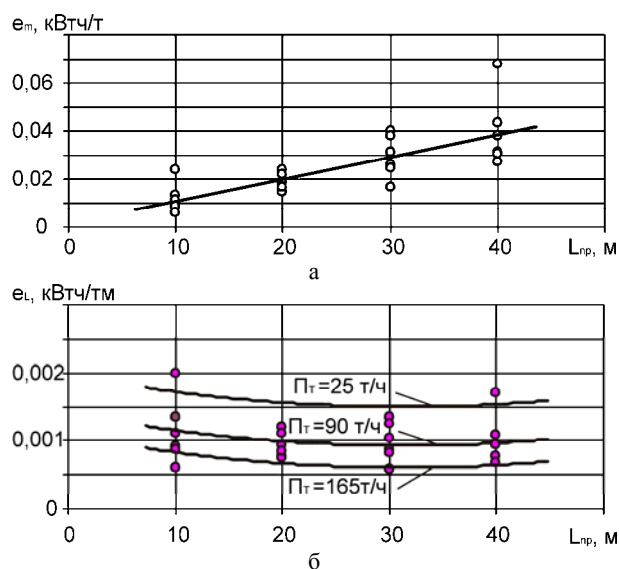


Рис. 1. Энергетическая эффективность перемещения грузов с помощью пневматических транспортных аэрожелобов: а – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала; б – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала на 1 м

Как видно из рис. 1, а затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала прямо пропорциональны дальности транспортирования и колеблются в диапазоне 0,01-0,07 кВтч/т. Вследствие чего наиболее часто пневмотранспортные аэрожелоба применяются при горизонтальном перемещении материала на длину до 40 м. Исходя из рис. 1, б, где видно наличие минимума удельных энергозатрат, наиболее рациональным является использование аэрожелобов при перемещении на 25-35 м с максимальной возможной производительностью, так как чем меньше производительность, тем выше энергозатраты. Точки на графиках соответствуют применяемым в промышленности желобам.

Струйные насосы. Струйные насосы применяются в основном на зерноперерабатывающих предприятиях для транспортирования зерна, муки, крупы и других продуктов, в отечественной промышленности – для транспортирования цемента на расстояние до 150 м, за рубежом, в частности на теплостанциях Германии, применяют для пневмотранспортирования золы и угольной пыли. Перемещение груза на длину более 150 м возможно, но является более энергозатратным, по сравнению с другими питателями. Положительными качествами струйных насосов для пневмотранспорта является: компактность, низкие расходы на техническое обслуживание, надежность и долговечность, вследствие отсутствия подвижных элементов и простоты конструкции, непрерывный режим работы. Однако, обладают следующими недостатками: расстояние транспортировки до 150 м, высокое потребление сжатого воздуха,

и высокое удельное энергопотребление. Несмотря на приведенные недостатки, работы по совершенствованию струйных насосов для пневмотранспорта постоянно ведутся, что приводит к постепенному снижению недостатков и все более широкому применению в промышленном транспорте предприятий. Нормальная эксплуатация насоса обеспечивается при условии, что аэродинамическое сопротивление в магистральном трубопроводе не должно превышать сопротивления слоя материала в бункере, в противном случае происходит прорыв сжатого воздуха из насоса в бункер, что ухудшает условия поступления материала в насос и увеличивает расход сжатого воздуха [1, 4-7, 9-18].

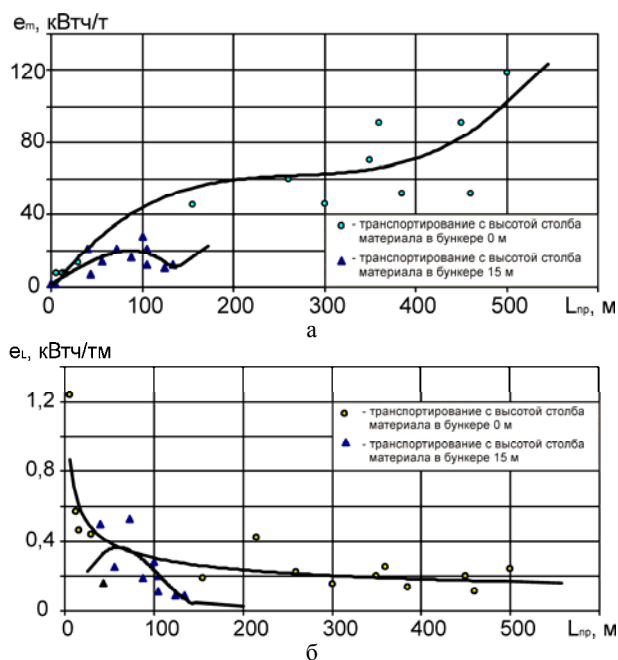


Рис. 2. Энергетическая эффективность перемещения грузов с помощью струйных насосов для пневмотранспорта: а – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала; б – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала на 1 м

Расчет струйных аппаратов производился по методике, описанной в [11], расчет аэродинамического сопротивления сети производился по методике [8]. Основные параметры расчета: коэффициент эжекции или концентрации смеси – $\mu = 2 - 70$ кг/кг; производительность $\Pi_T = 1 - 130$ т/ч; материал – угольная пыль.

Как видно из рис. 2, а затраты энергии на перемещение 1 т материала растут в зависимости от дальности транспортирования и являются значительными. Наиболее рациональным становится применение струйных насосов при перемещении груза до 150 м с использованием бункера с высотой столба аэрированного материала более 15 м. Из рис. 2, б, следует, что удельные энергозатраты снижаются при увеличении дальности транспортирования, с асимптотой порядка 0,2 кВтч/тм; при транспортировании с использованием столба аэрированного

материала 15 м, вследствие увеличения аэродинамического сопротивления движению материала, уменьшается возможная длина транспортирования до 200 м.

Установки всасывающего действия. Пневморазгрузчики всасывающего действия, выпускающиеся длительные время серийно и находящиеся в эксплуатации, предназначены для разгрузки сыпучего материала из крытых железнодорожных вагонов. Их широко применяют благодаря их высоким эксплуатационным качествам, обеспечению необходимых санитарно-гигиенических условий труда обслуживающего персонала, исключению потерь материала [1-8, 10, 11, 13, 14]. В установках всасывающего действия используется низкий (до 90 кПа), средний (до 70 кПа) и высокий (до 40 кПа) вакуум.

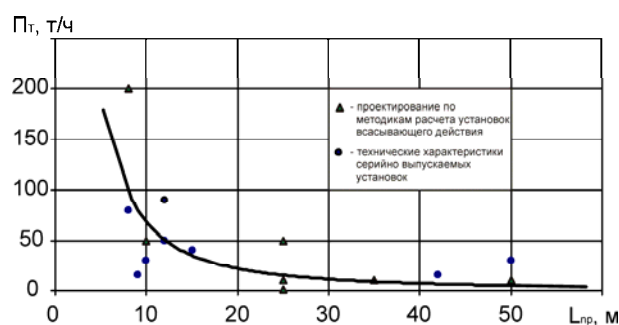


Рис. 3. Зависимость производительности установок всасывающего действия от приведенной дальности транспортирования

Как видно из рис.3 одним из основных недостатков пневмотранспортных установок всасывающего действия является снижение производительности с увеличением дальности транспортирования, вследствие увеличения аэродинамического сопротивления потока высокой концентрации и невозможности увеличения создаваемой разности давлений установок.

Расчет установок всасывающего действия производился по методике, описанной в [8], расчет аэродинамического сопротивления сети производился по методике [8]. Основные параметры расчета: концентрация смеси – $\mu = 1 - 200$ кг/кг; материал – угольная пыль.

Как видно из рис. 4, а затраты энергии на перемещение 1 т материала растут в зависимости от дальности транспортирования и имеют минимум при дальности транспортирования 20-30 м. Установки всасывающего действия могут использоваться при дальности перемещения груза до 50 м. Из рис. 4, б, следует, что удельные энергозатраты снижаются при увеличении дальности транспортирования и имеют минимум при длине транспортирования 14-16 м. Таким образом, при использовании установок всасывающего действия, наиболее энергетически эффективной будет дальность транспортирования 15-25 м.

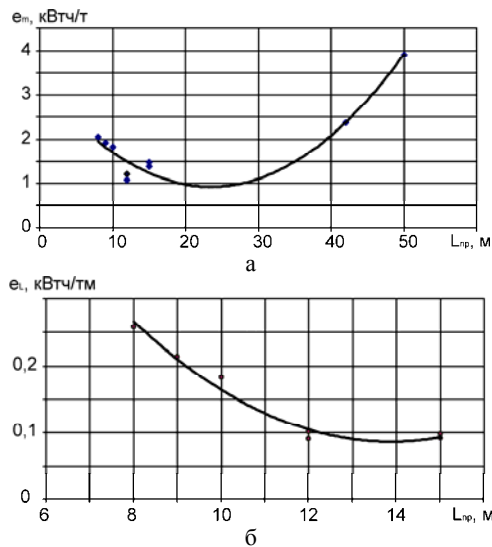


Рис. 4. Энергетическая эффективность перемещения грузов с помощью установок всасывающего действия: а – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала; б – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала на 1 м

Одним из недостатков установок всасывающего действия является, во многих случаях, необходимость стыковки с другими видами транспорта (нагнетательными).

Шлюзовые насосы. Шлюзовые насосы или питатели применяют для перемещения пылевидных и мелкозернистых малоабразивных и нелипких материалов, таких как мука, зерно, измельченная древесина и др., на установках всасывающего и нагнетательного действия при рабочем давлении до 0,25 МПа и дальности подачи до 100 м. Из-за сложности уплотнения между вращающимся ротором и неподвижными деталями (корпус и торцевые крышки) неизбежны произвольные утечки сжатого воздуха, которые колеблются от 0,5 до 2 м³/мин в зависимости от избыточного давления в аэрокамере. Это значительно увеличивает энергоемкость питателя и почти полностью исключает его работу с абразивным материалом, таким как цемент, при высоких давлениях в аэрокамере [1, 4, 5, 7, 13, 14].

Технические характеристики шлюзовых питателей выбирались из справочников [1, 7]. Расчет параметров шлюзового питателя таких как: производительность, угловая скорость, утечки через щели – по методике, описанной в [13]. Расчет аэродинамического сопротивления сети производился по методике [8]. Основные параметры расчета: концентрация смеси в питателе – $\mu = 160\text{--}170$ кг/кг; производительность $\Pi_T = 2\text{--}27$ т/ч; материал – угольная пыль. Дальность транспортирования была ограничена 200 м, вследствие значительного увеличения утечек через торцевые крышки, из-за увеличения давления в камере смешения.

Как видно из рис. 5, а затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала прямо пропорциональны дальности транспортирования и колеблются в диапазоне 1-5 кВтч/т. Вследствие чего наиболее

часто шлюзовые насосы применяются при горизонтальном перемещении материала на длину до 200 м. На рис. 5, б, видно, что удельные энергозатраты уменьшаются линейно в зависимости от длины транспортирования и достигают минимума при 200 м.

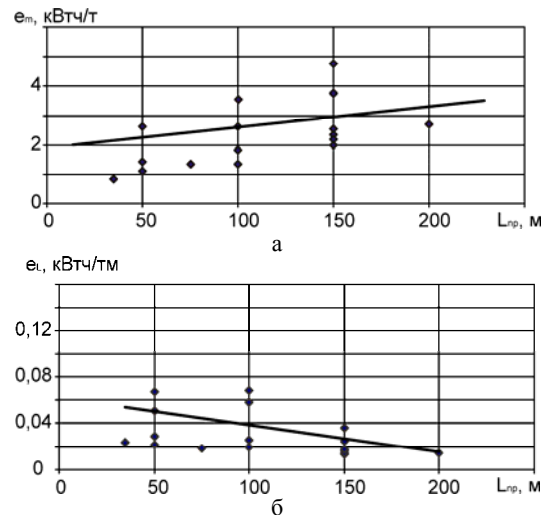


Рис. 5. Энергетическая эффективность перемещения грузов с помощью шлюзовых насосов: а – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала; б – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала на 1 м

Пневмовинтовые насосы. Пневматические винтовые насосы являются не только весьма распространенным средством транспорта, но и входят составной частью в комплекты технологического оборудования на цементных заводах и заводах бетонных и железобетонных изделий. Кроме того, пневмовинтовые насосы широко применяются на гипсовых заводах и заводах силикатных материалов, на предприятиях химической, металлургической промышленности и пр. Эти насосы предназначены для транспортирования сыпучих материалов тонкого помола на расстояния до 200 м по трубопроводам произвольной конфигурации, включая вертикальные, горизонтальные и наклонные участки. Цифра 200 м обуславливается в основном тем, что с увеличением дальности подачи увеличивается рабочее давление в смесительной камере, и как следствие, прогрессивно растет износ напорного быстроходного шнека [4, 7, 8, 13, 14]. Преимущества пневмовинтовых насосов заключаются в: низкой высоте конструкции; необязательности наличия столба аэрированного материала; необязательности встройки в линию воздухопроводников; возможности работы на среднем и низком давлении; непрерывная транспортировка без пульсаций; возможность частичной производительности. Недостатки: потребление электроэнергии на привод шнека; абразивный износ шнека и гильзы; высокое потребление сжатого воздуха. Все перечисленные недостатки заставляют учитывать их при проектировании установки пневмотранспорта добавляя к капитальным затратам вы-

сокую стоимость технического обслуживания и затраты на электроэнергию.

Технические характеристики пневмовинтовых насосов выбирались из справочников [7, 8]. Расчет параметров насоса таких как: диаметр шнека, рабочее давление, частота вращения – по методике, описанной в [7]. Расчет аэродинамического сопротивления сети производился по методике [8]. Основные параметры расчета: концентрация смеси в питателе – $\mu = 5 - 80$ кг/кг; материал – угольная пыль.

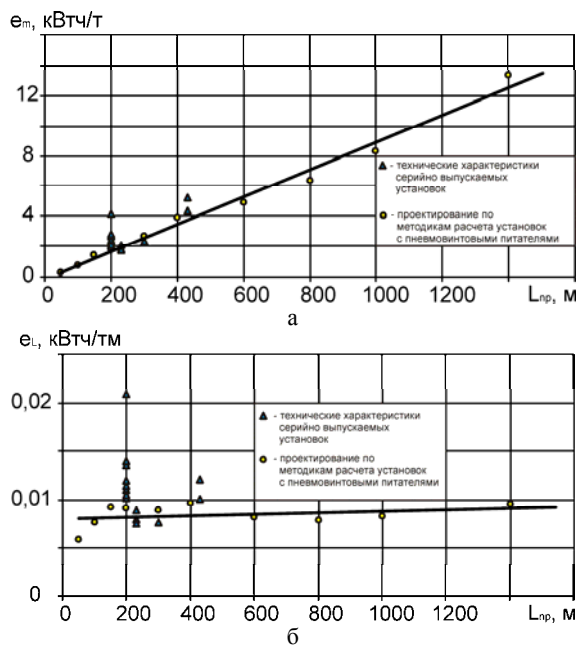


Рис. 6. Энергетическая эффективность перемещения грузов с помощью пневмовинтовых насосов: а – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала; б – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала на 1 м

Как видно из рис. 6, а затраты энергии на перемещение 1 т материала прямо пропорциональны дальности транспортирования. Вследствие чего серийные установки наиболее часто выпускаются при транспортировании до 500 м. На рис. 6, б, видно, что удельные энергозатраты практически не зависят от длины перемещения груза, и колеблются в диапазоне 0,006-0,01 кВтч/тм.

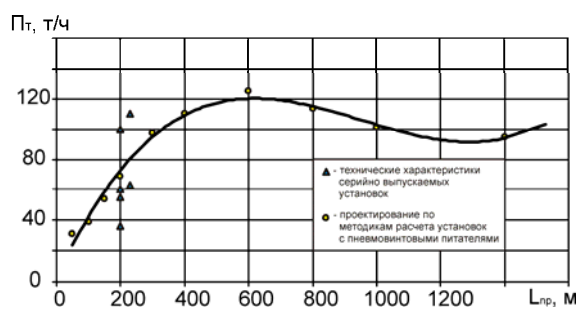


Рис. 7. Зависимость производительности установок на основе пневмовинтовых насосов от приведенной дальности транспортирования

Согласно методики расчета установок пневмотранспорта ВНИИстройдормаша [4, 7, 8] производительность системы зависит от пропускной способности сечения трубопровода, оптимальные значения которой приведены в [8]. Вследствие этого, при транспортировании сыпучих материалов на большие расстояния возникают ограничения по производительности, что иллюстрируется рис. 7.

Пневматические камерные насосы. Камерный насос представляет собой один или несколько сосудов, оборудованных загрузочным патрубком, с плотно закрывающимся клапаном, герметизирующим сосуд после загрузки, и разгрузочным устройством, обеспечивающим интенсивное разрыхление и выдачу аэрированного материала в транспортный трубопровод. Они широко используются в промышленности строительных материалов, химической, энергетической, черной и цветной металлургии и многих других отраслях для транспортирования цемента, глинозема, угольной пыли, золы, формовочных смесей, колосниковой пыли доменных печей, апатитового концентрата, фосфоритной муки и т.п. [4, 6-10, 13, 14].

Камерные насосы работают периодически, поэтому для увеличения производительности и создания условий, близких к непрерывному процессу транспортирования, применяют вдвоенные (двухкамерные) установки пневматических камерных насосов. В то время как резервуар одного камерного насоса разгружается и материал направляется в транспортный трубопровод, другой камерный насос загружается материалом. Преимущества насосов: низкие расходы на техобслуживание; возможность частичной производительности; невысокие показатели энергопотребления. Недостатки: большая высота, чем у других насосов, что иногда не позволяет их вписать в необходимые габаритные размеры; прерывистый (пульсирующий) поток; при использовании камерных насосов необходимо соблюдать требования промышленной безопасности как к сосудам, работающим под давлением; наличие столба материала для быстрого заполнения камеры; наличие воздухоотводчиков во избежание просадки давления; большой расход сжатого воздуха.

Согласно [6] вследствие дискретности выхода в трубу транспортируемого материала, размеры (или массы) разгоняющихся порций материала вызывают соответствующие колебания различных параметров процесса, например давления газа и плотность аэро-смеси, что, в свою очередь, приводит к тому, что камерный питатель вместе с прилегающим к нему участком трассы может представлять сложную колебательную систему, частотные и амплитудные характеристики которой будут меняться в зависимости от конструкции питателя, геометрии прилегающей трассы, параметров подаваемого газа и свойств материала. Все это, в конечном счете, будет определять осредненные характеристики течения пневмотранспортного процесса, такие как сопротивление питателя и его производительность, и может искажать результаты расчетов пневмотранспортных систем на основе камерных питателей.

Технические характеристики камерных питателей выбирались из справочников [7, 8]. Расчет аэродинамического сопротивления сети производился по методике [8]. Основные параметры расчета: концентрация смеси в питателе – $\mu = 14-120$ кг/кг; расчетная производительность – $\Pi_T = 10-100$ т/ч; материал – угольная пыль.

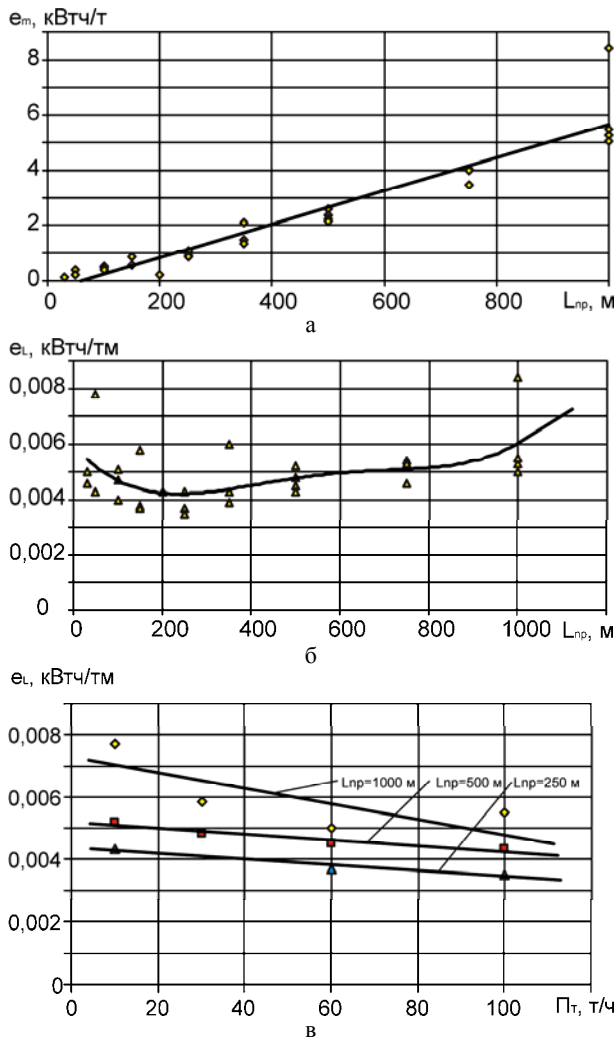


Рис. 8. Энергетическая эффективность перемещения грузов с помощью пневматических камерных насосов: а – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала; б – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала на 1 м; в – зависимость удельных энергозатрат от производительности насоса

Как видно из рис. 8, а затраты энергии на перемещение 1 т материала прямо пропорциональны дальности транспортирования. На рис. 8, б, видно, что удельные энергозатраты незначительно зависят от длины перемещения груза, и колеблются в диапазоне 0,003-0,008 кВтч/тм. Согласно рис. 8, в, удельные энергозатраты зависят от двух основных параметров: производительности и дальности транспортирования, причем чем больше производительность установки и чем меньше дальность, тем меньше и затраты. Минимальные энергозатраты возникают при дальности транспортирования 150-350 м и производительностью более 100 т/ч.

В данной работе рассматривались только системы для горизонтального транспортирования сыпучих материалов, поэтому в рамках данного исследования остались без внимания пневматические подъемники, вследствие практически полной невозможности транспортирования по горизонтали [4, 7, 8]. Также в данной работе не рассмотрены пневмопушки (миникамерные или пневмоимпульсные насосы), вследствие того, что это направление является сравнительно новым, и, пока обладает недостатком, заключающемся в необходимости проектирования каждой системы индивидуально, и возможности «схлопывания» (закупоривания) пневмотранспорта при нарушении совокупности исходных параметров. Указанные недостатки не позволяют спрогнозировать существенный порядок эффективности пневмопушки. Контейнерный пневмотранспорт не рассматривался из-за его редкого применения на предприятиях, и больших энергозатрат на перемещение контейнера [7].

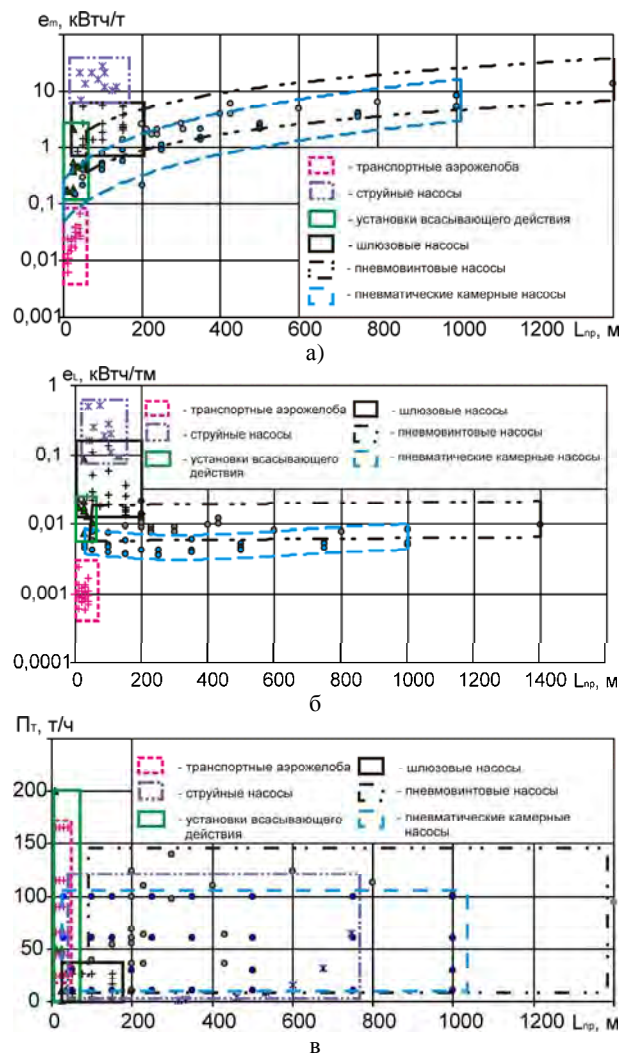


Рис. 9. Совмещенные характеристики энергетической эффективности перемещения грузов с помощью рассмотренных пневмотранспортных установок: а – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала; б – затраты электроэнергии на перемещение 1 т материала на 1 м; в – диапазон длин перемещения груза и производительности рассмотренных установок

На рис. 9. приведены совмещенные характеристики рассмотренных пневмотранспортных установок.

Как видно из рис. 9, а и 9, б наихудшими показателями энергоэффективности обладают струйные насосы, однако их широкое применение в промышленном транспорте говорит о том, что их основные преимущества такие как надежность и долговечность, во многих случаях являются решающими при принятии проектных решений о использовании того или иного вида питателя, так как эти показатели приводят, в конечном итоге, к уменьшению затрат на техническое обслуживание установок. Таким образом, дальнейшее совершенствование струйных нагнетателей, поиск новых технических решений, основанных на более эффективных принципах передачи энергии, позволит снизить удельные энергозатраты и улучшить экономические характеристики промышленного пневмотранспорта.

Выводы:

1) На основе показателей энергетической эффективности промышленного пневматического транспорта, таких как удельный расход электроэнергии на тонну перемещаемого материала и удельный расход электроэнергии на тонну и метр перемещения, была произведена систематизация и обобщение опыта создания пневмотранспортных установок. Для различных вариантов концентрации и производительности был проведен проектный расчет перемещения угольной пыли по горизонтальному трубопроводу различной длины для систем пневмотранспорта на основе разных насосов: транспортные аэрожелоба, струйные насосы, установки всасывающего действия, шлюзовые, пневмовинтовые и пневмокамерные насосы.

2) Согласно показателей энергетической эффективности было выявлено, что наихудшими обладают струйные насосы, однако их широкое применение в промышленном транспорте говорит о том, что их основные преимущества такие как надежность и долговечность, во многих случаях являются решающими при принятии проектных решений о использовании того или иного вида питателя, так как эти показатели приводят, в конечном итоге, к уменьшению затрат на техническое обслуживание установок.

3) Практически все питатели, используемые в пневмотранспортных установках, кроме струйных, подвержены значительному износу при перемещении сыпучего груза на расстояния более 200 м, вследствие роста давления в смесительной камере.

4) Таким образом, дальнейшее совершенствование струйных нагнетателей, поиск новых технических решений, основанных на более эффективных принципах передачи энергии, позволит снизить удельные энергозатраты и улучшить экономические характеристики промышленного пневмотранспорта.

Литература

1. Александров А.Н. Пневмотранспорт и пылеулавливающие сооружения на деревообрабатывающих предприятиях: Справочник. / Александров А.Н., Косориз Г.Ф. – М.: Лесн. пром-ть, 1988. – 248 с.
2. Вайсман М.Р. Вентиляционные и пневмотранспортные установки. / Вайсман М.Р., Грубиян И.Я. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 367 с.
3. Володин Н.П. Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам. / Н.П. Володин, М.Г. Касторных, А.И. Кривошеин. – М.: Колос, 1984. – 288с.
4. Калинушкин М.П. Пневматический транспорт в строительстве. / Калинушкин М.П., Орловский З.Э., Сегаль И.С. – М.: Госстройиздат, 1961. – 164 с.
5. Клячко Л.С. Пневматический транспорт сыпучих материалов. / Клячко Л.С., Одецкий Э.Х., Хрусталева Б.М. – Мн.: Наука и техника, 1983. – 216 с.
6. Орловский Г.М. Пневматический транспорт сыпучих материалов в химической промышленности. / Орловский Г.М. – Л.: Химия, 1984. – 104 с.
7. Пневмотранспортное оборудование: Справочник / М.П. Калинушкин, М.А. Коппель, В.С. Серяков, М.М. Шапунов; Под общ. ред. М.П. Калинушкина. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 286 с.
8. Пневмотранспортные установки. Справочник. [Воробьев А.А., Матвеев А.И., Носко Г.С. и др.] – Л.: Машиностроение, 1969. – 200 с.
9. Роговий А.С. Удосконалення енергетичних характеристик струминних нагінатив. Дис...канд. техн. наук: 05.05.17 / Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля. — Луганськ, 2007. — 193 с.
10. Смолдырев А.Е. Гидравлический и пневматический транспорт в металлургии и горном деле. / Смолдырев А.Е. – М.: Металлургия, 1967. – 368 с.
11. Соколов Е.Я. Струйные аппараты. / Соколов Е.Я., Зингер Н.М. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
12. Сполучення вихрових виконавчих пристроїв із сучасними системами управління / Сьомін Д.О., Павлюченко В.О., Ремень В.І., Мальцев Я.І. – Луганськ : вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля, 2002. – 174 с.
13. Klinzing G.E., Marcus R.D., Rizk F., Leung L.S. Pneumatic conveying of solids. A theoretical and practical approach (Powder technology series), 2nd Edition, Chapman&HallSuffolk, (1997), 624 p.
14. Mills D., (2004), Pneumatic Conveying Design Guide, 2nd Edition, Bitterworth-Heinemann, ISBN:0750654716., (2004), 638 p.
15. Syomin D., Rogovyi A. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps. // Procedia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 231–237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.029>.
16. Syomin D., Pavljuchenko V., Maltsev Y., Rogovoy A., Dmitrienko D. Vortex mechanical devices in control systems of fluid mediums. // Polish academy of sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Volume X. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, № 10. – P. 440-445.
17. Syomin D., Rogovoy A. Power characteristics of superchargers with vortex work chamber // Polish academy of sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Volume XB. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, № 19. – 2010 – P. 232-240.
18. Syomin D., Rogovyi A. Mathematical simulation of gas bubble moving in central region of the short vortex chamber // Polish academy of sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and energetics in ag-

riculture. An international journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering Volume 12. No 4. Lublin-Lugansk. XB. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, V.12 No4. – 2012 - P. 279-284.

19. Molerus O. Overview: pneumatic transport of solids // Powder technology. – 1996. – T. 88. – №. 3. – C. 309-321.

References

1. Aleksandrov A.N. Pnevмотранспорт і пилеулавлювачів на деревобробних підприємствах: Справочник./ Aleksandrov A.N., Kosoriz G.F. – М.: Lesn. prom-t', 1988. – 248 s.
2. Vajsman M.R. Ventilacionnye i pnevмотранспортные установki. / Vajsman M.R., Grubijan I.Ja. – 3-e izd., pere-rab. i dop. – М.:Kolos, 1984. – 367 s.
3. Volodin N.P. Spravochnik po aspiracionnym i pnev-motransportnym ustanovkam. / N.P. Volodin, M.G. Kas-tornyh, A.I. Krivoshein. – М.:Kolos, 1984. – 288s.
4. Kalinushkin M.P. Pnevматический транспорт в строitel'stve. / Kalinushkin M.P., Orlovskij Z.Je., Segal' I.S. – М.: Gosstrojizdat, 1961. – 164 s.
5. Kljachko L.S. Pnevматический транспорт сыпучих ма-териалов. / Kljachko L.S., Odel'skij Je.H., Hrustalev B.M. – Мн.: Nauka i tehnika, 1983. – 216 s.
6. Ostrovskij G.M. Pnevматический транспорт сыпучих ма-териалов в химической промышленности. / Orlov-skij G.M. – L.: Himija, 1984. – 104 s.
7. Pnevмотранспортное оборудование: Spravochnik / M.P. Kalinushkin, M.A. Koppel', V.S. Serjakov, M.M. Shapun-ov; Pod obshh. red. M.P. Kalinushkina. – L.: Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1986. – 286 s.
8. Pnevмотранспортные установki. Spravochnik. [Vo-rob'ev A.A., Matveev A.I., Nosko G.S. i dr.] – L.: Mashinostroenie, 1969. – 200 s.
9. Rogovij A.S. Udoshkonaljuvannja energetichnih harak-teristik struminnih nagnitachiv. Dis...kand. tehn. na-uk: 05.05.17 / Shidnoukraїn's'kij nacional'nij un-t im. Vo-lodimira Dalja. — Lugans'k, 2007. — 193 c.
10. Smoldyrev A.E. Gidravlicheskij i pnevматический транспорт в металлургии i gornom dele. / Smoldyrev A.E. – М.: Metallurgija, 1967. – 368 s.
11. Sokolov E.Ja. Strujnye apparaty. / Sokolov E.Ja., Zin-ger N.M. – 3-e izd., pererab. – М.: Jenergoatomizdat, 1989. – 352 s.
12. Spoluchennja vihrovih vikonavchih pristroїв iz suchas-nimi sistemami upravlinnja / S'omin D.O., Pavljuchen-ko V.O., Remen' V.I., Mal'cev Ja.I. – Lugans'k : vid-vo Shid-noukr. nac. un-tu im. V.Dalja, 2002. – 174 s.
13. Klinzing G.E., Marcus R.D., Rizk F., Leung L.S. Pneu-matic conveying of solids. A theoretical and practical ap-proach (Powder technology series), 2nd Edition, Chap-man&HallSuffolk, (1997), 624 p.
14. Mills D., (2004), Pneumatic Conveying Design Guide, 2nd Edition, Bitterworth-Heinemann, ISBN:0750654716., (2004), 638 p.
15. Syomin D., Rogovoy A. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps. // Proce-dia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 231–237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.029>.
16. Syomin D., Pavljuchenko V., Maltsev Y., Rogovoy A., Dmitrienko D. Vortex mechanical devices in control sys-tems of fluid mediums. // Polish academy of sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Volume X. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, № 10. – P. 440-445.
17. Syomin D., Rogovoy A. Power characteristics of super-chargers with vortex work chamber // Polish academy of

sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motori-zation and power industry in agriculture. Volume XB. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, № 19. – 2010 - P. 232-240.

18. Syomin D., Rogovyi A. Mathematical simulation of gas bubble moving in central region of the short vortex cham-ber // Polish academy of sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and energetics in ag-riculture. An international journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering Volume 12. No 4. Lublin-Lugansk. XB. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, V.12 No4. – 2012 - P. 279-284.
19. Molerus O. Overview: pneumatic transport of solids // Powder technology. – 1996. – T. 88. – №. 3. – C. 309-321.

Роговий А.С. Энергетична ефективність пневмо-транспортних установок.

На основі показників енергетичної ефективності промислового пневматичного транспорту, таких як пи-тома витрата електроенергії на тонну переміщуваного матеріалу й питома витрата електроенергії на тонну й метр переміщення, була зроблена систематизація й уза-гальнення досвіду створення пневмотранспортних уста-новок. Для різних варіантів концентрації й продуктивнос-ті був проведений проектний розрахунок переміщення вугільного пилу по горизонтальному трубопроводі різної довжини для систем пневмотранспорту на основі різних насосів: транспортні аерозолоба, струминні насоси, установки всмоктувальної дії, шлюзові, пневмогвинтові й пневмокамерні насоси.

Ключові слова: промисловий транспорт, енергети-чна ефективність, питома витрата електроенергії, pne-матичний транспорт, насос.

Rogovyi A. Energy Efficacy Of Pneumatic Transport Plants

On the basis of power efficiency indexes an industrial pneumatic transport, such as electric power rate on ton of a moved material and electric power rate on ton and meter of moving, the systematization and generalizing of creation of the pneumatic transport plants experience was made. For differ-ent versions of concentration and productivity of moving car-go the design study of breeze moving on the horizontal pipe-line of different length for pneumatic transport systems was made on the basis of miscellaneous pumps: transport aero-troughs, jet pumps, negative pressure system, airlock, pneu-matic screw and blow tanks pumps. According to electric power rate was detected, that worst have the jet pumps. Thus, the further perfecting of jet pumps, looking up of new engi-neering solutions grounded on more effective principles trans-fer of power, will allow to lower energy intensity and to im-prove the economical characteristics of an industrial pneu-matic transport.

Keywords: industrial transport, energy efficacy, electric power rate, pneumatic transport, pump.

Роговой А.С. – к.т.н., доц., доцент кафедры «Теоретиче-ская механика и гидравлика», ХНАДУ, м. Харьков, Укра-ина, e-mail: asrogovoy@ukr.net

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецкая-Белецкая Н.Б.**

Стаття подана 11.03.2016

УДК 656.11

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ В ПЕРІОД ПРОМІЖНИХ ТАКТІВ СВІТЛОФОРНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Ройко Ю.Я.

RESEARCH VELOCITY BETWEEN THE INTERMEDIATE CYCLES TRAFFIC LIGHT SIGNALING

Royko Yu.

У статті розглянуто результати дослідження миттєвих швидкостей руху в зоні регульованих перехресть за умови проїзду їх транспортними засобами без попередньої зупинки. Результати таких досліджень дають можливість оцінити ефективність світлофornoї сигналізації у період дії проміжних тактів, тобто у ті проміжки часу, протягом яких на регульованих перехрестях існує найбільша ймовірність виникнення аварійної ситуації. Наведено графічні залежності зміни швидкості руху від складу транспортного потоку та проведено оцінку часу проїзду автомобілями зони регульованого перехрестя за час жовтого сигналу залежно стану дорожнього покриття.

Ключові слова: миттєва швидкість руху, склад транспортного потоку, проміжний такт, світлофорна сигналізація, дорожнє покриття, дорожньо-транспортна подія.

Вступ. Під час роботи світлофornoї сигналізації існують такі проміжки часу, коли транспортні засоби, які здійснювали рух на дозволяючий сигнал світлофора продовжують його на жовтий сигнал, здійснюючи «прорив». Таке явище відбувається з двох причин: коли водій не має технічної можливості безпечно зупинити власний транспортний засіб на стоп-лінії під час зміни сигналу світлофора; водій приймає рішення проїхати перехрестя, оскільки вважає такий маневр виправданим з погляду безпеки руху. Проте, досить часто такі транспортні засоби опиняються в зоні перехрестя, утворюючи конфлікти з тими, які почали рух у наступній фазі регулювання. Небезпека таких конфліктів різко зростає, коли автомобілі суміжних фаз регулювання проїжджають зону регульованого перехрестя сходу. Тому, з погляду безпеки руху, особливу увагу слід приділити визначенню тривалості проміжних тактів, виходячи з швидкостей руху, які можуть існувати в зоні перехресть. Цей показник руху залежить від складу потоку та типу і стану дорожнього покриття. Визначення тривалості проміжних тактів та рознесення у часі їх ввімкнення для конфліктуючих на-

прямків, дасть можливість уникати аварійних ситуацій у зоні перехрестя. Такі заходи дозволять зменшити кількість та ступінь небезпеки дорожньо-транспортних подій з транспортними засобами, а також пішоходами.

Постановка проблеми. Існуючими нормативами встановлено рекомендовані значення тривалості складових світлофornoго циклу, зокрема і проміжних тактів. Досить часто на практиці виникає ряд проблем, зумовлених конструктивними особливостями перехресть, станом дорожнього покриття на них, складом транспортного потоку, які не дозволяють безпечно виконати маневри та уникнути затримок транспортних засобів. На цей час недостатньо визначено: вплив дорожніх умов на формування транспортних потоків та особливостей їх проїзду через зону регульованого перехрестя; врахування чинника людини під час прийняття рішення про проїзд перехрестя в момент зміни сигналів світлофора; критерії оцінки конфліктів між транспортними та пішохідними потоками в період зміни фаз світлофornoї сигналізації; затримки в зоні регульованого перехрестя зі значними розмірами, зумовленими великою кількістю вулиць, які його утворюють тощо. Для того, щоб оцінити цей вплив, необхідно провести ряд вимірювань одного із основних показників, які найхарактерніше визначають ступінь впливу перелічених вище умов – швидкості руху. Це дасть змогу визначити часові обмеження для складових циклу регулювання залежно дорожньо-планувальних умов та особливостей транспортних потоків з метою підвищення ефективності роботи регульованих перехресть та безпеки руху на них.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Призначення проміжного такту ґрунтується на двох умовах: інформувати водіїв про наближення ввімкнення заборонного сигналу і дати можливість транспортним засобам, які виїхали на перехрестя

звільнити небезпечну зону до того моменту, як буде дозволено руху у конфліктному напрямку [1–3]. Тривалість проміжного такту призначається залежно швидкості транспортних засобів, які під'їжджають до перехрестя. Для задоволення першої умови мінімальне значення тривалості проміжного такту розраховують з формули [1]:

$$t_n = t_p + \frac{v}{2a}, \quad (1)$$

де t_p – час реакції водія, с; v – швидкість транспортних засобів, які наближаються до перехрестя, м/с; a – сповільнення транспортного засобу, м/с². Невірно визначена тривалість проміжного такту може спричинити виникнення так званої зони ризику, яка є ділянкою близько перехрестя, знаходячись у якій транспортний засіб не може ані здійснити безпечну зупинку, ані звільнити перехрестя до початку ввімкнення заборонного сигналу без збільшення швидкості [1–5]. Виходячи із цього твердження, тривалість заборонного сигналу, яка задовольняє обидві умови, розраховується за формулою [1,6–8]:

$$t_n = t_p + \frac{v}{2a} + \frac{w+l}{v}, \quad (2)$$

де w – ширина перехрестя, м; l – довжина транспортного засобу, м.

Рівняння (1) та (2) є досить наближеними, оскільки результати останніх досліджень показують, що час реакції тривалістю 1 с задовольняє менше 50% водіїв [2], а у потоці, який проїжджає перехрестя можуть бути різноманітні транспортні засоби, у тому числі великогабаритний громадський транспорт. Також слід врахувати ту особливість, що ширина перехрестя не завжди відображає траєкторію руху транспортних засобів у його зоні, зокрема, коли мова йде про виконання маневру лівого повороту на складному перехресті, утвореного кількома вулицями (5 і більше) [8–10]. За такого випадку у роботах [4–7,12,13] пропонується уточнений підхід до визначення проміжного такту

$$t_n = t_p + \frac{v}{7,2a} + \frac{3,6(l_i + l_a)}{v}, \quad (3)$$

де l_i – відстань від стоп-лінії до дальньої конфліктної точки (ДКТ), м; l_a – довжина транспортного засобу, який найчастіше зустрічається у транспортному потоці, м.

Основною перевагою цього підходу є те, що відстань до ДКТ враховує траєкторію руху транспортних засобів, а це є важливим чинником за умови, коли на перехресті значна частка громадського транспорту, зокрема передбачено рух у складі транспортного потоку трамвайних вагонів.

Досить часто також виникає питання до оцінки рівностей (1) – (3), коли йдеться про умову, за якої транспортні засоби проїжджають стоп-лінію на жовтий сигнал, перебуваючи перед цим у стані розгону, тобто перед перехрестям існує черга певної довжини. Тоді швидкості у потоці будуть дещо меншими, а ніж у випадку, коли черги не було і транспортні засоби проїжджають перехрестя сходо. Слід звернути увагу, що на швидкість руху суттєвий вплив мають планувальні чинники і стан покриття [8–10,13].

Мета статті. Дослідити вплив складу транспортного потоку та планувальних особливостей регульованого перехрестя на швидкості руху в його зоні під час зміни сигналів світлофора. Визначити експериментальну тривалість проміжного такту, виходячи з умови покращення показників безпеки руху у конфліктній зоні.

Результати досліджень. Миттєва швидкість руху – це швидкість одиночного автомобіля в даному місці в даний час, зафіксована на короткій ділянці дороги (20-50 м) або за малий проміжок часу (2-4 с). Саме миттєва швидкість вирішальним чином впливає на безпеку руху – вона визначає кінетичну енергію автомобіля, а отже і його гальмівний шлях.

Зазвичай вибірка дослідження має містити швидкості найменше 50 автомобілів (бажано 100 і більше). Для оцінки необхідного об'єму вибірки використовують метод, який ґрунтується на середньодобовому об'ємі інтенсивності руху для даної ділянки.

Щоб уникнути зміщення результатів, вибір автомобілів із транспортного потоку для вимірювання швидкості руху необхідно проводити випадковим чином з такими умовами:

- коли автомобілі рухаються групами, вимірювання необхідно проводити шляхом варіювання положення транспортного засобу у групі; для вимірювання вибирають велику кількість вантажних автомобілів та громадського транспорту.

- необхідно намагатись отримати у вибірці приблизно таку ж пропорцію вантажних автомобілів та громадського транспорту, яка фактично існує у потоці, що досліджується;

На першому етапі формування залежностей визначено вплив складу потоку та стану і якості покриття на середні значення миттєвих швидкостей транспортних засобів, які перетинають сходо зону регульованого перехрестя. Для можливості порівняння об'єкти досліджень розділено на 4 групи умов за експлуатаційними якостями покриття у зоні перехрестя:

- I група – рівне асфальтобетонне покриття;
- II група – асфальтобетонне покриття з нерівностями;
- III група – покриття, викладене каменем без нерівностей;
- IV група – покриття, викладене каменем зі значними нерівностями.

На наступному етапі, використовуючи результати натурних вимірювань, визначено вплив

складу потоку на середнє значення миттєвих швидкостей у зоні регульованого перехрестя для кожної з груп (рис. 1).

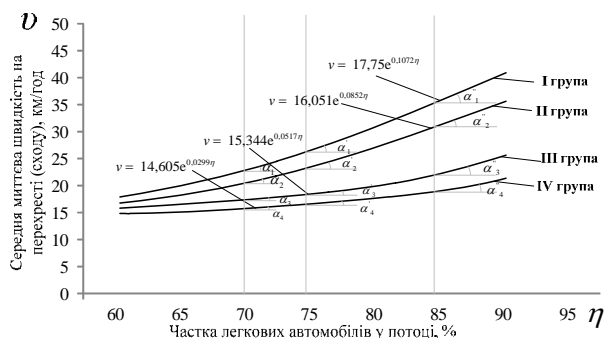


Рис. 1. Залежність зміни миттєвої швидкості від складу потоку за різного стану дорожнього покриття:

α_i – кут нахилу лінії швидкості

Аналізуючи рис. 1, можна стверджувати, що для потоків з великою неоднорідністю діапазон зміни швидкості незначний. Суттєва різниця настає, коли транспортний потік досягає однорідності у 75% легкових автомобілів. Від тоді різко відчувається вплив і складу потоку, і стану дорожнього покриття, що відображено за допомогою кута α_i , тангенс якого рівний швидкості руху.

Для отримання експериментальної залежності, ґрунтуючись на рівності (3), введемо такі значення параметрів: якщо у потоці 60 – 70% легкових автомобілів, то l_a приймаємо 10 м, а a_{cn} – 4 м/с²; 70 – 80% легкових автомобілів, то l_a приймаємо 7 м, а a_{cn} – 3,5 м/с²; 80 – 95% легкових автомобілів, то l_a приймаємо 5 м, а a_{cn} – 3 м/с². Відстань до ДКТ для всіх перехресть прийнята рівно 20 м. Враховуючи це і, використовуючи змінні значення швидкостей руху, відображені на рис. 1, наведемо графічну залежність величини тривалості проміжного такту для різних груп умов залежно складу транспортного потоку (рис. 2).

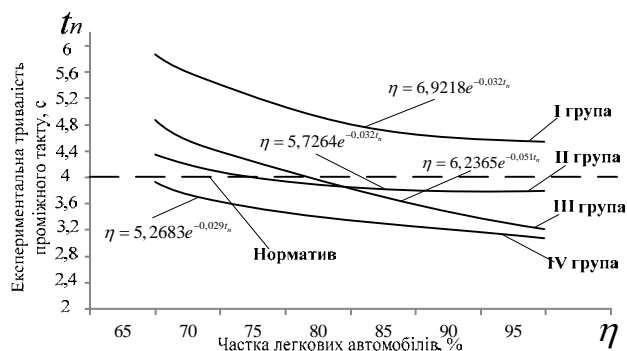


Рис. 2. Залежність зміни проміжного такту від складу транспортного потоку за різного стану дорожнього покриття

Із наведеного рис. 2 можна провести такий аналіз: лише за першої групи умов усі транспортні засоби, незалежно від динамічних габаритів, безперешкодно пройдуть ДКТ за час менший 4 с., за другої та третьої групи умов безконфліктно пройдуть лише потоки у яких відповідно від 75% та 80% легкових автомобілів, а за четвертої групи тривалість проміжного такту 4 с. провокує конфлікт між транспортними засобами, які рухаються у суміжних фазах.

Досить часто на практиці 4 с. проміжного такту є недостатніми, коли у потоці рухаються великогабаритні тролейбуси та трамваї криволінійною траєкторією руху. Це спричиняє різке зниження їх швидкості та автомобілів, які їдуть за ними. Характер такого пониження швидкості і його вплив на тривалість проміжного такту відображено на рис. 3.

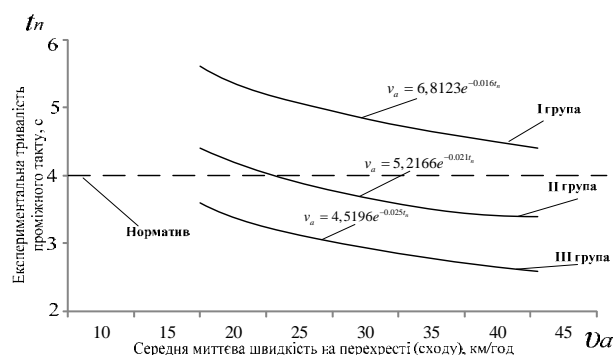


Рис. 3. Залежність зміни проміжного такту від миттєвої швидкості руху за різного складу потоку

На рис. 3 транспортний потік умовно поділений на 3 групи залежно складу: 1 група – частка легкових автомобілів 60 – 70%; 2 група – 70 – 80%; 3 група – 80 – 95%. Звідси робимо висновок, що автомобілі першої групи у експериментальних умовах потребують більше 4 с. часу для безпечного проїзду перехрестя, особливо, якщо врахувати умову, що у суміжній фазі транспортні засоби будуть перетинати стоп-лінію сходу, тобто без стартової затримки.

Висновки. Встановлено, що на рівних асфальтобетонних покриттях спостерігається одномодальний розподіл швидкостей, а зі збільшенням нерівностей розподіл набуває вигляду двомодального. Знайдено залежність середньої миттєвої швидкості на перехресті залежно частки легкових автомобілів у потоці. Так, якщо частка легкових автомобілів близько 60%, то така швидкість змінюється в межах 5 км/год для всіх чотирьох груп, а за 90% розмах значень досягає 20 км/год. Встановлено експериментальну залежність тривалості проміжного такту від частки легкових автомобілів, відповідно до якої за частки 75% і нижче невелика кількість транспортних засобів можуть встигнути пройти відстань до ДКТ за 4 с. За результатами досліджень можна стверджувати, що рекомендований час проміжного такту може прийматись для регульованих перехресть 3 – 6 с.

Література

1. Рэнкин В. У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения / В. У. Рэнкин – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
2. Markowski M. J. Modeling behavior in vehicular and pedestrian traffic flow / M. J. Markowski. – New York : Umi, 2008. – 162 p.
3. Chen X. Capacity reliability of signalized intersections with mixed traffic conditions / X. Chen, C. Chao, D. Li, C. Dong // Tsinghua science and technology. – 2009. – Vol. 14. – Num. 3. – P. 333-340.
4. Shao Chang-qiao. Study of the saturation flow rate and its influence factors at signalized intersections in China / Chang-qiao Shao, Jian Rong, Xiao-ming Liu // Procedia Social and Behavioral Sciences. – 2011. – 16. – P. 504-514.
5. Susilo B.H. Modification of saturation flow by width of road approach / B.H. Susilo, Y. Solihin // Procedia social and behavioral science. – 2011. – Vol. 16. – P. 620-629.
6. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения : [Текст] / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М. : Изд-ий центр «Академия», 2005. – 279 с.
7. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитріченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитріченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./ Гаврилов Е. В., Дмитріченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).
8. Moughtin C. Urban design: street and square / C. Moughtin. – Oxford : Architectural Press, 2003. – 320 p.
9. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.
10. Transport planning and traffic engineering / Edited by C. A. O'Flaherty. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.
11. Chen X. Influence of bicycle traffic on capacity of typical signalized intersection / X. Chen, C. Chao, H. Yue // Tsinghua science and technology. – 2007. – Vol. 12. – Num. 2. – P. 198-203.

References

1. Renkin V. U. Avtomobilnyie perevozki i organizatsiya dorozhnogo dvizheniya / V. U. Renkin – M. : Transport, 1981. – 592 s.
2. Markowski M. J. Modeling behavior in vehicular and pedestrian traffic flow / M. J. Markowski. – New York : Umi, 2008. – 162 p.
3. Chen X. Capacity reliability of signalized intersections with mixed traffic conditions / X. Chen, C. Chao, D. Li, C. Dong // Tsinghua science and technology. – 2009. – Vol. 14. – Num. 3. – P. 333-340.
4. Shao Chang-qiao. Study of the saturation flow rate and its influence factors at signalized intersections in China / Chang-qiao Shao, Jian Rong, Xiao-ming Liu // Procedia Social and Behavioral Sciences. – 2011. – 16. – P. 504-514.
5. Susilo B.H. Modification of saturation flow by width of road approach / B.H. Susilo, Y. Solihin // Procedia social and behavioral science. – 2011. – Vol. 16. – P. 620-629.
6. Kremenets Yu. A. Tehnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya : [Tekst] / Yu. A. Kremenets, M. P. Pecherskiy, M.B. Afanasev. – M.: Izd-iy tsentr «Akademiya», 2005. – 279 s.

7. Sistemologiya na transporti. Organizatsiya dorozhnogo ruhu [Gavrilov E. V., Dmitrichenko M. F., Dolya V. K. ta in.]; za red. M. F. Dmitrichenka. – K. : Znannya Ukraini, 2007. – 452 s. – (5 kn./ Gavrilov E. V., Dmitrichenko M. F., Dolya V. K. ta in.; kn. 4).
8. Moughtin C. Urban design: street and square / C. Moughtin. – Oxford : Architectural Press, 2003. – 320 p.
9. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.
10. Transport planning and traffic engineering / Edited by C. A. O'Flaherty. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.
11. Chen X. Influence of bicycle traffic on capacity of typical signalized intersection / X. Chen, C. Chao, H. Yue // Tsinghua science and technology. – 2007. – Vol. 12. – Num. 2. – P. 198-203.

Ройко Ю.Я. Исследование скорости движения в период промежуточных тактов светофорной сигнализации

В статье рассмотрены результаты исследования мгновенных скоростей движения в зоне регулируемых перекрестков при условии проезда их транспортными средствами без предварительной остановки. Результаты таких исследований дают возможность оценить эффективность светофорной сигнализации в период действия промежуточных тактов, то есть в те промежутки времени, в течение которых на регулируемых перекрестках существует наибольшая вероятность возникновения аварийной ситуации. Приведены графические зависимости изменения скорости движения от состава транспортного потока и проведена оценка времени проезда автомобилями зоны регулируемого перекрестка за время желтого сигнала в зависимости от состояния дорожного покрытия.

Ключевые слова: мгновенная скорость движения, состав транспортного потока, промежуточный такт, светофорная сигнализация, дорожное покрытие, дорожно-транспортное происшествие.

Royko Yu. Research velocity between the intermediate cycles traffic light signaling.

In the article the results of research instantaneous speeds in the zone controlled intersections provided passage of vehicles without first stopping. The results of these studies provide an opportunity to assess the effectiveness of traffic lights signaling the duration of the intermediate cycles, ie those intervals during which at controlled intersections there is the greatest likelihood of an emergency. An image changes depending on the speed of movement of traffic flow and estimated time of travel zone controlled intersections cars during yellow signal depending on the state of the road surface.

Keywords: instantaneous speed, traffic flow composition, intermediate cycle, traffic light signaling, road surface, road-traffic accident.

Ройко Ю.Я. – доцент, к.т.н., доцент кафедры транспортных технологий, Национальный университет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, e-mail: jurij.royko@gmail.com

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

УДК 656.11

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТ

Санько Я.В.

EVALUATION OF TRANSPORT FLOWS FOR FORMING TRANSPORT NETWORK

Sanko Ia.

В статті розглядаються методи оцінки планувальних схем вулично-дорожньої мережі й встановлено, що головним недоліком є використання їх усереднених значень. Виходячи з цього, розроблено моделі, що дозволяють встановити параметри транспортних мереж із заданим рівнем зручності переміщення. Встановлено, що задоволення потреб у переміщеннях досягається за рахунок створення необхідної пропускної здатності елементів транспортної мережі.

Ключові слова: транспортний потік, транспортна мережа, критерій оцінки, переміщення.

Вступ. Процес містобудівного проектування багато в чому визначається величиною населеного пункту. Питання розселення жителів міста стосовно місць прикладання праці, транспортного обслуговування міського населення, розвитку загальноміського центра, забезпечення зв'язку із приміською зоною й багато іншого здобувають у великих містах особливу гостроту. Саме тому норми й правила планування й забудови міст пов'язані з величиною проєктованого міста, що визначається кількістю жителів [1-3].

Постановка проблеми. З початком появи перших "міст", та їх подальшим розвитком, у сучасному розумінні сукупності будівель та споруд, що служили мешканцям житлом та місцем праці, виникла проблема внутрішніх переміщень. Адже вся територія була забудована таким чином, що між будівлями були вузькі проходи, де могли розминутися лише дві людини.

І цьому є свої пояснення (економія міського простору, відсутність будь-яких транспортних засобів, особливості рельєфу місцевості і т.д.). Пізніше, з появою різноманітних повозок та використанням у якості основної рушійної сили - коней, постала проблема їхнього переміщення вузькими міськими вулицями. Визначальним моментом, в історії розвитку

міст, стала поява перших карет (вагонів) та подальший перехід до сучасних транспортних засобів. Все це наклало свої вимоги щодо організації транспортного обслуговування мешканців, як всього міста, так і окремих його частин [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [5] визначено, що планувальна структура вулично-дорожньої мережі міста впливає на швидкість руху транспорту, витрати часу пасажирів, пропускну здатність мережі, ступінь безпеки руху, економічність використання пасажирського та вантажного транспорту.

Для того щоб визначити, на скільки ефективно спроектована або побудована вулично-дорожня мережа міста, розроблено відповідні критерії оцінки [1, 5-11].

Перший показник – ступінь непрямолінійності сполучень (коефіцієнт непрямолінійності транспортних сполучень) визначається, як відношення довжини шляху дорогами (вулицями) між двома точками до довжини повітряної лінії, яка сполучає ці точки:

$$k_{\text{непр}} = \frac{l_{ij}^{\text{дор}}}{l_{ij}^{\text{пов}}}, \quad (1)$$

де $k_{\text{непр}}$ – коефіцієнт непрямолінійності транспортних сполучень;

$l_{ij}^{\text{дор}}$ – довжина шляху по дорогах між двома точками, км.;

$l_{ij}^{\text{пов}}$ – довжина між двома точками по повітряю, км.

У роботах [1, 5] зазначено, що коефіцієнт непрямолінійності залежить від планувальної схеми вулично-дорожньої мережі міста і знаходиться в межах 1,05–1,5.

Другим показником є щільність вулично-дорожньої мережі міста, яка визначається, як відношення довжини транспортної мережі до площі території міста:

$$\delta = \frac{L_c}{F_c}, \quad (2)$$

де δ – щільність транспортної мережі, км/км²;

L_c – довжина транспортної мережі по осі вулиць, км;

F_c – селітебна територія міста, км².

Як зазначено в роботі [8], цей показник знаходиться в межах 0,7–4 км/км² і залежить від групи, до якої належить місто та територіальної частини міста (центральна, периферійна, промислова).

Різниця в нормах з проектування доріг у різні роки, а саме ширини проїзної частини, спричинила появу різновиду показника щільності вулично-дорожньої мережі, який визначається як відношення площі транспортної мережі до площі території міста [12]:

$$\delta' = \frac{S_{ВДМ}}{S_M}, \quad (3)$$

де $S_{ВДМ}$ – площа вулично-дорожньої мережі, км².

Головним недоліком перелічених показників є використання їхніх середніх значень. Це дозволяє приймати рішення на макрорівні за розроблення генеральних планів міст, комплексних схем транспорту тощо. На мікрорівні, за розроблення заходів з організації дорожнього руху, використовують такі показники, як рівень завантаження вулиць рухом (рівень обслуговування) та ступінь складності перехресть вулиць і доріг.

Рівень завантаження вулиць та доріг рухом можна оцінити використовуючи відношення фактичної швидкості чи щільності руху транспортного потоку до їхніх максимальних значень [13]

$$c = \frac{V_z}{V_{max}}, \quad (4)$$

$$\rho = \frac{q_z}{q_{max}}, \quad (5)$$

де V_z, V_{max} – швидкість руху за будь-якого рівня зручності та за вільних умов відповідно, км/год;

q_z, q_{max} – щільність транспортного потоку за будь-якого рівня зручності та максимальна відповідно, авт./км.

Ступінь складності перехресть вулиць і доріг оцінюється за рівнем їхньої аварійності, безпеки руху через відповідні коефіцієнти безпеки та за пропускну здатністю.

Рівень безпеки руху на перехрестях оцінюється показником аварійності, запропонованим в роботі [1]:

$$K_a = \frac{G \cdot K_p \cdot 10^7}{25(M_\Sigma + N_\Sigma)}, \quad (6)$$

де G – сума небезпеки всіх конфліктних точок;

K_p – коефіцієнт річної нерівномірності інтенсивності руху;

M_Σ, N_Σ – сумарні інтенсивності руху на дорогах, які перетинаються, авт./добу.

Таким чином, в ході аналізу, було з'ясовано, що всі оціночні показники залежать від параметрів ділянок транспортної мережі, а саме довжини та ширини.

Мета статті. Метою даної статті є визначення впливу транспортних потоків на формування транспортної мережі міст.

Результати досліджень. З огляду на концепцію розвитку міста відбувається зміна транспортної мережі за рахунок зміни її параметрів. Що стосується існуючої транспортної мережі, то відбувається лише зміна ширини проїзної частини шляхом її розширення (безумовно там де це можливо). В окремих випадках закриття частини вулиць з організацією пішохідного руху.

Такі заходи обумовлені збільшенням інтенсивностей руху транспортних потоків й відповідно зменшенням пропускну здатності елементів транспортної мережі. Але використання такого підходу є тимчасовим й потребує кардинальних змін.

Для того щоб зрозуміти які заходи забезпечать ефективне функціонування транспортних систем міст необхідно розробити модель оцінки впливу транспортних потоків на параметри транспортної мережі.

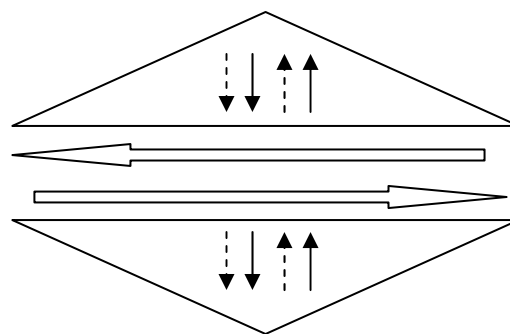





Рис. 1. Схема елемента транспортної мережі з прилеглою територією:

-  – прилегла територія, яку обслуговує ділянка транспортної мережі;
-  – транзитні транспортні потоки;
-  – місцеві транспортні та пасажирські (пішохідні) потоки

Якщо поглянути на схему елемента транспортної мережі з прилеглою територією (рис. 1), то очевидним є те, що:

- 1) всі потоки розподіляються на місцеві та транзитні;
- 2) в крайніх точках відбувається розподіл потоків;
- 3) утворення та поглинання потоків відбувається в місцях приєднання місцевих мереж до магістральної.

Перше, що необхідно визначити це кількість населення, яка утворює місцеві потоки. Для цього використаємо деякі припущення:

- 1) транспортні та пасажирські (пішохідні) потоки утворює самодіяльне населення;
- 2) кількість населення визначається його щільністю;
- 3) часовий період протягом якого відбувається максимальне переміщення – ранковий "пік".

Отже кількість населення, що утворює транспортний потік визначається за залежністю:

$$N_{нас}^{mp} = c_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_a, \quad (1)$$

де $c_{нас}$ – щільність населення, чол./га;

S_p – площа території, га;

k_c – коефіцієнт, що враховує самодіяльне населення;

k_a – коефіцієнт користування індивідуальними транспортними засобами.

Відповідно кількість транспортних засобів, що утворює транспортний потік визначається за залежністю:

$$A_{mp} = \frac{c_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_a}{k_3}, \quad (2)$$

де k_3 – коефіцієнт заповнення індивідуальних транспортних засобів.

Або враховуючи рівень автомобілізації кількість транспортних засобів, що утворює транспортний потік визначається за залежністю:

$$A_{mp} = \frac{c_{нас} \cdot S_p \cdot y_a \cdot k_6}{k_3}, \quad (3)$$

де y_a – рівень автомобілізації, авт./1000 чол.;

k_6 – коефіцієнт використання транспортних засобів.

Кількість населення, що утворює пасажирський (пішохідний) потік визначається за залежністю:

$$N_{нас}^{МПТ} = c_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_{МПТ}, \quad (4)$$

де $k_{МПТ}$ – коефіцієнт користування МПТ.

Відповідно кількість транспортних засобів МПТ, що задовольняє послугами пасажирів можна визначити за залежністю:

$$A_{МПТ} = \frac{c_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_{МПТ} \cdot \bar{t}_{об}}{q_n \cdot \gamma_c}, \quad (5)$$

де $\bar{t}_{об}$ – середній час оборту, год.;

q_n – середня місткість транспортних засобів, пас.;

γ_c – середній коефіцієнт заповнення салонів транспортних засобів.

Для оцінки зручності переміщення транспортних та пасажирських потоків доцільно застосувати рівень завантаження дороги рухом [13]:

$$z = \frac{N}{P}, \quad (6)$$

де N – інтенсивність транспортних засобів, авт./год.;

P – пропускна здатність елемента транспортної мережі, авт./год.

Очевидно, що кількість смуг для руху транспортних засобів із заданим рівнем зручності може бути визначено за залежністю:

$$n = \frac{N}{P \cdot z}, \quad (7)$$

або

$$n = \frac{A_{mp} + A_{МПТ}}{P \cdot z}. \quad (8)$$

Якщо до місцевих потоків додати транзитні, які формуються на інших територіях, то отримаємо:

$$n = \frac{A_{mp} + A_{МПТ} + A}{P \cdot z}, \quad (9)$$

де A – кількість транзитних транспортних засобів по відношенню до поточної території, авт./год.

Наступним кроком є визначення взаємодії транзитних та місцевих потоків. Для індивідуальних транспортних засобів – це місця виїзду з прилеглої до магістральної території й відповідно визначається загальним часом виїзду:

$$T_{виїзду} = \frac{A_{mp} \cdot \bar{t}_{виїзду}}{n_6}, \quad (10)$$

де $\bar{t}_{виїзду}$ – середній час виїзду транспортного засобу з прилеглої до магістральної території, год.;

n_6 – кількість виїздів з прилеглої до магістральної території.

Для пасажирських потоків – це зупинки МПТ й відповідно визначається загальним часом простою транспортних засобів:

$$T_{np} = N_{нас}^{МПТ} \cdot \bar{t}_{n(с)}, \quad (11)$$

або

$$T_{np} = A_{mp} \cdot \bar{t}_{np}, \quad (12)$$

де $\bar{t}_{n(с)}$ – середній час посадки (висадки) пасажирів, год.;

\bar{t}_{np} – середній час простою пасажирського транспортного засобу, год.

Останнім елементом є розподіл потоків в кінцевих точках відрізка транспортної мережі. При будь-якій системі розподілу визначають затримки, які визначаються:

$$T_z = (A_{mp} + A_{МПТ} + A) \cdot \bar{t}_z, \quad (13)$$

де \bar{t}_z – середній час затримки транспортного засобу при проїзді перехрестя, год.

Таким чином сформовано уявлення про утворення та розподіл потоків, які формують параметри транспортної мережі, а саме кількість смуг руху.

В подальшому необхідно провести експериментальні дослідження щодо визначення параметрів розроблених моделей.

Висновки. Аналіз робіт з транспортного планування міст довів, що під час розроблення нових міських територій проєктувальниками та науковцями все більше уваги приділяється визначенню раціональної структури вулично-дорожньої мережі, яка б забезпечувала мінімальні витрати на переміщення транспортних та пішохідних потоків.

Розроблені моделі утворення та розподілу транспортних та пасажирських потоків в повній мірі дозволяють встановити параметри транспортних мереж при заданому рівні зручності переміщення.

В подальшому необхідно провести експериментальні дослідження щодо визначення параметрів розроблених моделей, а саме: середній час виїзду транспортного засобу з прилеглої до магістральної території; середній час посадки (висадки) пасажирів та середній час простою пасажирського транспортного засобу.

Література

1. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов [Текст] / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
2. Taylor N. Urban planning theory since 1945 [Text] / N. Taylor. – Gateshead : SAGE Publications, 1998. – 184 p.
3. Williams K. Achieving sustainable urban form [Text] / Williams K., Burton E., Jenks M. – Suffolk: E&FN Spon, 2000. – 388 p.

4. Косицький Я. В. Основы теории планировки и застройки городов [Текст] / Я. В. Косицький, Н. Г. Благовидова. – М. : Архитектура-С, 2007. – 76 с.
5. Hall P. Urban and regional planning [Text] / P. Hall. – Routledge, 2002. – 237 p.
6. Moughtin C. Urban design: street and square [Text] / C. Moughtin. – Oxford : Architectural Press, 2003. – 320 p.
7. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry [Text] / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.
8. Безлюбченко О. С. Планування і благоустрій міст [Текст] / О. С. Безлюбченко, О. В. Завальний, Т. О. Черноусова: Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 191 с.
9. Васильева Г. Ю. Методи мінімізації затримок транспорту на магістральній вулично-дорожній мережі міст України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.20 «Містобудування та територіальне планування» [Текст] / Г. Ю. Васильева. – К., 2007. – 21 с.
10. Cuthbert A. The form of cities [Text] / A. Cuthbert. – Blackwell, 2006. – 304 p.
11. Corey K. Urban and regional technology planning: planning practice in the global knowledge economy [Text] / K. Corey. – Routledge, 2006. – 268 p.
12. Лобашов О. О. Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоки в містах [Текст] / О. О. Лобашов. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 170 с.
13. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка [Текст] / – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./ Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).

References

1. Lobanov E. M. Transportnaja planirovka gorodov [Tekst] / E. M. Lobanov. – M. : Transport, 1990. – 240 s.
2. Taylor N. Urban planning theory since 1945 [Text] / N. Taylor. – Gateshead : SAGE Publications, 1998. – 184 p.
3. Williams K. Achieving sustainable urban form [Text] / Williams K., Burton E., Jenks M. – Suffolk: E&FN Spon, 2000. – 388 p.
4. Kosićkij Ja. V. Osnovy teorii planirovki i za-strojki gorodov [Tekst] / Ja. V. Kosićkij, N. G. Bla-govidova. – M. : Arhitektura-S, 2007. – 76 s.
5. Hall P. Urban and regional planning [Text] / P. Hall. – Routledge, 2002. – 237 p.
6. Moughtin C. Urban design: street and square [Text] / C. Moughtin. – Oxford : Architectural Press, 2003. – 320 p.
7. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry [Text] / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.
8. Bezljubchenko O. S. Planuvannja i blagoustrij mist [Tekst] / O. S. Bezljubchenko, O. V. Zaval'nij, T. O. Chernonosova: Hark. nac. akad. mis'k. gosp-va. – H. : HNAMEG, 2011. – 191 s.
9. Vasil'eva G. Ju. Metodi minimizacii zatrimok trans-portu na magistral'nij vulichno-dorozhnij merezhi mist Ukraїni : avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja kand. tehn. nauk : spec. 05.23.20 «Mistobuduvannja ta teritorial'ne planuvannja» [Tekst] / G. Ju. Vasil'eva. – K., 2007. – 21 s.
10. Cuthbert A. The form of cities [Text] / A. Cuthbert. – Blackwell, 2006. – 304 p.
11. Corey K. Urban and regional technology planning: planning practice in the global knowledge economy [Text] / K. Corey. – Routledge, 2006. – 268 p.

12. Lobashov O. O. Modeljuvannja vplivu merezhi parkuvannja na transportni potoki v mistah [Tekst] / O. O. Lobashov. – H. : HNAMEG, 2010. – 170 s.
13. Sistemologija na transporti. Organizacija dorozhn'ogo ruhu [Gavrilov E. V., Dmitrichenko M. F., Dolja V. K. ta in.]; za red. M. F. Dmitrichenka [Tekst] / – K. : Znannja Ukraïni, 2007. – 452 s. – (5 kn./ Gavrilov E. V., Dmitrichenko M. F., Dolja V. K. ta in.; kn. 4).

Санько Я.В. Оценка влияния транспортных потоков на формирование транспортной сети городов

В статье рассматриваются методы оценки планировочных схем улично-дорожной сети и установлено, что главным недостатком является использование их усредненных значений. Исходя из этого, разработаны модели, позволяющие установить параметры транспортных сетей с заданным уровнем удобства перемещения. Установлено, что удовлетворение потребностей в перемещениях достигается за счет создания необходимой пропускной способности элементов транспортной сети.

Ключевые слова: транспортный поток, транспортная сеть, критерий оценки, перемещения.

Sanko Ia. Evaluation of transport flows for forming transport network

The article deals with methods of assessment planning schemes road network and found that the main drawback is the use of the average values. On this basis, developed a model to set the transport networks with a given level of convenience of movement, Namely the creation of transport and passenger flows, interaction and local transit flows and distribution of all streams. Found that meet the needs of movements is achieved by creating the necessary bandwidth transport network elements. For this it is advisable to apply the general assessment criterion - moving or relocation costs.

Keywords: traffic, transportation network, the criterion of evaluation, movement.

Санько Я.В. – к.т.н., доц., докторант кафедри транспортних систем і логістики, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: yron08@rambler.ru.

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

Стаття подана 29.03.2016

УДК 332

СКЛАДОВІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІЖРЕГІОНАЛЬНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА

Сербряк К.І.

COMPONENTS OF INFORMATION INFRASTRUCTURE INTER-REGIONAL COOPERATION

Serebryac C.I.

У статті визначено складові інформаційної інфраструктури міжрегіонального співробітництва. Схарактеризовано інститути інформаційної інфраструктури задля міжрегіонального співробітництва.

Ключові слова: міжрегіональне співробітництво, складові, інформаційна інфраструктура.

Поставника проблеми. Загальновідомо, що якість інформаційного забезпечення значно впливає на соціально-економічне становище регіонів. А регіони України поділені на лідерів та аутсайдерів за умовами сприяння розвитку регіональної співпраці. До першої категорії відносять Вінницьку, Запорізьку, Дніпропетровську, Івано-Франківську, Київську, Кіровоградську, Полтавську і Харківську області, до другої - Донецьку, Луганську, Чернівецьку. Інші регіони не мають вираженого превалювання рис інтенсивного розвитку міжрегіонального співробітництва чи його відсутності, тому отримали умовні рейтинги. Таке групування дозволяє визначати перспективи подальшого розвитку регіонів та окреслюють орієнтири для внесення коректив в регіональні Стратегії чи плани дій місцевої влади сумісно з зацікавленими суб'єктами господарювання та громадськістю. Задля цього необхідно визначитися з суб'єктами, які повинні приймати активну участь для підвищення ефективності міжрегіональної співпраці

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання інформаційної інфраструктури та її розвитку розглянуті у роботах багатьох вчених регіонів [1-3]. У багатьох працях інформаційна інфраструктура задля міжрегіонального співробітництва розглядається фрагментарно, як правило, лише в загальному вигляді

Відсутність наукових основ організації інформаційної інфраструктури міжрегіонального співробітництва спричинила безсистемне вирішення цих питань на практиці, що обумовлює безсистемний

розвиток інформаційної інфраструктури міжрегіонального співробітництва.

Метою статті є визначення складових інформаційної інфраструктури міжрегіонального співробітництва та визначити інститути інформаційної інфраструктури.

Результати досліджень. Ефективність інформаційного забезпечення перебуває в прямій залежності від координованості дій щодо встановлення зв'язків між суб'єктами інформаційного сектору. Набір елементів інформаційного сектору міжрегіонального співробітництва різний, але виходячи з аналізу розвитку інформаційної інфраструктури в регіонах України, необхідно визначити ті, що забезпечують циркуляцію інформації для всіх сфер економічної діяльності в регіоні, що надають послуги у процесі передачі інформації, а також тих, що відповідальні за інформаційне забезпечення соціальної сфери, місцевого та державного управління (рис. 1).

Так, серед складових інформаційної інфраструктури слід виділити технічне й апаратне забезпечення (бази даних та бази знань, програмні системи обробки інформації, технологічне та технічне забезпечення зв'язку тощо); економічно-аналітичне забезпечення (державні та обласні комітети статистики, інформаційні центри, торгово-промислові палати, інноваційні центри міжрегіонального співробітництва, законодавчі органи влади тощо); соціальні інституції (засоби масової інформації, вищі навчальні заклади, науково-дослідні інститути, заклади підвищення кваліфікації працівників тощо).

Технічне забезпечення дозволяє здійснювати взаємодію між економічними суб'єктами без посереднього контакту цих суб'єктів, що прискорює обіг ресурсів в економіці регіону й дозволяє здійснювати операції, які раніше були неможливі (організація інтернет-магазинів, прискорення пошуку оптимального ресурсу чи технології; формування фінансових, товарних та ресурсних бірж тощо). Виходячи з цього

го, інформаційна інфраструктура повинна забезпечувати суб'єктів міжрегіональної співпраці можливостями збору, обробки, передачі й використання якісної, точної інформації.

Таким чином, в результаті узагальнення процесів, які відбуваються під час забезпечення інформаційних потреб економічних суб'єктів та суспільства в цілому, було визначено основних учасників інформаційного процесу. До яких слід віднести: інформаційних посередників (засоби масової інформації, телефонні та Інтернет-оператори, довідкові служби, мережі зв'язку, біржі тощо), які забезпечують взаємозв'язок споживача інформації з джерелами її виникнення і власниками; користувачів інформації (всі суб'єкти економічної діяльності, тобто фірми, підприємства, маркетингові служби тощо); джерела інформації (аудитори, інформаційні агентства, законодавча влада, державні інформаційні служби, органи статистики, торгово-промислові палати, інформаційні агентства, виробники програмного забезпечення, інформаційні служби товаровиробників, аналіти-

чні відділи компаній, бірж, ярмарків тощо); зберігачів інформації – архіви, бази даних, картотеки, Інтернет-сервери.

Суб'єктами міжрегіонального співробітництва в сфері інформатизації виступають органи державної влади, органи регіональної влади та суб'єкти господарювання у регіонах (рис..2). В процесі виконання своїх функціональних повноважень і здійснення господарської діяльності органи влади та суб'єкти господарювання створюють інформаційні ресурси задля розвитку співпраці та отримання економічного ефекту, які знаходяться в управлінні суб'єктів міжрегіонального співробітництва і виконують допоміжні функції щодо його активізації і розвитку. Інформаційні ресурси державного рівня забезпечують методологічні основи формування, структурування, накопичення та передачі інформаційних даних стосовно соціально-економічного розвитку регіонів і їх співпраці.

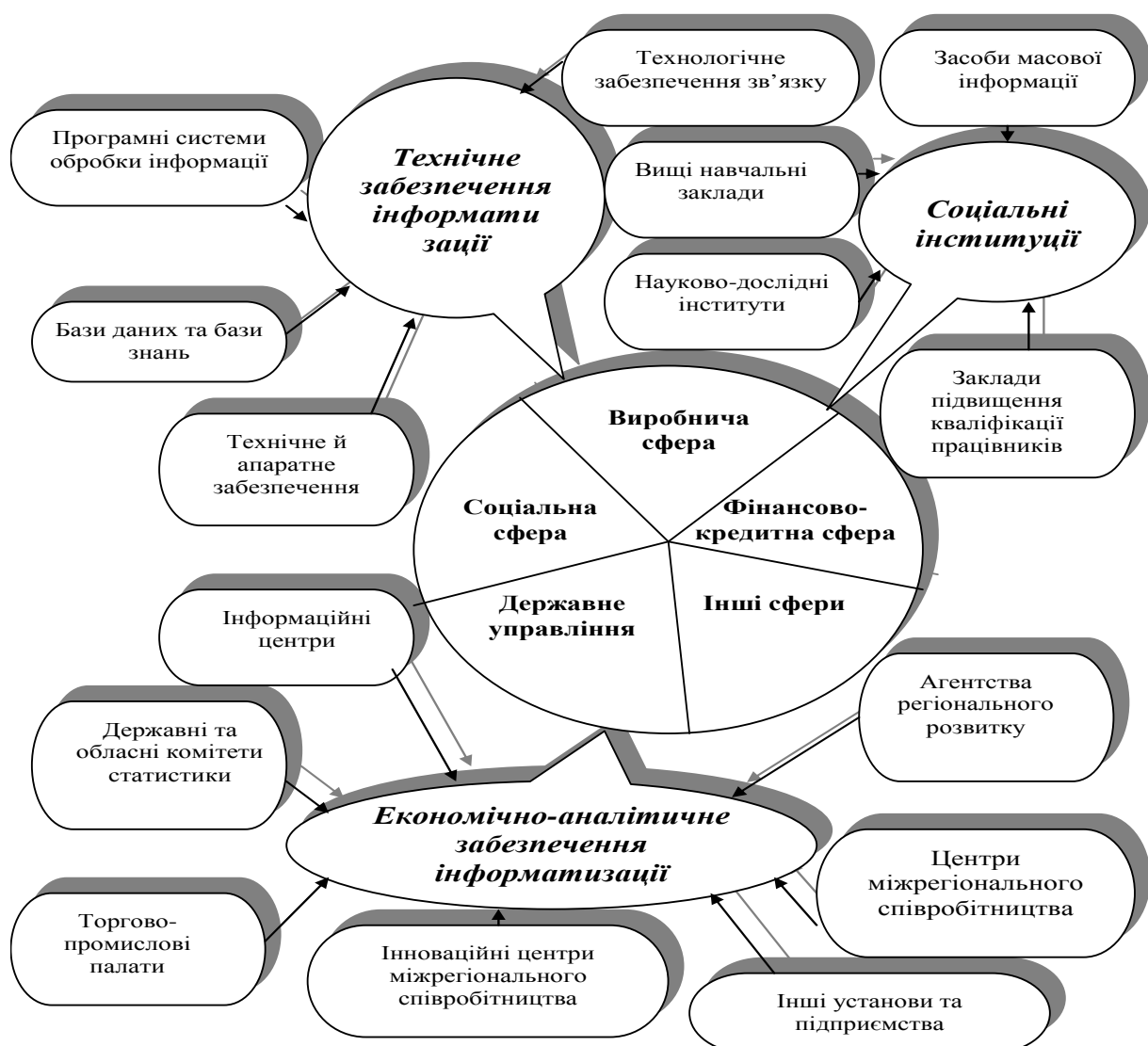


Рис. 1. Складові інформаційної інфраструктури міжрегіонального співробітництва

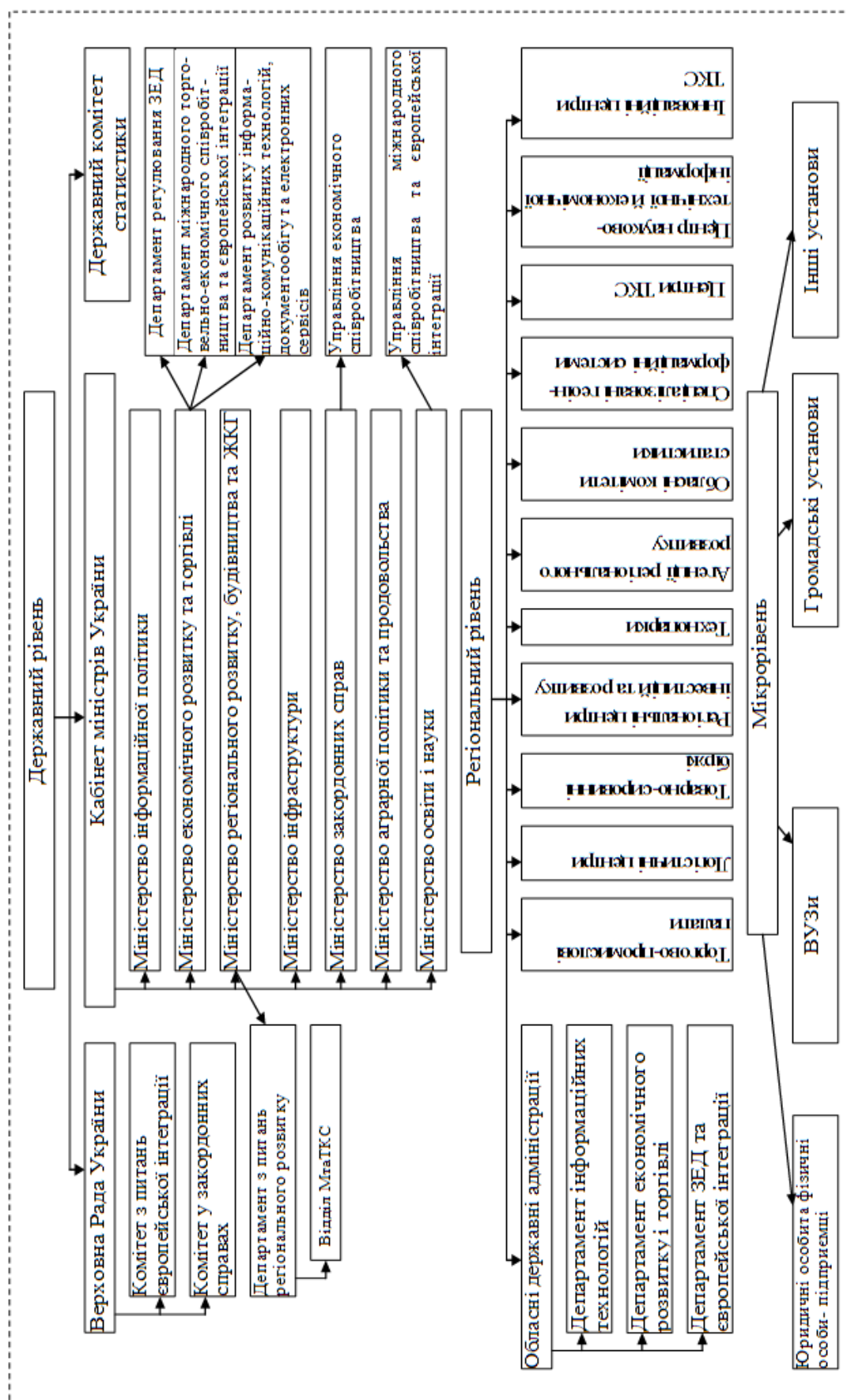


Рис. 2. Інститути інформаційної інфраструктури для мікрорегіонального співробітництва

Інформаційна інфраструктура держави формується шляхом розвитку національної, галузевих і регіональних інформаційних систем, мереж та електронних ресурсів, інформаційно-аналітичних систем органів державної влади та органів місцевого самоврядування; створення вітчизняними виробниками на основі фундаментальних і прикладних досліджень новітніх конкурентоспроможних ІКТ, засобів інформатизації та комп'ютерних програм, прискорення робіт, пов'язаних з розробкою, створенням та застосуванням комп'ютерних систем та інших перспективних технологій; активізації впровадження систем електронних розрахунків за придбані товари, виконані роботи та надані послуги; виконання зобов'язань щодо міжнародного співробітництва, спрямованого на розвиток інформаційної інфраструктури та забезпечення розширення участі України у відповідних міжнародних ініціативах [4].

Органи державного управління мають у своєму розпорядженні найповнішу та достовірну інформацію про систему підприємств, організацій та установ, їх структуру, вид діяльності, номенклатуру продукції, постачальників та замовників продукції, матеріально-технічне забезпечення тощо. Завдяки органам ліцензування дані постійно оновлюються щодо підприємств та організацій. Так, Фонд держмайна друкує відомості про зареєстровані інвестиційні фонди. У свою чергу, Міністерство освіти і науки України публікує перелік вищих та середніх навчальних закладів, а також списки діючих спеціальностей. Так, основу інформаційного простору органів державної влади складають інформаційно-телекомунікаційні системи, що спроможні забезпечити інформаційну підтримку прийнятих рішень як у сфері управління економікою, так і забезпечення безпеки особистості, суспільства, держави. Такими системами на державному рівні визначаються наступні: інформаційно-телекомунікаційна система спеціального призначення; інформаційно-комунікаційна система, яка розроблялася для Верховної Ради України; інтегрована інформаційно-аналітична система правоохоронних органів; єдина державна система персоналу.

Ці системи розробляються з урахуванням таких вимог: формування єдиного інформаційного простору України в інтересах громадян і державної влади; виключення монополії щодо надання інформації безпосередньо Президентові України, Кабінету Міністрів України та Верховній Раді України; доступ органів державної влади і, насамперед, Президента України і Кабінету Міністрів України, Верховної Ради України до всіх інформаційних ресурсів відповідно до чинного законодавства; об'єднання і розвиток незалежних джерел інформації; захист державної таємниці, використання сучасного телекомунікаційного середовища [5].

На рівні держави повноваження та компетенція у сфері міжрегіонального співробітництва реалізуються у відповідності до Конституції України. Так, у ст. 85 пп.5,6,14 визначено повноваження Верховної

Ради України щодо визначення основ внутрішньої та зовнішньої політики, затвердження державних програм економічного, соціального, культурного розвитку та охорони навколишнього середовища, затвердження рішень про надання та отримання кредитів, економічної допомоги міжнародних фінансових організацій, банків. Кабінет Міністрів України у відповідності до ст. 116 пп. 1,3,4,8 забезпечує здійснення внутрішньої та зовнішньої політики держави, проведення фінансової, цінової, інвестиційної та податкової політики, політики в сфері праці, соціального захисту, охорони довкілля, екологічної безпеки та природокористування, розробляє та здійснює державні програми економічного, науково-технічного, соціального і культурного розвитку України, а також організовує та забезпечує процес зовнішньоекономічної діяльності та митного діла. Ст. 119 пп. 3,4,7 Конституції України передбачають повноваження місцевих державних адміністрацій щодо виконання державних та регіональних програм соціально-економічного та культурного розвитку, програм охорони навколишнього середовища, підготовку та виконання відповідних бюджетів, реалізацію інших наданих державою повноважень та взаємодії з органами місцевого самоврядування [6].

Інформаційні ресурси Державного комітету статистики України виступають основою інформаційної системи міжрегіонального співробітництва. Їх основна функція полягає у забезпеченні статистичного спостереження та здійснення інформаційно-аналітичного огляду змін у соціально-економічному розвитку регіонів України і держави в цілому. Інфраструктура Державного комітету статистики містить розвинуту мережу територіальних управлінь статистики, які мають інтегровану інформаційно-комунікаційну мережу збору, обробки та передачі статистичної інформації. Проте, статистично-аналітичні бази Державного комітету статистики містять суто загальну, аналітичну інформацію, яка часто є застарілою у часі стосовно використання її для активізації міжрегіонального співробітництва. Так, інформація про обсяги реалізації та прибутку (з точки зору можливостей налагодження договірних зв'язків) збирається у кварталний термін, її оприлюднення затримується ще на місяць, а за багатьма позиціями маркується позначкою "конфіденційна", що не дає змогу оцінити можливості того чи іншого регіону у перспективах розвитку та наявності можливих ризиків.

В управлінні Державного комітету зв'язку та інформації знаходяться підприємства зв'язку та їх філії у регіонах країни (ДП "Укртелеком"), що забезпечують надання послуг телефонного, цифрового абонентського зв'язку, а також надають доступ до глобальної мережі Інтернет. У відповідності до діючого законодавства та міжнародних угод здійснюють свою діяльність у регіонах країни й оператори мобільного зв'язку (UMC, Київстар, Life). Інформаційні ресурси сфери зв'язку мають дуже важливе значення як у суспільному житті, так і для розвитку міжре-

гіональної співпраці, тому що за їх допомогою здійснюються найбільш швидкі контакти між суб'єктами співробітництва, забезпечується оперативна передача інформації, організований широкий різноманітний доступ всіх категорій споживачів до системи зв'язку.

На рівні Міністерства закордонних справ формується інформація щодо забезпечення пересування товарів, вантажів, людей з/або на територію країни: митниці, порти, облаштовані пункти перетину державного кордону і т. ін., де збирається, обробляється та накопичується інформація стосовно міжрегіонального (міжнародного) співробітництва. Під керівництвом Міністерства фінансів України функціонує розвинута мережа державних фінансів, які обумовлюють співпрацю регіонів країни у розвитку фінансового сектору.

На регіональному рівні міжрегіональному співробітництву сприяють інфраструктурні об'єкти обласних управлінь статистики, філії провідних мобільних операторів зв'язку, регіональні торгово-промислові палати, товарно-сировинні біржі, логістичні центри, інвестиційні центри, інформаційні центри, науково-технічні центри, технопарки, кластери і т.ін. Кількість та сучасний стан таких інфраструктурних об'єктів у різних регіонах країни дуже відрізняється як за своїми технічними характеристиками, так і за організаційно комунікаційними зв'язками. Це обумовлено нерівномірністю соціально-економічного розвитку регіонів та їх геополітичним розташуванням, а також фінансовими можливостями суб'єктів господарювання.

Основою інформаційної системи регіону є обласні управління статистики, які формують методологічне підґрунтя статистичних спостережень. Прийняття управлінських рішень у регіоні базується на використанні інформаційного ресурсу. Правильність і цінність управлінських рішень значною мірою залежить від інформаційного забезпечення процесу управління, використання сучасних інформаційних систем різного рівня, що включає всі стадії їх функціонування. Кожна стадія процесу управління забезпечується певною інформацією, яка стає основою для функціонування наступної стадії прийняття рішень. При цьому, цей процес обов'язково потребує зворотнього зв'язку, що забезпечує передачу інформації про реакцію керованого об'єкта на попередні керуючі впливи, або про зміни стану спостережуваної системи в часі. Як правило, розвинута інформаційна система регіону включає наступні підсистеми: внутрішньої інформації, зовнішньої інформації та інформації специфічних сегментів. У практиці ці підсистеми часто розглядають як самостійні інформаційні системи. Система внутрішньої інформації включає сукупність даних, що виникають у регіоні у формі статистичної звітності, оперативної і поточної виробничої, соціальної й науково-технічної інформації. Система зовнішньої інформації поєднує відомості про стан зовнішнього середовища, зовнішніх ринків та їх інфраструктури, оцінки, прогнози та

стан розвитку інших регіонів країни і зарубіжжя. Система інформації специфічних сегментів формується у відповідності до спеціалізації регіону. Крім того, важливим виявляється суб'єктивна оцінка території її мешканцями й нерезидентами. Зокрема, специфічною є інформація про те, наскільки мешканці регіону почувають свою прихильність до території, вважають її сприятливою та комфортною для проживання.

Перед регіональними і державними органами управління в сфері інформатизації стоїть завдання створення надійного і прозорого інформаційного середовища, ґрунтованого на взаємовигідній і партнерській співпраці усіх регіонів країни з метою забезпечення вирішення завдань становлення, функціонування і розвитку регіональних інформаційних систем.

Інфраструктура інформаційної системи регіону задля міжрегіонального співробітництва має виокремити суто специфічні складові, що забезпечують надання інформаційних послуг і сприяють активізації розвитку такої співпраці.

На регіональному рівні координацію дій щодо розвитку міжрегіонального співробітництва здійснюють обласні державні адміністрації, у складі яких діють управління і департаменти економічного розвитку і торгівлі, інвестицій та управління проектами, агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів, зовнішньоекономічної діяльності, культури і туризму, молоді та спорту. До компетенції їх управління належать нормативно-правові рішення щодо розвитку міжрегіональної співпраці за кожною сферою підпорядкування. Крім того, на регіональному рівні створюються та діють інформаційно-аналітичні центри, логістичні центри, торговельні центри, торгово-промислові палати, регіональні товарні та товарно-сировинні біржі, інвестиційні центри, міжнародні агенції, агенції регіонального розвитку і т.ін.

Так, торгово-промислові палати створюють сприятливі умови для підприємницької діяльності, сприяють всебічному розвитку науково-технічних і торговельних зв'язків між українськими підприємствами та їх зарубіжними партнерами, представляють інтереси їх членів з питань господарської діяльності як в Україні, так і за її межами. Надають практичну допомогу підприємцям у проведенні торговельно-економічних операцій на внутрішньому та зовнішньому ринках, сприяють розвитку експорту українських товарів та послуг, для чого надають своїм членам широкий спектр професійних послуг, в тому числі консультативних з питань зовнішньої торгівлі та оцінки ринків, проводять незалежну експертизу товарів, здійснюють оцінку рухомого і нерухомого майна, нематеріальних активів, надають послуги з штрихового кодування товарів, патентно-ліцензійні послуги, оформляють документацію з метою забезпечення захисту прав на інтелектуальну власність та ін. Палати надають українським та іноземним підприємцям ділову та юридичну інформацію, органі-

зовують семінари, конференції, виставки в Україні і за кордоном, забезпечують ділові переговори з економічних питань.

Товарно-сировинні біржі організовують та проводять аукціони і біржові торги з продажу: оптових партій продукції підприємств України (енергоносіїв, металів, лісоматеріалів, сільгосппродукції та сировини, продовольчих товарів, продукції виробничо-технічного призначення, товарів народного вжитку, матеріалів, транспортних засобів); майна державної, комунальної та приватної форм власності (нерухомого майна); земельних ділянок та права їх оренди; майна підприємств-банкрутів; об'єктів податкової та банківської застави; безхазяйного майна. Біржа надає клієнтам комплекс інформаційно-консультаційних, оціночних і рекламних послуг.

Основними завданнями та функціями логістичного центру є оптимізація вантажних перевезень в Україні, організація перевезень вантажів у вагонах державних вагонних компаній, вдосконалення системи надання транспортних послуг, поліпшення їх якості, залучення додаткових вантажопотоків.

Аналіз функціонування суб'єктів інфраструктури міжрегіонального співробітництва дозволив зробити висновок, що логістичні центри накопичують, зберігають та надають інформацію стосовно вантажоперевезень, сировинні біржі працюють у режимі надання інформації про сировину, інвестиційні центри спрямовані на залучення інвестицій та інвесторів до співпраці і т.п. Проте, їхні інформаційні потоки майже не перетинаються, функціонують автономно, тому існує дефіцит інформаційних послуг для різних конкретних споживачів у задоволенні потреби в цій інформації.

Також слід зазначити, що інфраструктурна складова інформаційної системи повинна включати матеріальні та технічні засоби збору та зберігання інформації про стан міжрегіональної співпраці, перспективні напрями розвитку міжрегіональної торгівлі, обсяги ввезення-вивезення товарів та послуг, міграційні потоки, туристичні, соціальні, культурні зв'язки між регіонами країни. Розвиток міжрегіональної співпраці має забезпечуватись шляхом швидкого пошуку постачальників сировини, виробників товарів та послуг, замовлення відповідної кількості продукту з врахуванням найкращих умов (близькість розташування контрагентів, найкраща цінова композиція, найвища якість пропозиції, термін та строк поставки і т.ін.). Вирішення цих завдань можливо завдяки об'єднанню інформаційних ресурсів інфраструктурних об'єктів регіонального рівня в єдиний інформаційно-аналітичний центр міжрегіонального співробітництва.

Пріоритетними завданнями регіонального рівня є забезпечення доступу бізнесу до своєчасної та повної інформації про основні параметри регіонального розвитку, причому дані повинні бути доступні як підприємцям регіону, так і підприємцям інших регіонів країни та зарубіжжя.

Міжрегіональна співпраця на рівні регіонів здійснюється у відповідності до регіональних програм розвитку, які затверджуються у встановленому порядку за різними напрямками, сферами та галузями регіонального господарського комплексу: виробничого, агропромислового, транспортного, будівельного, а також соціальної сфери, освіти, культури, спорту, екології та туризму.

Основними формами міжнародної та міжрегіональної співпраці виступають взаємодія, співробітництво, економічні контакти (угоди, договори), міжрегіональна інтеграція. Реалізація різних форм здійснюється у вигляді руху капіталу, товарів та послуг, міграції робочої сили [3].

Можливості регіонів України до активізації міжрегіональної співпраці на основі розвитку інформаційної інфраструктури варто оцінити з точки зору розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та сфери зв'язку у регіонах.

Інформаційна підтримка міжрегіональної співпраці здійснюється через співробітництво суб'єктів та об'єктів системи інформаційного забезпечення співробітництва із різного роду фахівцями, громадськістю, а також ЗМІ. Активну креативну роль у цьому процесі відіграє низка спеціалізованих інституцій сформованих у різних організаційних формах. До них, за класифікацією С. Товканець і Г. Товканець [7], відносяться: інформаційні центри; агенції регіонального розвитку; спеціалізовані геоінформаційні системи; центри транскордонного співробітництва; регіональні інформаційно-інноваційно-освітні комплекси; інноваційні центри транскордонного співробітництва. Інформаційні центри систематизують і подають дані суб'єктам міжнародного бізнесу й учасникам транскордонного співробітництва з окремих програм.

Агенції регіонального розвитку ефективно співпрацюють з місцевими та центральними органами влади, як фокусні центри стратегічного планування та супроводження проектів розвитку територій, забезпечують ефективну міжсекторну співпрацю влади-бізнесу-громадськості та створюють якісно нове економічне середовище. Асоціація агенцій регіонального розвитку України об'єднала спочатку 17, а на сьогодні – 43 агенції регіонального розвитку (АРР) із усієї України. Вони беруть участь у здійсненні моніторингу проектів і програм міжрегіонального співробітництва, що дає змогу забезпечувати компетентні регіональні та місцеві структури, підрозділи центральної влади відповідними даними, надавати їм спеціально визначену службову інформацію, безпосередньо пов'язану з міжрегіональною діяльністю (митною, прикордонною, екологічною, податковою тощо), щоквартальні узагальнені дані про співпрацю у регіонах.

Спеціалізовані геоінформаційні системи (ГІС) використовуються або можуть бути запроваджені в сферах проектування, містобудування, сталого просторового розвитку територій, системах моніторингу довкілля і стану техногенно-екологічної безпеки.

Вони є різновидом інформаційних систем, що забезпечують збір, збереження, обробку, доступ, відображення і розповсюдження географічно координованих (просторових) даних.

Центри транскордонного співробітництва здійснюють пропагандистську діяльність. Вони, пропагандують науковий потенціал університету за кордоном серед наукових кіл, інформують і надають персональні консультації працівникам навчального закладу про можливі напрями міжнародної наукової співпраці з організаціями-партнерами. Для цього організовуються презентації, зустрічі на різних рівнях, семінари, запрошуються до співробітництва зарубіжні бізнес-партнери тощо. Дані центри є інформаційним координатором у сфері наукових досліджень.

Центр науково-технічної й економічної інформації (ЦНТЕІ) виконує функції регіонального інформаційно-інноваційно-освітнього комплексу. Він пропонує споживачам довідково-інформаційний сервіс, бізнес-консалтинг, готує інформаційно-аналітичні огляди, проводить патентно-інформаційні та соціологічні дослідження, надає консультації з питань захисту та комерціалізації інтелектуальної власності, створює різного роду регіональні бази даних. У ЦНТЕІ можуть проводитись і фундаментальні та прикладні дослідження з проблем розвитку інтелектуального потенціалу, організації науково-інноваційної та інформаційної діяльності, оцінки інвестиційної привабливості господарських об'єктів, регіональної науково-технічної політики.

Інноваційні центри транскордонного співробітництва можуть відігравати провідну роль у посиленні інформаційного забезпечення науково-технічної діяльності, а також стати основою розвитку регіональної мережі обміну технологіями, яка забезпечить процес обміну відомостями про нові технології між науково-дослідним сектором і підприємствами. Основна функція центру – налагодження обміну науково-технічною інформацією між суб'єктами господарювання та створення бази даних інноваційних пропозицій.

Використання інформаційної інфраструктури у регіонах України здійснюється для електронного обміну задля матеріально-технічного забезпечення виробничих планів, планів та прогнозу попиту, доставки сировини або кінцевої продукції, пропагування свого підприємства на ринку товарів та послуг.

Інфраструктурна складова міжрегіонального співробітництва на мікрорівні представляє собою сукупність інформаційних баз та технологій їх опрацювання, наявність комунікаційних мереж і систем, що функціонують на підприємствах регіону, а також у особистих господарствах громадян. На рівні підприємств функціонують організаційні структури, що забезпечують функціонування інформаційних систем, збір, накопичення, опрацювання та передачу інформації, а також забезпечують можливості самостійного пошуку необхідної інформації за багатьма напрямками господарської діяльності.

На мікрорівні, тобто на рівні суб'єктів господарювання, здійснюється безпосередньо процес співпраці, укладаються договори, контракти, угоди, встановлюються економічні зв'язки, як короткострокові, так і довгострокові і т.ін. Проте, виокремити характер господарських стосунків (внутрішньо регіональні чи міжрегіональні) дуже важко. Практично у державному статистичному спостереженні відсутні у відкритому доступі дані щодо обсягів виробництва та постачання основних видів товарної продукції між регіонами країни. Наводяться лише загальні обсяги виробництва у регіонах та обсяги ввезення та вивезення товарів та послуг без конкретизації співпраці між регіонами. Деталізована інформація стосовно обсягів ввезення вивезення товарів та послуг по регіонах надається лише у сфері зовнішньоекономічної діяльності (торгівля із зарубіжними країнами світу).

Здійснення автоматизованого обміну даними активно сприяє розвитку співпраці між суб'єктами господарювання у регіонах країни. Співпраця з використанням інформаційної інфраструктури відбувається за напрямками, що забезпечують прискорення: надсилання замовлень постачальникам; отримання електронних рахунків-фактур; отримання замовлень від клієнтів; відправлення електронних рахунків-фактур; відправлення або отримання інформації про продукцію (каталоги, прейскуранти); відправлення та отримання транспортної документації (товарно-транспортних накладних); надання платіжних доручень фінансовим установам; відправлення або отримання даних від державних установ (податкових декларацій, статистичної та звітної інформації).

Висновки. Узагальнюючи вищевикладене, слід зазначити, що суб'єкти господарювання, що надають інформаційні послуги стосовно виробництва та реалізації продукції та послуг, такі як регіональні торгово-промислові палати, логістичні центри, центри контрактації та ін., здійснюють свою діяльність на комерційній основі, тому доступ до їхніх інформаційних баз є платним, має захищений рівень доступу і обмежене коло споживачів. Аналіз характеристики підприємств за наявністю інформаційної інфраструктури довів, що у тих регіонах, де підприємства мають більшу кількість комп'ютерів, більшу середню кількість працівників, що використовують персональні комп'ютери, приєднані до Інтернет мають і більший рейтинг за обсягом реалізованої продукції, робіт, послуг. Дійсно, завдяки доступу до інформаційної мережі Інтернет підприємства можуть здійснювати більш ефективно свою господарську діяльність. Таким чином, можна зазначити, що використання інформаційних технологій у різних напрямках міжрегіональної співпраці відбувається не рівномірно, тому що за багатьма напрямками відсутні або знаходяться на початковому рівні інфраструктурні складові. Зростання кількості інформаційних об'єктів та інформаційних ресурсів про регіони України та їх господарчу діяльність дозволять підвищити зростання валового регіонального продукту

(ВРП) та конкурентоспроможність регіонів на основі використання інформаційно-комунікаційних технологій.

Л і т е р а т у р а

1. Будкін В. С. Прикордонне співробітництво в системі адаптації економіки України до європейського господарського простору / В. С. Будкін // Проблеми співробітництва прикордонних територій України і Польщі. – Бюл. № 3. – Варшава–Київ. – 1993. – С.169–179.
2. Попова І.А. Наукова доповідь «Модернізація інформаційної інфраструктури задля активізації міжрегіонального співробітництва» [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://www.iepd.dn.ua/>
3. Стрелец И.А. Новая экономика и информационные технологии / И.А. Стрелец. – М.: Экзамен, 2009. – 254с.
4. Rosenstein-Rodan P. Notes on the Theory of the «Big Push [Text] / Economic Development for Latin America. – 1961. – Vol. 4. – P. 60–65.
5. Декларация принципов. Построение информационного общества – глобальная задача в новом тысячелетии [Электронный ресурс]. [ООН. ЮНЕСКО. Всемирная встреча на высшем уровне по вопросам информационного общества г. Женева. 2003г.] – [Електронний ресурс]. - Режим доступу : www.nbu.gov.ua/law/03declar.html
6. Конституція України [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://www.president.gov.ua/documents/constitution>
7. Товканець С. А. Інформаційне забезпечення міжнародного бізнесу в рамках транскордонного співробітництва / С. А. Товканець, Г. В. Товканець // Актуальні проблеми економіки. – 2010. – № 10 (112). – С. 284–286.

R e f e r e n c e s

1. Budkin V.S. Cross-border cooperation in the adaptation system of Ukrainian economy to the European economic space. V.S. Budkin // Problems of cooperation between Ukraine and Poland border's territories. – № 3. – Warsaw–Kiev. – 1993. – P. 169-179.
2. Popova I.A. Scientific report "Modernization of the information infrastructure to enhance the interregional cooperation" [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.iepd.dn.ua/>

3. Streletz I.A. New economy and information technology / I. A. Streletz – М.: Ekzamen, 2009. – 254 p.
4. Rosenstein-Rodan P. Notes on the Theory of the «Big Push [Text] / Economic Development for Latin America. – 1961. – Vol. 4. – P. 60–65.
5. The Declaration of principles. Building of information society: a global challenge in the new millennium [Electronic resource]. [UN. UNESCO. World summit on information society Geneva. 2003.] – [Electronic resource]. - Mode of access : www.nbu.gov.ua/law/03declar.html
6. The Constitution of Ukraine [Electronic resource]. - Mode of access : <http://www.president.gov.ua/documents/constitution>
7. Tovkanets S.A. Information support of international business within a cross-border cooperation / S.A. Tovkanets, G.V. Tovkanets // Actual problems of economics. – 2010. – № 10 (112). – P. 284-286.

Серебряк К.И. Составляющие информационной инфраструктуры межрегиональное сотрудничество

В статье определены составляющие информационной инфраструктуры межрегионального сотрудничества. Охарактеризованы институты информационной инфраструктуры для межрегионального сотрудничества.

Ключевые слова: межрегиональное сотрудничество, составляющие, информационная инфраструктура

Seriebryak K.I. Components of information interregional cooperation infrastructure

The article defines the components of information interregional cooperation infrastructure. The institutes of information infrastructure for interregional cooperation are characterized.

Keywords: interregional cooperation, components, information infrastructure.

Серебряк К.И. - к.е.н., доцент кафедры економіки підприємства Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк) eseniya.999@mail.ru

Рецензент: д.е.н., проф. **Заблудська І.В.**

Стаття подана 26.03.2016

УДК 556.53

СТАН ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ БАСЕЙНУ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

Смалій О. В.

STATE WATER RESOURCES BASIN OF THE RIVER SEVERSKY DONETS

Smalii O. V.

У статті об'єктом дослідження є басейн ріки Сіверський Донець, проведений опис об'єкта дослідження, наведені головні точкові джерела забруднення стічних вод, а також характеристики забруднених стічних вод. Для визначення рівня використання водних ресурсів басейну Сіверського Дінця проведений розрахунок таких показників використання водних ресурсів річок як показник використання стоку річок, показник безповоротного водоспоживання, показник надходження стічних вод, показник скиду забруднених вод у річку. На підставі показників використання ресурсів річок розрахован комплексний показник (складний бал, індекс) використання водних ресурсів річки Сіверський Донець і за шкалою складних балів встановлюється рівень використання її водних ресурсів. Аналізуючи отримані дані проводиться подальший аналіз варіантів поліпшення антропогенного впливу.

Ключові слова: Сіверський Донець, показники використання водних ресурсів річок.

1. Вступ. В наш час технологічного прогресу, коли антропогенне навантаження на довкілля, зокрема на водні ресурси, завдає йому непоправної шкоди, дуже актуальною темою є вивчення проблеми забруднення водного середовища з метою поліпшення його стану. До найбільш забруднених річок України належить річка Сіверський Донець, яка відноситься до найбільшої річки на сході України. Сіверський Донець є найбільшою рікою та найважливішим джерелом прісної води сходу України. Басейн р. Сіверський Донець розташований на території Харківської, Донецької та Луганської областей України та представляє собою урбанізований регіон з високим рівнем розвитку промисловості та сільського господарства. Тому для забезпечення господарського комплексу необхідна велика кількість водних ресурсів.

Метою роботи є визначення стану використання водних ресурсів басейну Сіверського Дінця і по-

дальший аналіз варіантів поліпшення антропогенного впливу.

Стан проблеми в тому, що головними точковими джерелами забруднення стічних вод у басейні річки Сіверський Донець є вугільні шахти, міські очисні споруди стічних вод, сільське господарство, підприємства хімічної галузі та деякі інші приватні та державні підприємства, включаючи великі металургійні комбінати, що належать до державного сектора.

Найбільш важливим є забір води на питні потреби, бо від дотримання належного стану такого забору залежить здоров'я та життя населення.

У роботі використані матеріали досліджень наведених у наукових роботах [1,2,3], що характеризують річку Сіверський Донець, об'єм забруднюючих речовин, методи розрахунків антропогенного навантаження та на підставі цих даних аналізується вирішення проблеми забруднення водного середовища з метою поліпшення його стану.

2. Аналіз досліджень. В експедиційних дослідженнях [1,2] встановлено, що загальна довжина річки становить 1053 км, площа басейну дорівнює 98 900 км², середній похил до гирла складає 0,00018 (18 см на 1 км). Річка бере початок на південному схилі Середньоросійської височини біля м. Белгород (Росія) і далі тече територією України – по Харківській, Донецькій та Луганській областях. Річний потік спрямований з півночі на південь, нижче м. Змієва річка звертає на південний схід. Значна частина правобережжя відноситься до Донецького кряжу. Річка входить в Україну на 102 км біля с. Огірцеве та повертається в Росію на 802 км біля с. Кружилівка. Сіверський Донець впадає в Дон в межах Ростовської області (Росія).

Клімат басейну посушливо-континентальний, з теплим літом та холодною зимою. Оскільки довжина території басейну з заходу на схід незначна і коливання висот невеликі, варіація клімату даної тери-

торії не істотна. Живлення басейну переважно дощове та снігове, його частка може сягати 65 %. Також значну роль відіграє живлення підземними водами (до 33 %), особливо у посушливі сезони. Тому річковий режим протягом року дуже залежить від кількості та інтенсивності опадів.

Річка Сіверський Донець має три чітко визначені частини:

1. Верхня частина до Харкова, де річка тече з півночі на південь вузькою долиною, що на сьогодні залита Печенізьким водосховищем. Ширина долини дорівнює 8–12 км.

2. У середній частині річка повертає на схід – південний схід і входить в старі долини, що були утворені при відході льодовиків у останній льодовиковий період. Далі річка поступово перетворюється у заплави, що простягаються від м. Слов'янська до кордону з Росією. У цій частині ширина долини може досягати 60 км.

3. Наприкінці р. Сіверський Донець знову звужується та проходить через східний край донецьких височин до ріки Дон. Ширина долини коливається від 4 до 26 км.

Річкова система басейну р. Сіверський Донець має розгалужену систему приток. Найбільшими притоками є: р. Оскіл (довжина дорівнює 472 км, площа суббасейну – 14800 км²); р. Айдар (264 км та 7420 км²); р. Лугань (198 км та 3740 км²); р. Уди (164 км та 3894 км²); р. Деркул (163 км та 5180 км²); р. Казенний Торець (134 км та 5410 км²).

З'ясовано, що водночас з 49 точкових джерел надходить приблизно 80% всього навантаження території забруднюючими речовинами. У басейні Сіверського Дінця чисельність населення складає 7,3 млн., з яких 85% знаходиться у містах. 4 млн. мешкає у 9 великих урбаністичних районах, де побутові стічні води скидаються у річкову систему та водосховища через систему каналізації, яка має близько 20 очисних споруд. Також 3,3 млн. людей мешкає у багатьох невеликих містах та селищах, де стічні води скидаються напрямки або через відстійники в невеликі струмки чи в ґрунт. В Україні більш ніж 70% населення міських територій приєднано до централізованої каналізаційної системи, і тільки 9% сільського населення приєднано до каналізації (згідно з Національною водною стратегією України та Планом дій (червень, 2002 р.). Очисні споруди мають забезпечувати зменшення загального скиду фосфатів з точкових джерел забруднення. Дані по міських очисних спорудах у Харківській області свідчать про те, що на підприємствах не встановлено обладнання для видалення хімічного фосфору, хоча деякі з очисних споруд мають аераційні резервуари та навіть біофільтри, які сприяють певному видаленню біологічного фосфору. У басейні Сіверського Дінця очисні споруди є головними джерелами скидів хімічних речовин та металів, які потрапляють у воду з точкових джерел. До хімічних речовин належать здебільшого нафтопродукти, жири та СПАР, а також метали у вигляді оксидів заліза та Cr6+, які є токсичними.

З цього можна зробити висновок, що металургійна промисловість та гальванічне виробництво значно впливають на якість води, яка надходить до очисних споруд. Очисні споруди стічних вод скидають великі об'єми хлоридів та сульфатів, що може бути частково обумовлено високою концентрацією солей у річковій воді, яка використовується для питних потреб та скидається через каналізаційну систему. Головними промисловими точковими джерелами, що скидають стічні води у басейн Сіверського Дінця, є цукрові заводи, хімічні та металургійні комбінати, а також вугільні шахти.

В межах басейну р. Сіверський Донець розташовані нафтогазові родовища і діючі свердловини з видобування нафти і газового конденсату, які знаходяться на території Харківської області. Харківська область посідає перше місце в Україні по видобутку газу, який представлений 45 родовищами. На території області нараховується 35 родовищ конденсату та 11 родовищ нафти. Загальний фонд свердловин по видобутку газу, конденсату і нафти на території області складає 1 133, з яких діючих – 1 025 одиниць. Крім того, по території басейну проходять багатокілометрові магістральні нафто-, газо- та продуктопроводи, які забезпечують транспортування вуглеводневої сировини і продукції з неї. У пробах води р. Сіверський Донець встановлене систематичне перевищення ГДК нафтопродуктів для води водних об'єктів рибогосподарського водокористування.

Найбільший ступінь забрудненості річкової води спостерігається на ділянках в Лисичансько-Рубіжанському промисловому регіоні та нижче впадіння р. Лугань.

3. Вихідні дані та методи. Основним методом розрахунків є метод визначення коефіцієнтів антропогенного навантаження [2], які базуються на даних про скиди забруднюючих речовин. Найбільш інформативними показниками екологічного стану річок України є такі: об'єм води, що забирають із річки (W_3 , млн. м³); об'єм втрат річкового стоку завдяки відбору підземних вод, які гідравлічно пов'язані із річковою мережею (W_B); об'єм скиду води у річкову мережу (W_C); фактичний середньобагаторічний об'єм стоку річки (W_ϕ), та об'єм скиду забруднених вод (W_{3B}) [2].

У роботі використані матеріали за 1988–2010рр., наведені у науковій праці [3].

У 2010 році до поверхневих водних об'єктів басейну було скинуто 1457,24 млн. м³ стічних вод, в тому числі: нормативно-очищених вод – 618,2 млн. м³; нормативно-чистих без очищення – 178,2 млн. м³; забруднених – 660,64 млн. м³, з них: - недостатньо очищених – 610,54 млн. м³; - без очищення – 50,1 млн. м³.

Промислові точкові джерела скидають забруднюючі речовини у розмірі 516332,065 т/рік, з цих забруднюючих речовин на долю шахт припадає ор-

ганічних речовин 3,301 т/рік, мінералізації - 211,925 тис. т/рік, хлоридів та сульфатів 119,194 тис. т/рік, фосфатів - 42,045 т/рік, групу азоту - 1,262 тис. т/рік, металів - 27,785 т/рік; на долю хімічних комбінатів припадає органічних речовин 4,986 т/рік, мінералізації - 66,341 тис. т/рік, хлоридів та сульфатів - 33,639 тис. т/рік, фосфатів - 97,972 т/рік, група азоту становить 1,576 тис. т/рік, метали - 14,209 т/рік; інші джерела забруднень складають: органічних речовин - 18,275 т/рік; мінералізації - 57,640 тис. т/рік, хлоридів та сульфатів - 23,386 тис. т/рік, фосфатів - 110,355 т/рік, група азоту становить 1,042 тис. т/рік, метали - 8,137 т/рік. Обсяги забруднюючих речовин, які скидаються з очисних споруд, складаються з : органічних речовин - 58,150 т/рік; мінералізації - 199,011 тис. т/рік; хлоридів та сульфатів - 84,719 тис. т/рік; фосфатів - 694,783 т/рік; групи азоту - 5,945 тис. т/рік; металів - 58,591 т/рік

Сіверський Донець є головним джерелом питного та технічного водопостачання для східного регіону. Канал Сіверський Донець – Донбас має потужність 43 м³/с для забезпечення водою значної частини Донбасу. У басейні Сіверського Дінця розміщені хімічні, металургійні заводи та підприємства вугледобувної промисловості, що потребують великої кількості води. Загальний забір води з басейну р. Сіверський Донець склав 1419 млн м³, з яких 398,1 млн м³ забрано з підземних джерел, 1020,9 млн м³ – з поверхневих водних об'єктів. Загалом використання води в басейні р. Сіверський Донець у 2010 році склало 785,1 млн м³, в тому числі на потреби господарсько-питні – 388 млн м³, виробничі – 319,2 млн м³, на сільськогосподарські потреби – 7,4 млн м³, меліорацію – 11,7 млн м³, на інші потреби – 58,8 млн м³. Найменше забезпечені водою Луганський та Лисичансько-Рубіжанський промислові регіони, де ситуація ускладнюється ще й значним забрудненням поверхневих та підземних джерел.

На підставі розглянутих показників екологічного стану Сіверського Дінця, які характеризують антропогенне навантаження на річку, визначаються такі показники використання водних ресурсів річок.

Показник використання стоку річок ($g_{BC}, \%$) розраховується за формулою :

$$g_{BC} = \frac{W_3 + W_B}{W_\phi + W_C} \cdot 100\% \quad (1)$$

де W_3 - об'єм води, що забирають із річки, який складає 1020,9 млн. м³; W_B - об'єм втрат річкового стоку завдяки відбору підземних вод, які гідралічно пов'язані із річковою мережею, дорівнює 398,1

млн. м³; W_C - об'єм скиду води у річкову мережу, що складає 1457,24 млн. м³; W_ϕ - фактичний середньобаторічний об'єм стоку річки, дорівнює 2,1 млрд. м³/рік. Згідно із цими даними об'єм забору води з річки 1418 млн. м³ майже дорівнює об'єму скиду 1457 млн. м³.

Показник безповоротного водоспоживання ($g_{BC}, \%$) визначається як різниця між вилученими об'ємами та скидами у річку, віднесеними до величини середнього багаторічного стоку річки W_ϕ :

$$g_{BC} = \frac{W_3 + W_B - W_C}{W_\phi} \cdot 100\% \quad (2)$$

Показник надходження стічних вод ($g_{HC}, \%$) у річкову мережу обчислюється як відсоток скидних вод у величині загального стоку річки :

$$g_{HC} = \frac{W_C}{W_\phi} \cdot 100\% \quad (3)$$

Показник скиду забруднених вод у річку ($g_{CЗВ}, \%$) ілюструє внесок об'ємів забруднених вод у величину загального стоку:

$$g_{CЗВ} = \frac{W_{ЗВ}}{W_\phi} \cdot 100\% \quad (4)$$

де $W_{ЗВ}$ - об'єм скиду забруднених вод, який складає 1321,28 млн.м³.

4. Аналіз отриманих результатів. З розрахунків формул встановлено для річки Сіверський Донець на території України показник використання стоку річок ($g_{BC}, \%$) складає 39,89%; показник безповоротного водоспоживання ($g_{BC}, \%$) дорівнює -1,82%; показник надходження стічних вод у річкову мережу ($g_{HC}, \%$) становить 69,39%; показник скиду забруднених вод у річку ($g_{CЗВ}, \%$) складає 62,92%.

Всі дані заносяться до таблиці (Оцінка стану використання водних ресурсів річки Сіверський Донець).

Таблиця

Оцінка стану використання водних ресурсів річки Сіверський Донець

Характеристики використання водних ресурсів	Кількісна і якісна характеристика стану			Вагові коефіцієнти f_i
	g_i , %	Y_i , бали	стан	
Використання стоку річок	39,89	-5	катастрофічний	0,1
Безповоротне водопостачання	- 1,82	3	добрий	0,2
Надходження стічних вод	69,39	-3	дуже незадовільний	0,3
Скид забруднених вод	62,92	-5	катастрофічний	0,4

З цих показників витікає, що значне місце у антропогенному впливі на водні ресурси займає скид забруднених вод.

Розглянуті первинні показники (g_i) трансформуюмо у прості оціночні бали за допомогою спеціальної шкали оцінки стану річки за ступенем використання її водних ресурсів, отримуємо показник Y_i . Розрахування складного балу використання водних ресурсів відбувається за формулою:

$$K_{PC} = \sum_{i=1}^n f_i Y_i \quad (5)$$

де K_{PC} - комплексний показник (складний бал, індекс) використання водних ресурсів річки; f_i - вагові коефіцієнти (для g_{BC} - 0,1; g_{BC} - 0,2; g_{HC} - 0,3; $g_{CЗВ}$ - 0,4); Y_i - значення окремих показників (у балах) використання водних ресурсів стоку річок взятих з шкали критеріїв оцінки стану малої річки за ступенем використання її водних ресурсів.

Комплексний показник (складний бал, індекс) використання водних ресурсів річки Сіверський Донець буде дорівнювати мінус 2,8 і за шкалою складних балів встановлюємо стан використання її водних ресурсів, який є дуже незадовільним.

5. Висновки. Використання річок та водойм тісно пов'язане з рівнем господарської діяльності у їх басейнах. За мірою інтенсифікації народного господарства зростає і необхідність в охороні довкілля, більш жорсткому контролю за використанням природних вод, введенням обмежень, нормуванні, а іноді й в забороні використання тих чи інших водних об'єктів. Останні повинні використовуватися у галузях та комплексних системах постачання й споживання води у розмірі і режимах, які включають можливість подальшого використання водних ресурсів в інших місцях і територіях. Їх використання не повинно негативно впливати на стан природно-господарського середовища.

Оцінка стану використання водних ресурсів на базі даних про використання річкового стоку із залученням бальної шкали дозволила установити, що цей стан характеризується як "дуже незадовільний". Управління користуванням водними ресурсами річ-

кового басейну Сіверського Дінця, страждає від фундаментальних недоліків через те, що при прийнятті управлінських рішень в Україні, пов'язаних з водою, переваги звичайно надавались і надаються економічним інтересам перед довгостроковими екологічними інтересами.

Необхідна програма екологічного оздоровлення басейну Сіверського Дінця, яка матиме такі цілі: безпечне та раціональне використання водних ресурсів; відновлення та підтримання сприятливого гідрологічного стану річок; зменшення ризиків пов'язаних із шкідливими впливами на воду та гідробіотів; покращення та захист ландшафтів; удосконалення екологічної моніторингової системи шляхом впровадження новітніх моніторингових проектів; розвиток міжнародної співпраці з метою зменшення транскордонних впливів на басейнову екосистему; залучення громадськості та підвищення рівня екологічного виховання; розвиток інституцій.

Література

1. Сіверський Донець: Водний та екологічний атлас / О. Г. Васенко, А. В. Гриценко, Г. О. Карабаш, П. П. Станкевич та ін. / Під ред. А. В. Гриценко, О. Г. Васенко. - Х.: ВД «Райдер», 2006. - 188 с.
2. Каталог річок і водойм України / Г.І. Швєбс, М.І. Ігошин / Під ред.Є.Д. Гопченка. - Х.: Одеса «Астропринт», 2003. - 389с.
3. Сучасний екологічний стан української частини річки Сіверський Донець (експедиційні дослідження) / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, А.В. Колісник та ін.: за ред. д-ра геогр. наук, проф. А.В. Гриценка, канд. біол. наук, доц. О.Г. Васенка. - Х.: ВІПІ «Контраст», 2011. - 340 с.

References

1. Sivers'kyj Donec': Vodnyj ta ekologichnyj atlas / O. G. Vasenko, A. V. Grycenko, G. O. Karabash, P. P. Stankevych ta in. / Pid red. A. V. Grycenko, O. G. Vasenko. - H.: VD «Rajder», 2006. - 188 s.
2. Katalog richok i vodojm Ukrai'ny / G.I. Shvebs, M.I. Igoshyn / Pid red..Je.D. Gopchenka. - H.: Odessa «Astroprynt», 2003. - 389s.
3. Suchasnyj ekologichnyj stan ukrai'ns'koi' chastyny richky Sivers'kyj Donec' (ekspedycijni doslidzhennja) / A.V. Grycenko, O.G. Vasenko, A.V. Kolisnyk ta in.: za red. d-

ra geogr. nauk, prof. A.V. Grycenka, kand. biol. nauk, doc. O.G. Vasenka. – H.: VPP «Kontrast», 2011. – 340 s.

Смалій О. В. Состояние использования водных ресурсов бассейна реки Северский Донец

В статье объектом исследования является бассейн реки Северский Донец, проведено описание объекта исследования, приведены главные точечные источники загрязнения сточных вод, а также характеристики загрязненных сточных вод. Для определения уровня использования водных ресурсов бассейна Северского Донца проведен расчет таких показателей использования водных ресурсов рек как показатель использования стока рек, показатель безвозвратного водопотребления, показатель поступления сточных вод, показатель сброса загрязненных вод в реку. На основании показателей использования ресурсов рек рассчитан комплексный показатель (сложный балл, индекс) использования водных ресурсов реки Северский Донец и по шкале сложных баллов устанавливается уровень использования ее водных ресурсов. Анализируя полученные данные проводится дальнейший анализ вариантов улучшения антропогенного воздействия.

Ключевые слова: Северский Донец, показатели использования водных ресурсов.

Smalii O. V. State water resources basin of the river Seversky Donets

In the article the object of study is the Seversky Donets River basin, carried out the description of the object of research, given the major point sources of sewage pollution, as well as the characteristics of polluted wastewater. For determine the level of use of water resources in the basin of the Seversky Donets calculated the indicators of water resources of rivers as an indicator of the use of river flow, the rate of irrevocable water consumption, the rate of collection of waste water, the rate of discharge of polluted water into the river. On the basis the indicators of use river resources was calculated complex index (composite score, index) use of water resources of the Seversky Donets River and of a scale difficult points set the level of use of its water resources. To assessment of use water resources status on the basis of data about the use of the river flow with involving point scale has allowed to establish that this condition is describe as "very poor". Analyzing the data obtained to conduct further analysis of the options of improving the human impact.

Keywords: Seversky Donets, water use indicators.

Смалій Оксана Вікторівна – студент аспірантури першого року навчання кафедри гідроекології і водних досліджень, Одеський державний екологічний університет (м. Одеса). oksanasmaliy@i.ua

Рецензент: д.е.н., проф. **Заблодська І.В.**

Стаття подана 29.03.2016

УДК 69.002.5

АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАВЕСНОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Уваров П.Е., Татарченко Г.О., Шпарбер М.Е., Юзин А.А.

ASPECTS OF MODELING THE RELIABILITY OF THE LIFE CYCLE ATTACHMENTS SPECIALIZED EQUIPMENT FOR LAYING UNDERGROUND PIPE NETWORKS

Uvarov P., Tatarchenko G., Shparber M., Uzin A.

Рассматриваются аспекты моделирования жизненного цикла, и предлагается методика определения надежности навесного оборудования для прокладки трубопроводов, с целью определения искомых временных и надежностных параметров комплексной технологичности подземного трубопроводного строительства. Приведены концептуально-методологические аспекты теоретических исследований, которые могут послужить основой для разработки нового оборудования трубопроводного строительства, формируемых на базе принципов комплексной технологичности; а также для исследования оптимальных режимов создания, эксплуатации и санации строительной техники.

Ключевые слова: *жизненный цикл, технологичность и надежность устройства, оптимальные режимы эксплуатации, моделирование, прокладка трубопроводов, навесное специализированное оборудование*

Введение. В условиях современной экономики важнейшее значение при проектировании подземного трубопроводного строительства имеет эксплуатационная надежность трубопроводов и их экономичность в полном жизненном цикле от обоснований решений, прокладки сетей, их санации, ремонта и реконструкции до вывода из эксплуатации, ликвидации и переработки строительных отходов.

Интегральным показателем экономичности и эффективности системы подземного трубопроводного строительства является комплексная технологичность проекта – характеристика технологичности четырех подсистем: объемно-конструктивной компоновки внешних сетей, их изготовления и транспортирования и соответствие их требованиям технологии, организации строительного цикла производства, эксплуатационно-реконструктивно-ремонтного и ликвидационного цикла стадий и этап

ов циклов. Именно цикличность как универсальная закономерность развития и преобразования полного жизненного цикла подземного трубопроводного строительства внешних сетей водоподдачи и водоотведения открывает новые концептуально-методологические возможности проведения системного анализа в исследованиях проблемы изучения резервов экономичности за счет эмерджентности – свойств системы, порождаемых наличием определенных связей между элементами, этапами и стадиями системы, что обеспечивает получение дополнительного эффекта эмерджентности, когда при взаимодействии обеспечивается увеличение их общего эффекта до величины, большей, чем сумма эффектов от тех же независимо действующих элементов, стадий и этапов. Созданные на этой основе средства (оборудование) комплексной механизации представляет собой нечто большее, а иногда и качественно отличное, чем сумма составляющих ее элементов и, как правило, обладает новыми универсальными свойствами, которых нет у ее элементов [1, 2].

Постановка проблемы. Одной из важных особенностей проблемы комплексной технологичности, представляемый нами как процесс динамической взаимосвязи основных структурно-функциональных подсистем, устанавливающий требования к разработке новых и совершенствованию существующих средств комплексной механизации, связывающих на причинно-следственной основе параметрические характеристики сборных железобетонных конструкций внешних сетей, их транспортабельность, организационно-технологическую структуру методов возведения (прокладки), технологии испытания, эксплуатации, ремонта, реконструкции и ликвидации.

Функционирование такой системы подвержено воздействию большого числа факторов, обусловленных организационными, технологическими и ресурсными условиями производства работ, высокой надежности жизненного цикла специализированного оборудования (оценки и обоснования требований к надежности создаваемых экспериментальных средств и оборудования).

Осознание актуальности исследования данной проблемы и постановка соответствующих задач потребовали развития теории и практики технологии строительных процессов, разработки новых строительных технологий подземного трубопроводного строительства с использованием современных технических средств и оборудования [3, 9].

Анализ последних достижений и публикаций. Основные аспекты комплексного учета требований технологичности трубопроводов водоотведения и водоотведения на разных этапах и стадиях жизненного цикла и времени в системе подземного трубопроводного строительства достаточно полно представлены в работах ученых и специалистов: Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В., Готовцева В.И., Гоголашвили Н.О., Хмара Л.А., Теплицкого А.Х., Меженского А.Н., Зотова Н.И., Маслака В.Н. и др. исследователей.

В отмеченных работах методологически и статистически обоснована необходимость обязательного анализа показателей строительной технологичности, надежности, диагностики и санации, ремонта и восстановления подземных трубопроводов в их полном жизненном цикле. Однако системотехнические проблемы исследования взаимоувязки и преемственности организационно-технологических циклов на различных стадиях отработки комплексной технологичности, сквозной технологичности проектирования жизненного цикла проектов-объектов строительства, связывающей параметрические ряды конструкций трубопроводного строительства со структурой и функциями стадий цикла, конструктивной преемственностью по отношению к созданию универсальных средств комплексной механизации сборки, монтажа, эксплуатации. Санации и ликвидации (разборки) на различных переделах инвестиционно-строительного производства еще не решены, требуют проведения идентификации связей между составляющими частями и формулировку функций их элементов с определением надежности и эффективности качества предлагаемых средств механизации, надежности и технологичности внешних сетей водоснабжения и водоотведения при комплексном их проектировании, управлении проектами и инженерном мониторинге. Одним из определяющих условий объективности таких методов оценки проектов является методика расчета надежности предлагаемых универсальных средств и оборудования [5], обеспечивающего принципы и основные параметры комплексной технологичности, полного жизненного цикла.

Цель статьи. Проанализировать аспекты моделирования жизненного цикла, и предложить методику определения надежности навесного оборудования, с целью определения искомых временных и надежностных параметров комплексной технологичности подземного трубопроводного строительства.

Основное содержание работы. Важным элементом жизненного цикла строительной машины, конструируемой на принципах комплексной технологичности является как качество отдельно взятого элемента процесса, а следовательно, и машины в целом, так и условия ее эксплуатации [3, 7] учитывающие эти принципы.

Правильная, эффективная система проведения проектных экспериментов и апробация их в оценке и адаптациях к этим принципам эксплуатации позволяет сократить или удлинить жизненный цикл машины [4].

С точки зрения теории надежности вероятность надежной работы машины является произведением вероятностей надежности работы его отдельных узлов, агрегатов и деталей.

$$P_{\text{тр}} = \prod_{i=1}^m P_i, \quad (1)$$

$P_{\text{тр}}$ – надежность машины;

P_i – надежность работы i -го элемента машины, отражающего ту или иную связь в комплексной технологичности процесса;

m – количество элементов в машине.

Вероятность безотказной работы отдельных составляющих элементов машины можно определить в зависимости от интенсивности отказов λ и заложенного на этапах и стадиях жизненного цикла в паспорте, проектных и производственных экспериментах машины времени работы элемента T_j . Отказ каждого элемента машины из-за потери прочности явление довольно редкое, поэтому закон распределения времени между «отказами» можно принять экспоненциальным [4]

$$P_j = \exp(-\lambda \cdot T_j). \quad (2)$$

Рассмотрим методику расчета надежности средств механизации, которая связана с продолжительностью жизненного цикла, на примере предложенного и реализованного универсального навесного специализированного оборудования (манипулятора) для прокладки подземных трубопроводов [2, 10]. Оборудование, предназначено для монтажа железобетонных труб с раструбно-винтовым соединением отражающих принципы комплексной технологичности.

В научной работе проф. Л.А.Хмары [8] предложен метод формирования конструктивных и технических решений на этапе поиска и проектирования новых рабочих органов и навесного оборудова-

ния для строительных машин и методические положения по расчету надежности и строительной технологичности на основе трехкомпонентной модели интегрального потока отказов трубопроводов и результатов исследования их причин [5, 6], выполненных под руководством проф. ДонНАСА Е.П.Уварова.

Проведенный системный анализ методологических основ проектирования и требований комплексной технологичности проекта и реализация разработанных методов позволили установить основные направления развития совершенствования конструкций специализированного оборудования и железобетонных труб водоподдачи и водоотведения с целью получения экономии энергетических, материальных и трудовых ресурсов и разработки основных элементов бездефектной технологии подземного трубопроводного строительства.

Согласно предложенной методике объект исследований делится на соответствующие части. Исследование частей осуществляется с последующим объединением в более эффективную конструкцию, учитывающую все технологические переделы, отраженные в этапах и стадиях цикличности процессов.

На первом этапе создания навесного оборудования и рабочих органов объект исследований разделяется на n элементов. Новые решения формируются в два этапа. В первом случае новая структура формируется из традиционных элементов без их изменения. Более высокий уровень получения нового решения предусматривает формирование новой структуры объекта из новых модифицированных элементов.

При рассмотрении по данной методике рабочего процесса технологии трубоукладочных работ в качестве системного объекта, а рабочего оборудования как подсистемы рабочего процесса трубоукладочного устройства, были получены запланированные в гипотезе результаты.

Достижению их способствовало использование математического аппарата описания целевой функции рабочего процесса исполнительного органа трубоукладочного устройства, включающего монтажную и испытательную части. При этом сделан вывод о том, что рабочий орган, предназначенный для выполнения только одной функции, для повышения эффективности взаимодействия со средой может состоять из набора элементов разных размеров, формы и назначения.

Так, навесное устройство в соответствии со структурной математической модели расчленяется на пять основных укрупненных узлов:

А – узел захвата и удержания ранее уложенной трубы;

Б – узел захвата и удержания укладываемой трубы;

В – узел вращения укладываемой трубы;

Г – узел горизонтальной подачи укладываемой трубы;

Д – узел подвески.

А теперь введем некоторые определения. Под интенсивностью отказа элемента (λ) будем понимать вероятность «отказа» элемента в единицу времени после данного момента времени при условии, что «отказ» до этого момента не возник. Интенсивность «отказов» можно выразить также через отношение числа отказавших элементов за определенный интервал времени к числу исправных элементов к началу рассматриваемого промежутка времени. Определим численное значение этого показателя надежности.

Пусть одновременно исследуются N однородных элементов устройства. Выберем некоторый интервал времени Δt , начало которого совпадает с интересующим нас моментом t – времени протекавшего с начала испытаний. Обозначим через $N(t)$ – число элементов, оставшихся исправными к моменту t ; $n(t)$ – число элементов, отказавших за промежуток времени $(t, t + \Delta t)$. На единицу времени придется среднее число отказов $n(t)/\Delta t$. Разделим эту величину на число исправных к моменту t элементов $N(t)$.

Тогда для приближенного вычисления «отказов» получим выражение

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N(t) \times \Delta t}. \quad (3)$$

Характеристику $\lambda(t)$ можно рассматривать еще и так: величина $\lambda(t)dt$ есть условная вероятность отказа элемента устройства на участке времени $(t, t + dt)$ при условии, что до момента времени t (начала эксплуатации) он работал безотказно.

Не вызывает сомнений, что вероятность отказа деталей зависит от условий их эксплуатации, например, от интенсивности нагрузки на устройство.

Подставляя выражение (2) в выражение (1), получим

$$P_s = \exp(-\lambda \times T_s). \quad (4)$$

В процессе эксплуатации вероятность безотказной работы устройства уменьшается до такой степени, что начинаются массовые «отказы» и устройство требует ремонта. Замена всего устройства, т.е. его утилизация (последний этап жизненного цикла) и приобретение нового по экономическим соображениям не всегда целесообразно. Однако некоторые детали поддаются восстановлению. Некоторые элементы устройства не восстанавливаются. Таким образом, все элементы устройства можно разделить на три группы:

1) элементы не подвергающиеся восстановлению в течении всего срока службы устройства и их мы назовем основными;

2) элементы, используемые в течении всего срока службы, но интенсивность «отказа» этих элементов зависит от числа ремонтов. Эти элементы можно назвать **восстанавливаемыми**;

3) элементы устройства, используемые в течении всего периода между ремонтами или в течении всего срока службы, восстанавливающиеся до исходного состояния, при котором интенсивность их отказов остается на прежнем уровне, что соответствует замене выбывшего из строя элемента новым. Такие элементы можно отнести к **сменным**.

Элементы, принадлежащие к одной из групп, можно, укрупнить, т.е. рассматривать как некий блок - фиктивный элемент устройства, относящийся к этой группе и обладающий суммарной интенсивностью «отказа» с учетом удельного веса этого элемента в общей конструкции устройства. Тогда упрощенно такое устройство можно рассматривать, как систему, состоящую из трех фиктивных элементов, обладающих различными интенсивностями отказов $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$.

Интенсивность отказа можно рассчитать соответственно по формулам:

- для сменного фиктивного элемента

$$\lambda_1 = \sum_{i=1}^{q_1} \lambda_i m_i, \quad (5)$$

где λ_i – интенсивность отказа i -го элемента;

m – число i -ых элементов,

q_i – число различных видов элементов.

- для восстанавливаемых фиктивных элементов

$$\lambda_2 = \sum_{i=1}^{q_2} \lambda_i m_i; \quad \lambda_2 = \lambda(n), \quad (6)$$

где $\lambda(n)$ – закон изменения интенсивности «отказов» элементов устройства от числа проведенных ремонтов.

- для основного фиктивного элемента

$$\lambda_3 = \sum_{i=1}^{q_3} \lambda_i m_i. \quad (7)$$

Тогда вероятность безотказной работы устройства можно определить по формуле

$$P_{\text{тр}} = P_1 \times P_2 \times P_3, \quad (8)$$

где P_1, P_2, P_3 – вероятности безотказной работы соответственно сменных, восстанавливаемых и основных фиктивных элементов.

Для устройства, состоящего из основных и сменных фиктивных элементов, надежность безотказной работы будет

$$P_{\text{тр}} = P_1 \times P_3, \quad (9)$$

$$P_1 = \exp(\lambda_1 \times T_9), \quad (10)$$

$$P_3 = \exp(-\lambda_3 \times (T_9 - n \times T_p)). \quad (11)$$

Откуда

$$P_{\text{тр}} = \exp \left\{ - \left[-\lambda_1 + \lambda_3 \left(1 - \frac{n \times T_p}{T_9} \right) \right] T_9 \right\}, \quad (12)$$

где n – число произведенных ремонтов устройства,
 T_p – период между двумя ремонтами.

Для устройства, состоящего из основных и восстанавливаемых фиктивных элементов, имеем:

$$P_{\text{тр}} = P_2 \times P_3, \quad (13)$$

$$P_3 = \exp(-\lambda_3 \times T_9), \quad (14)$$

$$P_2 = \exp(-\lambda_2(n) \times (T_9 - n \times T_p)), \quad (15)$$

откуда

$$P_{\text{тр}} = \exp(B), \quad (16)$$

$$B = - \left(\lambda_3 + \lambda_2(n) \left(1 - \frac{n \times T_p}{T_9} \right) \right) T_9.$$

Для устройства состоящего из всех трех фиктивных элементов,

$$P_{\text{тр}} = - \left(\lambda_3 + [\lambda_1 + \lambda_2(n)] \left(1 - \frac{n \times T_p}{T_9} \right) \right) T_9. \quad (17)$$

Введем понятие «гарантированная работа» устройства. Под гарантированной работой будем понимать такой период работы устройства, за который вероятность безотказной работы не падает ниже определенного, наперед заданного уровня допустимой величины безотказной работы $P_{\text{тр}}^D$, т.е.

$$P_{\text{тр}} = \exp \left\{ - \left[\begin{aligned} & [\lambda_1 + \lambda_2(R) + \lambda_3] T_{\text{гар}} + \\ & + R \times \lambda_1 \times T_{\text{гар}} + \\ & + R \times \lambda_2(R) \times T_{\text{гар}} \end{aligned} \right] \right\} \geq P_{\text{тр}}^D, \quad (18)$$

где R – конечное число ремонтов $R = 1, 2, 3, \dots$;

$$T_{\text{зар}} = (R+1) \times T_P. \quad (19)$$

Зная режим ремонтов, интенсивность отказов элементов и закон изменения их от числа произведенных ремонтов, можно определить

$$T_{\text{гар}} = \frac{-\ln P_{\text{тр}} (R+1)}{\lambda_1 + \lambda_2 R + \lambda_3 (R+1)}. \quad (20)$$

Анализ формулы (20) показывает, что для получения зависимости между $T_{\text{зар}}$ и R необходимо задаться законом изменения интенсивности отказов восстанавливаемого элемента в зависимости от числа произведенных ремонтов. Примем линейный закон изменения числа ремонтов

$$\lambda_n = \lambda_2 (1 - a n). \quad (21)$$

После соответствующих преобразований получим величину

$$T_{\text{гар}} = (R+1) \frac{-\ln P_{\text{тр}}}{R \lambda_p + \lambda_0}, \quad (22)$$

где $\lambda_p = \lambda_3 + a \lambda_2$; $\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$.

Анализ формулы (22) показывает, что имеется предел гарантированного ресурса эксплуатации

$$\lim_{R \rightarrow \infty} T_{\text{гар}} = \frac{-\ln P_{\text{тр}}}{\lambda_p}. \quad (23)$$

Зная зависимость $T_{\text{зар}}$ и R , можно оценить взаимосвязь между надежностью отдельных элементов устройства и режимов работы с учетом экономических показателей (рис.).

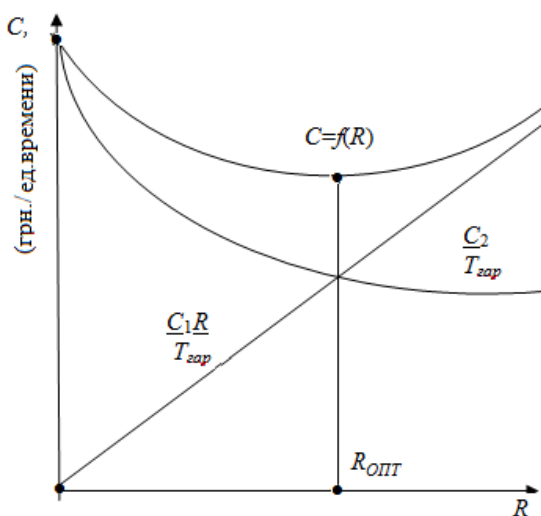


Рис. Зависимость производственных и эксплуатационных затрат от количества ремонтов машины

Затраты C , необходимые на поддержание работоспособности, можно определить

$$C = C_1 + C_2 R, \quad (24)$$

где C_1 — первоначальная стоимость устройства; $C_2 R$ — затраты на ремонт (здесь $C_2 R$ — стоимость одного ремонта).

Для дальнейшего анализа надежности устройства введем понятие критерий стоимости одной единицы времени (день, месяц, год) эксплуатации

$$C_D = \frac{C_1 + C_2 R}{T_{\text{зар}}}. \quad (25)$$

Из выражения (25) очевидно, что чем больше $T_{\text{зар}}$, тем ниже C_D .

Найдем функциональную зависимость величины стоимости затрат от количества ремонтов $C_D = f(R)$. Для этого подставим выражение (22) в выражение (25) и получим

$$C_D = \frac{C_2 \lambda_p R^2 + (C_1 \lambda_p + C_2 \lambda_0) R + \lambda_0 C_2}{(R+1)(-\ln P_{\text{тр}})}. \quad (26)$$

Определим оптимальное значение $R_{\text{опт}}$ при котором стоимость одной единицы времени эксплуатации устройства будет наименьшей, т.е. определим $(C_D)_{\min}$. Дифференцируя выражение (26) и приравняв его к нулю, находим

$$R_{\text{опт}} = \sqrt{\left(\frac{\lambda_0}{\lambda_p} - 1\right) \left(\frac{C_1}{C_2} - 1\right)} - 1. \quad (27)$$

Найдем зависимость между C_D и $T_{\text{зар}}$

$$C_D = \frac{T_{\text{зар}} (C_1 \lambda_p - C_2 \lambda_0) + \ln P_{\text{тр}} (C_1 - C_2)}{T_{\text{зар}}^2 \lambda_p - T_{\text{зар}} \times \ln P_{\text{тр}}}. \quad (28)$$

Определим оптимальное значение $T_{\text{зар}}^0$, при котором стоимость одной единицы времени эксплуатации будет наименьшей

$$T_{\text{гар}}^{\text{опт}} = \frac{-\ln P_{\text{тр}}}{\lambda_p} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\lambda_0 / \lambda_p - 1\right) \left(C_1 / C_2 - 1\right)}}. \quad (29)$$

Задаваясь сроком службы устройства, допустимой вероятностью надежной работы, числом восстановлений, его стоимостью и стоимостью од-

ного восстановления, определим показатель надежности отдельных элементов устройства. Для этого, решая совместно уравнение (22), (27) и (28), найдем зависимость λ_0 и λ_p от указанных выше параметров машины.

$$\lambda_0 = \left(\frac{C_1}{C_2} - 1 \right) \frac{\ln P_{TP}}{T_{gap}} \left(\frac{\ln P_{TP}}{T_{gap}} \times \frac{1}{\lambda_p} + 2 \right) + \frac{C_1}{C_2} \lambda_p; \quad (30)$$

$$\lambda_p = \frac{-\ln P_{TP}}{T_{gap}} \left(\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2 R} \right), \quad (31)$$

откуда

$$\lambda_0 = \frac{-\ln P_{TP}}{T_{gap}} \cdot \frac{(C_1 + C_2 R) + C_2 R(R + 1)}{C_1 + C_2 R}. \quad (32)$$

Коэффициент λ_0 будет зависеть от принятого типа или вида восстановления элементов, так что его можно полагать известным. Таким образом, имеется система двух уравнений с тремя неизвестными. В первом приближении можно принять интенсивность отказов, изменяющуюся обратно пропорционально первоначальной стоимости. Тогда

$$\lambda_3 = (\lambda_1 + \lambda_2) \frac{C_1}{C_1 + C_2}. \quad (33)$$

В результате решения уравнений (22) и (33) получим:

$$\begin{aligned} \lambda_2 &= \frac{-\ln P_{TP}}{T_{gap}} \cdot \frac{(C_1 - C_2) - C_2(R + 1)}{a \cdot C_1}; \\ \lambda_3 &= \frac{-\ln P_{TP}}{T_{gap}} \cdot \frac{(C_1 - C_2 R) + C_2 R(R + 1)}{C_1 + C_2 R} \cdot \frac{C_2}{C_1}; \\ \lambda_0 &= \frac{-\ln P_{TP}}{T_{gap}} \times \\ &\times \frac{(R + 1)^2 C_2 [C_2 + a(C_1 - C_2) - (1 - a)(C_1 - C_2)]}{(C_1 + C_2 R)a \times C_1}. \end{aligned}$$

Таким образом, получается конкретное значение интенсивности «отказов» каждого из трех фиктивных элементов в зависимости от расчетных параметров устройства.

Полученные результаты позволяют предположить, что имеется прямая зависимость между интенсивностью «отказов» и убытками при отказе

$$\alpha_i = y_i \lambda_i \Rightarrow \lambda_i = \frac{\alpha_i}{y_i}.$$

В этом случае интенсивность отказов i -го элемента устройства в каждой из трех групп элементов будет определяться формулой

$$\lambda_i = \frac{\lambda}{\sum_{i=1}^j \frac{\alpha_i}{y_i}} \cdot \frac{\alpha_i}{y_i}.$$

Для расчета на заданную надежность каждого элемента устройства необходимо знать время его работы и допустимую вероятность безотказной работы.

По итогам проведенного анализа появляется возможность определить вероятность безотказной работы:

– основных элементов

$$P_i^{och} = \exp(-\lambda_i T_{gap});$$

– восстанавливаемых элементов

$$P_i^e = \exp\left(-\lambda_i T_{gap} (1 + aR) \frac{1}{R + 1}\right);$$

– сменных элементов

$$P_i^c = \exp\left(-\lambda_i T_{gap} \frac{1}{R + 1}\right).$$

Выводы. В результате проведенных исследований: 1) проанализированы аспекты моделирования жизненного цикла, и предложена методика определения надежности навесного оборудования для прокладки трубопроводов, с целью определения искомым временных и надежности параметров комплексной технологичности подземного трубопроводного строительства.

2) приведены концептуально-методологические аспекты теоретических исследований, которые могут послужить основой для разработки нового оборудования трубопроводного строительства, формируемых на базе принципов комплексной технологичности; а также для исследования оптимальных режимов создания, эксплуатации и санации строительной техники.

Л и т е р а т у р а

1. А.С. 1645734 СССР, МКИ F16L21/02. Соединение труб и способ его осуществления / А.С.Вишневский, А.Г.Черенков, Е.П.Уваров и др. (СССР).- №4438528/29; Заявлено 08.06.88; Опубл.30.04.91. Бюл. № 16.

2. А.С.1638275 СССР, МКИ ЕОЗРЗ/05//F16/1/08. Устройство для монтажа раструбных труб/ А.Г Черенков, Е.П.Уваров, А.Х.Теплицкий и др.(СССР)- №4337943/29; Заявлено 15.10.87; Опубл.30.03.91. Бюл. №12.
3. Войнов К.Н. Прогнозирование надежности механических систем.- Л.: Машиностроение, 1978. -320 с.
4. Карпунин М.Г. и др. Жизненный цикл и эффективность машин. - М.: Машиностроение, 1989. -335 с.
5. Меженский А.Н., Скобликов В.В., Уваров П.Е., Насонкина Н.Г. Методическое пособие по обоснованию надежности и технологичности внешних сетей водоснабжения и канализации при комплексном проектировании, управлении проектами и инженерном мониторинге. – Луганск, ВУНУ им. В. Даля, 2004. -140 с.
6. Уваров Е.П., Пазин В.В., Меженский А.Н. Управление проектами структурно-связанных конструктивно-технологических систем – Сборник научных трудов ПГАСА, Днепропетровск, ПГАСА, 2000, вып. 2. 18-23 с.
7. Хазов Б.Ф. Надежность строительных и дорожных машин.- М.: Машиностроение, 1979. -260 с.
8. Хмара Л.А. Тенденции совершенствования специализированного навесного оборудования к тракторам и экскаваторам – Сборник научных трудов ПГАСА, Днепропетровск, ПГАСА, 2002, вып. 15, 4-27 с.
9. Шальнов А.П. Технология и организация строительства водопроводных и канализационных сетей и сооружений. –М.: Стройиздат, 1981. -317 с.
10. Шутенко Л.Н. Об оценке надежности жизненного цикла городского жилого фонда. Научный вестник строительства, Харків, ХДТУБА, 2001, вып. 16.

References

1. А.С. 1645734 СССР, МКИ F16L21/02. Soedinenie trub i sposob ego osushchestvleniya / A.S.Vishnevskiy, A.G.Cherenkov, E.P.Uvarov i dr. (SSSR).- #4438528/29; Заявлено 08.06.88; Опубл.30.04.91. Бюл. # 16.
2. А.С.1638275 СССР, МКИ ЕОЗРЗ/05//F16/1/08. Ustroystvo dlya montazha rastrubnykh trub/ A.G Cherenkov, E.P.Uvarov, A.H.Teplitkiy i dr.(SSSR)- #4337943/29; Заявлено 15.10.87; Опубл.30.03.91. Бюл. №12.
3. Voynov K.N. Prognozirovaniye nadezhnosti mekhanicheskikh sistem.- L.: Mashinostroeniye, 1978. -320 s.
4. Karpunin M.G. i dr. Zhiznennyiy tsikl i effektivnost mashin. - M.: Mashinostroeniye, 1989. -335 s.
5. Mezhenkiy A.N., Skoblikov V.V., Uvarov P.E., Nasonkina N.G. Metodicheskoe posobie po obosnovaniyu nadezhnosti i tehnologichnosti vneshnih setey vodosnabzheniya i kanalizatsii pri kompleksnom proektirovaniy, upravleniiy proektami i inzhenernom monitoringe. – Lugansk, VUNU im. V. Dallya, 2004. -140 s.
6. Uvarov E.P., Pazin V.V., Mezhenkiy A.N. Upravleniye proektami strukturno-svyazannykh konstruktivno-tehnologicheskikh sistem – Sbornik nauchnykh trudov PGASA, Dnepropetrovsk, PGASA, 2000, vyip. 2. 18-23 s.
7. Hazov B.F. Nadezhnost stroitelnykh i dorozhnykh mashin.- M.: Mashinostroeniye, 1979. -260 s.
8. Hmara L.A. Tendentsii sovershenstvovaniya spetsializirovannogo navesnogo oborudovaniya k traktoram i ekskavatoram – Sbornik nauchnykh trudov PGASA, Dnepropetrovsk, PGASA, 2002, vyip. 15, 4-27 s.

9. Shalnov A.P. Tehnologiya i organizatsiya stroitelstva vodoprovodnykh i kanalizatsionnykh setey i sooruzheniy. – M.: Stroyizdat, 1981. -317 s.
10. Shutenko L.N. Ob otsenke nadezhnosti zhiznennogo tsikla gorodskogo zhilogo fonda. Nauchnyi vIsnik budivnitsva, Harkiv, HDTUBA, 2001, vip. 16.

Уваров П.Є., Татарченко Г.О., Шпарбер М.Є., Юзін О.О. Аспекти моделювання надійності життєвого циклу навісного спеціалізованого устаткування для прокладення підземних трубопроводних мереж

Розглядаються аспекти моделювання життєвого циклу, і пропонується методика визначення надійності навісного устаткування для прокладення трубопроводів, з метою визначення шуканих тимчасових і надійнісних параметрів комплексної технологічності підземного трубопроводного будівництва. Приведені концептуально-методологічні аспекти теоретичних досліджень, які можуть послужити основою для розробки нового устаткування будівництва трубопроводних мереж, формованих на базі принципів комплексної технологічності; а також для дослідження оптимальних режимів створення, експлуатації і санації будівельної техніки.

Ключові слова: життєвий цикл, технологічність і надійність пристрою, оптимальні режими експлуатації, моделювання, прокладення трубопроводів, навісне спеціалізоване устаткування

Uvarov P., Tatarchenko G., Shparber M. Uzin A. Aspects of modeling the reliability of the life cycle attachments specialized equipment for laying underground pipe networks

Discusses aspects of the simulation life cycle, and a method of determining the reliability of attachments for piping, to determine the required time and reliability of complex technological parameters of underground pipeline construction. Given the conceptual and methodological aspects of theoretical research that can serve as the basis for the development of new equipment pipeline construction formed on the basis of the principles of integrated manufacturability, as well as for exploring optimal modes of creation, operation and rehabilitation of construction equipment.

Keywords: life cycle, manufacturability and reliability, optimal modes of operation, modeling, piping, attachments specialized equipment

Уваров П.Є. – к.т.н., доцент кафедри «Міського будівництва та господарства» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: uvarov_p@ukr.net.

Татарченко Г.О. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Міського будівництва та господарства» ЧНУ ім. В. Даля, tatarchenkogalina@gmail.com

Шпарбер М.Є. старший викладач кафедри «Міського будівництва та господарства» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: shparber_m@ukr.net.

Юзін А.А. студент ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: budivelnik_caf@ukr.net

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

Стаття подана 23.03.2016

УДК 697.32

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-РЕОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

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

IMPROVEMENT METHOD OF MANAGEMENT STRUCTURAL AND RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS COAL-WATER FUEL

Chernetskaya N. Baranov I., Miroshnykova M.

В статье рассмотрены важнейшие условия надежной и эффективной работы гидротранспортного топливно-энергетического комплекса и технологического процесса приготовления водоугольного топлива. Выполнен анализ фундаментальных исследований в области развития технологий приготовления и транспортирования водоугольного топлива. Выполнено сравнение фактического и расчетного перепадов давления топлива, полученных при использовании коэффициентов реологической модели. Предложен способ управления структурно-реологическими характеристиками водоугольного топлива в процессе его приготовления.

Ключевые слова: водоугольное топливо, перепад давления, реологические характеристики, модель, углепровод, гидротранспортирование.

Введение. Современное топливо должно отвечать жестким требованиям современного рынка, таким как стабильные значения основных технологических характеристик, задаваемых потребителем, рентабельность производства и минимальное возможное опасное экологическое воздействие на окружающую среду при его получении и использовании.

В связи с этим становится актуальным использование угля в виде водоугольного топлива (ВУТ), разработка эффективных процессов получения и применения которого должна базироваться на научно обоснованных методах физического и физико-химического воздействия на исходный уголь с учетом свойств его органической и минеральной составляющих [1].

Постановка проблемы. Важнейшим условием надежной и эффективной работы гидротранспортного топливно-энергетического комплекса на основе водоугольного топлива является сохранение стабильных значений структурно-реологических характеристик (параметров гранулометрического состава и эффективной вязкости) при изменении качества углей (влажности и зольности). Одним из основных

параметров гранулометрического состава является диаметр частиц d_{50} , характеризующий размер частиц, при котором 50 % частиц меньше d_{50} и 50 % более d_{50} .

Получение гранулометрического распределения частиц твердой фазы, близкого к бимодальному, в суспензии является одной из важнейших задач технологического процесса приготовления водоугольного топлива с приемлемыми значениями массовой доли твердой фазы и реологических характеристик. В базовом технологическом процессе обеспечение близкого к бимодальному гранулометрического распределения угольных частиц осуществляется использованием двухстадийного мокрого измельчения угля в шаровой и стержневой мельницах.

Для определения способов влияния на параметры гранулометрического распределения частиц твердой фазы при базовом способе приготовления ВУТ были исследованы регрессионные зависимости указанных параметров от производительности каждой стадии мокрого измельчения в условиях опытного промышленного углепровода (рис.1.). Достаточно высокие значения коэффициентов множественной корреляции (соответственно 0,81 и 0,84) свидетельствуют о высокой надежности найденных уравнений связи. В процессе комплексного опробования также было установлено, что на операции микромола в шаровой мельнице оптимальное значение массовой доли твердой фазы находится в пределах от 45 до 49%. При этом меньшее значение следует принимать при зольности угля более 14%, а большее при зольности менее 14%.

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 технологическим процессом приготовления ВУТ, который позволяет стабилизировать основной интегральный показатель - удельные потери напора при транспортировании и получить требуемые параметры гранулометрического распределения при изменении свойств угля.

Результаты исследований. Важным условием надежности работы линейной части системы является стабильность реологических характеристик ВУТ, обеспечивающая эффективный гидротранспорт топлива. Для неньютоновских жидкостей, подчиняющихся степенному уравнению состояния, которому удовлетворяет высококонцентрированная водоугольная суспензия, перепад давления в трубопроводе определяется по формуле:

$$\frac{\Delta P}{l} = \frac{K}{D_T} \cdot \left[\frac{8 \cdot Q \cdot (3n+1)}{\pi \cdot D_T^3 \cdot n} \right]$$

где $\frac{\Delta P}{l}$ - перепад давления на единицу трубопровода,

Па/м;

K, n - коэффициенты степенной реологической модели;

Q - объемный расход, м³/с;

D_T - диаметр трубопровода, м.



Рис.1. Зависимость производительности стержневой мельницы от среднего диаметра частиц угля в ВУТ

Для прогнозирования удельного перепада давления при гидротранспортировании определялись коэффициенты реологической модели K и n контрольных проб ВУТ. В период запуска углепровода использовалась методика для определения реологических характеристик (1,2), согласно которой

отобранная проба ВУТ тщательно перемешивалась, термостатировалась при 20°C в течение 10-15 мин. и загружалась в измерительное устройство ротационного вискозиметра. Производились измерения крутящего момента на каждой из 15 скоростей вращения при достижении первых устойчивых (что весьма условно и произвольно) значений. Обработка результатов измерений для определения коэффициентов модели K и n осуществлялась методом наименьших квадратов, однако вычислительный алгоритм имел принципиальную особенность.

На рис.2 представлены результаты сравнения фактического и расчетного перепадов давления, полученных при использовании коэффициентов реологической модели, вычисленных по методике [3]. В работе были получены результаты сравнительных измерений вязкости и расчетов перепада давления, выполненных для партии ВУТ со средней массовой долей твердой фазы 58,1%.

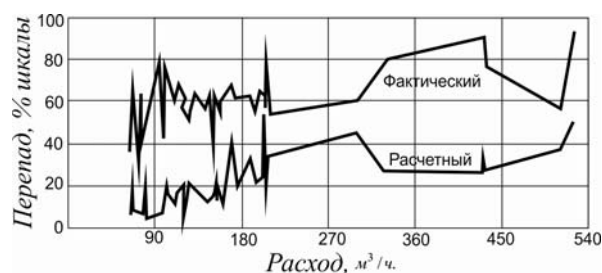


Рис. 2. Сравнение фактического и расчетного перепадов давлений

Анализ данных (рис.2) показывает, что методика [3] определения вязкости и коэффициентов реологической модели не удовлетворяет ни по точности значений (фактические перепады давления в испытательном контуре в 1,3- 3,0 раза больше расчетных значений по данным вискозиметрии), ни по отражению физического поведения водоугольных суспензий. Диапазон роста перепада давления по данной методике составляет от 0,31 до 1,00 ат/км при увеличении производительности от 60 до 500 м³/ч, в то время, как аналогичный диапазон для предположенной нами методики составляет от 0,49 до 0,84 ат/км.

На рис.3 показаны зависимости перепада давления, определенного по методике [4], от расхода топлива для различных значений n . Из графиков видно, что при малых значениях n (около 0,2) перепад давления возрастает незначительно при увеличении расхода от 100 до 500 м/ч.

Учитывая, что прогнозирование потерь давления и вязкости топлива по методике [4] явно неудовлетворительное, в дальнейшем для моделирования и расчетов необходимо использовать принципиально другую методику. В дальнейшем необходимо провести гидравлические испытания трех типов ВУТ на испытательном контуре углепровода и получить необходимые статистические характеристики. Указанные партии

топлива необходимо пропускать по испытательному контуру при разных расходах.

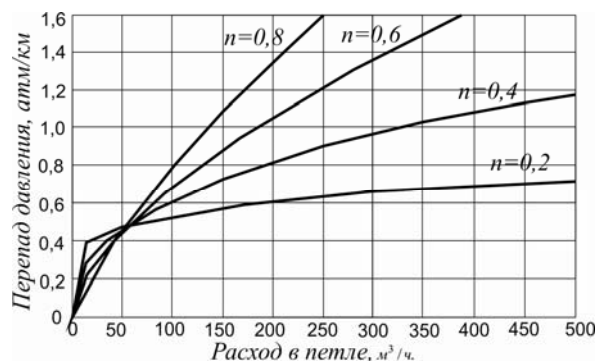


Рис.3. Перепад давления как функция n ($K=5$)

После остановки необходимо проверить седиментационную устойчивость и наличие осадка в трубопроводе. Каждый час необходимо отбирать пробы из контура и анализировать на массовое содержание твердой фазы, зольность, гранулометрический состав и вязкость по методике [5,6].

Из полученных данных видно, что расчетные перепады давлений при различных расходах весьма близки к фактическим значениям, полученным при прямых измерениях, что еще раз подтверждает надежность разработанной методики измерения реологических характеристик ВУТ.

Как отмечалось ранее, поддержание реологических характеристик ВУТ и главным образом основного интегрального показателя - перепада давления при заданном расходе на постоянном уровне является важнейшей задачей при управлении технологическим процессом приготовления ВУТ из углей с различной зольностью. Анализ регрессионных зависимостей, полученных для ВУТ, приготовленного различными способами показывает, что имеет место обобщенное уравнение связи в виде:

$$Z = a_0 \cdot C_T + \epsilon_0 \cdot A^d + c_0$$

где Z - интегральный параметр (удельный перепад давления), учитывающий изменение реологических характеристик при колебаниях массовой доли твердой фазы и зольности;

$a_0; \epsilon_0; c_0$ - коэффициенты.

Записывая данное уравнение в дифференциалах, получим:

$$dZ = \frac{\partial Z}{\partial C_T} dC_T + \frac{\partial Z}{\partial A^d} dA^d$$

Приравняв $dz = 0$, находим:

$$dC_T = - \frac{\frac{\partial Z}{\partial A^d}}{\frac{\partial Z}{\partial C_T}} dA^d$$

$$dC_T = - \frac{\epsilon_0}{a_0} dA^d$$

Полученное уравнение показывает, на сколько необходимо изменить массовую долю твердой фазы в ВУТ при изменении зольности угля, чтобы поддержать на постоянном уровне интегральный параметр Z , характеризующий реологические характеристики суспензии [7].

Применительно к результатам эксплуатации углепровода были получены для расчетных перепадов давления следующие значения коэффициентов $a_0; \epsilon_0; c_0$ уравнения регрессии.

На рис.4. показаны графики для определения ΔC при отклонении ΔA^d от среднего значения. За среднее значение A^d принимается значение $A^d = 15\%$. На основании выполненных исследований была предложена методика управления технологическим процессом приготовления путем расчета режимных карт ведения технологического процесса, заключающаяся в следующем:

1. Определяется средняя зольность и влажность партии угля, поступившей на приготовление ВУТ.
2. Определяется режим транспортирования (производительность линейной части углепровода).
3. Из соответствующего уравнения регрессии для выбранной производительности определяется значение массовой доли твердой фазы при полученной влажности и средней зольности угля 15%. При этом, номинальный перепад давления не должен превышать 0,07-0,08 МПа/км (0,7-0,8 атм/км).

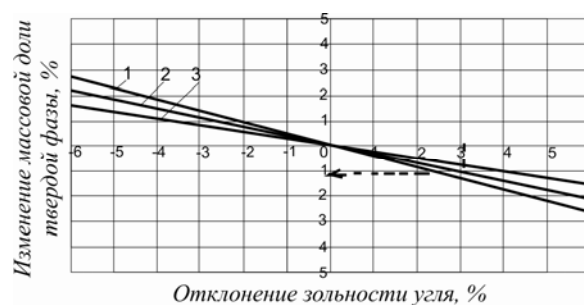


Рис. 4. Зависимость изменения массовой доли твердой фазы в ВУТ от отклонения зольности угля:

$$1 - Q = 80 \text{ м}^3 / \text{ч}; \quad 2 - Q = 160 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

$$3 - Q = 240 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

4. По соответствующему графику (рис.4.) определяется необходимая корректировка массовой доли твердой фазы в зависимости от изменения зольности угля относительно среднего значения.

5. Дальнейший расчет параметров технологического процесса ведется в соответствии с обычной методикой определения подачи воды, реагента-пластификатора при заданной производительности по углю и известной влажности угля. При этом при зольности угля 10-15% соотношение подачи угля в шаровую и стержневую мельницы принимается равным 3,5:6,5, а при зольности угля более 15% соотношение подачи угля в шаровую и стержневую мельницы составляет 3:7 [12].

По полученному значению массовой доли твердой фазы и известной величине влажности угля (показания влагомера) рассчитывается и устанавливается дозировка всех продуктов, подаваемых в процесс (уголь, вода, реагент-пластификатор). При этом общая производительность процесса приготовления корректируется с учетом получения требуемых параметров гранулометрического состава.

Аналогичным образом осуществляется управление структурно-реологическими характеристиками в процессе приготовления ВУТ с применением одностадийного мокрого диспергирования угля [14,15].

Таким образом, предложенный способ управления технологическим процессом приготовления ВУТ позволяет стабилизировать удельные потери напора при транспортировании и получить требуемые параметры гранулометрического распределения при изменении свойств угля.

Вывод. Выполненные исследования позволяют сформулировать следующие основные положения:

1. Полученные структурно-реологические характеристики и установленные взаимно-корреляционные связи подтвердили предложенную модель высококонцентрированных водоугольных суспензий, как сложных дисперсных систем, и закономерности формирования их реологических свойств.

2. Установлена седиментационная стабильность ВУТ при хранении, при этом выявленные процессы накопления промежуточных классов малозольных угольных частиц в нижней части аккумуляющей емкости подтверждают установленные закономерности формирования структурно-реологических характеристик ВУТ.

3. Предложен способ управления структурно-реологическими характеристиками ВУТ в процессе приготовления, заключающийся в корректировке дозирования основных продуктов, подаваемых в процесс (угля, воды и реагента-пластификатора) с целью получения требуемых параметров гранулометрического состава и поддержания стабильного значения удельного перепада давления

в процессе транспортирования суспензии при изменении свойств угля.

Л и т е р а т у р а

1. Білецький В.С. Реологічні характеристики водовугільних суспензій у залежності від якості вихідного вугілля / В.С. Білецький, О.А. Круть, Ю.Ф. Власов // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг, 2006. – Вип. 11. – С. 49 – 55.
2. Толасов Ю.А., Ходаков Г.С. Особенности получения водоугольного топлива в барабанных мельницах // Сб. науч. тр. “Технология приготовления и физико-химические свойства водоугольной суспензии”, НПО “Гидротрубопровод” М., 1991.-С. 97-110.
3. Беденко В.Г., Чистяков Б.Е., Миньков В.А., Губанова Т.С. Изменение реологических свойств водоугольных суспензий в зависимости от добавок ПАВ различной природы// Сб. науч.тр. “Методы регулирования структурно-реологических свойств и коррозионной активности высококонцентрированных дисперсных систем”, ВНИИПИ гидротрубопровод. М., 1987.-С. 15-22.
4. Потанин А.А. Теория полной реологической кривой течения высококонцентрированных водоугольных суспензий // Сб. науч. тр. “Физико-химические основы регулирования структурно-реологических свойств и устойчивости высококонцентрированных водоугольных суспензий в процессе трубопроводного гидротранспортирования”, НПО “Гидротрубопровод”. М., 1989.-С.44-61.
5. Редькина Н.И., Ходаков Г.С. Физико-химические особенности водоугольных суспензий // Сб. науч. тр. “Технология приготовления и физико-химические свойства водоугольных суспензий”, НПО “Гидротрубопровод” М., 1991.-С.25-37.
6. Горская Т.П., Ильин В.К., Пименова Е.Н. Гранулометрический состав угля и подвижность водоугольных суспензий // ХТТ.-1986.-№6.-С. 105-108.
7. Gorlov E.G., Murco V.J., Korochkin G.K. et al. Coal-Water Fuels and the Ways to improve their Quality. 8th Australian Coal Science Conference. Sudney, Australia, 7-9 December, 1998.
8. Hammond T.K., Mathiesen M.M. Manufacture and commercial use of carbogel coal/water fuel in Canada. ‘6th int. Symp. Coal Slurry Combust and Technol., Orlando, Fla, June 25-27, 1984. Proc.’ Pittsburg, Pa, s. A., 982-989.
9. Thambivuthu R.V., Stover N.S.H., Whaley N. The mechanism of atomisation of coal-water. In: Third European conference on coal liquid mixtures. Malmo, Sweden 14-15 October 1987. Icheme Symposium series number 107 Rudby, UK/The Institution of Chemical Engineers, pp 133-149.1987.
10. Glenn R.D. Coal slurry applications and technology. EPRJ GS-7209, Palo Alto, CA, USA, Electric Power Research Institute, 6b hh, 1991.
11. Patel P.D., Russel W.B. A mean field theory for the rheology of phase separated or flocculated dispersions// “Colloids I surf.-1988-V.31-V.31-p.355-383.
12. Atcins E.G. Stutus report on Co-AI Fuel. // Proceedings of 6-th International Symposium on Coal Slurry Combustion. Florida, USA, 1984, p.557-566.
13. Everett W. Knell, Timothy I. Murphy, Edward P. Flanagan, Richard F. Moxin. The OXCE fuel company coal-water mixture demonstration project. Proceedings of 6-th

- International Symposium on Coal Slurry Combustion. Florida, USA, 1984, p. 976-981.
14. Grizi F., Romani G., Ercolani D. Snamprogetti reocarb from the production plants into the boilers. // Proc. 8-th Int. Symp. On Coal Slurry Fuels Preparation and Utilization: Orlando, FL, USA, May 27-30, 1986.-P.947-951.
 15. Atkins E.G. Status report on CO-AL fuel // Proc.G-th Int.Symp. on Coal Slurry Combustion: Orlando, FL, USA, June 25-27. 1984-P.557-568.
 16. Hashimoto N. CWM from China to Japan - the world's first bilateral CWM trade / CWM Project Operations Dept. JGC Corporation, Yokohama, Japan, 1995.
 17. Kenneth A. Brame, George N. Fletcher. A comparison of rod mill-ball and cage mill-ball coal-water slurry preparation circuits Proceedings of the Eleventh International Conference on Slurry Technology. Hilton Head, South Carolina, USA, 1986, 265-271.
 18. Braun R.D., Johnson R.I. Industrial scale commissioning of coal-water fuel in wet process cement // In Third European conference on coal liquid mixtures, Malmö, Sweden, 14-15 October 1987, pp 285-299.
- References**
1. Biletsky V.S. Rheological properties of coal-water suspensions depending on quality original coal / V.S. Beletsky, O.A. Krut, Y.F. Vlasov // Journal of Kryvyi Rih Technical University. - Krivoy Rog, 2006. - Vol. 11 - p. 49 - 55.
 2. Tolas Y.A., Hodakov G.S. Peculiarities of coal-water fuel in drum mills // Coll. scientific. tr. "Technology of preparation and physico-chemical properties of coal-water slurry", NPO "Gidrotuboprovod" Moscow, 1991, p. 97-110.
 3. Bedenko V.G., Chistyakov B.E., Minkov V.A. Gubanov T.S. Change the rheological properties of coal-water slurry additives, depending on the different nature surfactants // Coll. nauch.tr. "Methods regulation of structural and rheological properties and corrosion-asset of highly dispersed systems" VNIPI gidrotuboprovod. M. 1987.-p. 15-22.
 4. Potanin A.A. The theory of the complete rheological curve flow highly concentrated coal-water slurries // Coll. scientific. tr. "Physical and chemical bases of regulation structural and rheological properties and stability of highly concentrated coal-water slurries in the process hydro-transport pipeline", NPO "Gidrotuboprovod". Moscow, 1989.-p.44-61.
 5. Redkina N.I. Hodakov G.S. Physico-chemical properties of coal-water slurries // Coll. scientific. tr. "Technology of preparation and physico-chemical properties coal-water slurry", NPO "Gidrotuboprovod" Moscow, 1991.-p.25-37.
 6. Gorskaya T.P., Ilyin V.K., Pimenova E.N. Grain size distribution of coal and coal-water slurries mobility // HTT.-1986.-№6.-p. 105-108.
 7. Gorlov E.G., Murco V.J., Korochkin G.K. et al. Coal-Water Fuels and the Ways to improve their Quality. 8th Australian Coal Science Conference. Sydney, Australia, 7-9 December, 1998.
 8. Hammond T.K., Mathiesen M.M. Manufacture and commercial use of carbogel coal/water fuel in Canada. '6th int. Symp. Coal Slurry Combust and Technol., Orlando, Fla, June 25-27, 1984. Proc.' Pittsburg, Pa, s. A., 982-989.
 9. Thambivuthu R.V., Stover N.S.H., Whaley N. The mechanism of atomisation of coal-water. In: Third European conference on coal liquid mixtures. Malmö, Sweden 14-15 October 1987. Icheme Symposium series number 107
 - Rudby, UK/The Institution of Chemical Engineers, pp 133-149.1987.
 10. Glenn R.D. Coal slurry applications and technology. EPRI GS-7209, Palo Alto, CA, USA, Electric Power Research Institute, 6b hh, 1991.
 11. Patel P.D., Russel W.B. A mean field theory for the rheology of phase separated or flocculated dispersions// "Colloids I surf.-1988-V.31-V.31-p.355-383.
 12. Atkins E.G. Status report on Co-Al Fuel. // Proceedings of 6-th International Symposium on Coal Slurry Combustion. Florida, USA, 1984, p.557-566.
 13. Everett W. Knell, Timothy I. Murphy, Edward P. Flanagan, Richard F. Moxin. The OXCE fuel company coal-water mixture demonstration project. Proceedings of 6-th International Symposium on Coal Slurry Combustion. Florida, USA, 1984, p. 976-981.
 14. Grizi F., Romani G., Ercolani D. Snamprogetti reocarb from the production plants into the boilers. // Proc. 8-th Int. Symp. On Coal Slurry Fuels Preparation and Utilization: Orlando, FL, USA, May 27-30, 1986.-P.947-951.
 15. Atkins E.G. Status report on CO-AL fuel // Proc.G-th Int.Symp. on Coal Slurry Combustion: Orlando, FL, USA, June 25-27. 1984-P.557-568.
 16. Hashimoto N. CWM from China to Japan - the world's first bilateral CWM trade / CWM Project Operations Dept. JGC Corporation, Yokohama, Japan, 1995.
 17. Kenneth A. Brame, George N. Fletcher. A comparison of rod mill-ball and cage mill-ball coal-water slurry preparation circuits Proceedings of the Eleventh International Conference on Slurry Technology. Hilton Head, South Carolina, USA, 1986, 265-271.
 18. Braun R.D., Johnson R.I. Industrial scale commissioning of coal-water fuel in wet process cement // In Third European conference on coal liquid mixtures, Malmö, Sweden, 14-15 October 1987, pp 285-299.
- Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Мірошнікова М.В. Вдосконалення способу управління структурно-реологічними характеристиками водовугільного палива.**
- У статті розглянуті найважливіші умови надійної та ефективної роботи гідротранспортного паливно-енергетичного комплексу та технологічного процесу приготування водовугільного палива. Виконано аналіз фундаментальних досліджень в області розвитку технологій приготування і транспортування водовугільного палива. Виконано порівняння фактичного і розрахункового перепадів тиску палива, отриманих при використанні коефіцієнтів реологічної моделі. Запропоновано спосіб управління структурно-реологічними характеристиками водовугільного палива в процесі його приготування.*
- Ключові слова:** водовугільне паливо, перепад тиску, реологічні характеристики, модель, вуглепровід, гідротранспортування.
- Chernetskaya N. Baranov I., Miroshnykova M. Improvement method of management structural and rheological characteristics coal-water fuel.**
- The article deals with the most important conditions for reliable and efficient operation of the hydro transport fuel and energy complex and process preparation coal-water fuel. The analysis basic research in the development of technologies preparation and transportation coal-water fuel. The comparison actual and the estimated fuel pressure drops obtained by using rheological model coefficients. A method for controlling structural and rheological characteristics of coal-water fuel*

during its preparation. These structural and rheological characteristics and established a one-correlations confirm the proposed model of highly concentrated coal-water suspensions, as complex dispersed systems, and regularities of their rheological properties. Installed sedimentation stability fuel in storage, identified processes accumulation of intermediate grade low-ash coal particles in the bottom buffer tank support established regularities of structural and rheological characteristics fuel.

Keywords: water-coal fuel, pressure drop, rheology, model ugleprovod, Hydrotransportation.

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

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

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

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

Стаття подана 23.03.2016

УДК 629.4.05

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В КРУПНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Баранов И.О., Мирошников В.В., Петрусенко А.С.

ANALYSIS OF PASSENGER TRAFFIC IN LARGE TRANSPORT HUBS

Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Miroshnykov V., Petrusenko A.

В статье рассмотрены основные направления развития внутригородских и пригородно-городских пассажирских перевозок в крупных транспортных узлах. Выполнен анализ состояния пассажирских перевозок в крупных транспортных узлах и анализ развития и функционирования транспортно-пересадочных узлов. Освещены основные причины изменения функций и структуры транспортно-пересадочных узлов. Выполнен анализ отечественного опыта формирования и развития транспортно-пересадочных узлов. Рассмотрены основные причины, определяющие выбор пассажиром способа перемещения и вида транспортных средств. Предложены методики сокращения времени поездки пассажиров внутри города, мегаполиса, пригорода.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, транспортный узел, анализ, транспортная проблема, транспортная система, мегаполис.

Введение. Основной задачей пассажирского транспорта является полное удовлетворение потребностей населения в перевозках. Транспортная проблема одна из важнейших проблем крупных городов, мегаполисов, которая с их ростом и развитием приобретает все более острый социальный, градостроительный и экономический характер. Несмотря на совершенствование процессов проектирования и эксплуатации транспортных систем пассажирского транспорта крупных городов, продолжительность перемещения пассажира из начального пункта в конечный в них остается значительной и колеблется в зависимости от размеров города, мегаполиса в пределах 35-90 минут. Время нахождения пассажира в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ) составляет примерно четверть общего времени перемещения [1,2].

При формировании комплексной транспортной системы крупных городов следует учитывать причины, определяющие выбор пассажиром способа перемещения и вида транспортных средств, а именно: социальные, психологические и демографические. В первую очередь пассажир мегаполиса, круп-

ного города при выборе маршрута передвижения просчитывает затрачиваемое на поездку время. Поэтому фактор времени является одним из основных параметров, влияющих на выбор вида транспорта, при условии, что пассажира удовлетворяет стоимость проезда этим видом транспорта и качество обслуживания в нем.

Постановка проблемы. Сокращение времени поездки внутри города, мегаполиса, пригорода возможно за счёт увеличения скоростей движения транспортных средств при организации скоростных внутригородских и пригородно-городских перевозок железнодорожным, автомобильным или другим видом транспорта с минимальным числом остановок, реализация которого потребует существенных капиталовложений. Для организации скоростных городских, пригородно-городских и пригородных перевозок, как правило, необходимо сооружение: дополнительных главных путей на головных участках (ж.-д. транспорт); дополнительных полос на автотрассах и автодорожных развязок (автомобильный транспорт); отдельных обособленных линий, путепроводных развязок (скоростной трамвай, метрополитен) и др. Однако, существенного сокращения времени поездки пассажира из начального пункта в конечный, за счет увеличения скоростей движения транспортных средств на отдельных участках общего пути, может не произойти из-за значительного времени нахождения пассажира в ТПУ при пересадке между взаимодействующими видами транспорта. В большинстве случаев это время непосредственно определяется нерациональной планировочной организацией ТПУ и недостаточной координацией в работе взаимодействующих в ТПУ видов транспорта. Поэтому одной из главных задач, решение которой позволит сократить общее время поездки пассажира, является выбор рациональных параметров ТПУ, как центров взаимодействия видов пассажирского транспорта. Выполненные ранее научные исследования в данной области не достаточно учитывали специфики ры-

ночной экономики, влияющей на функционирование и развитие ТПУ, а также зарубежный опыт формирования ТПУ, их проектирования и развития в увязке с дальнейшим развитием крупных городов и агломераций во взаимодействии с различными видами пассажирского транспорта. В недостаточной мере использовались методы логического и математического анализа для прогнозирования и моделирования динамики и взаимодействия пассажиропотоков в ТПУ.

Решение задачи выбора параметров ТПУ, в том числе формируемых с участием железнодорожного транспорта, является составной частью научной проблемы рационализации структуры ТПУ на основе закономерностей формирования пассажиропотоков, направленной на повышение эффективности управления пассажирскими перевозками.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросы функционирования, формирования и развития ТПУ стали широко рассматриваться в научной специализированной литературе с середины 60-х годов XX века. Научно-теоретическая база исследований в этой области включает в себя научные труды учёных: З.В. Азаренковой, А.П. Артынова, Е.В. Архангельского, В.М. Батырёва, И.А. Боженко, А.А. Бычковой, С.П. Вакуленко, Д.Н. Власова, П.В. Голубева и других.

Цель статьи. Целью данной работы является анализ состояния пассажирских перевозок в крупных транспортных узлах и анализ развития и функционирования транспортно-пересадочных узлов.

Результаты исследований. В настоящее время пассажиров, пользующихся внутригородским и пригородно-городским транспортом можно поделить на три группы в зависимости от их приоритетов, определяющих привлекательность того или иного вида транспорта:

- стоимость поездки от пункта отправления до пункта назначения;
- время, затрачиваемое на поездку от пункта отправления до пункта назначения пассажира (с учётом времени на пересадку между видами транспорта и ожидания транспорта);
- комфорт.

Критерий оценки распределения пассажиропотока между видами транспорта следует рассматривать не только с позиции прибыльности общественного транспорта. Оптимальная организация работы общественного транспорта в большой степени зависит от внетранспортных факторов. В случае бесконтрольного развития индивидуального транспорта, приводящего к перегрузке улично-дорожной сети и ухудшению экологической обстановки, меры по улучшению транспортной ситуации должны быть одновременно направлены на ограничение использования индивидуального транспорта (прямые ограничения пользования автомобилем, повышение налогов на владельцев автомобилей и т.д.) и на развитие общественного транспорта (сокращение общего времени, затрачиваемого на поездку; снижение

тарифов; повышение качества перевозочного процесса).

В современных условиях к основным направлениям развития внутригородских и пригородно-городских пассажирских перевозок в крупных транспортных узлах относят:

- расширение транспортной сети внутригородских железнодорожных перевозок;
- расширение сети метрополитена;
- создание системы «перехватывающих» парковок;
- развитие таксомоторных услуг (легализация рынка таксомоторных услуг, повышение качества предоставляемых услуг и стимулирование поездок на короткие расстояния);
- развитие интеллектуальных транспортных систем (установка детекторов движения, информационных табло, перевод светофоров в адаптивный режим,
- установка на светофорах средств удаленной диагностики) и другие.

Все решения должны быть направлены на общую задачу повышения популярности общественного транспорта, в том числе за счет сокращения использования личного автотранспорта, расширения провозной способности общественного транспорта, повышения уровня сервиса общественного транспорта. Развитие транспортных систем, их адаптация к условиям рынка приводит к необходимости качественного изменения функций и структуры ТПУ, которая обусловлена двумя основными причинами:

- необходимостью предоставления пассажиру качественно нового уровня транспортных услуг, а также сервисных услуг различного профиля пассажиру и посетителю, с целью повышения конкурентоспособности массовых общественных видов пассажирского транспорта перед индивидуальным;
- исчерпанием в городах территориальных ресурсов для одноуровневого развития транспортных сетей и их инфраструктуры в целом, а также инфраструктуры ТПУ.

Соотношение долей площадей, реконструируемых ТПУ Украины, представлено на рис.



Рис. Соотношение основных долей площадей реконструируемых ТПУ Украины

Накопленный отечественный опыт проектирования и эксплуатации ТПУ учитывает специфику функционирования, технологические требования отечественных транспортных систем, отечественную нормативную базу и законодательство. В

настоящее время в транспортных узлах крупных городов Украины сложилась и действует достаточно обширная сеть ТПУ различных видов. Основные ТПУ сформированы и продолжают формироваться, главным образом, вблизи общегородских центров, в центре города, в местах размещения вокзальных комплексов различных видов пассажирского транспорта. Формирование ТПУ обусловлено закономерностями комплексной организации пересадочного процесса [3,4].

Необходимо отметить, что главной отличительной особенностью существующих узлов является наличие метрополитена в системе городского пассажирского транспорта. Представляет интерес программа формирования и реконструкции ТПУ в транспортном узле Киевского региона. На сегодняшний день накоплен значительный отечественный опыт разработки предложений по проектированию развития ТПУ и превращению их в многофункциональные транспортно-пересадочные комплексы (ТПК).

Опыт эксплуатации функционирующего ТПУ позволил при разработке проектной документации на другие ТПУ и ТПК снизить долю коммерческих площадей (торговля, сервис-центры и т.д.), отдав предпочтение пешеходным и транспортным зонам, техническим помещениям, транспортным коммуникациям, обеспечивающим выполнение основной функции: быстрая, удобная, безопасная пересадка пассажиров с одного вида транспорта на другой [5,6].

Исключение составили коммерческие площади паркингов перехватывающих парковок, как элемента, непосредственно обеспечивающего быструю и удобную пересадку с личного транспорта на общественные [7,8].

Вывод. Реализация общемировых тенденций формирования и развития ТПУ позволила органично вписать их в транспортные системы крупных городов и мегаполисов Европы, США, Японии, превратив многие из них в крупные бизнес-центры, высокотехнологические транспортные и торговые сервисные предприятия, оказывающие широкий спектр услуг не только пассажирам, но и другим пользователям.

1. Анализ отечественного опыта формирования и развития ТПУ показал, что последовательность их формирования и развития, число и планировочная структура определяются культурно-историческим развитием, планировочной структурой городов, развитием их транспортной сети, экономического потенциала и географического положения, особенностями транспортной системы.

2. Значительная часть существующих ТПУ Украины исторически сформировалась на базе железнодорожных вокзалов как основного вида магистрального транспорта, долгие годы доминировавшего в объемах и дальности перевозок, а также в величине пассажирооборота. С развитием других видов транспорта (автомобильный, метрополитен)

ТПУ начинают формироваться на базе автовокзалов, станций метрополитена. Вместе с тем, сформированные к настоящему времени ТПУ имеют устаревшие, не соответствующие современным условиям функционирования, новым требованиям и направлениям развития планировочные решения.

3. Учитывая значительную долю ТПУ, сформированных и формируемых с участием железнодорожного транспорта и на базе элементов инфраструктуры пассажирских обустройств железнодорожного транспорта, включая вокзальные комплексы, необходимо детальное исследование и проработка вопросов, связанных с процессами их формирования и функционирования.

Л и т е р а т у р а

1. Копылова, Е.В. Организация работы интермодальных транспортных систем для обслуживания пригородных пассажиропотоков в периоды предоставления «окон» [Текст]: Дис. канд. техн. наук: 05.22.08 / Копылова Екатерина Витальевна. – Москва, Московский государственный университет путей сообщения, 2007. – 128 с.
2. Овчинникова, Е.А. Разработка алгоритмов кластеризации и рекомендаций по модернизации железнодорожных вокзальных комплексов городских транспортных систем [Текст]: дисс. канд. техн. наук: 05.22.01 / Овчинникова Елена Александровна. – Москва, Московский государственный университет путей сообщения, 2014. – 234 с.
3. Персианов, В.А. Пассажирский транспорт большого города [Текст]: учебное пособие / В.А. Персианов - М., ГУУ 2006. – 80 с.
4. Helbing, D. Simulation of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations, Pedestrian and Evacuation Dynamics Springer-Verlag [Text] / D. Helbing // New York, 2002. pp. 21-58.
5. Mehran, R. Abnormal Crowd Behavior Detection using Social Force Model [Text] / R. Mehran, A. Oyama, M. Shah // IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Miami, 2009.
6. Was, J. Social Distances Model of Pedestrian Dynamics [Text] / J. Was, B. Gudowski, P.J. Matuszyk // In: El Yacoubi, Chopard B., Bandini S. (eds.) ACRI 2006 LNCS, vol.4173, pp. 492-501.
7. Alonso, W. Location and Land Use [Text] / W. Alonso // Cambridge (Mass), Harvard University Press, 1964.
8. Fruin, J. Pedestrian Planning and Design [Text] / J. Fruin // Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York, 1971.
9. Helbing, D. Social force model for pedestrian dynamics [Text] / D. Helbing // Physical review E, May 1995.
10. Burks, Arthur W. Essays on Cellular Automata [Text] / Arthur W. Burks // University of Illinois Press, 1970.

R e f e r e n c e s

1. Kopylova, E.V. Organization of intermodal transport systems for servicing of suburban volumes of passenger traffic during periods of "windows" [Text]: Dis. cand. techn. Sciences: 05.22.08 / Kopylova Ekaterina Vitalevna. - Moscow, Moscow State University of Railway endowment, 2007. - 128 p.
2. Ovchinnikova, E.A. Development of algorithms for clustering and recommendations on the modernization of

- railway station complexes urban transport systems [Text]: diss. cand. techn. Sciences: 05.22.01 / Ovchinnikova Elena. - Moscow, Moskovsky State Transport University, 2014. - 234 p.
3. Persianov, V.A. Passenger traffic of the big city [Text]: a textbook / V.A. Persianov - M., SUM, 2006. - 80 p.
 4. Helbing, D. Simulation of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations, Pedestrian and Evacuation Dynamics Springer-Verlag [Text] / D. Helbing // New York, 2002. pp. 21-58.
 5. Mehran, R. Abnormal Crowd Behavior Detection using Social Force Model [Text] / R. Mehran, A. Oyama, M. Shah // IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Miami, 2009.
 6. Was, J. Social Distances Model of Pedestrian Dynamics [Text] / J. Was, B. Gudowski, P.J. Matuszyk // In: El Yacoubi, Chopard B., Bandini S. (eds.) ACRI 2006 LNCS, vol.4173, pp. 492-501.
 7. Alonso, W. Location and Land Use [Text] / W. Alonso // Cambridge (Mass), Harvard University Press, 1964.
 8. Fruin, J. Pedestrian Planning and Design [Text] / J. Fruin // Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York, 1971.
 9. Helbing, D. Social force model for pedestrian dynamics [Text] / D. Helbing // Physical review E, May 1995.
 10. Burks, Arthur W. Essays on Cellular Automata [Text] / Arthur W. Burks // University of Illinois Press, 1970.

Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Мирошников В.В., Петрусенко А.С. Аналіз стану пасажирських перевезень у великих транспортних вузлах.

У статті розглянуті основні напрямки розвитку внутрішньоміських, приміських і міських пасажирських перевезень у великих транспортних вузлах. Виконано аналіз стану пасажирських перевезень у великих транспортних вузлах і аналіз розвитку і функціонування транспортно-пересадочних вузлів. Висвітлено основні причини зміни функцій і структури транспортно-пересадочних вузлів. Виконано аналіз вітчизняного досвіду формування і розвитку транспортно-пересадочних вузлів. Розглянуто основні чинники, що визначають вибір пасажиром способу переміщення та виду транспортних засобів. Запропоновано методики скорочення часу поїздки пасажирів всередині міста, мегаполіса, передмістя.

Ключові слова: пасажирські перевезення, транспортний вузол, аналіз, транспортна проблема, транспортна система, мегаполіс.

Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Miroshnikov V., Petrusenko A. Analysis of passenger traffic in large transport hubs.

In article basic directions of development urban and peri-urban passenger transport in major transport hubs. The analysis state passenger transport in major transport hubs and analysis development and operation transport hubs. When covering the main causes of changes in the functions and structure transport hubs. The analysis national experience in the formation and development transportation hubs. The main factors determining choice of method passenger movement and type vehicle. The techniques reducing travel time of passengers within city, city, suburb. Optimal organization of public transport heavily dependent on transportation factors. In the case uncontrolled development individual transport, resulting in overloading road network and deterioration ecological environment, to improve the traffic situation at the same time measures should be aimed at limiting use of individual transport. Currently, passengers using urban and suburban public transport, can be divided into three groups according to their priorities, determining the attractiveness particular mode of transport.

Keywords: passenger transportation, transportation hub, analysis, transport problem, transport system, metropolis.

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

Баранов І.О. – ст. викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Мирошников В.В. – студент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Петрусенко А.С. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 20.03.2016

УДК 629.4.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, СВЯЗАННЫХ С НЕДОСТАТКОМ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ, В УСЛОВИЯХ РЕФОРМИРОВАНИЯ ОТРАСЛИ

Черников В.Д., Мирошникова М.В., Пазушко Н.В., Ворожцов Р.А.

ANALYSIS PROBLEMS RAILWAY OPERATION ASSOCIATED WITH LACK OF TRANSPORT CAPACITY IN THE SECTOR REFORM

Chernikov V., Miroshnykova M., Pazushko N., Vorogtsov R.

В статье проведен анализ научных исследований и сформулированы требования к методике определения потребности пунктов погрузки в погрузочных ресурсах. Предложено, в качестве оперативных мероприятий позволяющих снять избыточную нагрузку с сети железных дорог, введение обезличенного управления вагонными парками различных собственников. Установлена необходимость рассмотрения пути повышения пропускной способности за счёт интенсификации пропуска поездов, как в условиях временных ограничений пропускных способностей отдельных перегонов, участков или полигонов, так и в длительной перспективе за счёт сокращения межпоездного интервала. Выполнен анализ проблем эксплуатации железных дорог, связанных с недостатком провозной способности, в условиях реформирования отрасли.

Ключевые слова: провозная способность, реформирование, анализ, объем перевозок, вагонный парк, полигон, грузовой пункт.

Введение. На современном этапе реформирования железнодорожного транспорта после преодоления экономикой страны последствий кризиса возобновился рост объемов перевозок железнодорожным транспортом.

Преимущественно сырьевой сценарий развития экономики Украины, её интеграция в мировую экономику кардинально изменили характер экономических связей между промышленными предприятиями различных регионов. На протяжении не одного десятилетия сеть железных дорог развивалась для обеспечения связей внутри страны. Соответственно, высокий уровень технического оснащения имеют магистральные направления в центральной части сети, а также линии, связывающие удалённые регионы с центром. Финансовый кризис и последовавшее за ним падение объемов перевозок обозначили ещё одну проблему: недостаточную вместимость сети железных дорог для отстоя вагонов в ожидании погрузки.

Смещение центра тяжести мирового производства в Азиатско-Тихоокеанский регион, перенос в него производств из Западной Европы и США, бурный рост экономики Китая и её сырьевая зависимость от поставок из других стран, привели к смещению экспортных грузопотоков на это направление.

Постановка проблемы. Невозможность обезличенного управления парками вагонов в современных условиях требует пересмотра подходов к этой проблеме, создания новой теории управления парками частных вагонов. Последствия неэффективного управления вагонным парком проявляются в избыточной нагрузке на сеть железных дорог, росту потребной пропускной способности на ключевых направлениях транспортировки грузов, обнажают проблемы недостаточной вместимости путей общего пользования в местах массовой погрузки и выгрузки.

Развитие системы управления эксплуатационной работой на железных дорогах Украины в условиях реформы является одной из важнейших и актуальных задач в сфере транспорта. Необходимо дальнейшее развитие теории, обеспечивающей взаимную увязку развития сети железных дорог и её элементов с потребностями развивающейся экономики страны, её населения.

Анализ последних исследований и публикаций. Общие принципы развития транспортной системы были сформулированы в трудах ряда отечественных учёных, таких как А.Э. Александров, В.И. Апатцев, Н.Н. Барков, А.П. Батулин, И.В. Белов, А.Ф. Бородин, В.Г. Галабурда, А.Е. Гишман, Н.Н. Громов и других. В трудах зарубежных учёных также неоднократно предлагались пути оптимизации развития транспортных систем. Подходы существенно различаются в зависимости от типов структур экономик государств. Наиболее интересны для

настоящего исследования работы следующих учёных: Р.Т. Вонг, В. Кристаллер, Т.Л. Маньянти, Г. Поттгофф, К.Ю. Рихтер, П.А. Стенбринк и других.

Цель статьи. Целью данного исследования является анализ проблем эксплуатации железных дорог, связанных с недостатком провозной способности, в условиях реформирования отрасли. Базовыми являются аспекты управления вагонными парками железных дорог.

Результаты исследований. Главная причина недостатка пропускной способности – несоответствие уровня развития сети железных дорог, законодательных основ организации процесса перевозок и парками вагонов, перемещающимися по сети. Обстановка осложняется отсутствием эффективной системы централизованного планирования перевозок, что приводит к ошибкам в управлении вагонными парками.

Недостаточные наличная пропускная способность решающих направлений транспортировки и перерабатывающие способности технических станций, а также избыток вагонных парков – следствия неэффективной стратегии развития железнодорожного транспорта в период после распада СССР. Если во времена работы Госплана железнодорожный транспорт развивался в тесной увязке с потребностями экономики страны, то с отказом от централизованного планирования, особенно в период резкого снижения объёмов грузоперевозок в 1991-1998 гг., стратегическое планирование развития транспортной сети, и в первую очередь железных дорог, не осуществлялось. Это привело к несоответствию между потребностями экономики и реальным положением дел.

Традиционно, основным путём наращивания провозных способностей полигонов и направлений является рост массы поезда. Такой подход доказал свою эффективность – на протяжении многих лет он широко используется на практике. Такой эксплуатационный показатель как производительность локомотива традиционно является одним из главных показателей качества эксплуатационной работы. В условиях работы общего локомотивного парка его значение бесспорно. Однако, в современной практике сбои в ритмичности работы ключевых станций зачастую приводят к остановкам продвижения поездопотоков, что приводит к падению участковой скорости, производительности локомотива, при этом резко возрастает парк локомотивов и в тоже время возникает их нехватка в пунктах смены локомотивов.

С развитием автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом для повышения качества регулировки парками вагонов стала использоваться достоверная информация о техническом состоянии вагонов, претерпели изменения алгоритмы решения задачи распределения порожних вагонов под погрузку [1,2]. Вопросам оперативного регулирования парка порожних вагонов построения математической модели эксплуата-

ционной работы железных дорог для расчёта потоков порожних вагонов и потребных парков и создания на их основе системы автоматизированного расчёта планов передачи порожних вагонов по стыковым пунктам посвящены работы [3,4].

В простейшем виде задача распределения порожнего подвижного состава по грузовым пунктам поставлена в [2,4]. Основной целью составления оптимального плана является поиск варианта с минимальным количеством единиц порожнего подвижного состава. При такой постановке задачи не учитываются затраты на подачу вагонов, а также допускается, что на каждом пункте погрузки имеется только один тип груза. Задача распределения порожнего подвижного состава решается за три шага:

- определение спроса пунктов погрузки по каждому типу;
- определение ресурсов порожнего подвижного состава по каждому типу;
- распределение по пунктам погрузки.

В работе [5] предлагается задачи распределения порожних вагонов по грузовым пунктам разделить на две группы, в зависимости от того, по какому из критериев оценивается оптимальный вариант:

- наилучшее использование грузоподъёмности вагонов, причём затраты, связанные с перемещением порожних вагонов между грузовыми пунктами, не учитываются;
- суммарные эксплуатационные расходы, связанные с перемещением порожних вагонов между грузовыми пунктами и с перевозкой грузов по железной дороге.

В той же работе рассмотрена и задача с более общей постановкой, – когда на каждом грузовом пункте имеется в наличии несколько родов груза, которые можно перевозить в одном вагоне (без учёта и с учётом затрат, связанных с перемещением порожних вагонов).

В работе [6] предложены технологические нормативы рационального соотношения вагонных парков и вместимости путевого развития полигонов сети железных дорог для условий текущей эксплуатации позволяют выполнять оценку технологической возможности осуществления перевозки и доступа к железнодорожной инфраструктуре общего пользования и отстоя частных вагонов на станциях и узлах полигонов сети. Созданная система технологических нормативов призвана обеспечить маневренность полигонов железнодорожной сети за счет рационального соотношения вагонных парков и вместимости путевого развития станций в существующих и перспективных условиях эксплуатации. Результаты работ предназначены для применения в ряде важных производственных задач:

- выбора станций для размещения вагонов, не участвующих в перевозочном процессе;
- включения в состав критериев технологической возможности осуществления перевозки и доступа к железнодорожной инфраструктуре общего

пользования показателей размещения вагонных парков различных категорий в нормативно-справочную информацию и насыщения полигонов сети вагонным парком;

- обоснования инвестиций в путевое развитие станций и узлов по конкретным полигонам сети.

Такой подход позволит своевременно выявлять дефицитные состояния пропускной и перерабатывающих способностей участков и станций, путевых ёмкостей, а на основе оценок уровня маневренности своевременно вносить необходимые изменения технологии, привлечения дополнительного подвижного состава или фиксировать отсутствие технологической возможности выполнения той или иной перевозки [7,8].

Ключевой особенностью при оценке влияния технических и технологических параметров, связанных с пропуском поездопотоков на резерв пропускной способности участков сети является уровень её заполнения. При высоком увеличивается количество и продолжительность остановок поездов для разъездов и обгонов, уменьшается участковая скорость и ухудшаются основные качественные показатели. Опыт эксплуатации наиболее загруженных участков железных дорог и итоги имитационного моделирования показывают, что при превышении уровня загрузки 0,7-0,8 для любых участков, участковая скорость существенно снижается, а при полном её использовании снижается до 0,5-0,6 от первоначальной [9,10].

Существенное расхождение плановых и реальных показателей подтверждает необходимость разработки технологии и программных средств для разработки новых, более объективных методов определения пропускных способностей участков железных дорог [11].

Переход на работу с приватным вагонным парком также негативно отразился на эффективности всей системы управления перевозками. Отсутствие на инфраструктуре на подходах к портам сортировочных мощностей, ориентированных на обработку порожнего вагонопотока, практически исключает возможность формирования маршрутов из порожних вагонов, создавая дополнительную нагрузку на технические станции самых грузонапряженных участков.

Вывод. Проведённый анализ управления парками вагонов в нашей стране и за рубежом на протяжении длительных исторических отрезков позволил выявить системные недостатки и проблемы эксплуатации вагонов различной принадлежности.

1. Главной проблемой существующей системы управления парками вагонов является низкая эффективность их использования, что приводит к росту потребности в погрузочных ресурсах, вследствие замедления оборота вагона.

2. На основании проведенного анализа научных исследований сформированы требования к методике определения потребности пунктов погрузки в погрузочных ресурсах, обеспечивающая удовле-

творение потребностей всех категорий грузоотправителей, линейных предприятий транспорта и отрасли в целом.

3. В качестве оперативных мероприятий, позволяющих снять избыточную нагрузку с сети железных дорог, предложено введение обезличенного управления вагонными парками различных собственников.

4. В перспективе необходимо рассмотреть пути повышения пропускной способности за счёт интенсификации пропуска поездов, как в условиях временных ограничений пропускных способностей отдельных перегонов, участков или полигонов, так и в длительной перспективе за счёт сокращения межпоездного интервала.

Л и т е р а т у р а

1. Карасев, А.А. Экономическое обоснование системы расчетов пользования грузовых вагонов в международном сообщении [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. экон. наук / А.А. Карасев. – М., 2010. – 24 с.
2. Дыканюк, М.Л. Автоматизация расчёта месячного плана передачи порожних вагонов по междорожным стыковым пунктам на сетевом уровне управления [Текст] / М.Л. Дыканюк, С.С. Лахтуров // Вестник ВНИИЖТ. – 1986. – №7. – С. 4-7.
3. 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.
4. Белов, И.В. Математические методы в планировании на железнодорожном транспорте. [Текст] / И.В. Белов, А.Б. Каплан – М: Транспорт. – 1972. – 247 с.
5. А.А. Смехов. Оптимизация процессов грузовой работы [Текст] / под ред. А.А. Смехова. – М: Транспорт. – 1973. – 264 с.
6. Matoba, K. [Текст] / K. Matoba // Railway Track & Structures. – 2001. – №2. – p. 26-28.
7. Bull, P. [Текст] / p. Bull // The Permanent Way Institution. – 1999. – №3. – p. 284-289.
8. Judge, T. [Текст] / T. Judge // Railway Age. – 2000. – №2. – p. 46-49.
9. Was, J. Social Distances Model of Pedestrian Dynamics [Text] / J. Was. B. Gudowski, P.J. Matuszyk // In: El Yacoubi, Chopard B., Bandini S. (eds.) ACRI 2006 LNCS, vol.4173, p. 492-501.
10. Mehran, R. Abnormal Crowd Behavior Detection using Social Force Model [Text] / R. Mehran, A. Oyama, M. Shah // IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Miami, 2009.
11. Helbing, D. Social force model for pedestrian dynamics [Text] / D. Helbing // Physical review E, May 1995.

R e f e r e n c e s

1. Karasev A.A. Economic substantiation calculations using system of freight wagons in international traffic [Text]: the thesis abstract on competition of a scientific degree. Cand. ehkon. Science / A.A. Karasev. - M., 2010. - 24 p.
2. Dykanyuk M.L. Automating calculation of the monthly transfer empty wagons plan for butt points at the network level management [Text] / M.L. Dykanyuk, S.S. Lahturov // Herald VNIIZhT. - 1986. - №7. - p. 4-7.

3. 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.
4. Belov, I.V. Mathematical methods in the planning of railway transport. [Text] / I.V. Belov, A.B. Kaplan - M: Transport. - 1972. - 247 p.
5. A.A. Smekhov. . Optimization of freight operations [Text] / ed. A.A. Smekhov. - M: Transport. - 1973. - 264 p.
6. Matoba, K. [Текст] / K. Matoba // Railway Track & Structures. – 2001. – №2. – p. 26-28.
7. Bull, p. [Текст] / p. Bull // The Permanent Way Institution. – 1999. – №3. – p. 284-289.
8. Judge, T. [Текст] / T. Judge // Railway Age. – 2000. – №2. – p. 46-49.
9. Was, J. Social Distances Model of Pedestrian Dynamics [Text] / J. Was. B. Gudowski, P.J. Matuszyk // In: El Yacoubi, Chopard B., Bandini S. (eds.) ACRI 2006 LNCS, vol.4173, p. 492-501.
10. Mehran, R. Abnormal Crowd Behavior Detection using Social Force Model [Text] / R. Mehran, A. Oyama, M. Shah // IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Miami, 2009.
11. Helbing, D. Social force model for pedestrian dynamics [Text] / D. Helbing // Physical review E, May 1995.

Черніков В.Д., Мірошникова М.В., Пазушко Н.В., Ворожцов Р.О. Аналіз проблем експлуатації залізниць, пов'язаних з нестачею провізної здатності, в умовах реформування галузі.

У статті проведено аналіз наукових досліджень і сформульовані вимоги до методики визначення потреби пунктів навантаження в навантажувальних ресурсах. Запропоновано, в якості оперативних заходів, що дозволяють зняти надлишкове навантаження з мережі залізниць, введення знеособленого управління вагонними парками різних власників. Встановлено необхідність розгляду шляху підвищення пропускної спроможності за рахунок інтенсифікації пропуску поїздів, як в умовах часових обмежень пропускної здатності окремих перегонів, ділянок або полігонів, так і в довгостроковій перспективі за рахунок скорочення міжпоїздного інтервалу. Виконано аналіз

проблем експлуатації залізниць, пов'язаних з нестачею провізної здатності, в умовах реформування галузі.

Ключові слова: провізна здатність, реформування, аналіз, обсяг перевезень, вагонний парк, полігон, вантажний пункт.

Chernikov V., Miroshnykova M., Pazushko N., Vorogtsov R. Analysis problems railway operation associated with lack of transport capacity in the sector reform.

The article analyzes scientific research and requirements to method of determining needs loading in loading resources. It is proposed as operational activities allow to remove excess load rail network, the introduction impersonal management rolling stock of different owners. Established need to consider ways increase capacity at the expense an intensification of train passes, both in terms time-limited bandwidth individual spans, sites or landfills, and in the long run by reducing interval. The analysis problems operating railways associated with a lack of transport capacity, in terms reforming industry. A significant divergence planned and actual performance confirms the need to develop technologies and software tools for development new, more objective methods for determining capacities of the rail sections. Go to work with private car fleet also had a negative impact on efficiency whole transport management system. The absence of infrastructure in approaches to ports sorting capacity-oriented processing of empty wagon flow, virtually eliminating possibility forming routes of empty cars, creating an additional burden on engineering station most areas.

Keywords: carrying capacity, reform, analysis, volume traffic, carriage fleet, ground, freight item.

Черніков В.Д. – ст. викл. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

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

Пазушко Н.В. - магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Ворожцов Р.О. - магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 27.03.2016

УДК 629.423

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Шидловський Р.М., Баб'як М.О., Артемчук В.В.

ANALYSIS OF OPPORTUNITIES IMPROVING THE PERFORMANCE OF MECHANICAL PARTS ELECTRIC LOCOMOTIVES

Shydlovskiy R., Babyak N., Artemchuk V.

У статті розглянуто причини постановок електровозів на позапланові ремонти по Львівській залізниці, причини інтенсивного зношування гребенів бандажів колісних пар, конструктивні особливості елементів механічної частини електровозів – коліскового підвішування, втулок гальмівної системи електровозів серій ВЛ10, ВЛ11, ВЛ80. Розроблені рекомендації щодо підвищення експлуатаційних характеристик та надійності механічної частини електровозів серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80.

Ключові слова: механічна частина електровозів, зношення гребеня бандажа, ресорне підвішування електровозів

Вступ. Головне завдання транспорту полягає в повному і своєчасному задоволенні потреб промисловості і населення в перевезеннях, підвищення ефективності та якості роботи транспортної системи. Для досягнення мети необхідно, зокрема, підвищити рівень використання і надійність роботи електрорухомого складу на залізницях. Ефективність електричної тяги повинна зростати не тільки внаслідок створення нових потужних електричних локомотивів, а й в результаті поліпшення тягових, гальмівних, динамічних і техніко-економічних характеристик існуючого електрорухомого складу постійного і змінного струму, а також підвищення його надійності.

На даний час відзначається істотне старіння експлуатованого парку електровозів. У найближчі кілька років залізниці будуть змушені забезпечувати перевезення вантажо- і пасажиропотоків без збільшення і помітного оновлення парку тягового рухомого складу.

Експлуатація морально застарілого рухомого складу з низькими динамічними властивостями є однією з причин недостатнього рівня безпеки руху поїздів і високих експлуатаційних витрат, обумовлених збільшенням витрат на ремонтні роботи, а та-

кож підвищенням споживанням енергії на тягу поїздів.

У процесі експлуатації електровозів змінюються їх характеристики, що пов'язані із зносом контактуючих поверхонь вузлів тертя, втратою характеристик демпферів, гумових і гумометалевих деталей, зі зміною передбачених конструкцією зазорів, тощо. Це, як правило, призводить до неконтрольованого зростання показників динаміки, збільшення динамічної напруженості основних несучих елементів екіпажу, обмеження швидкості руху локомотивів.

Експлуатація рухомого складу за межами призначеного терміну служби веде не тільки до погіршення показників експлуатаційної надійності, але і до зростання витрат на його утримання. В якості тимчасового заходу на період відсутності розвинутого виробництва необхідно проводити модернізацію з продовженням терміну служби на ремонтних заводах. У зв'язку з цим великий інтерес представляє можливість удосконалення показників динамічних якостей електровозів ВЛ10, ВЛ11м і ВЛ80.

При цьому надзвичайно актуальними є завдання збереження, а в більшості випадків поліпшення його експлуатаційних характеристик.

Одним з основних завдань щодо забезпечення оновлення рухомого складу України є оновлення та модернізація залізничного рухомого складу з метою збільшення його строку служби, підвищення безпеки та швидкості руху [1].

Виходячи з реального стану економіки України в умовах жорсткої економії коштів питання оновлення тягового рухомого складу не стоїть на першому плані, а першочерговим є модернізація тягового рухомого складу з метою збільшення його строку служби. Це питання актуальне і на Львівській залізниці, про що свідчить модернізація електровозів ВЛ11^М на Львівському локомотиворемонтному заводі. Але збереження існуючого тягового рухомо-

го складу, підтримання його в працездатному стані шляхом дотримання вимог Наказу № 1337/Н [2], Правил ремонту – завдання першочергове для локомотивного господарства.

Основним напрямком, який забезпечує безпеку руху, поліпшення і стабілізацію динамічних якостей електровозів, є встановлення раціональних допусків на утримання вузлів екіпажу і його модернізація, підвищення якості технічного обслуговування і ремонту за допомогою застосування в ремонтних локомотивних депо прогресивних технологій і сучасних засобів технологічного оснащення.

Постановка проблеми. Магістральними електровозами виконується близько 82% вантажних і 70% пасажирських перевезень у прямому та місцевому сполученнях, тому їх наявність у потрібній кількості й технічний стан відіграють у перевізному процесі ключову роль [3].

На жаль, з кожним роком збільшується кількість позапланових ремонтів електровозів здебільшого з причин неякісного виконання ремонту і передчасного зношування вузлів та агрегатів. Виходячи з Аналізу стану безпеки руху поїздів в локомотивному господарстві Львівської залізниці за 2015 р. [4], очевидно, що найбільшу кількість непланових ремонтів становлять електровози, постановка яких на неплановий ремонт викликана несправностями механічної частини – колісних пар та іншого механічного обладнання (табл. 1). Тому актуальним є розробка заходів, що дозволяють домогтися збільшення терміну служби елементів механічної частини локомотива.

Однією із основних причин з яких бракують з подальшої експлуатації колісні пари електровозів є інтенсивне зношування гребеня бандажа – товщина гребеня та вертикальний підріз гребеня вище норм, встановлених Правилами технічної експлуатації залізниць України [5]. Небезпечну форму гребеня необхідно перевіряти за допомогою гребневимірювача універсального (рис.1) при ТО, ПР і щомісячних обмірюваннях колісних пар [6].

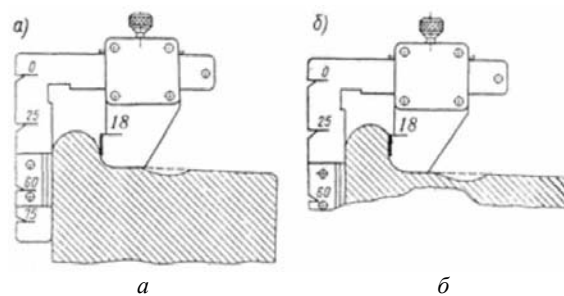


Рис. 1. Виявлення вертикального підрізу гребеня:
а – гребінь не бракується; б – гребінь бракується

Дослідженню механізму зношування, аналізу видів пошкодження коліс і рейок, а також розробці способів підвищення їх довговічності присвячено багато досліджень різних вчених і спеціалістів, за думками яких причинами інтенсивного зношування гребенів бандажів колісних пар електровозів є [7]:

- 1) зменшення ширини колії до 1520 мм;
- 2) порушення норм утримання рейкової колії по ширині, рівню і напрямку в плані;
- 3) змінення жорсткості рейкового шляху шляхом переходу на рейки важкого типу Р65, Р75, що мають підвищену жорсткість та змінену геометрію;
- 4) використання залізобетонних шпал;
- 5) використання об'ємно-загартованих рейок, що підняло їх твердість в 1,5 рази, у порівнянні із твердістю коліс;
- 6) зміна конструкції локомотивів, механічної частини та збільшення їх потужності;
- 7) погіршення стану рухомого складу;
- 8) низька якість мастила, що використовується для лубрикації;
- 9) низька якість металу рейок і бандажів коліс;
- 10) зношування і частоти обточування бандажів колісних пар.

Таблиця 1

Дані постановки електровозів на неплановий ремонт

Депо	Усього		В тому числі							
			ТЕД	Допо-міжні машини	Елек-тричні апарати	Меха-нічне обладнання	Компре-сори	Авто-гальмівні прилади	Прилади безпеки	Інші
	2015	2014	2015/ 2014	2015/ 2014	2015/ 2014	2015/ 2014	2015/ 2014	2015/ 2014	2015/ 2014	2015/ 2014
Львів-Захід	42	64	3 10	0 4	3 17	12 14	1 2	0 2	2 2	21 13
Мукачєво	107	246	3 34	6 11	15 49	60 113	1 5	1 0	2 2	19 32
Залізниця	149	310	6 44	6 15	18 66	72 127	2 7	1 2	4 4	40 45
Різнитця 2015/2014 рр.	-161		- 38	- 9	- 48	- 55	- 5	- 1	0	- 5

Утримання механічної частини електровозів в справному стані не завжди виконується. Так, при експлуатації на ділянках колії із підвищеним зношуванням гребеня необхідно звертати увагу на утримання противідносних пристроїв та коліскового підвішування (рис. 2, 3), оскільки порушення норм їх утримання погіршує умови вписування в криві ділянки колії, а, відповідно, і зношування гребеня бандажа.

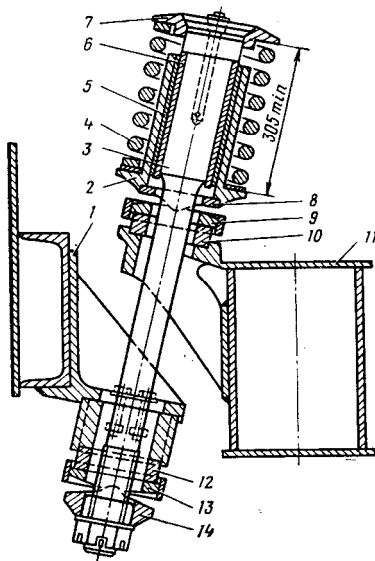


Рис. 2. Коліскове підвішування кузова електровозів серій ВЛ11м, ВЛ80:

- 1 – кронштейн рами кузова; 2 – направляючий стакан; 3 – стержень підвішування; 4 – пружина; 5 – захисна втулка стакану; 6 – облицювальна втулка стержня; 7 – грибоподібна верхня опора пружини; 8 – опора верхнього шарніра; 9 – прокладка верхнього шарніра; 10 – нижня опора верхнього шарніра; 11 – боковина рами візка; 12, 14 – опори нижнього шарніра; 13 – прокладка нижнього шарніра

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах Мілованова А.А. досліджено вплив конструкції механічної частини електровозів, а саме – вузлів зв'язку візка з кузовом на інтенсивність зношування гребеня бандажа та запропоновано способи їх модернізації. Однак не тільки даний вузол впливає на зношування гребеня бандажа – механічна частина працює в комплексі. Шляхи зменшення цієї проблеми необхідно досліджувати.

Мета статті. Аналіз можливих способів підвищення експлуатаційних характеристик механічної частини електровозів. Узагальнення теоретичних та наукових досліджень, що спрямовані на підвищення експлуатаційної надійності електровозів.

Викладення основного матеріалу. Елементи вузлів механічної частини електровозів серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80, таких як: втулки шарнірів важільно-

гальмової передачі поз. 2 (рис. 4), втулки коліскового підвішування (див. рис. 3), втулки маятникової підвіски ТЕД, втулки стійок ресорного підвішування, втулки корпусів букс для кріплення валика ресорного підвішування виконані із високомарганцевистої зносостійкої сталі 110Г13Л (сталь Гадфільда). Висока в'язкість і, одночасно, спроможність зміцнюватись, надають цій сталі стійкість проти зношування, що задовольняє умовам надійності ЕРС в експлуатації. Проте, при відсутності втулок із сталі 110Г13Л в локомотивних депо дозволяється втулки виготовляти із листів ресорної сталі 55С2, 60С2, 60С2А ГОСТ 14959-79 – листи після нагріву гнуть і зварюють стиковим швом, після цього – обробляють до розмірів у кресленні. Можливе також виготовлення втулок із сталі 45 з наступною механічною обробкою.

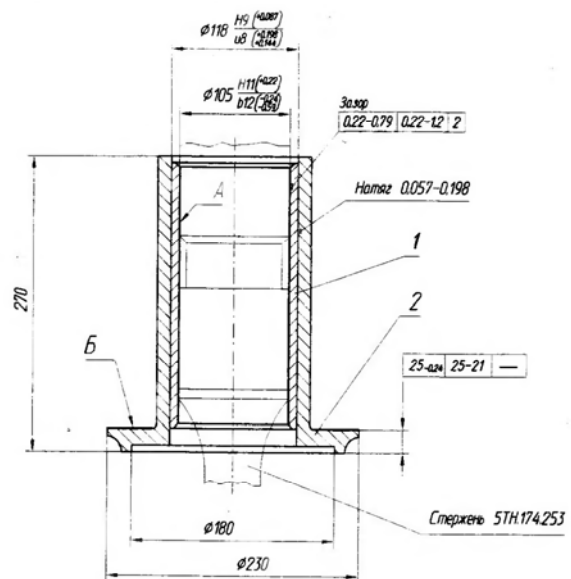


Рис. 3. Елементи вузла коліскового підвішування кузова електровозів серій ВЛ11м, ВЛ80:

- 1 – стакан; 2 – втулка

Використання втулок (рис. 5) із даних сталей не може забезпечити в повній мірі експлуатаційну надійність ЕРС в експлуатації, внаслідок їх інтенсивного зношування. Це призводить до збільшенню випадків постановки електровозів на непланові ремонти, високого відсотку браку при ремонті ПР-3 і, відповідно, збільшенню затрат робочого часу та матеріалів на відновлення.

Перспективним може стати використання в експлуатації втулок із полімерних антифрикційних композиційних матеріалів, що містять в якості волокнистого наповнювача скловолокно та/або вуглецеве волокно. [8, 9]. Це дозволить знизити коефіцієнт тертя та зменшити знос поверхонь тертя, що, в свою чергу, підвищить термін служби втулок.

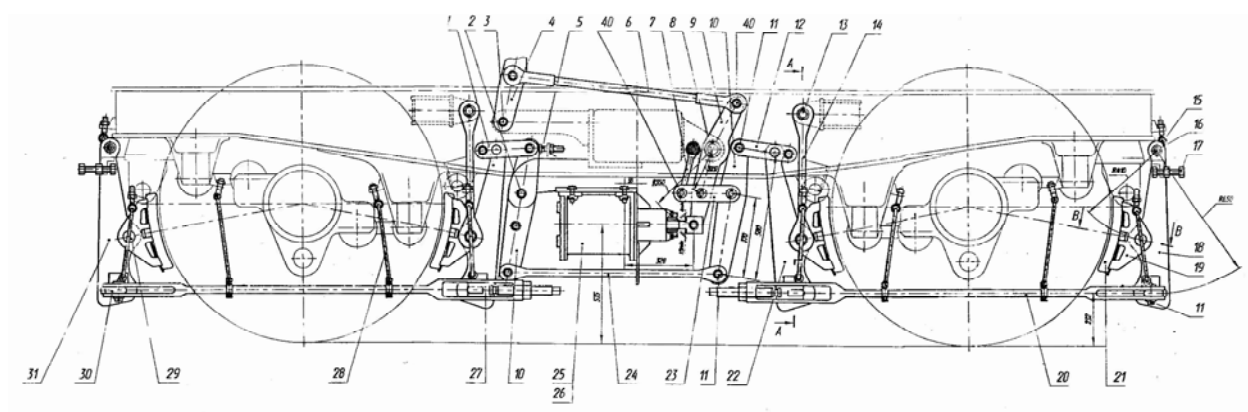


Рис. 4. Візок електровозів серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80

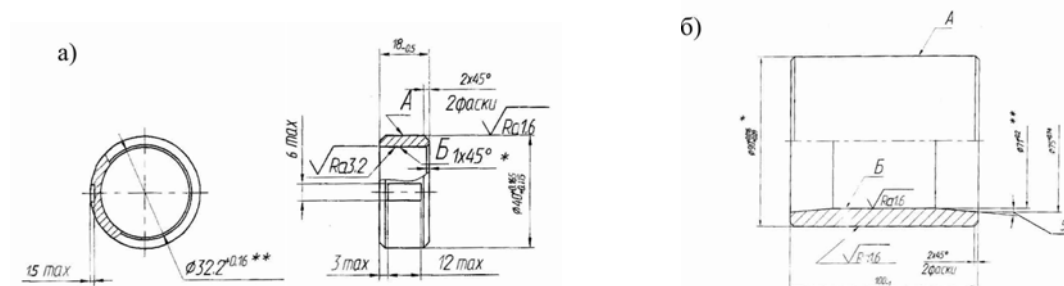


Рис. 5. Втулки гальмівної системи, маятникової підвіски ТЕД електровозів серій ВЛ11, ВЛ80

а – втулка 8ТН.210.457; б – втулка 8ТН.210.247

В експлуатації необхідно ретельно підбирати антифрикційні матеріали із достатнім запасом міцності, зносостійкості, високою контактною витривалістю, високою корозійною стійкістю і забезпечувати при монтажі мінімальне початкове зміщення поверхонь тертя. Зміцнення поверхонь втулок, змащування елементів тертя, правильне регулювання підвішування з дотриманням зазорів, використання нових типів матеріалів дозволяють збільшити довговічність вузлів.

На основі відомих патентів та власного досвіду у роботі нами розроблені рекомендації щодо підвищення експлуатаційних характеристик та надійності механічної частини електровозів серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80, які дозволять підвищити стан безпеки руху поїздів.

Висновок. У роботі проаналізовано причини постановок електровозів на позапланові ремонти по Львівській залізниці, розглянуто конструктивні особливості елементів механічної частини електровозів. Розроблено пропозиції щодо використання в конструкції вузлів механічної частини електровозів полімерних антифрикційних композиційних матеріалів, що прогнозує часткове підвищення експлуатаційної надійності механічної частини електровозів.

Література

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. – [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>.
2. Наказ № 1337/Н Про систему планово-попереджувального ремонту і технічного обслуговування тягового рухомого складу, – Державна адміністрація залізничного транспорту, Львівська залізниця, Львів, від 01.12.2011р., 14 с.
3. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки. – [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://www.mtu.gov.ua/ru/news/print/9092.html>.
4. Аналіз стану безпеки руху поїздів в локомотивному господарстві Львівської залізниці за 12-ть місяців 2015 року.
5. Правила технічної експлуатації залізниць України. – [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97>.
6. Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм. Затверджена наказом Укрзалізниці від 29.05.2001 № 305-Ц із змінами та доповненнями затвердженими наказами Укрзалізниці від 16.11.2004 № 863-ЦЗ та від 18.12.2007 № 598-Ц та від 20.04.2010 № 046-ЦЗ. Київ, 2011. — 170 с.
7. Трофимов М.Н. Снижение интенсивности износа гребней колесных пар электровозов. Диссертация кандидата технических наук. Екатеринбург. 2000 – [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://tekhnosfera.com/view/47330/d>.

8. Патент RU 2441787 C1, 09.09.10 Втулка рычажной тормозной системы рельсового транспорта. – [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://www.freepatent.ru/images/patents/17/2441787/patent-2441787.pdf>
9. Патент RU 2499921 C1, 23.07.12 Втулка рычажной тормозной системы рельсового транспорта. – [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://www.freepatent.ru/images/patents/497/2499921/patent-2499921.pdf>

References

1. Transportna strategija Ukrai'ny na period do 2020 roku. – [Elektron. resurs]. Rezhym dostupu: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>.
2. Nakaz № 1337/N Pro systemu planovopoperedzhuval'nogo remontu i tehničnogo obslugovuvannja tjadovogo ruhomogo skladu, – Derzhavna administracija zaliznychnogo transportu, L'vivs'ka zaliznycja, L'viv, vid 01.12.2011 r., 14 s.
3. Kompleksna programa onovlennja zaliznychnogo ruhomogo skladu Ukrai'ny na 2008-2020 roky. – [Elektron. resurs]. Rezhym dostupu: <http://www.mtu.gov.ua/ru/news/print/9092.html>.
4. Analiz stanu bezpeky ruhu poi'zdiv v lokomotyvnomu gosподarstvi L'vivs'koi' zaliznyci za 12-t' misjaci 2015 roku.
5. Pravyla tehničnoj' ekspluatacij' zaliznyci' Ukrai'ny. – [Elektron. resurs]. Rezhym dostupu: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97>.
6. Instrukcija z formuvannja, remontu ta utrymannja kolisnyh par tjadovogo ruhomogo skladu zaliznyci' Ukrai'ny kolii' 1520 mm. Zatverdzena nakazom Ukrzaliznyci vid 29.05.2001 № 305-C zi zminamy ta dopovnennjamy zatverdzenymy nakazamy Ukrzaliznyci vid 16.11.2004 № 863-CZ ta vid 18.12.2007 № 598-C ta vid 20.04.2010 № 046-CZ. Kyi'v, 2011. — 170 s.
7. Trofymov M.N. Snyzhenje yntensyvnostry zynosa grebnej kolesnyh par elektrovov. Dissertacija kandydata tehnycheskyh nauk. Ekaterynburg. 2000 – [Elektron. resurs]. Rezhym dostupu: <http://tekhnosfera.com/view/47330/d>.
8. Patent RU 2441787 C1, 09.09.10 Vtulka ryčazhnoj tormoznoj systemy rel'sovogo transporta. – [Elektron. resurs]. Rezhym dostupu: <http://www.freepatent.ru/images/patents/17/2441787/patent-2441787.pdf>

9. Patent RU 2499921 C1, 23.07.12 Vtulka ryčazhnoj tormoznoj systemy rel'sovogo transporta. – [Elektron. resurs]. Rezhym dostupu: <http://www.freepatent.ru/images/patents/497/2499921/patent-2499921.pdf>

Шидловський Р.М., Баб'як М.О. Артемчук В.В. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОВІЗІВ.

У статті розглянуто причини постановок електро-візів на непланові ремонти по Львівській залізниці, причини інтенсивного зношування гребенів бандажів колісних пар, конструктивні особливості елементів механічної частини електровізів – коліскового підвішування, втулок гальмівної системи електровізів серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80. Розроблені рекомендації щодо підвищення експлуатаційних характеристик та надійності механічної частини електровізів серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80.

Ключові слова: механічна частина електровізів, зношення гребеня бандажа, ресорне підвішування електровізів.

Shydlovskiy R., Babyak N. Artemchuk V. Analysis of opportunities improving the performance of mechanical parts electric locomotives.

The article describes the causes unplanned repair of electric locomotives in Lviv railway, causes intense wear crests of bandages of wheel pairs, the design features elements of the mechanical part of electric locomotives - cradle suspension, brake system of electric locomotives series VL10, VL11m, VL80. Recommendations to improve the performance and reliability of the mechanical part of the series electric locomotives VL10, VL11M, VL80.

Keywords: mechanical part of electric locomotives, wear bandage crest, suspension spring of electric locomotives.

Шидловський Р.М. – викладач, Львівський коледж транспортної інфраструктури.

Баб'як М.О. – к.т.н., доц., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (Львівська філія).

Артемчук В.В. – д.т.н., проф., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

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

Стаття подана 17.03.2016

УДК 629.4

КОМБІНОВАНІ НАКОПИЧУВАЧІ ЕНЕРГІЇ У СИЛОВОМУ ЛАНЦЮГУ МАНЕВРОВИХ ЛОКОМОТИВІВ

Яровий Р.О.

COMBINED ENERGY STORAGE IN THE POWER CIRCUIT SHUNTING LOCOMOTIVES

Yarovoy R.

Розглянута можливість і зроблено оцінку енергоефективності використання комбінованих накопичувачів енергії як буферних накопичувачів енергії при електродинамічному гальмуванні маневрових локомотивів. Розглядається принцип дії комбінованих накопичувачів енергії, режими його роботи, наводяться структурна схема для опису силових частини комбінованих накопичувачів енергії. Наведено розрахунок параметрів накопичувача. У заключній частині статті наводяться результати моделювання.

Ключові слова: рухомий склад, електродинамічне гальмування, накопичення енергії, комбіновані накопичувачі, гібридний привід.

Вступ. В сучасних умовах, поряд з підвищенням продуктивності локомотивів все більшу важливість набуває економія паливно-енергетичних ресурсів, підвищення надійності та екологічної ефективності. Розробка нового рухомого складу і заміна їм застарілих локомотивів пов'язана зі значними матеріальними витратами, тому особливого значення набуває вдосконалення існуючих локомотивів. Основною метою модернізації експлуатованих і створення нових локомотивів є підвищення їх продуктивності і енергетичної ефективності, що сприяють скороченню витрати палива на тягу поїздів і при простої з працюючою силовою установкою.

Одним із способів досягнення цієї мети є застосування комбінованих силових установок, до складу яких входять накопичувачі енергії. Застосування накопичувачів енергії, здатних сприймати різко змінні навантаження при одночасній стабілізації режиму роботи теплового двигуна, дозволять підвищити його надійність та екологічні показники.

З огляду на чималі витрати, необхідні при розробці та створенні систем накопичення та рекуперації енергії, починати практичні роботи по їх впровадженню на локомотивах слід після всебічного аналізу можливих вигод від їх застосування в співвідно-

шенні з додатковими витратами по устаткуванню ними рухомого складу. При цьому одним з важливих якостей тепловозів з електропередачею в підвищенні безпеки руху - можливість застосування електродинамічного гальмування, яке володіє рядом переваг в порівнянні з пневматичним. 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 складу або з використанням її в мінімальному ступені.

Використання комбінованих накопичувачів енергії в силових ланцюгах маневрових локомотивів дозволить не тільки скоротити витрату палива, зменшити шкідливі викиди та збільшити ресурс обладнання, а також зменшити ціну накопичувача.

Постановка проблеми.

Робота накопичувача енергії у силовому ланцюгу відбувається в перехідних режимах під час рекуперативного гальмування та під час розгону тягових двигунів. Ці режими обумовлені великими значеннями струмів у силовому ланцюгу.

Практична реалізація рекуперативних та розгінних режимів пов'язана з певними складнощами. Силкові конденсаторні зборки, здатні сприймати великі зарядні струми, досить дорогі. Використання комбінованих накопичувачів здешевлює модернізацію маневрових локомотивів але потребує розробки схем підключення та систем керування процесом накопичення та звільнення накопиченою енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Відомі публікації [1-3], в яких відзначається економічна доцільність застосування накопичувачів енергії на рухомому складі. В [1] згадані конденсатори загальною ємністю.

Однак в літературі відсутні рекомендації по вибору необхідної ємності накопичувача і схемної реалізації. Також не приведена система управління та алгоритм управління накопичувачем енергії.

Мета. Метою цієї роботи є оцінка енергоефективності і доцільності модернізації маневрових локомотивів, встановленням комбінованого накопичувача енергії у силовому ланцюгу.

Результати досліджень.

Безпосереднє підключення силових конденсаторів до хімічного джерела з малої ємністю, призведе до величезних пусковим струмів, що рівносильно короткого замикання. Крім того, застосування суперконденсаторів, спільно з акумуляторними батареями може привести до гігантських імпульсним викидів потужності при випадкових коротких замикань.

Результати випробувань комбінованої системи запуску показали, що при використанні великих значень ємності (більше 10Ф) суперконденсатора, виникає необхідність застосування системи контролю напруги заряду, так як перезарядка суперконденсаторів призводить його до підвищення температури, що призводить до вибуху і виходу з ладу.

У зв'язку з цим, розроблена електрична схема пристроїв підвищення надійності комбінованих систем накопичення електроенергії.

На рис. 1 представлена спрощена електрична схема, з поділом зарядних і розрядних струмів, містить зарядний і розрядний ланцюг, паралельно з'єднаних хімічного джерела і суперконденсатора.

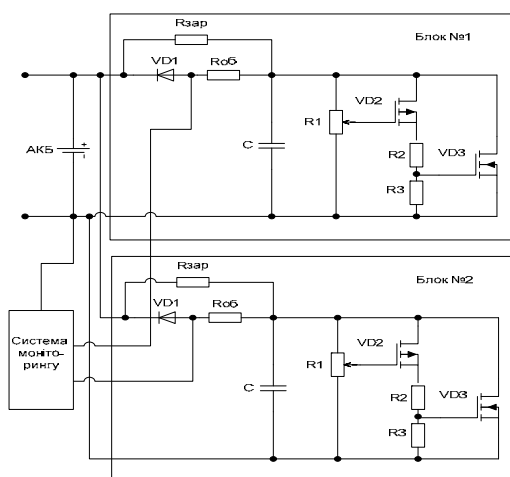


Рис. 1. Спрощена схема комбінованого накопичувача

Для підвищення ємності силових конденсаторів використовують конденсаторні збірки.

Для різних електроустановок потрібне забезпечення оптимальних режимів заряду і розряду суперконденсаторів. З метою підвищення надійності та безпеки доцільно використовувати високоточні стабілізатори на базі польових транзисторів.

Система моніторингу здійснює поточний контроль напруги, здійснює діагностику та статистичний контроль не штатних експлуатаційних режимів накопичувача.

Для забезпечення суттєвих результатів при використанні накопичувача енергії і збереження максимальної кількості енергії при гальмуванні необхідно, визначити параметри акумуляторної батареї та блоку суперконденсаторів.

Для визначення необхідного значення ємності блоку суперконденсаторів та акумуляторної батареї розглянемо процес перетворення кінетичної енергії в електричну енергію при гальмуванні. Відомо, що кінетична енергія масою m , яка переміщується з лінійною швидкістю V визначається виразом

$$E_{\text{зал}} = \frac{m \cdot v^2}{2} \text{ (Дж)}$$

де η – сумарний ККД механічної та електричної частини.

Енергія конденсаторних блоків може бути оцінені за формулами:

$$E_C = \frac{CU^2}{2} \text{ (Дж)}$$

де: C – ємність силового конденсатора, U – напруга на електродах силового конденсатора.

Коефіцієнт використання силових конденсаторів розраховуємо за формулою

$$K_u = \frac{E_{C\text{max}} - E_{C\text{min}}}{E_{C\text{max}}} = 1 - \left(\frac{U_{C\text{min}}}{U_{C\text{max}}} \right)^2$$

Відповідно до виразом на рис.2. побудований графік залежності коефіцієнта використання енергії конденсатора від співвідношення мінімального і максимального значення напруги заряду C . Як видно з представленої залежності, доцільно розряджати C до мінімальної напруги $\leq 20\%$ від максимальної. При цьому коефіцієнт використання енергії конденсаторної батареї буде максимальним.

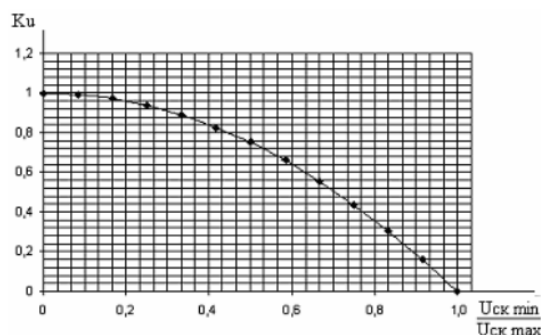


Рис. 2. Залежність коефіцієнта використання енергії конденсатора від співвідношення мінімального і максимального значення напруги заряду

Значення ємності конденсаторного блоку з урахуванням коефіцієнту використання

$$C = \frac{2,1A_c}{U_{C_{\max}}^2} = \frac{2,1A_{\text{гал}}}{U_{C_{\max}}^2} \eta$$

де η – сумарний ККД механічної та електричної частини.

Таким чином ємність конденсаторного накопичувача при електродинамічному гальмуванні тільки локомотива повинна бути не менше 50Ф, тому необхідно використовувати комбіновані накопичувачі.

Важливим параметром для накопичувача енергії та системи перетворення є струм. Для його дослідження використовуємо імітаційну модель.

У середовищі математичного моделювання Matlab-Simulink з використанням пакета SimPowerSystems була розроблена математична модель приводу з комбінованим накопичувачем енергії яка показана на рис. 3. Ця модель використовується для дослідження струму в режимах розгону і рекуперативного гальмування.

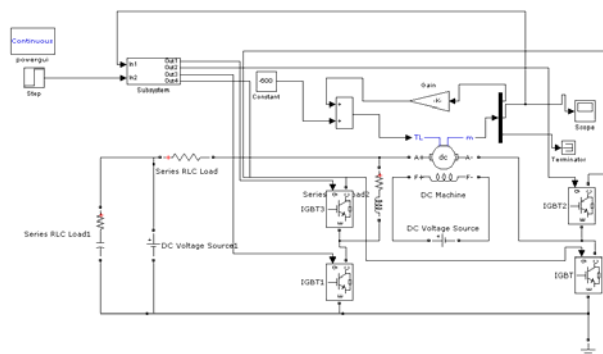


Рис. 3. Блок-схема математичної моделі

Таким чином, впровадження комбінованої системи накопичення енергії у силовому ланцюгу маневрових тепловозів забезпечує наступні функції:

- Суперконденсаторна установка, працюючи в парі зі акумуляторною батареєю, бере на себе всі потужності функції в період максимального струму;
- Глибина розряду акумуляторної батареї при роботі в парі з суперконденсатором зменшується в кілька разів, режим її експлуатації стає більш м'яким, при цьому зростає її термін служби;
- Суперконденсаторна установка зменшує коливання струму у перехідних режимах;
- Забезпечується максимальне накопичення енергії під час електродинамічного гальмування;

Висновок. Запропонована методика розрахунку параметрів комбінованого накопичувача енергії. Однак вибір між різними варіантами підключення суперконденсаторів та акумуляторних батарей виявляється непростим завданням і вимагає подальших досліджень і оцінки техніко економічної ефективності. Попередньо можна зробити висновок, що використання запропонованої схеми дозволяє підвищити ефективність використання ємності дорогих супер-

конденсаторів і відповідно на 15-30% знизити їх вартість.

Література

1. Устенко А. В. Использование накопителей энергии для повышения параметров локомотивов / А. В. Устенко, О. В. Пасько // Электромеханичні і енергозберігаючі системи. – 2012. – Вип. 3 (19). – С. 293–296.
2. Ayers C.W., Hsu J.S. Evaluation of 2004 Toyota Prius Hybrid Electric Drive System Interun Report. OaK Ridge National Laboratory/TM-2004/247.
3. Imayanagita A., Kiriya T., M. Arimura M, M. Navamura M. Development of Inwheel Motor System for Large-size Bus using 22.5 inch Wheel Mounted Motor. 2006.- p. 9-13
4. Marian K. Kazimierzczuk. Pulse-width Modulated DC-DC Power Converters. Wright State University, Dayton, Ohio, USA, 2008, 808 p.
5. Носков В.И., Дмитриенко В.Д., Запоровский Н.И., Леонов С.Ю. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов. – Харьков: ХФИ "Транспорт Украины", 2003. – 248 с.
6. Коссов Е.Е. Влияние эффективности накопителя энергии на топливную экономичность локомотива Е.Е. Коссов, В.А. Азаренко, А.Н. Корнев, М.М. Комарницкий // Локомотивинформ. – Харьков: Техностандарт. – №3, 2008. – С. 44 – 45.
7. Golubenko A. Energy of diesel locomotive's electrodynamic braking for increase of efficiency of diesel locomotive engines / A. Golubenko, V. Mogila, H. Nozhenko // Coll. of scientific labours. – 2007. – Issue 69. – P. 147 – 153
8. Могила В. И. Использование бросовой энергии торможения тепловоза для повышения эффективности тепловозных дизелей / В.И. Могила, Е.С. Ноженко // Сб. науч. трудов. УкрГАЗТ – Харьков: Из- во УкрДАЗТ, 2007. – Вып.82. – С. 153-157.
9. Sutula R.A. Progress Report for the Electric Vehicle Battery Reseach and Development Program Energy Management Team Leader. Desember 2001
10. Hrach D., Cifrain M. Batterietechnik und – management im Elektrofahrzeug // Elektrotechnik & Informationstechnik. – 2011. – 128/1–2. – PP. 16–21.
11. P. W. Franklin, "Theory of the D.C. Motor Controlled by Power Pulses-Part II-Braking Methods, Commutation and Additional Losses", pp. , 256-262

References

1. Ustenko A. The use of energy storage to increase the locomotive parameters / AV Tro-Tenko, OV // Pasko Elektromechanichni i energozberigayuchi system. – 2012. – Vip. 3 (19). – S. 293-296.
2. Ayers C.W., Hsu J.S. Evaluation of 2004 Toyota Prius Hybrid Elektric Drive System Interun Report. OaK Ridge National Laboratory / TM-2004/247.
3. Imayanagita A., Kiriya T., M. Arimura M, M. Navamura M. Development of Inwheel Motor System for Large-size Bus using 22.5 inch Wheel Mounted Motor. 2006.- p. 9-13
4. Marian K. Kazimierzczuk. Pulse-width Modulated DC-DC Power Converters. Wright State University, Dayton, Ohio, USA, 2008, 808 p.
5. VI Noskov, Dmitrienko VD Zapolovsky NI Leonov SY Modelling and optimization of control systems and locomotive control. - Kharkov: KhPhI "Transport of Ukraine", 2003. - 248 p.

6. Kossov EE The impact of energy efficiency on the storage of locomotive fuel efficiency EE Koss, VA Azarenka, AN Kornev, MM Komarnicki // Lokomotivinform. - Kharkov: Technostandart. - №3, 2008. - S. 44 - 45.
7. Golubenko A. Energy of diesel locomotive's electrodynamic braking for increase of efficiency of diesel locomotive engines / A. Golubenko, V. Mogila, H. Nozhenko // Coll. of scientific labours. - 2007. - Issue 69. - P. 147 - 153
8. Grave VI Using junk locomotive braking energy to improve the efficiency of those plovoznyh-diesel / VI Tomb, ES Nozhenko // Coll. on-account. works. UkrGAZhT - Kharkiv: Due to UkrDAZT, 2007 - Vyp.82. - S. 153-157.
9. Sutula R.A. Progress Report for the Electric Vehicle Battery Research and Development Program Energy Management Team Leader. Desember 2001
10. Hrach D., Cifrain M. Batterietechnik und -management im Elektrofahrzeug // Elektrotechnik & Informationstechnik. - 2011. - 128 / 1-2. - PP. 16-21.
11. P. W. Franklin, "Theory of the D.C. Motor Controlled by Power Pulses-Part II-Braking Methods, Commutation and Additional Losses", pp. , 256-262

Яровой Р.А. Комбинированные накопители энергии в силовых цепях маневровых локомотивов.

Рассмотрена возможность и произведена оценка энергоэффективности использования комбинированных накопителей энергии как буферных накопителей энергии при электродинамическом торможении маневровых локомотивов. Рассмотрен принцип действия комбинированных накопителей энергии, режимы его работы, приво-

дятся структурная схема для описания силовой части комбинированных накопителей энергии. Приведен расчет основных параметров накопителя. В заключительной части статьи приводятся результаты моделирования.

Ключевые слова: подвижной состав, электродинамическое торможение, накопление энергии, гибридный привод.

Yrovoy R. O. Combined energy storage in power circuits shunting locomotive Islands.

The possibility of energy efficiency assessment and made use of combined energy storage as a buffer energy storage with electrodynamic braking, shunting locomotives. The principle of action of combined energy storage, its operating modes, provides a block diagram to describe the combined power of the energy storage. The calculation of the basic parameters of the drive. In the final part of the article provides the simulation results. The technique of calculating the parameters of combined energy storage. However, the choice between different options for connecting supercapacitors and batteries appears daunting task and requires further research and evaluation of technical and economic efficiency.

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.

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

Стаття подана 12.03.2016

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 1 (225) 2016**

Науковий журнал

Відповідальний за випуск

Чернецька-Білецька Н.Б.

Оригінал-макет

Шворнікова Г.М.

Статті надруковано в авторській редакції

Підписано до друку 20.04.2016 р.
Формат 60 x 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 29,1. Обл.-вид. арк. 31,3.
Наклад 300 прим. Вид. № 3062. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: просп. Радянський 59-А
м. 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