

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

ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 1 (242)
2018**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Сєвєродонецьк 2018

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 1 (242) 2018

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 (242) 2018

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

Журнал включено до Міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus International (ICV 2017: 48.35).

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія:

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

Архипов О.Г., докт. техн. наук,
Глікін М.А., докт. техн. наук,
Горбунов М.І., докт. техн. наук,
Рач В.А., докт. техн. наук,
Рязанцев О.І., докт. техн. наук,
Смолій В.М., докт. техн. наук,
Соколов В.І., докт. техн. наук,
Стенцель Й.І., докт. техн. наук,
Суворін О.В., докт. техн. наук,
Татарченко Г.О., докт. техн. наук,
Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,
Харламов Ю.О., докт. техн. наук,
Даніч В.М., докт. екон. наук,
Заблюдська І.В., докт. екон. наук,
Костирко Л.А., докт. екон. наук,
Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,
Чернявська Є.І., докт. екон. наук,
Овчаренко Є. І., докт. екон. наук,
Д'яченко Ю.Ю., докт. екон. наук,

Koško A., zw., dr. hab,
Бровендер Ю.М., докт. іст. наук,
Бут О.М., докт. іст. наук,
Дацків І.Б., докт. іст. наук,
Дефорж Г.В., докт. іст. наук,
Довжук І.В., докт. іст. наук,
Залізняка Л.Л., докт. іст. наук,
Запорожченко Ю.В., докт. іст. наук,
Королченко А.А., докт. іст. наук,
Кривоконь О.Г., докт. іст. наук,
Литвиненко Р.О., докт. іст. наук,
Михайлюк В.П., докт. іст. наук,
Моця О.П., член-кор. НАН України, докт. іст. наук,
Отрощенко В.В., докт. іст. наук,
Пекарчук В.М., докт. іст. наук,
Пилипчук О.Я., докт. біол. наук,
Тригуб О.П., докт. іст. наук,
Сапицька О.М., канд. іст. наук,
Фомін А.В., канд. іст. наук,
Новіков В.П., докт. хім. наук,
Кондратов С.О., докт. хім. наук,
Галстян Г.А., докт. хім. наук,
Галстян А.Г., докт. хім. наук,
Потапенко Е.В., докт. хім. наук,
Голосман Є.З., докт. хім. наук

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

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 7 від 30. 03. 2018 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2018

© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2018

ЗМІСТ

Бабушкин Г.Ф., Кузькин А.Ф., Каплуновская А.Н. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МИКРОЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕСАМИ ЗАВОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК	9
Булгакова Ю.В. МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ГРУЗОПОТОКАМИ В ТЯНУЩИХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	13
Войтов В.А., Музильов Д.О., Бережна Н.Г. МЕТОДИКА ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ	19
Гецович Е.М., Мустафаев Г.К. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ В ЛЕВОПОВОРОТНЫХ ПОТОКАХ.....	26
Головіна Ю.О., Чернецька-Білецька Н.Б. ПРОБЛЕМИ ЛОГІСТИКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ В УКРАЇНІ	30
Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Кравченко К.О., Просвірова О.В. ВИКОРИСТАННЯ НОВОГО СПОСОБУ ПІДВЕДЕННЯ АБРАЗИВНОГО МАТЕРІАЛУ В КОНТАКТ «КОЛЕСО-РЕЙКА» ЯК МЕТОД ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ БОКСУВАННЯ ТА ЮЗУ ЛОКОМОТИВІВ	35
Горбунов М.І., Просвірова О.В., Ноженко В.С. ОЦІНКИ РИЗИКІВ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ.....	40
Гуренкова О.В. МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	45
Дьомін Р.Ю. РОЗВИТОК МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКОВОЇ ОЦІНКИ НЕСІВНОЇ ЗДАТНОСТІ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	50
Кашканов А.А. ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ ТА КАТЕГОРИЧНОСТІ ВИСНОВКІВ АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД	55
Клюев С.О., Брагин М.І. ВИБІР МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ ЗАКРУГЛЕННЯ ДІЛЯНКИ ШЛЯХУ, ЯКИЙ ПРОХОДИТЬ ЛОКОМОТИВ	60
Коршко И. Н. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД.....	65
Кравченко С.В., Семенов С.О. АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ВАНТАЖІВ В ЕКСПОРТНОМУ СПОЛУЧЕННІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ	68

Кириченко І.А., Кузьменко Н.Н. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ФРЕЗ НА ОДНОПОЛОСТНЫХ ГИПЕРБОЛОИДАХ	73
Кулінченко О.С. РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА З УРАХУВАННЯМ СОЦІАЛЬНОГО АСПЕКТУ	77
Лаптінов О.С., Чернецька-Білецька Н.Б. АНАЛІЗ КРИТЕРІЇВ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОЇ РОБОТИ НА ПРИКЛАДІ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ТА КОМЕРЦІЙНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	82
Майорова І. М. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ.....	88
Михайлов Е.В., Семенов С.А. УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕС ПО РЕЛЬСУ С ДВУХТОЧЕЧНЫМ КОНТАКТИРОВАНИЕМ	93
Мороз М.М., Король С.О., Мороз О.В., Марченко Д.М., Єпіфанова О.В. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ	100
Паснак І.В., Рогальський Р.Б., Грицюк С.А. СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	106
Полупан Є.В., Шевченко С.І., Мірошникова М. В., Полупан Ю.В. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ОБ'ЄМНОЇ ТЕПЛОВОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ДИСКОВИХ ГАЛЬМІВНИХ ПРИСТРОЇВ АВТОМОБІЛІВ	110
Роговий А.С., Єрмоленко В.В. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВИХРОВОГО ЕЖЕКТОРУ	114
Склярєнко І.Ю. ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	119
Скок П.О. ФІНАНСОВИЙ АСПЕКТ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	124
Субботин О.В., Винник А.В. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УЗЛОВ ЦИФРО-АНАЛОГОВОЙ АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ППКП	129
Труніна І.М., Молоштан Д.В., Черниш Р.О. АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТУРИСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ.....	134
Трушевський В. Е., Турпак С. М., Грицай С. В. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ЕМПІРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУХУ ТРАНСПОРТУ	139
Фомін О. В., Горбунов М. І., Коваленко В. В., Флярковська В.О. ФОРМАЛІЗОВАНІ ОПИСАННЯ КОНСТРУКЦІЙ КРИШОК ЛЮКІВ НАПІВВАГОНІВ (ЧАСТИНА 2)	145
Фомін О.В., Іщенко В.М, Брайковська Н.С., Цимбалюк А.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ВАГОНІВ-ТЕРМОСІВ МОДЕЛІ ТН 4-201 ПОБУДОВИ ЗАВОДУ «ДЕСАУ» НІМЕЧЧИНА	153

Чернецька-Білецька Н.Б., Роговий А.С., Баранов І.О., Мірошникова М.В. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОСТОРОВОЇ ТРИВИМІРНОЇ ТЕЧІЇ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА.....	159
Шворнікова Г.М. ДОСЛІДЖЕННЯ АСПЕКТІВ ВИКОРИСТАННЯ АУТСОРСИНГУ В УПРАВЛІННІ ЛОГІСТИЧНИМИ ПРОЕКТАМИ.....	165
Яровий Р.О., Чернецька-Білецька Н.Б. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ МАНЕВРОВИХ РОБОТАХ	170
Асманкіна А.А., Королевський С.І., Лорія М.Г., Целішев О.Б., Жидков А.Б. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ПОЄДНАНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ АВТОНОМНОГО ПРИМІЩЕННЯ.....	175
Лорія М. Г. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ГАЗОВОГО РЕАКТОРУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	179

CONTENTS

Babushkin G., Kuz'kin O., Kapluniovskaya A. IMPROVEMENT OF MICRO-LOGISTIC CONTROL SYSTEMS OF TRANSPORTATION PROCESS AT INDUSTRIAL PLANTS.....	9
Bulgakova J. THE DECISION-MAKING MODEL ON CARGO FLOWS MANAGEMENT IN PULL TYPE LOGISTICS SYSTEM.....	13
Vojtov V., Muzylyov D., Berezchnaja N. METHOD OF ESTIMATION OF RELIABILITY AND EFFICIENCY OF LOGISTIC SYSTEM OF A TRANSPORT MAINTENANCE OF PROCESS OF HARVEST SUGAR BEET.....	19
Getsovich E., Mustafayev G. EXPERIMENTAL STUDY OF DRIVER'S BEHAVIOR ON NON-REGULATED CROSSROADS IN LEFT-WAVE FLOWS.....	26
Golovina J., Chernetska-Biletska N. PROBLEMS OF LOGISTICS AND WAYS OF THEIR SOLUTION IN UKRAINE	30
Gorbunov N., Kovtanets M., Kravchenko K., Prosvirova O. THE USE OF NEW METHOD OF ABRASIVE MATERIAL SUPPLY INTO WHEEL-RAIL CONTACT AS METHOD OF REDUCING THE RISK OF LOCOMOTIVES SLIPPING AND SKIDDING.....	35
Gorbunov M., Prosvirova O., Nozhenko V. ESTIMATES OF THE INVESTMENT PROJECT RISKS FOR THE IMPLEMENTATION OF NEW TECHNICAL SOLUTIONS FOR RAILWAY TRANSPORT	40
Hurenkova O. POSSIBLE WAYS TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF URBAN TRANSPORT	45
Domin R. DEVELOPMENT OF METHODS AND TOOLS FOR THE ESTIMATED EVALUATION OF LOAD-BEARING CAPACITY OF FRAME STRUCTURES OF A MOTORIZED ROLLING STOCK.....	50
Kashkanov A. PROBLEMS ENSURE THE ACCURACY OF CALCULATIONS AND CATEGORICITY CONCLUSIONS AUTOTECHNICAL EXPERTISE TRAFFIC ACCIDENTS	55
Kliuiev S., Brahlin N. THE CHOICE OF THE METHOD FOR DETERMINING THE DIRECTION OF CURVATURE OF THE PATH SECTION TRAVERSED BY THE LOCOMOTIVE.....	60
Korshko I. INNOVATIVE METHODS OF PROVIDING SAFETY OF WORK LOCOMOTIVE BRIGADE.....	65
Kravchenko S., Semenov S. ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE TRANSPORTATION OF METALLURGICAL GOODS IN THE EXPORT COMBINATION WITH USE OF EXPERT EVALUATION	68
Kirichenko I., Kuzmenko N. MANUFACTURE OF HYPERBOLOID GEARS AND CUTTERS ON HYPERBOLOID	73

Kulinchenko O. DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE CITY TAKING INTO ACCOUNT THE SOCIAL ASPECT	77
Laptinov O., Chernetska–Biletska N. ANALYSIS OF CRITERIA OF VEHICLES OF TRANSPORTATION AND EXPEDITION WORK WITH AN EXAMPLE OF LOGISTIC APPROACH TO PLANNING LOAN AND COMMERCIAL OPERATIONS IN RAILWAY TRANSPORT	82
Mayorova. I. ENVIRONMENTAL EVALUATION OF THE ORGANIZATION OF THE TRANSPORTATION OF THE VEHICLE.....	88
Mikhaylov E., Semenov S. UPDATE OF THE WHEEL MOTION MODEL WITH TWO-POINT CONTACTS	93
Moroz M., Korol S., Moroz, O., Marchenko D., Yepifanova O. SOCIO-ECONOMIC SUPPORT FOR PASSENGER TRANSPORT OF GENERAL USE	100
Pasnak I., Rogalskyi R., Hrytsiuk S. MODERN METHODS OF STUDYING THE PARAMETERS OF TRAFFIC	106
Polupan E., Shevchenko S., Miroshnykova M., Polupan J. THEORETICAL BACKGROUND FOR CALCULATION OF BODY HEAT LOADING OF DRIVE BRAKE DEVICES OF AUTOMOBILES.....	110
Rogovyi A., Jermolenko V. EFFECTIVENESS INCREASE OF THE VORTEX EJECTOR.....	114
Skliarenko I. PSYCHOLOGICAL FEATURES OF ROAD SAFETY	119
Skok P. FINANCIAL ASPECTS OF OPTIMIZATION OF LOGISTIC ACTIVITY OF THE TRANSPOT ENTERPRISE.....	124
Subotin O., Vinnik O. PECULIARITIES OF IMPLEMENTATION OF NODES OF DIGITAL ANALOGUE EQUIPMENT FOR CONTROL AND PROCESSING OF SIGNALS ON THE EXAMPLE OF FCP	129
Trunina I., MoloshtanD., Chernysh R. ANALYSIS OF THE TRANSPORT SUPPLY OF TOURIST INFRASTRUCTURE OF UKRAINE.....	134
Trushevsky V., Turpak S., Gritcay S. CALCULATION OF TRAFFIC LIGHT SIGNALIZATION REGIMES CONSIDERING TRAFFIC EMPIRICAL CHARACTERISTICS	139
Fomin O., Gorbunov M., Kovalenko V., Flyakovska V. FORMALIZED DESCRIPTION OF STRUCTURES OF THE SEMICONDUCTOR FLOOR CRISP (PART 2).....	145
Fomin A., Ishchenko V., Braikovskaya N., Tsymbaliuk A. RESEARCH OF OPERATING DAMAGES OF WAGON-THERMOS MODELS TN 4-201 BUILDINGS OF THE «DEZAU» GERMANY	153
Chernetska–Biletska N., Rogovyi A., Baranov I., Miroshnykova M. MATHEMATICAL MODEL SPATIAL THREE-DIMENSIONAL COURSE OF WATER-COAL FUELS	159

Shvornikova A.

INVESTIGATION ASPECTS OF USING OUTSOURCING
IN THE MANAGEMENT OF LOGISTICS PROJECTS.....165

Yarovoy R., Chernetska–Biletska N.

ENERGY EFFICIENCY OF THE USE OF ELECTRICAL ENERGY STORAGE
DURING SHUNTING OPERATIONS170

Asmankina A., Korolevskiy S., Loriia M., Tselishchev O., Zhydkov A.

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR CONTROL
AND MANAGEMENT OF AUTONOMOUS APARTMENT ENERGY
SUPPLY COMBINED SYSTEMS.....175

Loriia M.

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF GAS REACTOR
FOR OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS179

УДК 656.13.073:681.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МИКРОЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ЗАВОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК

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

IMPROVEMENT OF MICRO-LOGISTIC CONTROL SYSTEMS OF TRANSPORTATION PROCESS AT INDUSTRIAL PLANTS

Babushkin G., Kuz'kin O., Kapluniovskaya A.

Рассматриваются вопросы, которые должны исследоваться и анализироваться при совершенствовании микрологистических систем (МЛС) управления процессами заводских перевозок. Обобщены результаты формализации МЛС управления грузовыми перевозками на промышленных предприятиях Запорожского региона Украины. Рекомендованы категории, способы и этапы совершенствования МЛС. Показан экономический эффект в результате совершенствования МЛС управления запасам грузов в производственных цехах промышленного предприятия.

Ключевые слова: заводские перевозки, микрологистическая система, этапы, запасы, эффект.

Введение. В работах [1–7] обобщены результаты формализации микрологистических систем (МЛС) управления заводскими перевозками, то есть их выделения и проектирования. Реализация МЛС позволяет значительно снизить непроизводительные простои и необходимое количество транспортных машин, а также расход топлива и электроэнергии. Однако в процессе эксплуатации МЛС возникает необходимость их совершенствования с целью дальнейшего повышения эффективности их работы.

Постановка проблемы. Совершенствование МЛС должно основываться на ряде нововведений технологического, организационного, экономического и управленческого характера.

Анализ последних исследований и публикаций. В современных условиях специалисты и ученые называют несколько видов логистики [1–7]: закупочную, производственную, распределительную, промышленную, сбытовую, коммерческую и транспортную.

К одной из функциональных областей транспортной логистики следует отнести и системы управления процессами заводских перевозок [8].

Задачей систем управления процессами заводских перевозок является обеспечение производства материалами, комплектующими и т.п. точно в срок,

в нужных количестве и ассортименте, с максимально возможной степенью готовности к потреблению в производственных цехах, на требуемые производственные участки при минимальных затратах трудовых, материальных и энергетических ресурсов.

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

Результаты исследований. При совершенствовании МЛС заводских перевозок рекомендуется исследовать и анализировать следующие вопросы:

1. *Технические средства:* рассматриваются тенденции в формировании структуры и количества технических средств, выбор транспортных машин и тары (техническое обеспечение логистической системы).

2. *Транспортировка:* прогнозирование объемов перевозок; перспективы применения различных видов транспорта; использование подвижного состава по мощности и времени; непосредственная доставка между пунктами отправления и назначения по машинными отправлениями с движением транспортных машин по маятниковым маршрутам; доставка мелкопартионных грузов с предварительной комплектацией транспортных партий и движением транспортных машин по развозочным маршрутам; межцеховая доставка грузов с оптимизацией маршрутов движения транспортных машин.

3. *Математические модели:* для оптимизации процессов доставки грузов.

4. *Каналы распределения:* непосредственное распределение (от цеха производителя в цех потребителя или на склад); распределение через отдел материально-технического снабжения (ОМТС) со снабженческих складов в цеха предприятия.

5. *Влияние транспортировки и каналов распределения на структуру МЛС.*

6. *Складирование, подготовка, затаривание и комплектование грузов.*

7. *Новые технологии работы.* При рассмотрении технологий систем управления процессами заводских перевозок анализируются такие вопросы:

- изменения по сравнению с традиционными технологиями;
- распределение и перераспределение функций между структурными подразделениями и исполнителями;
- требования к транспортировке, хранению, подготовке, грузопереработке, информатике (коммуникациям и обработке данных), образованию и квалификации персонала, экологии, энергосберегающим факторам и т.д.
- препятствующие и ускоряющие факторы;
- экономические последствия логистических изменений для отдельных структурных подразделений и для промышленного предприятия в целом.

8. *Персонал и его подготовка к работе* в условиях усовершенствованной логистической системы

В результате анализа выявляются узловые моменты в микрологистической системе при существующей ситуации.

Обычно выделяют 6 категорий совершенствования МЛС:

- транспортные услуги;
- распределение;
- планирование доставки и управление перевозочным процессом;
- информационные системы [9, 10];
- организационные структуры;
- персонал.

Рассмотрим способы совершенствования логистической системы по каждой категории.

Транспортные услуги: расширение перечня услуг, стандартизация транспортной тары, подготовка материалов к потреблению, доставка.

Распределение: автоматизированный учет наличия материалов на складах; автоматизированная обработка заявок (требований) на материалы; автоматизированное распределение с учетом наличия материалов.

Планирование доставки и управление перевозочным процессом: управление запасами на складах; оптимизация выбора подвижного состава; изменение цикла планирования (переход от месячного к недельному или суточному); оперативное планирование комплектации транспортных партий материалов; оптимизация маршрутов и графиков перевозок грузов; диспетчерское управление перевозочным процессом.

Информационные системы: обеспечение планирования доставки, комплектации и перевозок системами ЭВМ; автоматизация документооборота и без документные перевозки.

Организационные структуры: функции по управлению движением материалов на предприятии должны возлагаться на участок централизованных перевозок (УЦП) или самостоятельный отдел пред-

приятия (например, отдел маркетинга или логистики).

Персонал: осознание персоналом важности целей МЛС для предприятия; соответствующее образование и просвещение персонала; высокий уровень взаимозаменяемости производственного персонала.

Категории улучшения микрологистических систем управления производственными заводскими перевозками имеют прямую связь друг с другом.

Процесс совершенствования интегральных микрологистических систем управления процессами заводских перевозок целесообразно разделить на следующие 8 этапов:

1. *Определение потребности* (смысла, необходимости) в микрологистической системе.

2. *Определение целей* (характеристик системы), которые удовлетворяют выявленную потребность. В определении целей микрологистической системы управления процессами заводских перевозок главное внимание уделяется потребителю, то есть производственному цеху.

3. *Научные исследования:* анализ и прогнозирование грузопотоков, разработка новых методов решения логистических задач по улучшению МЛС, сбор информации, необходимой для решения поставленных задач.

4. *Определение временной последовательности работ* (графика) по достижению целей и реализации программ.

5. *Расчет затрат и распределения ресурсов* по работам, выполняемым для достижения целей.

6. *Выработка политики организации* МЛС: разработка принципиальных решений, общих правил действия, подготовка руководящих документов и приказов по промышленному предприятию.

7. *Технологическая подготовка* погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ (ПРТСР): разработка руководящих технических материалов и выдача заданий на разработку автоматизированных рабочих мест (АРМ).

8. *Организация АРМ:* компоновка АРМ, программное обеспечение логистических задач и техническая эксплуатация систем ЭВМ.

Основные направления улучшения МЛС должны включаться в планы новой техники и технологии, с указанием исполнителей и эффективности после внедрения.

Совершенствование микрологистических систем управления заводскими перевозками позволяет получить значительный экономический эффект. Например, совершенствование МЛС доставки материалов в производственные цехи комбината «Запорожсталь» путем управления запасами грузов позволили:

1. За счет согласования интенсивности потребления и поставок материалов, снизить грузовую массу в запасах.

2. Увеличить объем выпуска продукции на освобождающихся от запасов площадях.

3. Ликвидировать остановки цехов по причине дефицита материалов.

В результате годовой экономической эффект составит 1 282 000 грн.

Вывод. При совершенствовании МЛС управления заводскими перевозками должны исследоваться и оптимизироваться вопросы: технические средства, транспортировка, математические модели, каналы распределения материалов, влияние транспортировки и каналов распределения на структуру МЛС, складирование, подготовка, затаривание и комплектование грузов, новые технологии работы, персонал и его подготовка.

Рекомендованы 6 категорий совершенствования МЛС: транспортные услуги, распределение, планирование доставки и управление перевозочным процессом, информационные системы, организационные структуры, персонал. Рассмотрены способы совершенствования МЛС по каждой категории.

Предложены 8 этапов совершенствования интегральных МЛС: 1) определение потребности (смысла, необходимости); 2) определение целей (характеристик системы); 3) научные исследования; 4) определение временной последовательности работ; 5) расчет затрат и распределение ресурсов; 6) выработка политики организации МЛС; 7) технологическая подготовка ПРТС работ; 8) организация АРМ.

Л и т е р а т у р а

1. Бабушкин Г. Ф. Управление процессами заводских перевозок безрельсовым колесным транспортом на основе логистики : монография. Запорожье : ЗНТУ, 2002. 319 с.
2. Формализация микрологистических систем заводскими перевозками / Г. Ф. Бабушкин, А. Н. Каплуновская, Л. А. Васильева, А. А. Лебедь // Логистика. Проблемы и решения. 2007. №4(11). С. 84–89.
3. Бабушкин Г. Ф., Козирев В. Х., Лебідь Г. О. Управління транспортно-виробничими процесами виготовлення автомобілів на ЗАТ «ЗАЗ» на основі логістики // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. 2008. № 7(125). С. 110–111.
4. Бабушкін Г. Ф., Райда І М., Харченко Т. В. Принципи автоматизації інформаційних потоків у системі управління процесами міжцехових перевезень машинобудівних та металургійних підприємств // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 2009. № 2 С. 150–153.
5. Бабушкін Г. Ф., Лебідь Г. О. Мікрологістична система управління процесами міжцехових перевезень на машинобудівних заводах // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. 2010. № 10 (152). Ч 1. С.13–16.
6. Babushkin G., Kuz'kin O., Kaplunovskaya A. Formalization of micro-logistic industrial transportations control system // Working papers of International scientific conference 3–12 May 2017 Dresden (Germany)– Paris (France). P. 24–25.
7. Бабушкин Г. Ф., Кузькин А. Ф., Каплуновская А. Н. Выделение и проектирование микрологистических систем управления процессами заводских перевозок // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. 2017. №3(233). С. 13–16.
8. Lai K., Ngai E. W. T., Cheng T. C. E. Measures for evaluating supply chain performance in transport logistics // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2002. T. 38. №. 6. P. 439–456.
9. Grabara J., Kolcun M., Kot S. The role of information systems in transport logistics // International Journal of Education and Research. 2014. T. 2. №. 2. P. 28–36.
10. Helo P., Szekely B. Logistics information systems: an analysis of software solutions for supply chain coordination //Industrial Management & Data Systems. 2005. T. 105. №. 1. P. 5–18.

References

1. Babushkin G. F. Upravlenie processami zavodskih perevozk bezrel'sovym kolesnym transportom na osnove logistiki : monografiya. Zaporozh'e : ZNTU, 2002. 319 s.
2. Formalizacija mikrologisticheskikh sistem zavodskimi perevozkami / G. F. Babushkin, A. N. Kaplunovskaja, L. A. Vasil'eva, A. A. Lebed' // Logistika. Problemy i reshenija. 2007. №4(11). S. 84–89.
3. Babushkin G. F., Kozirev V. H., Lebid' G. O. Upravlinnja transportno-virobnichimi procesami vigotvorenja avtomobiliv na ZAT «ZAZ» na osnovi logistiki // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. Volodimira Dalja. 2008. № 7(125). S. 110–111.
4. Babushkin G. F., Rajda I M., Harchenko T. V. Principi avtomatizacii informacijnih potokiv u sistemі upravlinnja procesami mizhcehovih perevezen' mashinobudivnih ta metalurgijnih pidpriemstv // Novi materiali i tehnologii v metalurgii ta mashinobuduvanni. 2009. № 2 S. 150–153.
5. Babushkin G. F., Lebid' G. O. Mikrologistichna sistema upravlinnja procesami mizhcehovih perevezen' na mashinobudivnih zavodah // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. Volodimira Dalja. 2010. № 10 (152). Ch 1. S.13–16.
6. Babushkin G., Kuz'kin O., Kaplunovskaya A. Formalization of micro-logistic industrial transportations control system // Working papers of International scientific conference 3–12 May 2017 Dresden (Germany)– Paris (France). P. 24–25.
7. Babushkin G. F., Kuz'kin A.F., Kaplunovskaja A. N. Vydelenie i proektirovanie mikrologisticheskikh sistem upravlenija processami zavodskih perevozk // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. Volodimira Dalja. 2017. №3(233). S. 13–16.
8. Lai K., Ngai E. W. T., Cheng T. C. E. Measures for evaluating supply chain performance in transport logistics // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2002. T. 38. №. 6. P. 439–456.
9. Grabara J., Kolcun M., Kot S. The role of information systems in transport logistics // International Journal of Education and Research. 2014. T. 2. №. 2. P. 28–36.
10. Helo P., Szekely B. Logistics information systems: an analysis of software solutions for supply chain coordination //Industrial Management & Data Systems. 2005. T. 105. №. 1. P. 5–18.

Бабушкін Г. Ф., Кузькін О. Ф., Каплунівська А. М. Удосконалення мікрологістичних систем управління процесами заводських перевезень.

Розглянуті питання, які повинні бути вивчені, досліджені та проаналізовані при удосконаленні мікрологістичних систем (МЛС) управління процесами заводських перевезень. Узагальнені результати формалізації МЛС управління вантажними перевезеннями на промислових підприємствах Запорізького регіону України. Рекомендо-

вані категорії, способи та етапи удосконалення мікрологістичних систем. Показаний економічний ефект в результаті удосконалення МЛС управління запасами вантажів у виробничих цехах промислового підприємства.

Ключові слова: заводські перевезення, мікрологістична система, етапи, запаси, ефект.

Babushkin G., Kuz'kin O., Kaplunovskaya A. Improvement of micro-logistic control systems of transportation process at industrial plants.

Improvement of the micro-logistic systems (MLS) of plant transportations at industrial plants involves some issues, which should be investigated and comprehensively analyzed. Micro-logistic control systems formalization at the industrial plants in Zaporizhzhia region (Ukraine) is generalized. The fact is emphasized that technological, economical, organization and management innovations are needed to obtain generalized effect of MLS implementation. The stages and techniques of MLS enhancement are recommended which include six improvement categories of MLS and eight improvement steps of integral MLS. The economic effect obtained as a result of MLS improvement in the warehouse stock management of

industrial plant workshops is provided. Annual economic profit due to implementation of storage and transportation MLS at Zaporizhzhia metallurgical plant "Zaporizhstal" was equal to 52,000 \$.

Keywords: plant transportations, micro-logistic system, stages, stocks, efficiency.

Бабушкін Г. Ф. – д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри «Транспортні технології» Запорізького національного технічного університету. м. Запоріжжя, e-mail: bgf@zntu.edu.ua

Кузькін О. Ф. – канд. техн. наук, доцент, декан транспортного факультету Запорізького національного технічного університету, м. Запоріжжя, e-mail: horz@ukr.net

Коплуновська А. М. – старш. викл. кафедри «Транспортні технології», заступник декана транспортного факультету Запорізького національного технічного університету, e-mail: kaplunovskaya_alla@i.ua.

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

Стаття подана 03.02.2018

УДК 652.02

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ГРУЗОПОТОКАМИ В ТЯНУЩИХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Булгакова Ю.В.

THE DECISION-MAKING MODEL ON CARGO FLOWS MANAGEMENT IN PULL TYPE LOGISTICS SYSTEM

Bulgakova J.

В статье предложена математическая модель принятия решения по управлению параметрами грузопотока в тянущей логистической системе, перемещение груза в которой визуализировано и управляется с помощью карт канбан. Модель основана на совместном применении аппарата цепей Маркова для моделирования параметров, характеризующих логистические издержки в системе, а также нечеткого логического вывода Мамдани для принятия решения о выборе параметров грузопотока по критерию «логистические затраты». Реализация модели продемонстрирована на примере доставки котлов из цеха-производителя на линию сборки.

Ключевые слова: тянущая логистическая система, нечеткий логический вывод Мамдани, цепь Маркова, логистические затраты.

Введение. В современных экономических условиях украинским промышленным предприятиям необходимо сохранять организационно-экономическую устойчивость, то есть способность быть финансово-стабильными при постоянном изменении рыночной конъюнктуры путем совершенствования и целенаправленного развития производственно-технологической и организационной структуры методами логистико-ориентированного управления [1]. Эти методы направлены на учет и минимизацию логистических затрат в ЛС.

Одним из методов логистико-ориентированного управления, который является общепризнанным в мировой практике, является принцип вытягивания материального потока из логистической цепи в количестве, которое соответствует спросу. Логистические системы (ЛС) с таким принципом управления называют тянущими ЛС.

Вытягивание грузопотока обеспечивается с помощью метода визуального управления карт-канбан. Общий принцип такого управления состоит в следующем: грузопоток перемещается стандартными партиями, размер которой определен параметрами

техники. Одна карта канбан инициирует производство и перемещение одной партии. После производства партия хранится на складе производственного цеха лимитированной вместимости. В цехе-получателе есть место для хранения только одной партии груза, потому что партии перемещаются из цеха-производителя по необходимости. Три инструмента регулируют перемещение грузопотока: набор карт канбан и карты в виде электронных сообщений, доска для карт канбан.

В непредвиденных ситуациях производственные подразделения могут скорректировать свою работу путем изменения количества карт.

Производственные ЛС функционируют в условиях воздействия большого числа рисков разного характера и разной природы: риски макро-среды, риски бизнес-окружения, физические риски (связанные с вероятностным характером наступления событий), лингвистические риски (являются причиной субъективных оценок ЛПР в процессе принятия решений).

Постановка проблемы. Эффективность методов логистико-ориентированного управления ЛС тянущего типа заметно снижается в условиях нестабильности спроса и воздействия огромного числа факторов неопределенности среды функционирования ЛС. Возникает необходимость разработки методов управления тянущими логистическими системами, которые обеспечат регулирования параметров грузопотоков в ЛС в режиме реального времени и позволят учесть характер неопределенности с помощью корректно-подобранных математических аппаратов.

Анализ публикаций выполнен по двум критериям: 1. Показатели, которые авторы выбирали в качестве показателей логистических издержек; 2. Математические методы, которые использовали авторы для моделирования процессов принятия решений по управлению грузопотоками в тянущих ЛС.

В [2,3] в качестве показателей логистических затрат авторы использовали: уровень межоперационного запаса, время переналадки оборудования, время ожидания в цехах, доля обслуженных заявок без ожидания, доля обслуженных заявок, суммарные финансовые логистические затраты. В большинстве работ решение принималось в рамках одного из критериев.

По характеру неопределенность в ЛС может быть физической либо лингвистической [4].

В [2,6,7] физическую неопределенность авторы учитывали в моделях, основанных на теории очередей, робастной оптимизации, Паретто-оптимизации. Недостатком этих моделей является лимитированное количество критериев, входящих в модель.

В [1,6,7] логистические затраты представлены в виде функции минимизации затрат. Недостатком такого подхода является невозможность учесть качественные критерии в моделях принятия решений, быстрая утрата актуальности такого решения по причине нестабильных стоимостных показателей.

Есть и модели, основанные на теории нечетких множеств, которые решают проблемы: производственного расписания, размера партии и управления запасами, определение времени такта производственной линии. Эти модели включают конфликтующие цели при принятии решений, например, уменьшение перемещаемой партии груза ведет к уменьшению затрат на хранение, но увеличивает транспортные затраты.

Целью статьи является разработка математической модели поддержки принятия решений по управлению параметрами грузопотоков тянущей ЛС, управляемой картами канбан, в режиме реального времени. Модель основана на совместном применении аппарата цепей Маркова и нечеткого логического вывода Мамдани, что обеспечит одновременно учесть физическую и лингвистическую неопределенность среды функционирования ЛС в управлении.

Основное содержание. Для управления тянущей производственной ЛС в режиме реального времени необходимо обеспечить оперативное принятие двух типов решений:

1. Решение по определению оптимального количества заказов, которое возникает на этапе составления производственных планов и суточных план-графиков для производственных и транспортных подразделений. Математическая модель принятия такого решений была рассмотрена в [8].

2. Решение по определению оптимальных параметров заказов (интенсивность поступления заказа - λ , интенсивность обслуживания заказа - μ), которые обеспечат выполнения конкретного объема работы системой. Необходимость в таком решении возникает в случае наступления внештатной ситуации, например, сбое в работе производственного оборудования, поломки транспортных средств и т.д., когда потрачено некоторое время на ремонтные работы и необходимо ускорить движение грузопотока

для дальнейшего перехода работы тянущей системы на запланированный режим.

Под интенсивностью поступления понимаем количество требований на производство и транспортировку партии груза в единицу времени. Под интенсивностью обслуживания понимаем количество партий груза, произведенного и перевезенного из цеха-производителя в цех-получателя в единицу времени.

Что бы предотвратить перегрузку производственной мощности, необходимо максимально приблизить интенсивность обслуживания заказов к проектной производительности цеха-производителя.

Вопрос принятия решений по управлению параметрами грузопотоков в тянущей ЛС рассмотрен на примере перемещения одного вида груза между цехом-отправителем и цехом-получателем. Альтернативами для принятия такого решения являются возможные пары параметров грузопотока (λ , μ). Критерием оценки альтернатив является уровень логистических издержек в системе, который возникает при функционировании системы с заданными параметрами. Причем критерий «уровень логистических издержек» включает четыре показателя: уровень межоперационного запаса на складе цеха-отправителя - y , время ожидания партии груза в цехе-отправителе - $v_{ож}$, количество заявок, обслуженных без ожидания - $P_{об.н}$, количество обслуженных заявок - $P_{об}$.

Отдается предпочтение альтернативе, которая соответствует двум требованиям: 1. Обеспечивает минимальный уровень логистических затрат в ЛС; 2. Максимально приближена к проектной производительности цеха-производителя.

Как было отмечено выше, ЛС функционирует в условиях лингвистической и физической неопределенности. Поэтому для разработки математической модели принятия выбраны: аппарат цепи Маркова для моделирования показателей работы ЛС; теория нечетких множеств, для многокритериальной оценки альтернатив.

Рассмотрим основные этапы реализации математической модели принятия решений по определению параметров грузопотока на примере перемещения котлов вагонов цистерн из котлового цеха в цех сборки на вагоностроительном заводе.

1. Задание исходных данных и альтернатив: количество заказов, которые необходимо выполнить (K), – 10 ед; реальная производительность цеха (μ_p) – 10 ед; проектная производительность цеха ($\mu_{пр}$) – 15 ед; емкость склада для хранения груза в цехе-отправителя (Q_{max}) – 4 ед.

Возможные пары параметров (λ , μ) приведены в табл. 1.

2. Расчет значений показателей, характеризующих логистические издержки. Рассматриваемую систему, состоящую из цеха-отправителя, цеха-получателя и циркулирующих между ними партий груза можно представить в виде Марковской системы

массового обслуживания типа M/M/1/1. Реализация данной модели позволяет определить значения показателей, характеризующих логистические издержки для всех возможных альтернатив параметров грузопотока. На основании модели, описанной в [2] выполнены расчеты и получены следующие значения логистических затрат, приведенные в табл.1.

3. Расчет страхового запаса с помощью вероятностной модели управления запасами [9]:

$$Q = k \sqrt{m_{LT} \sigma_D^2 + (\sigma_{LT} m_D)^2}, \quad (1)$$

где Q – размер страхового запаса;

m_{LT} – математическое ожидание времени пополнения запаса;

σ_D – среднее квадратическое отклонение потребности в запасе;

σ_{LT} – среднее квадратическое отклонение времени пополнения запаса;

m_D – средняя потребность в запасе.

k – значение функции Лапласа для заданной вероятности бесперебойной выдачи запаса P .

Поскольку известны законы распределения входящего потока и потока требований (законы определены для цепей Маркова: входящий поток – закон Пуассона, поток обслуживания – экспоненциальный), математическое ожидание пуассоновского распределения – λ , среднее квадратическое отклонение – $\lambda^{1/2}$; для экспоненциального закона распределения математическое ожидание – μ^{-1} , среднее квадратическое отклонение – μ^{-1} . На основании этого выведена формула для расчета нижней границы - страхового запаса для пуассоновского входящего потока и экспоненциального потока обслуживания:

$$Q_{\min} = k \sqrt{\mu^{-1} \cdot \lambda^{1/2} + \mu^{-1} \cdot \lambda} = k \sqrt{\frac{1}{\mu} (\lambda^{1/2} + \lambda)} \quad (2)$$

Расчеты выполнены для всех альтернатив (λ , μ), результаты приведены в табл.1.

4. Задание исходных данных и реализация нечеткого логического вывода (НЛВ) Мамдани в среде MATLAB для принятия многокритериального решения в условиях лингвистической неопределенности [8]. Исходными данными являются:

а) входные лингвистические переменные (параметры, характеризующие логистические издержки в ЛС: уровень межоперационного запаса на складе цеха-отправителя, время ожидания партии груза в цехе-отправителе, количество заявок, обслуженных без ожидания, количество обслуженных заявок);

б) выходная лингвистическая переменная – уровень логистических затрат;

в) функции принадлежности термов лингвистических переменных. Выбран гауссовский тип функции принадлежности с пятью термами: очень хорошо – ОХ, хорошо – Х, удовлетворительно – У, плохо – П, очень плохо – ОП. Функция задается двумя параметрами $\{c, b\}$: экстремум – c , коэффициент концентрации – b . На основании анализа особенностей функционирования рассматриваемой ЛС разработан подход к построению функций принадлежности [8]. Значения параметров функций входных и выходных лингвистических переменных рассчитаны по правилам, приведенным в табл.3.

Графики функций лингвистических переменных «вероятность обслуживания заказа», «вероятность обслуживания заказа без ожидания» и «уровень логистических затрат» (выходная) заданы на основе оценок лингвистической интерпретации значений качественных показателей (табл. 2)

Экстремум функций терма «очень хорошо» лингвистической переменной «уровень межоперационного запаса» изменяется в зависимости от уровня минимально-допустимого запаса, необходимого для поддержания непрерывного процесса производства – $Q_{\min}$. Экстремум функции принадлежности терма «удовлетворительно» фиксирован максимально-допустимым уровнем межоперационного запаса – $Q_{\max}$, который определяется емкостью цехового склада.

Таблица 1

Значения показателей работы ТС для разных значений интенсивности движения в системе

№ альтернативы	λ	μ	ρ	$\nu_{ож}$	$P_{об}$	$P_{об,н}$	y	$Q_{\min}$
1	10	11	0,91	0,005	0,95	0,9	5,66	2,24
2	10	12	0,83	0,003	0,97	0,944	6,54	2,14
3	10	13	0,77	0,001	0,99	0,97	7,21	2,06
4	10	14	0,71	0,0007	0,99	0,98	7,72	1,98
5	10	15	0,67	0,0003	0,99	0,99	8,1	1,92
6	11	12	0,92	0,0047	0,95	0,89	5,5	2,24
7	11	13	0,85	0,002	0,97	0,94	6,4	2,15
8	11	14	0,79	0,001	0,98	0,96	7,05	2,07
9	11	15	0,73	0,0008	0,99	0,98	7,55	2
10	12	13	0,92	0,0045	0,95	0,89	5,49	2,24
11	12	14	0,86	0,0026	0,97	0,93	6,27	2,15
12	12	15	0,80	0,0015	0,98	0,96	6,9	2,08
13	13	14	0,93	0,0044	0,95	0,89	5,4	2,23
14	13	15	0,87	0,0042	0,94	0,89	5,4	2,16
15	14	15	0,93	0,0042	0,94	0,88	5,4	2,23

Таблица 2

Оценка лингвистической интерпретации значений качественных показателей [10]

Лингвистическая оценка	Значения функции принадлежности
Очень хорошо	1.00 - 0.80
Хорошо	0.80 - 0.63
Удовлетворительно	0.63 - 0.37
Плохо	0.37 - 0.20
Очень плохо	0.20 - 0.00

Таблица 3

Значения параметров функций принадлежности термов входных и выходной лингвистических переменных

Терм множества	Функция принадлежности терма				
	$\mu(y)$	$\mu(v_{ож})$	$\mu(P_{об})$	$\mu(P_{об.н})$	$\mu(LC)$
ОХ	$\{Q_{\min}; c_y\}$	$\{0; c_{v_{ож}}\}$	$\{1; c_{P_{об}}\}$	$\{1; c_{P_{об.н}}\}$	$\{0; c_{LC}\}$
Х	$\left\{\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{2}; c_y\right\}$	$\left\{\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right); c_{v_{ож}}\right\}$	$\{0, 8; c_{P_{об}}\}$	$\{0, 8; c_{P_{об.н}}\}$	$\{0, 3; c_{LC}\}$
У	$\{Q_{\max}; c_y\}$	$\left\{\left(\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right)Q_{\min}\right); c_{v_{ож}}\right\}$	$\{0, 6; c_{P_{об}}\}$	$\{0, 6; c_{P_{об.н}}\}$	$\{0, 5; c_{LC}\}$
П	$\{0; c_y\}$	$\left\{\left(\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right)y\right); c_{v_{ож}}\right\}$	$\{0, 45; c_{P_{об}}\}$	$\{0, 4; c_{P_{об.н}}\}$	$\{0, 7; c_{LC}\}$
ОП	$\{1; c_y\}$	$\left\{\left(\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right)Q_{\max}\right); c_{v_{ож}}\right\}$	$\{0; c_{P_{об}}\}$	$\{0; c_{P_{об.н}}\}$	$\{1; c_{LC}\}$

Для построения функций принадлежности термов входной лингвистической переменной «время ожидания погрузки в цехе-отправителе» внесены следующие ограничения: (1) интенсивность поступления должна быть меньше интенсивности обслуживания $\mu \geq \lambda$, что является обязательным условием, поскольку в противном случае ЛС не будет успевать справляться с выпуск необходимого количества продукции; (2) $v_{ож} \rightarrow 0$; (3) если $v_{ож} \in \left[0; \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right]$, то в результате возникших простоев транспортных средств в ожидании погрузки, не будет образования очереди даже в случае отсутствия страхового запаса; (4) если $v_{ож} > \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right)$, то в системе при отсутствии страхового запаса будет образовываться очередь, что является допустимым; (5) если $v_{ож} \in \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}; \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right) \cdot Q_{\min}\right)$, то возникшая очередь будет ликвидирована за счет страхового запаса $Q_{\min}$. (6) Страхового запаса хватит на время равное

$\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right) \cdot Q_{\min}$. (6) при $v_{ож} \in \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}; \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right) \cdot y\right)$, то возникшая в системе очередь будет ликвидирована только, если запас y превышает уровень страхового $Q_{\min}$; (7) $v_{ож} > \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right) \cdot y$, то система будет находиться в критической ситуации, поскольку запаса в системе не хватит, что бы ликвидировать возникшую очередь.

Следует отметить, что параметры функций лингвистических переменных «вероятность обслуживания заказа», «вероятность обслуживания заказа без ожидания», «уровень логистических затрат» остаются неизменными для всех альтернатив пар (λ, μ) , а параметры функций переменных «уровень межоперационного запаса» и «время ожидания в цехе-отправителе» рассчитываются заново для всех альтернатив. Это основное отличие расчета математической модели управления параметрами грузопотока от математической модели управления объемом грузопотока. Значения параметров функций принадлежности термов лингвистических переменных для всех альтернатив приведены в табл.4.

Таблиця 4

Результаты реализации модели в среде Fuzzy Logic Toolbox (MATLAB)

№ альтернативы	λ	μ	ρ	LC
1	10	11	0,91	0,600
2	10	12	0,83	0,684
3	10	13	0,77	0,690
4	10	14	0,71	0,688
5	10	15	0,67	0,688
6	11	12	0,92	0,576
7	11	13	0,85	0,670
8	11	14	0,79	0,689
9	11	15	0,73	0,695
10	12	13	0,92	0,576
11	12	14	0,86	0,660
12	12	15	0,80	0,689
13	13	14	0,93	0,580
14	13	15	0,87	0,576
15	14	15	0,93	0,556

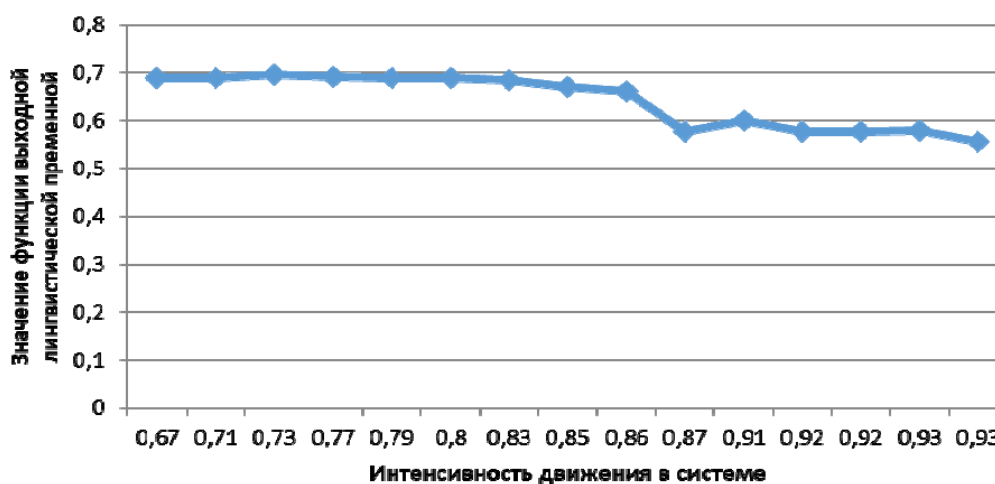


Рис. График зависимости значения выходной лингвистической переменной «уровень логистических издержек» от интенсивности движения

г) база правил НЛВ на основе логического оператора «И» задается исходя из субъективных оценок и опыта ЛПР.

5. Расчет значений входных и выходной лингвистической переменной для всех альтернатив в среде MATLAB Fuzzy Logic Tool Box (табл. 4, рис.).

6. Выбор наилучшей альтернативы. По результатам расчета выбраны две альтернативы: №3 и №9, поскольку значение выходной лингвистической переменной «уровень логистических издержек» для этих альтернатив максимальное.

Поскольку интенсивность обслуживания в ЛС максимально должна быть приближена к проектной интенсивности производства интенсивности, то предпочтение отдано альтернативе № 3. То есть, оптимальными параметрами работы ЛС для объема грузопотока равного 10 котлам являются: временной интервал между поступлением требований -

$\frac{1}{\lambda} = 0,1$, время обслуживания одного требования
- $\frac{1}{\mu} = 0,08$.

Выводы. 1. Системы поддержки принятия решений по управлению параметрами грузопотоков в тянущей ЛС в режиме реального времени, основанные на предложенных математических моделях позволят повысить эффективность ЛС за счет минимизации логистических затрат в системе.

2. Предложенная модель учитывает не только вероятностную неопределенность в ЛС, но и лингвистическую, что позволяет принять решение, основанное так же на ценном опыте ЛПР в данной области.

Л и т е р а т у р а

1. Румянцев, Н. В. Моделирование гибких производственно-логистических систем / Н. В. Румянцев. – Донецк : Изд-во ДонНУ, 2004. – 235 с.
2. Kreig, G. N. Kanban-Controlled Manufacturing Systems : Lectures Notes on Economics and Mathematical Systems / G. N. Kreig. – Berlin : Heidelberg, 2005. – 238 p.
3. Канбан и «точно вовремя» на Toyota : менеджмент начинается на рабочем месте : пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. – 218 с.
4. Sodenkamp, M. Models, Methods and Applications of Group Multiple-criteria Decision Analysis in Complex and Uncertain Systems : dissertation / M. Sodenkamp. – Paderborn, 2013. – 221 p.
5. Луис, Р. Система Канбан. Практические советы по разработке в условиях вашей компании / пер. с англ. Е. В. Журиной; под науч. ред. Э. А. Башкардина. – М. : Стандарт и качество, 2008. – 216 с.
6. Kaganova, E. Robust solution to the CLSP and the DLSP with Unertain Demand and Online Information Base : dissertation / E. Kaganova. – Paderborn : Heinz Nixdorf Institute University of Paderborn, 2013. – 161 p.
7. Araz, O. U. Determining the parameters of dual-card kanban system : an integrated multicriteria and artificial neural network methodology / O. U. Araz, O. Eski, C. Araz // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2008. – N 38. – P. 995–997.
8. Bulgakova J. Decision making on cargo-flow management in integrated production and transportation system / J. Bulgakova // - Transport Problems: Scientific Journal. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Slaskiej, 2016 – Vol. 11. – Iss. 4. – P. 83-94.
9. Bulgakova J. The model of work-in-process inventory management of rail cars building company / J. Bulgakova // -Transport Problems: Scientific Journal. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Slaskiej, 2013 – Vol. 8. – Iss. 4. – P. 127-136.
10. Zimmermann, H. J. Fuzzy Set Theory and Its Applications : Fourth Edition / H. J. Zimmermann. – London : Kluwer Academic Publishers, 2001. – 514 p.8

R e f e r e n c e s

1. Rumyantsev, N. V. Modeling of flexible production and logistics systems / N. V. Rumyantsev. – Donetsk : Izd-vo DonNU, 2004. – 235 s.
2. Kreig, G. N. Kanban-Controlled Manufacturing Systems : Lectures Notes on Economics and Mathematical Systems / G. N. Kreig. – Berlin : Heidelberg, 2005. – 238 p.
3. Kanban and just in time for Toyota: management begins in the workplace: per. s angl. – М. : Alpina Biznes Buks, 2008. – 218 с.
4. Sodenkamp, M. Models, Methods and Applications of Group Multiple-criteria Decision Analysis in Complex and Uncertain Systems : dissertation / M. Sodenkamp. – Paderborn, 2013. – 221 p.
5. Luis, R. The Kanban system. Practical advice on development in the conditions of your company / per. s angl. E. V. Zhurino; pod nach. red. E. A. Bashkar-dina. – М. : Standart i kachestvo, 2008. – 216 s.
6. Kaganova, E. Robust solution to the CLSP and the DLSP with Unertain Demand and Online Information Base : dissertation / E. Kaganova. – Paderborn : Heinz Nixdorf Institute University of Paderborn, 2013. – 161 p.

7. Araz, O. U. Determining the parameters of dual-card kanban system : an integrated multicriteria and artificial neural network methodology / O. U. Araz, O. Eski, C. Araz // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2008. – N 38. – P. 995–997.
8. Bulgakova J. Decision making on cargo-flow management in integrated production and transportation system / J. Bulgakova // - Transport Problems: Scientific Journal. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Slaskiej, 2016 – Vol. 11. – Iss. 4. – P. 83-94.
9. Bulgakova J. The model of work-in-process inventory management of rail cars building company / J. Bulgakova // -Transport Problems: Scientific Journal. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Slaskiej, 2013 – Vol. 8. – Iss. 4. – P. 127-136.
10. Zimmermann, H. J. Fuzzy Set Theory and Its Applications : Fourth Edition / H. J. Zimmermann. – London : Kluwer Academic Publishers, 2001. – 514 p.8

Булгакова Ю.В. Модель прийняття рішень із управління вантажопотоками в тягнучих логістичних системах

У статті запропоновано математичну модель прийняття рішення по управлінню параметрами вантажопотоку в тягнучій логістичній системі, переміщення вантажу в якій візуалізовано та управляється за допомогою карт канбан. Модель заснована на спільному застосуванні апарату ланцюгів Маркова для моделювання параметрів, що характеризують логістичні витрати в системі, а також нечіткого логічного висновку Мамдані для прийняття рішення про вибір параметрів вантажопотоку за критерієм «логістичні витрати». Реалізацію моделі продемонстровано на прикладі доставки котлів з цеху-виробника на лінію збірки.

Ключові слова: тягнуча логістична система, нечіткий логічний висновок Мамдані, ланцюг Маркова, логістичні витрати.

Bulgakova J. The decision-making model on cargo flows management in pull type logistics system

The mathematical model of decision making on managing of cargo-flows parameters in Kanban-controlled pull-type logistics system under conditions of physical and linguistic uncertainties is proposed in the paper. The model combines Markov chains for modeling the logistic costs parameters and Mamdany's fuzzy inference for multi criterion evaluation of alternatives, which are pares of cargo flow parameters: demand rate and production rate. As logistic costs the following parameters are chosen: work-in-process, waiting time for cargo batch in production workshop, percentage of served demand and percentage of immediately served demand. Gaussian type of membership functions with five terms is chosen. The approach to terms membership functions of linguistic variables "work-in-process" and "waiting times" is developed. The numerical results were obtained in MATLAB Fuzzy Logic Toolbox on example of tanks flow between production workshop and assembly line on tank rail cars production enterprise.

Keywords: pull-type logistic system, Markov chain, Mamdany's fuzzy inference, logistic costs.

Булгакова Ю.В. – к.т.н., доц. кафедри «Технології міжнародних перевезень і логістика» ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, e-mail: jlbulgakova@gmail.com

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

УДК 656.073

**МЕТОДИКА ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ
ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ****Войтов В.А., Музильов Д.О., Бережна Н.Г.****METHOD OF ESTIMATION OF RELIABILITY AND EFFICIENCY OF LOGISTIC SYSTEM
OF A TRANSPORT MAINTENANCE OF PROCESS OF HARVEST SUGAR BEET****Vojtov V., Muzylyov D., Berezchnaja N.**

У дослідженні розглянуто існуючі проблеми в забезпеченні транспортного обслуговування учасників аграрної галузі. На прикладі доставки цукрового буряку, запропоновано методику управління надійністю функціонування усіх учасників транспортно-логістичної системи. Розглядається метод підвищення ефективності роботи комплексу, за рахунок зниження загальних питомих витрат, але за умови задоволення заданого рівня надійності функціонування транспортно-логістичного ланцюга.

Ключові слова: транспорт, сільське господарство, надійність, транспортне обслуговування, ефективність, система, цукровий буряк, транспортно-логістичний комплекс.

Вступ. Транспортнуванню вантажу в аграрній галузі носить специфічний характер, обумовлено це особливими умовами організації роботи всіх учасників транспортно-логістичної системи. Основні характеристики збирально-транспортного процесу в сільськогосподарській галузі зазначалися не раз в науковій літературі – це сезонність, великі обсяги доставки вантажу, що вимагають залучення значної кількості транспортних засобів, а звідси, й зростаюча інтенсивність перевезень на час збирання врожаю.

Планування й організація процесу збирання, навантаження, транспортування й розвантаження в місцях зберігання чи переробки доволі складний і ємний процес. При цьому, ще необхідно враховувати економічну, технічну, погодно-кліматичну складові роботи всього комплексу, що задовольняють заданому рівню надійності і ефективності функціонування системи.

Постановка проблеми. Забезпечення надійності і ефективності транспортно-логістичного обслуговування сільськогосподарських підприємств є одним із пріоритетних завдань агрологістики. Постійний контроль, адекватне управління технічними і економічними параметрами роботи учасників логіс-

тичної системи – є гарантією ефективного транспортного обслуговування процесу збирання, доставки і переробки цукрового буряку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Первинний аналіз попередніх досліджень науковців, присвячених питанням підвищення надійності та ефективності при управлінні транспортними системами, засвідчив наявність безлічі різнопланових проблем, які можуть виникати в процесі доставки масових (сільськогосподарських) вантажів та повинні бути вирішені.

Багато авторів пропонують розглядати проблему управління подібними видами ЛС лише з урахуванням технологічної або тільки економічної складової, чи брати до уваги лише технічний показник процесу доставки.

Наприклад, у роботі [1] розглядається потреба у вантажних автомобілях під час збирання врожаю, як питання оперативного управління в інтенсивні періоди роботи автомобільного транспорту, коли кількість одиниць залучених машин і обладнання збільшується у 2–2,5 рази. Тому для забезпечення безперебійності роботи транспорту та збиральної техніки необхідно постійно проводити моніторинг врожаю та корегувати потрібну кількість автомобілів, виходячи із можливих обсягів перевезення у конкретний період [2]. Недоліком подібного підходу є однобокий характер методики та неврахування можливих впливів на ефективність функціонування системи з боку інших суб'єктів процесу доставки сільськогосподарських вантажів (сільськогосподарського підприємства, складу або приймального пункту (цукропереробного заводу)).

Одним із перспективних напрямків дослідження у аналогічній сфері є роботи, які присвячені розробці технологічних та організаційних заходів стосовно транспортного забезпечення, що базується на принципах синергетики. При цьому розглядаються питання щодо доставки вантажів, через склади і те-

рміальні комплекси [2-3]. Але запропоновані моделі не можуть в повній мірі бути використанні, тому що не враховують специфіку процесу перевезення цукрового буряку, який характеризується суттєвим навантаженням на всі ланки логістичної системи і короткостроковим терміном зберігання.

Основною проблемою, яку повинен вирішити перевізник під час збору врожаю, є визначення необхідної кількості транспортних засобів в цей період та забезпечення раціоналізації їх роботи. Це є ключовим аспектом, тому що навантаження на транспортні засоби є максимальним саме в цей термін. Нерівномірність і сезонність використання у часі, залежність від стану доріг і погодних умов – характерні особливості роботи транспорту в сільськогосподарському виробництві [4]. Запропонований підхід не дозволяє в повній мірі забезпечити високий рівень надійності функціонування кожного елементу системи.

У роботі [5] проведено детальний аналіз використання та розвитку автомобільного транспорту при перевезенні сільськогосподарських вантажів, та запропоновано рекомендації для удосконалення транспортного процесу, який має сприяти підвищенню ефективності функціонування підприємств автомобільного транспорту у сільському господарстві. При цьому питання надійності процесу доставки в цьому дослідженні не розглядаються.

В роботі [6] автор зазначає, що для підвищення ефективності функціонування транспорту в сучасних умовах потрібно використовувати математичну модель, яка дозволяє визначити закономірності вантажного потоку у залежності від логістичної фази. При цьому дослідження носить рекомендаційний характер, а модель не може бути використана при перевезенні масових вантажів.

Немалу увагу дослідники приділяли вивченню ролі вантажного транспорту при перевезенні масових вантажів. В роботі [7] визначається послідовність транспортування вантажів та логістичні посередники. Проводиться обґрунтування вибору раціонального типу маршрутів, як технологічної складової при забезпеченні якості процесу доставки. Але зазначені принципи носять теоретичний характер та їх не було представлено у вигляді математичного інструментарію для універсалізації вирішення проблеми підвищення надійності і ефективності управління вантажними перевезеннями в агропромисловій галузі.

Авторами робіт [8-9] була надана первина спроба всебічної оцінки системи перевезення зернових вантажів, яка базувалась на принципах забезпечення узгодженої роботи всіх елементів збирально-транспортного комплексу. При цьому питання надійності у роботі не підіймалися.

Із аналізу останніх досліджень можна зробити висновки, що питання є актуальним, бо проблема управління вантажними перевезеннями в агросекторі має свою специфіку, яка не дозволяє повноцінно

впроваджувати розроблені підходи та моделі. Для її вирішення потрібно використовувати комплексний підхід. Це дасть можливість прийняти коректне управлінське рішення, яке забезпечить максимальну надійність функціонування ЛС доставки цукрового буряку в цілому при мінімальних витратах просування вантажопотоку по кожній ділянці ланцюга постачань.

Мета статті. Метою дослідження є представлення методу розрахунку і управління надійністю та ефективністю функціонування логістичної системи транспортного обслуговування сільськогосподарського підприємства, на прикладі організації процесу збирання і доставки в пункт переробки (завод) цукрового буряку.

Результати досліджень. Система транспортного обслуговування процесу збирання цукрових буряків – це складна логістична система, яка характеризується наявністю стохастичних зв'язків в її середині, а також впливом навколишнього середовища на ці зв'язки.

Для управління надійністю та ефективністю таких систем запропонована методика у вигляді спеціальної комп'ютерної програми, яка дозволить розрахувати робочі параметри всіх складових системи, порівняти їх з рівнем необхідних значень і при невідповідності, розробити управляючі дії для досягнення необхідних величин.

Методика розрахунку складається з чотирьох блоків.

Перший блок має на меті визначити імовірності відмов в обслуговуванні кожної логістичної ланки, що входить у логістичну систему транспортного обслуговування збирання цукрових буряків.

Алгоритм виконання розрахунку представлений на рис. 1 та розроблений на підставі математичної моделі імовірнісного моделювання логістичної системи [10].

Вхідними даними для визначення імовірностей відмов є величини продуктивностей:

- вантажоутворюючого пункту, аграрне підприємство, W_{Π} , т/год.;
- пункту перевалки вантажу, склад, $W_{СКЛ}$, т/год.;
- пункту обробки інформації $W_{ЛЦ}$, логістичний центр, т/год.;
- транспортного підприємства $W_{ТП}$, т/год.;
- вантажопоглинаючого пункту, завод, W_3 , т/год.;
- тривалість робочої зміни, $t_{ЗМ,i}$, год.;
- кількість одночасно працюючих комбайнів N_K ; навантажувачів $N_{наван}$; пунктів обробки інформації $N_{ЛЦ}$; автомобілів $N_{авт}$; пунктів прийому вантажу N_3 .

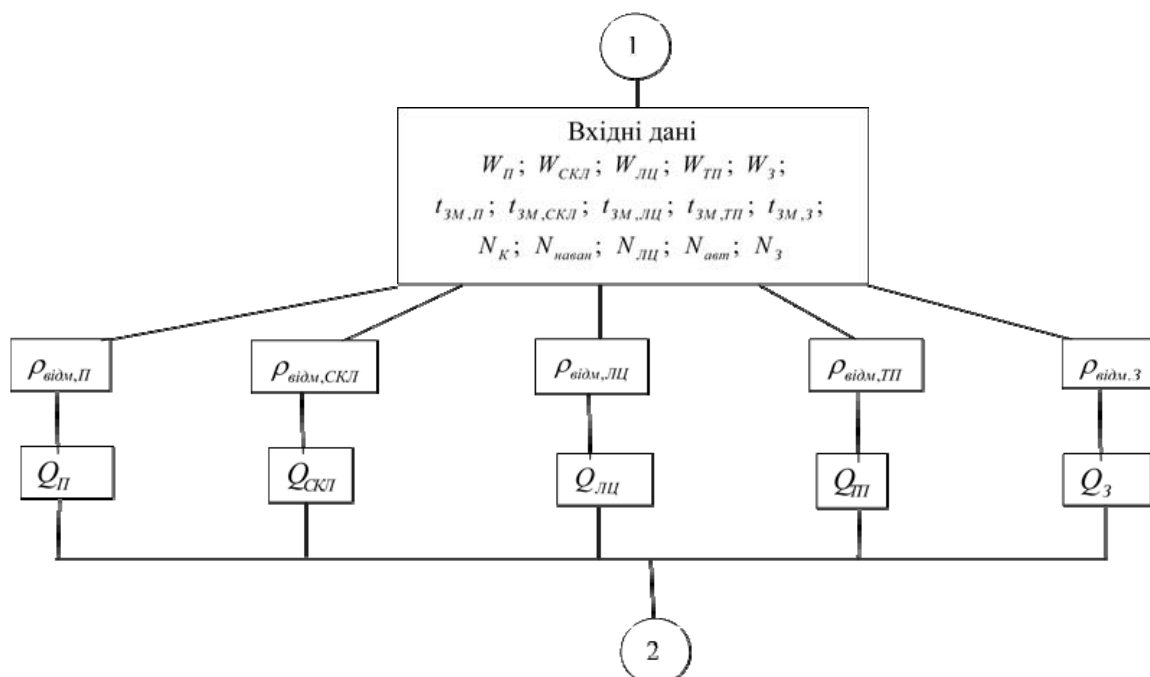


Рис. 1. Алгоритм імовірнісного визначення обсягу вантажу в логістичних ланках

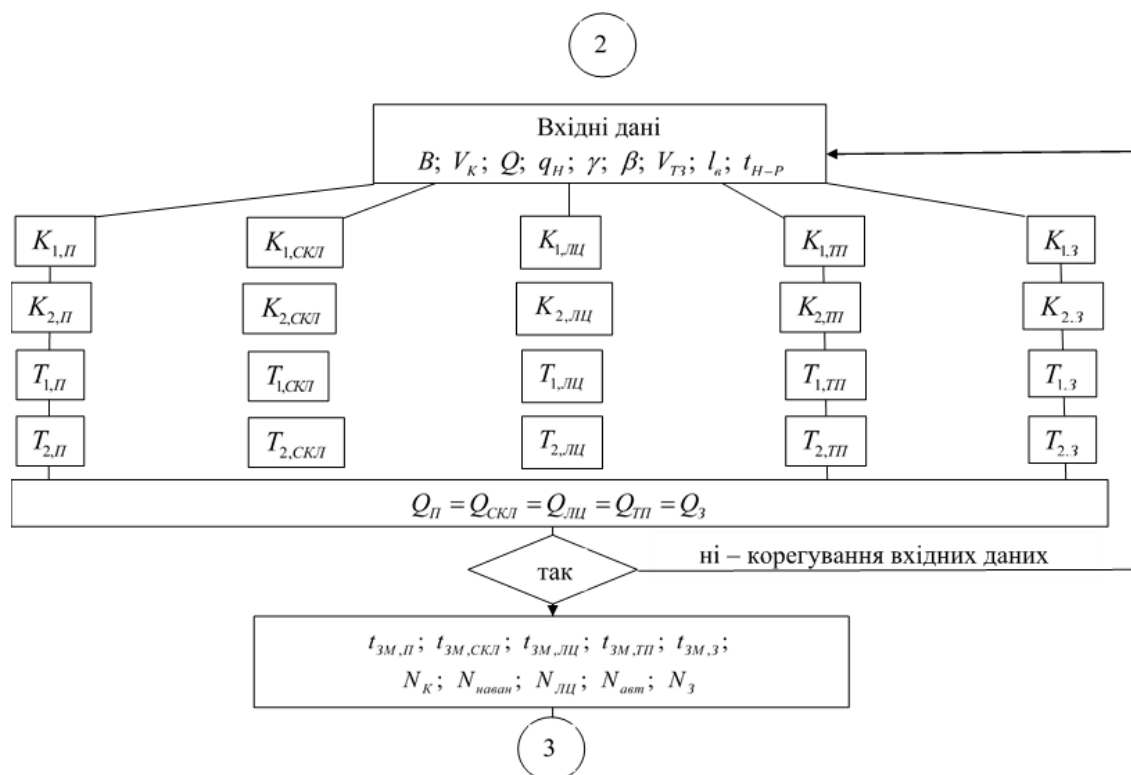


Рис. 2. Алгоритм визначення часу виходу на запланований обсяг вантажу

Після визначення імовірності відмови $\rho_{відм, i}$ в кожній логістичній ланці визначається обсяг вантажу Q_i , т, який проходить по кожній з логістичних ланок з урахуванням тривалості робочої зміни $t_{3М, i}$.

Отримані значення Q_{Π} ; $Q_{СКЛ}$; $Q_{ЛЦ}$; $Q_{ТП}$; Q_3 є вхідними даними для моделювання динаміки руху вантажу в логістичних ланцюгах.

Другий блок методики має на меті визначити час виходу на запланований обсяг виробництва, перевалки, доставки вантажу в кожній з логістичних ланок.

Алгоритм виконання розрахунку представлений на рис. 2 і розроблений на підставі динамічної моделі процесів у логістичній системі [11].

Вхідними даними для визначення часу виходу на запланований обсяг вантажу є:

- запланований обсяг вантажу: Q_{Π} ; $Q_{СКЛ}$; $Q_{ЛЦ}$; $Q_{ЛП}$; Q_3 , т;

- робочі та технологічні параметри застосовуваних комбайнів (ширина захвату B , м; робоча швидкість V_K , км/год.; урожайність цукрових буряків Q , т/га); продуктивність навантажувачів $W_{СКЛ}$, т/год. та пунктів обробки інформації в логістичному центрі $W_{ЛЦ}$, т/год.;

- робочі та технологічні параметри вантажних автомобілів, що застосовуються: номінальна вантажопідйомність q_H , т; коефіцієнти використання вантажопідйомності γ ; коефіцієнт використання пробігу β ; технічна швидкість $V_{ТЗ}$, км/год.; дальність перевезення вантаж l_0 , км; час навантаження-розвантаження автомобілів t_{H-P} , год.

Перераховані вхідні дані дозволяють розрахувати:

- коефіцієнт K_1 , який характеризує «запас стійкості» складових логістичної системи;

- коефіцієнт K_2 , який характеризує «чутливість» логістичної системи до надходження заявок на обслуговування;

- постійна часу T_1 , яка характеризує інерційність складових логістичної системи у виконанні заявок;

- постійну часу T_2 , яка характеризує затримки в складових логістичної системи.

Основною умовою при виконанні розрахунку часу виходу на запланований обсяг вантажу є рівність обсягів вантажу, який проходить по всіх логістичних ланках протягом робочої зміни [12-14].

Якщо рівність обсягів вантажу не виконується, здійснюється коригування робочих і технологічних параметрів: N_K ; $N_{наван}$; $N_{ЛЦ}$; $N_{авт}$.

Перераховані вище вихідні параметри другого блоку методики є вхідними параметрами для третього блоку.

Третій блок методики має на меті визначити надійність логістичних ланок і логістичної системи в цілому.

Алгоритм розрахунку показників надійності представлений на рис. 3.

На першому етапі розраховується комплексний показник надійності – коефіцієнт готовності K_r , [15]. Даний коефіцієнт характеризує потенційну можливість системи – «виконає» або «не виконає» обсяг перевезень. Якщо величина K_r , менша необхідної величини $K_r < K_{r,вим.}$, проводиться коригування за рахунок зміни N_K ; $N_{наван}$; $N_{ЛЦ}$; $N_{авт}$. Згідно результатів моделювання [15] при виконанні відношення $Q_i/Q_3 = 1$ коефіцієнт $K_r \rightarrow \max$.

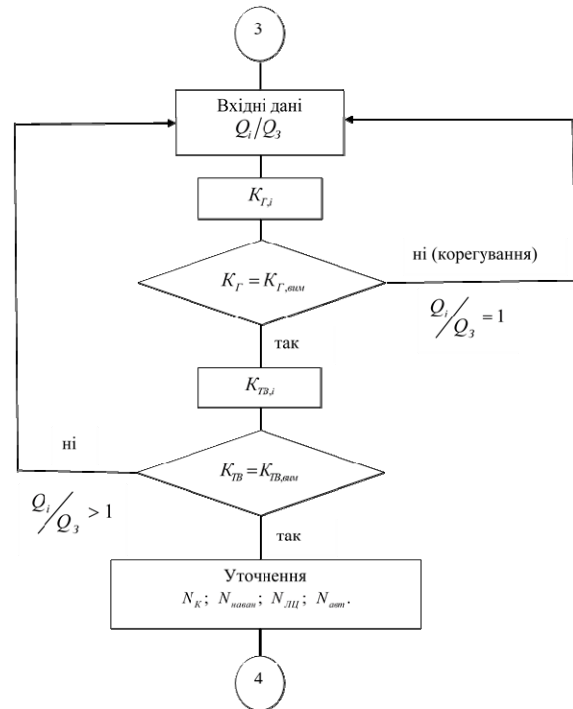


Рис. 3. Алгоритм оцінки надійності логістичної системи

На другому етапі розраховується комплексний показник надійності – коефіцієнт технічного використання для логістичних ланцюгів $K_{ТВ,i}$ та для логістичної системи $K_{ТВ}$, розрахунок цих коефіцієнтів наведено в роботі [15]. Даний коефіцієнт характеризує динаміку протікання процесу руху вантажу і враховує всі затримки протягом розвитку процесу і час, необхідний для усунення затримок.

Якщо величина $K_{ТВ}$ менша необхідної величини $K_{ТВ} = K_{ТВ,вим.}$, то проводиться коригування за рахунок зміни: N_K ; $N_{наван}$; $N_{ЛЦ}$; $N_{авт}$. Результати моделювання характеру зміни $K_{ТВ}$, показали, що основним заходом щодо його підвищення є збільшення відношення $Q_i/Q_3 > 1$.

Отримані вище вихідні параметри третього блоку моделювання: N_K ; $N_{наван}$; $N_{ЛЦ}$; $N_{авт}$, що забезпечують необхідне відношення $Q_i/Q_3 \geq 1$, є вхідними параметрами для четвертого блоку.

Четвертий блок методики має на меті визначити ефективність логістичних ланцюгів і логістичної системи в цілому при дотриманні заданого рівня надійності.

Алгоритм виконання розрахунку питомих витрат по всіх логістичних ланцюгах і сумарних питомих витрат по логістичній системі транспортного обслуговування збирання цукрових буряків представлений на рис. 4.

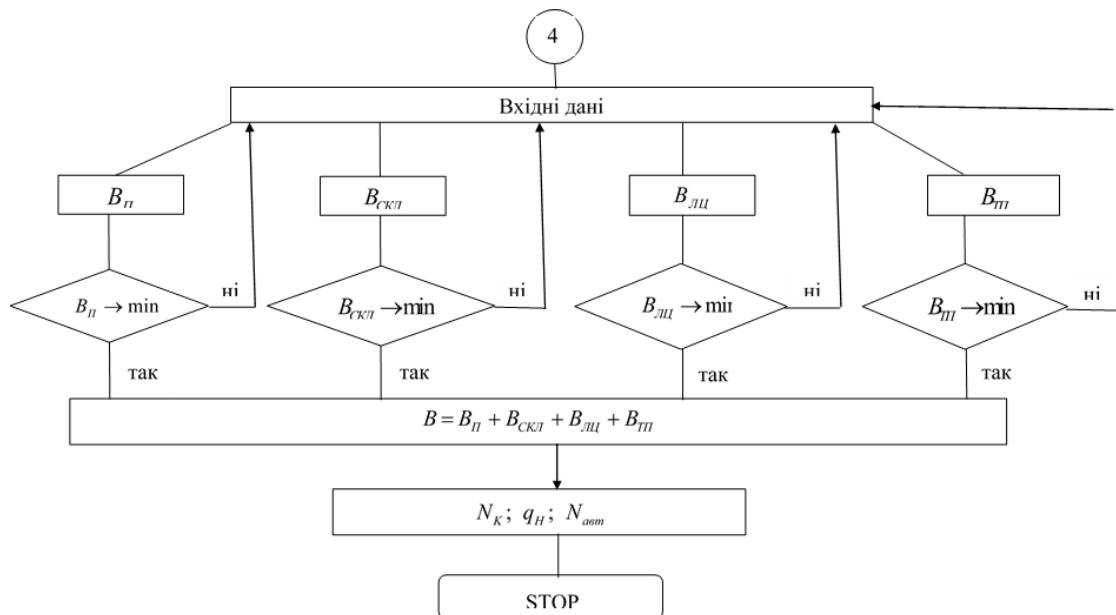


Рис. 4. Алгоритм оцінки питомих витрат логістичної системи

За результатами розрахунку питомих витрат по кожному логістичному ланцюгу визначається «слабка» ланка, тобто логістична ланка, у якій питомі витрати максимальні. За результатами розрахунку вибираються управляючі дії щодо зниження питомих витрат і підвищення надійності функціонування.

Згідно [16], основний внесок у витрати вносять підприємство по виробництву вантажу і транспортне підприємство. На підставі моделювання зроблено висновок, що для підвищення ефективності необхідно застосовувати вантажні автомобілі з номінальною вантажопідйомністю $q_H = 30$ т [14], а кількість одночасно працюючих комбайнів не повинна перевищувати $N_K = 4$ шт.

Основним результатом розрахунку є визначення N_K і $N_{авт}$, які забезпечать $B \rightarrow \min$, а також визначення величини B , грн./т, яка дозволить розрахувати економічний ефект від прийняття тих чи інших управлінських дій.

Висновки. Розроблена методика розрахунку і управління надійністю та ефективністю логістичної системи транспортного обслуговування збирання цукрових буряків представлена у вигляді комп'ютерної програми в середовищі EXEL [10-11].

Застосування методики у вигляді комп'ютерної програми в логістичному центрі, який входить до складу транспортно-логістичного комплексу дозволить управляти надійністю і ефективністю логістичної системи транспортного обслуговування. Щодня або щозміни, оцінюючи продуктивність вантажопоглиначаючого пункту — W_3 , т, виробляються управляючі дії з підтримання $K_F = \max$; $K_{ТВ} = \max$ та $B = \min$. В якості управляючих впливів виступають

значення Q_i / Q_3 які можна змінювати за допомогою N_K ; $N_{наван}$; $N_{лц}$; $N_{авт}$.

Запропонована методика та комп'ютерна програма управління надійністю та ефективністю дозволить забезпечити адресність керуючих впливів.

Література

1. Курносів А.П., Улезько А.В., Кулев С.А., Черных А.Н., Ломакин С.В., Казанцев А.А. Оптимизация состава грузового автомобильного транспорта и его использование в сельскохозяйственных предприятиях. Монография. Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. — 218 с.
2. Шраменко Н. Ю. Методологія оцінювання синергетичного ефекту при термінальній системі доставки вантажів. // Актуальні проблеми економіки: наук. економічний журн. — Київ : ВНЗ «Національна академія управління», 2016. — № 8(182) — с. 439-444.
3. Шраменко Н. Ю. Вплив технологічних параметрів процесу функціонування транспортно-складського комплексу на собівартість переробки вантажу. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий : сб. науч. тр. — Х., 2015. — Вып. 5/3 (77) — с. 43—47. doi: 10.15587/1729-4061.2015.51396
4. Керничний Б.Я. Інноваційні шляхи підвищення ефективності використання автомобільного важкогового транспорту (на прикладі організації сезонних перевезень сільськогосподарських вантажів). // Проблеми економіки транспорту: Зб. наук. Праць. — Дніпро: Дніпроп. нац. універ-т заліз. тран-ту ім. ак. В. Лазаряна, 2016. Вип. 11. — с. 31-36.
5. Придюк В.М. Особливості організації перевезень сільськогосподарських вантажів автомобільним транспортом. // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. — Луцьк : ЛНТУ, 2014. — Вип. 28. — с. 68-72.
6. Кудрицька Н.В. Моделювання вантажного потоку транспортної організації як логістичного процесу. // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем: Зб. наук. праць. — Київ : Міжн. наук.-навч. центр інформ. тех-гіт та сис-м НАН

- України та МОН України, 2013. – Вип. 18. – с. 137-149.
7. Томляк С.І., Поляков А.П. Шляхи підвищення ефективності перевезення вантажів автомобільним транспортом. // Наукові нотатки: міжвуз. наук. зб. Луцьк: ЛНТУ, 2014. – Вип. 46. – с. 529-537.
 8. Музылев, Д., Карнаух, Н., Бережная, Н., Кутя, О. Критерий выбора рациональной технологии доставки сельскохозяйственных грузов. // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2015. – Vol. 17, Issue 7. – p. 67-73.
 9. Музылев Д. А., Бережная Н. Г. Определение рациональной структуры оборотно-транспортного комплекса. // Научное обозрение. – 2015. – № 24. – с. 461-469.
 10. Бережна Н.Г. Математична модель імовірнісного моделювання процесів транспортного обслуговування збирання цукрового буряку. / Наук. журнал Харк. нац. техн. ун-ту сільськогосподарства ім. Петра Василенка «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Х.: ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вип. 16. 2016. – с. 34-44.
 11. Бережна Н. Г. Моделювання динамічних процесів в логістичних системах вантажоперевезень / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Вип. 7. 2017. – с. 64-76.
 12. Музылев Д.А., Кравцов А.Г., Карнаух Н.В., Бережная Н.Г., Кутя О.В. Разработка методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплексов. / Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Vol 2, №3 (80).2016. – с. 11-21. doi:10.15587/1729-4061.2016.65670.
 13. Бережна Н.Г. Узгодженість в роботі транспортно-логістичного комплексу в сільськогосподарській галузі. / Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, спеціалістів, аспірантів «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика»: Зб. тез. доповідей. Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2017. – с. 89-90.
 14. Vojtov V.A., Muzylyov D.A., Berezhnaja N.G. Integrated approach in calculation of the economic effect of the functioning of the transport and logistic complex with the account of the risk factor. / International academy journal Web of Scholar. 3(21), Vol.1, March 2018. – с. 12-18.
 15. Войтов В.А. Критерії оцінки надійності логістичної системи транспортного обслуговування / В.А. Войтов, Н.Г. Бережна, О.В. Кутя // Автомобільний транспорт // Сб. научних трудов. – Х.: ХНАДУ. – 2017. – Вип. 41 – с. 27-36.
 16. Войтов В.А., Музыльов Д.О., Бережна Н.Г., Щербакова В.В. Економічна ефективність функціонування транспортно-логістичного комплексу під час збирання цукрового буряку з урахуванням показника надійності / Наук. журнал Харк. нац. техн. ун-ту сільськогосподарства ім. Петра Василенка «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Х.: ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вип. 16. 2018. – с. 34-44.
- References**
1. Kurnosov A.P., Ulezko A.V., Kulev S.A., CHernyh A.N., Lomakin S.V., Kazancev A.A. Optimizaciya sostava gruzovogo avtomobil'nogo transporta i ego ispol'zovanie v sel'skohozyajstvennyh predpriyatiyah. Monografiya. Voronezh: FGOU VPO Voronezhskij GAU, 2009. – 218 c.
 2. Shramenko N. YU. Metodologiya otsinyuvannya sinergetichnogo efektu pri terminalniy sistemi dostavki vantagejiv. // Aktualni problemi ekonomiki: nauk. ekonomichnijurn. — Kiiv : VNZ «Natsionalna akademiya upravlinnya», 2016. — № 8(182) — s. 439-444.
 3. Shramenko N. YU. Vpliv tehnologichnih parametriv protsesu funktsionuvannya transportno-skladskogo kompleksu na sobivartist pererobki vantaju. // Vostochno-Evropeyskiy jurnal peredovyih tehnologiy : sb. nauch. tr. — H., 2015. — Vip. 5/3 (77) — s. 43—47.
 4. Kernichniy B.YA. Innovatsiyni shlyahi pidvischennya effektivnosti vikoristannya avtomobilnogo vajkovagovogo transportu (na prikladi organizatsii sezonnih perevezen silskogospodarskih vantajiv). // Problemi ekonomiki transportu: Zb. nauk. Prats. — Dnipro: Dniprop. nats. univer-t zalizn. tran-tu im. ak. V. Lazaryana, 2016. Vip. 11. — s. 31-36.
 5. Pridyuk V.M. Osoblivosti organizatsii perevezen silskogospodarskih vantajiv avtomobilnim transportom. // Silskogospodarski mashini: Zb. nauk. st. — Lutsk : LNTU, 2014. — Vip. 28. — s. 68-72.
 6. Kudritska N.V. Modelyuvannya vantajnogo potoku transportnoi organizatsii yak logistichnogo protsesu. // Ekonomiko-matematichne modelyuvannya sotsialno-ekonomichnih sistem: Zb. nauk. prats. — Kiiv : Mij. nauk.-navchal. tsentr inform. teh-giy ta sis-m NAN Ukraïni ta MON Ukraïni, 2013. — Vip. 18. — s. 137-149.
 7. Tomlyak S.I., Polyakov A.P. SHlyahi pidvischennya effektivnosti perevezeniya vantajiv avtomobilnim transportom. // Naukovi notatki: mijvuz. nauk. zb. Lutsk: LNTU, 2014. — Vip. 46. — s. 529-537.
 8. Muzylyov, D., Karnauh, N., Berejnaya, N., Kutya, O. Kriteriy vyibora ratsionalnoy tehnologii dostavki selskohozyaystvennyih gruzov. // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2015. – Vol. 17, Issue 7. – r. 67-73.
 9. Muzylyov D. A., Berejnaya N. G. Opreделение ratsionalnoy strukturyi uborochno-transportnogo kompleksa. // Nauchnoe obozrenie. – 2015. – № 24. – s. 461-469.
 10. Berejna N.G. Matematichna model imovirnisnogo modelyuvannya protsesiv transportnogo obslugovuvannya zbirannya tsukrovogo buryaku. / Nauk. jurnal Hark. nats. te-hnich. un-tu silskogo gospodarstva im. Petra Vasilenka «Tehnichnij servis agropromislovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv». H.: HNTUSG im. Petra Vasilenka. Vip. 16. 2016. – s. 34-44.
 11. Berejna N. G. Modelyuvannya dinamichnih protsesiv v logistichnih sistemah vantajoperevezen / Tehnichnij servis agropromislovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv. Vip. 7. 2017. — s. 64-76.
 12. Muzylyov D. Development of a methodology for choosing conditions of interaction between harvesting and transport complexes / D. Muzylyov, A. Kravcov, M. Karnaukh, N. Berezhnaja, O. Kutya // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Vol 2, №3 (80).2016. — s. 11-21. doi:10.15587/1729-4061.2016.65670.
 13. Berejna N.G. Uzgodjenist v roboti transportnolagistichnogo kompleksu v silskogospodarskiy galuzi. / Vseukraïnska naukovopraktichna konferentsiya molodih uchenih, spetsialistiv, aspirantiv «Problemi energoresursozberennya v promislovomu regioni. Nauka i praktika»: Zb. tez. dopovidey. Mariupol: DVNZ «PDTU», 2017. – s. 89-90.
 14. Vojtov V.A., Muzylyov D.A., Berezhnaja N.G. Integrated approach in calculation of the economic effect of the functioning of the transport and logistic complex with the account of the risk factor. / International academy

journal Web of Scholar. 3(21), Vol.1, March 2018. – s. 12-18.

15. Voytov V.A. Kriterii otsinki nadiynosti logistichnoi sistemi transportnogo obslugovuvannya / V.A. Voytov, N.G. Berejna, O.V. Kutya // Avtomobilnyi transport // Sb. nauchnyih trudov. – H.: HNADU. – 2017. – Vip. 41 – s. 27-36.
16. Voytov V.A., Muzilov D.O., Berejna N.G., SCherbakova V.V. Ekonomichna efektyvnist funktsionuvannya transportno-logistichnogo kompleksu pid chas zbirannya tsukrovogo buryaku z urahuvannyam pokaznika nadiynosti / Nauk. jurnal Hark. nats. tehnic. un-tu silskogo gospodarstva im. Petra Vasilenka «Tehnicnyi servis agropromislovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv». H.: HNTUSG im. Petra Vasilenka. Vip. 16. 2018. – s. 34–44.

Войтов В.А., Музылев Д.А., Бережная Н.Г. Методика оценки надежности и эффективности логистической системы транспортного обслуживания процесса уборки сахарной свеклы.

В исследовании рассмотрены существующие проблемы в обеспечении транспортного обслуживания участников аграрной отрасли. На примере доставки сахарной свеклы, предложена методика управления надежностью функционирования всех участников транспортно-логистической системы. Рассматривается метод повышения эффективности работы комплекса, за счет снижения общих удельных затрат, но при условии удовлетворения заданного уровня надежности функционирования транспортно-логистической цепи.

Ключевые слова: транспорт, сельское хозяйство, надежность, транспортное обслуживание, эффективность, система, сахарная свекла, транспортно-логистический комплекс.

Vojtov V., Muzylyov D., Berezhnaja N. Method of estimation of reliability and efficiency of logistic system of a transport maintenance of process of harvest sugar beet.

The existing problems in providing transport services to the agrarian sector are analyzed. On the example of sugar beet delivery, the method of managing the reliability of the functioning of all participants in the logistics system is considered. The coefficients characterizing the "safety margin" and "sensitivity" of the system are proposed; time constants, indicating the inertia of the links and delays in the chain of cargo advance. Complex reliability indicators have been introduced: the availability factor that is responsible for the ability of the system to "fulfill" or "not fulfill" this volume of cargo processing and the coefficient of technical use that characterizes the dynamics of the process of the cargo movement, and also takes into account all the delays and time required to eliminate them. The method of increasing the efficiency of the complex operation is considered, due to the reduction of the total unit costs, but on condition that the specified level of reliability of the transport and logistics chain operation is satisfied.

Keywords: transport, agriculture, reliability, transport service, efficiency, system, sugar beet, transport and logistics complex.

Войтов В.А. – доктор технічних наук, професор, зав. кафедри «Транспортні технології і логістика» Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (м. Харків), e-mail: vavoi-tovva@gmail.com.

Музыльов Д.О. – доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Транспортні технології і логістика» Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (м. Харків), e-mail: murza_1@ukr.net.

Бережна Н.Г. – викладач кафедри «Транспортні технології і логістика» Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (м. Харків), e-mail: bereg_nat@ukr.net.

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

Стаття подана 01.03.2018

УДК 656.021.2

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ НА
НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ В ЛЕВОПОВОРОТНЫХ ПОТОКАХ****Гецович Е.М., Мустафаяев Г.К.****EXPERIMENTAL STUDY OF DRIVER'S BEHAVIOR ON NON-REGULATED
CROSSROADS IN LEFT-WAVE FLOWS****Getsovich E., Mustafayev G.**

В статье предложен и исследован метод моделирования поведения водителя на нерегулируемых перекрестках в левоповоротных потоках. Выполнен анализ и обработка видеосъемки движения потоков с выездом на главную дорогу и левым поворотом на Т-образном перекрестке выбранном на УДС города Харьков. Предложен по сути усовершенствованный способ «граничных интервалов» как «скользящий граничный интервал» для моделирования поведения водителя. Основной особенностью данного метода является то, что для каждого отдельного взятого водителя определяется свой граничный интервал исходя из присвоенного ему коэффициента решительности..

Ключевые слова: моделирование, транспортный поток, коэффициент решительности водителя, распределение вероятностей значений коэффициента решительности.

Введение. При составлении моделей движения транспортных потоков через перекрестки улично-дорожной сети (УДС) наибольшую сложность представляет задача моделирования поведения водителя, поскольку оно не поддается сколь-нибудь точному математическому описанию, зависит от практически не ограниченного числа факторов и даже у одного и того же водителя может существенно изменяться в течение достаточно короткого промежутка времени, например, одной поездки

Анализ последних исследований и публикаций. Известен ряд подходов к решению этой задачи:

- все водители ведут себя одинаково и дисциплинированно, т.е. моделируется «среднестатистический» водитель [1,2,3];
- водители ведут себя по разному в пределах каких-либо ограничений (например, метод граничных интервалов) [2,3,4];
- метод граничных интервалов, в котором для какой-то заранее заданной части водителей значения граничных интервалов изменяются [3,4,5].

Постановка проблемы. Известные подходы позволяют лишь весьма приближенно моделировать поведение водителей, что приемлемо при решении ряда задач, например, при моделировании в процессе проектирования организации дорожного движения (ОДД) на отдельных перекрестках или сравнительно небольших участках УДС[4].

Ранее авторами был предложен способ моделирования поведения водителя с помощью коэффициента «решительности» вида[4,5,6]

$$K_p = \frac{\tau_T}{\tau_\phi},$$

где τ_T – теоретически необходимый временной интервал для выполнения желаемого маневра, τ_ϕ – фактически выбранный и оцененный водителем как достаточный.

Цель статьи. Усовершенствовать существующие методы учета водителя в моделях транспортных потоков [4].

Основное содержание. При этом каждому водителю автомобиля стоящего первым в очереди перед перекрестком значение K_p присваивается как случайная величина с учетом экспериментально полученного распределения вероятностей значений K_p для данного типа перекрестка и вида маневра. По сути этот способ является «способом скользящих граничных интервалов», поскольку для каждого водителя определяется свой граничный интервал исходя из присвоенного ему коэффициента решительности как [5]

$$\tau_{cp} = \tau_\phi = \frac{\tau_T}{K_p}.$$

Очевидно, что при построении моделей движения транспортных потоков с учетом поведения водителей по предложенному способу наиболее тру-

доемким является получение экспериментальных распределений вероятностей значений K_p [7,8]. Значение τ_T для (1) можно легко получить из геометрии перекрестка и траектории движения автомобилей при выполнении желаемого маневра из соотношения

$$l_{Tp} = \frac{j\tau_T^2}{2}.$$

где l_{Tp} - длина траектории движения при выполнении маневра. j - ускорение автомобиля в процессе выполнения маневра [8].

Величина τ_ϕ для (1) может быть определена путем обработки видеосъемки движения потоков на перекрестках [9].



Рис. 1. Стоп-кадр видеосъемки в момент начала движения автомобиля а с выездом на главную дорогу



Рис.2. Стоп-кадр видеосъемки в момент завершения маневра автомобилем а

Для пояснения методики обработки видеосъемки на рисунках 1, 2, 3 приведены стоп-кадры видеосъемки в момент начала движения автомобиля а (рис. 1) с выездом на главную дорогу и левым поворотом (Т-образный перекресток на УДС г. Харькова «ул. Свободы - ул. Пушкинская»), в момент завершения маневра автомобилем а (рис. 2) и в момент прибытия в точку завершения маневра автомобилем а автомобиля b, движущего по главной дороге (рис. 3).



Рис.3. Стоп-кадр видеосъемки в момент прибытия в точку завершения маневра автомобилем а автомобиля b

Смещение изображений осуществляется по-кадрово [10,9]. Если от положения рис. 1 до положения рис. 3 изображение сместилось на n кадров, а частота съемки – 24 кадра/сек, то

$$\tau_\phi = \frac{n}{24} (\text{сек})$$

Полученные из (1) с учетом (4) значения K_p сгруппированы по интервалам и построены гистограммы распределения вероятностей значений K_p для левоповоротного потока (рис.4).

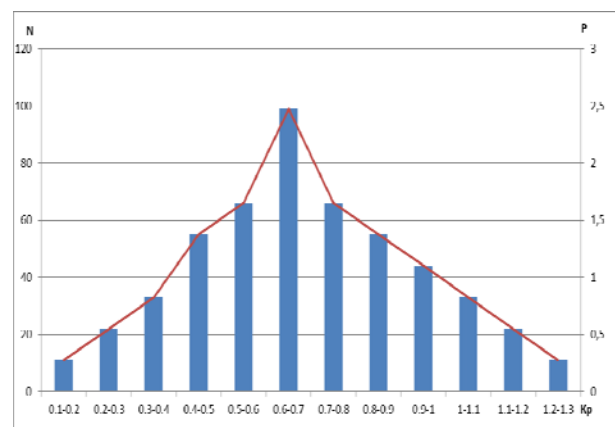


Рис.4. Гистограмма распределения вероятностей значений коэффициента решительности при левом повороте

По желанию разработчиков моделей движения транспортных потоков интервал K_p может быть уменьшен, например, до 0.05, 0.025 и т.д.

Аналогично по выше приведенной методике гистограммы вида рис.4 могут быть получены для других видов маневра: правый поворот, пересечение главной дороги, обгон и т.д.[11,12]. С помощью таких гистограмм значения K_p для каждого автомобиля в потоке могут быть заданы с помощью любого известного генератора случайных чисел[13,12,14]].

Вывод. Предложенный способ имитации поведения водителя в моделях транспортных потоков позволяет приблизить точность имитации к реальному разнообразию поведения водителей, а следовательно, повысить адекватность моделей.

Л и т е р а т у р а

1. Гасников А. В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков. М.: МФТИ, 2010. – С. 74 – 78.
2. Швецов В. И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика, 2003. Вып. № 11. – С. 102 – 122.
3. Гецович Е.М. Эмпирико-стохастический подход к моделированию транспортных потоков / Е.М. Гецович, В.Т. Лазурик, Н.А. Семченко, В.Ю. Король // Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях: тр. научн. - техн. конф. с междунар. участием Харьк. нац. ун-та имени В.Н. Каразина, 18 – 21 мая 2010 г. – Харьков, 2010. Ч.1. – С. 101 – 104.
4. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: // Учеб. для вузов. / – 5 – е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
5. Lighthill M. J., Whitham G. B. On kinematic waves: II. theory of traffic flow on long crowded roads / Proc. R. Soc. London, Ser. A.— Vol. 229.— 1955.—P.281–345.
6. Richards P.I. Shockwaves on the highway // Oper. Res.— 1956.— Vol.4.— P. 42–5
7. Analysis of lwr model with fundamental diagram subject to uncertainties : Rep. ; Executor: J. Li, Q.-Y. Chen, H. Wang, D. Ni : 2011.
8. Payne H. J. Frefo: A macroscopic simulation model for freeway traffic // Transportation Research Record.— 1979.— Vol. 722.— P. 68–77.
9. Payne H. J. Models of freeway traffic and control / Simulation Council Proc.— Vol. 1.— 1971.— P. 51–61.
10. Garavello M., Piccoli B. Traffic flow on a road network using the aw-rascole model // Comm. Partial Differential Equations.— 2006.— Vol. 31, no. 2.— P. 243–275.
11. Traffic simulation with artist / W. Krautter, T. Bleile, D. Manstetten, T. Schwab / ITSC'97.— IEEE Conference, 1997.— P. 472–477
12. Gipps P. G. A behavioural car-following model for computer simulation // Transportation Research II.— 1981.— Vol. 15B.— P. 105–111.
13. Barcelo, J. Microscopic traffic simulation: a tool for the design, analysis and evaluation of intelligent transport systems / J. Barcelo [et al.] // Journal of Intelligent and Robotic Systems. – 2005. – Т. 41, № 2–3. – P. 173–203.
14. Owen, L.E. Street and traffic simulation: traffic flow simulation using CORSIM / L.E. Owen [et al.] // Proceedings of the 32nd conference on Winter simulation. – Society for Computer Simulation International, 2000. – P. 1143–1147.

References

1. Gasnikov A. V. i dr. Vvedeniye v matematicheskoye modelirovaniye transportnykh potokov [Introduction to

the mathematical modeling of traffic flows]. M. : MFTI, Publ. 2010. pp. 74 – 78.

2. Shvetsov V. I. Matematicheskoye mod-elirovaniye transportnykh potokov [Mathematical modeling of traffic flows] // Avtomatika i telemekhanika, № 11. 2003. pp. 102 – 122.
3. Getsovich Ye.M. Empiriko-stokhasticheskiy podkhod k modelirovaniyu transportnykh potokov / Ye.M. Getsovich, V.T. Lazurik, N.A. Sem-chenko, V.YU. Korol' // Komp'yuter-noye modelirovaniye v naukoymkikh tekhnologiyakh [Empirical-stochastic approach to the modeling of traffic flows // Computer modeling in science intensive technologies]: mp. Scien. - Tehn. Conf. with int. participation of Kharkov. nat. University Karazin, 18 - 21 May 2010. Kharkov, 2010. Part 1. pp. 101 – 104.
4. Klinkovshteyn G. I., Afanas'yev M. B. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya: Ucheb. dlya vuzov [Traffic: Proc. for high schools]. - 5 th ed., Revised. and dop.- M: Transport, Publ. 2001. p. 248.
5. Lighthill M. J., Whitham G. B. On kinematic waves: II. theory of traffic flow on long crowded roads / Proc. R. Soc. London, Ser. A.— Vol. 229.— 1955.—P.281–345.
6. Richards P.I. Shockwaves on the highway // Oper. Res.— 1956.— Vol.4.— P. 42–5
7. Analysis of lwr model with fundamental diagram subject to uncertainties : Rep. ; Executor: J. Li, Q.-Y. Chen, H. Wang, D. Ni : 2011.
8. Payne H. J. Frefo: A macroscopic simulation model for freeway traffic // Transportation Research Record.— 1979.— Vol. 722.— P. 68–77.
9. Payne H. J. Models of freeway traffic and control / Simulation Council Proc.— Vol. 1.— 1971.— P. 51–61.
10. Garavello M., Piccoli B. Traffic flow on a road network using the aw-rascole model // Comm. Partial Differential Equations.— 2006.— Vol. 31, no. 2.— P. 243–275.
11. Traffic simulation with artist / W. Krautter, T. Bleile, D. Manstetten, T. Schwab / ITSC'97.— IEEE Conference, 1997.— P. 472–477
12. Gipps P. G. A behavioural car-following model for computer simulation // Transportation Research II.— 1981.— Vol. 15B.— P. 105–111
13. Barcelo, J. Microscopic traffic simulation: a tool for the design, analysis and evaluation of intelligent transport systems / J. Barcelo [et al.] // Journal of Intelligent and Robotic Systems. – 2005. – Т. 41, № 2–3. – P. 173–203.
14. Owen, L.E. Street and traffic simulation: traffic flow simulation using CORSIM / L.E. Owen [et al.] // Proceedings of the 32nd conference on Winter simulation. – Society for Computer Simulation International, 2000. – P. 1143–1147.

Гецович Є.М., Мустафєєв Г.К. Експериментальне дослідження поведінки водія на нерегульованих перехрестях у лівоповоротних потоках.

У статті запропоновано і досліджено метод моделювання поведінки водія на нерегульованих перехрестях у лівоповоротних потоках. Виконано аналіз і обробку відеозйомки руху потоків з виїздом на головну дорогу і лівим поворотом на Т-образному перехресті обраному на ВДМ міста Харків. Запропонований по суті удосконалений спосіб «граничних інтервалів» як «ковзаючих граничних інтервалів» для моделювання поведінки водія. Основною особливістю даного методу є те, що для кожного окремого взятого водія визначається свій граничний інтервал виходячи з присвоєного йому коефіцієнта рішучості.

Ключові слова: моделювання, транспортний потік, коефіцієнт рішучості водія, розподіл ймовірностей значень коефіцієнта рішучості.

Getsovich E., Mustafayev G. Experimental study of driver's behavior on non-regulated crossroads in left-wave flows.

The article proposes and researches a method for simulating driver behavior at unregulated intersections in left-handed flows. Analysis and processing of video recording of traffic flows with departure to the main road and a left turn at the T-junction selected at the UDS of the city of Kharkov are performed. An essentially improved method of "boundary intervals" is proposed as a "sliding boundary interval" for modeling the driver's behavior. The main feature of this method is that for each individual driver taken, its boundary interval is determined based on the decisiveness factor assigned to it.

The values obtained were aggregated over intervals and histograms of the probability distribution of values for the selected maneuver type were constructed. The proposed method will bring the modeling accuracy closer to the realities of life

Keywords: modeling, traffic flow, driver determination coefficient, probability distribution of values of the coefficient of determination.

Гецович Є.М. – д.т.н., професор, кафедри тракторів, сільськогосподарських машин та транспортних технологій Сумського національного аграрного університету.

Мустафасєв Г.К. – аспірант кафедри організації та безпеки дорожнього руху, Харківського національного автомобільно-дорожнього університету,
email: guseinmustafaev@gmail.com

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

Стаття подана 10.03.2018

УДК 656.078

ПРОБЛЕМИ ЛОГІСТИКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ В УКРАЇНІ

Головіна Ю.О., Чернецька-Білецька Н.Б.

PROBLEMS OF LOGISTICS AND WAYS OF THEIR SOLUTION IN UKRAINE

Golovina J., Chernetska-Biletska N.

У статті розглядаються проблеми в роботі логістичних систем, що виявляються на практиці під час впровадження їх в Україні. Зазначено, що логістика дозволяє здійснювати комплексний облік проблем, які існують на підприємстві. Розглядається поняття логістики, її основні операції та функції, процеси, контроль за їх виконанням та вплив на економіку України. Чітко пояснюється кожний елемент, що є складовою логістичної мережі. Також проводиться детальний аналіз зв'язку логістичних систем та підприємств України.

Ключові слова: логістика, логістичні мережі, менеджмент, аутсорсинг, логістичний оператор, страхування.

Вступ. В складних економічних умовах зростає необхідність уваги до логістики, як одного з засобів оптимізації торгівельних підприємств. Більш якісні знання логістичної теорії та ефективності її способів контролю закономірно приведуть у майбутньому до пріоритетному розвитку контрактних перевезень та спеціалізованої транспортно-логістичної діяльності. По цьому шляху вже рухаються високорозвинені країни світу.

Велику роль у зниженні собівартості перевезень відіграють якісна організація перевезень і комплексна механізація вантажно-розвантажувальних робіт. Ключове рішення цих питань дозволяє ефективно використовувати вантажопідйомність транспорту і мінімізувати їх простій при вантажно-розвантажувальних роботах. Максимальне зниження собівартості встановлюється застосуванням умов, які збільшують продуктивність транспорту і сприяють підвищенню коефіцієнта використання.

Логістика дозволяє здійснювати комплексний облік проблем, які існують на підприємстві. Цей облік ґрунтується на інтеграційному підході. Але для вирішення перерахованих проблем виникають або загострюються інші. Але все це може знадобитися в найближчому майбутньому, а проводити аналіз потрібно постійно. В Україні, при вирішенні безлічі економічних питань, використовують різні економічні важелі, що в свою чергу вимагає створення потужних транспортних логістичних підрозділів і лан-

цюжків. Як показала практика, має сенс створення незалежних логістичних центрів, які можуть успішно стати міжнародними, поступово впливаючись в всесвітню логістичну мережу. Для їх створення необхідна хороша законодавча база, що в умовах переходу України до ринкової моделі економіки досить важко організувати. Хоча у підприємств є можливість самостійно планувати основні шляхи та умови своєї роботи, вибирати форми управління, вести вид господарської діяльності, розпоряджатися трудовими, матеріальними, фінансовими та інформаційними ресурсами, вибирати собі партнерів.

Постановка проблеми. У зв'язку з нестабільністю економіки України виникають проблеми в логістиці. Їх рішенням необхідно займатися на всіх ділянках управління логістичними потоками, приділяючи особливу увагу самому підприємству як до механізму в єдину систему, так як саме на рівні підприємства видно проблеми всього логістичного ланцюга. Основною проблемою логістики в Україні є сфера постачання. У ній відбувається постійне підвищення закупівельних цін, з різних причин несвоєчасне виконання замовлень в виробничих підрозділах, складності з складським господарством, старіюче устаткування, великі запаси матеріалів і обладнання на складах. Крім цього, ця сфера пов'язана з транспортом, який займає в логістиці особливу роль. На багатьох підприємствах транспорту відсутні нові транспортні засоби, які відповідають міжнародним стандартам, в чому простежується відсталість інфраструктури транспортної мережі, дуже низька техніко-технологічна ступінь і рівень організації перевезень.

При цьому слід зазначити, що транспорт є одним з основних об'єктів витрат в логістичній системі підприємства. Однак, підприємство не може функціонувати без поставок сировини, готової продукції або матеріалів. Наслідками зупинок функціонування транспорту є прямі і непрямі збитки підприємств, і навіть їх повне банкрутство, через зупинку подачі сировини, необхідного для виробництва, що приз-

водить до затримок відвантаження готової продукції, відбувається її простій і псування.

Логістика складування в Україні характеризується низьким рівнем виробничо-технічної бази складського господарства, величезним недоліком якісного технологічного обладнання з обробки продукції, низьким рівнем механізації і автоматизації складських робіт.

У логістиці розподілу існують проблеми уповільнення пересування товарів від виробників товарів до їх споживачів, високий ступінь незадоволеності попиту, мала надійність і недостатність рівня якості обслуговування споживачів, немає продуманої стратегії розвитку систем розподілу і організованих товарних ринків.

Інформаційна логістика в певній мірі має свою важливість для оптимізації роботи підприємства, але ціна на цей вид послуг дуже велика, що не завжди доцільно.

При зіткненні думок слухачів і практиків, які намагаються поліпшити транспортну логістику на підприємствах, стають одні і ті ж проблеми, і вони стосуються:

- якості транспортного обслуговування;
- зношеності рухомого складу і труднощі, пов'язані з його оновленням;
- поганий інформаційної підтримки;
- зниження конкурентоспроможності українських перевізників в порівнянні з іноземними;
- складнощів складання транспортних маршрутів руху;
- недогруза транспорту за вантажопідйомністю або корисного внутрішнього об'єму кузова;
- страхування вантажів та транспортних засобів;
- складнощів організації перевезень за участю декількох видів транспорту;
- нестачі інформації про програмні продукти, що дозволяють автоматизувати, спростити та прискорити виконання операцій, які супроводжують перевізний процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вчені, що займаються питаннями: створення, вивчення, контролем роботи та отримання високих результатів роботи логістичних ланцюгів сходилися в одній думці, що з розвитком світового ринку зростає попит в логістичних операціях і процесах з впровадженням логістики. Використовуючи первинний сенс, вкладений в поняття «логістика» зарубіжними дослідниками, В. І. Сергєєв дає наступне визначення: «Фізичний розподіл - це комплексна логістична активність, яка є складовою частиною процесу дистрибуції і включає в себе всі логістичні операції, пов'язані з фізичним переміщенням і зберіганням готової продукції в товаропровідних структурах виробників і (або) логістичних посередників» [3]. Необхідно відзначити появу в розглянутий період перших логістичних організацій і співтовариств. Найстаршою організацією в світі є Національна асоціація проблем управління закупівлями (Заснована в

США в 1915 р.). Стало очевидним, що не можна більше нехтувати можливостями поліпшення фізичного розподілу, в першу чергу з позиції зниження витрат. Відомий американський письменник і консультант по менеджменту П. Друкер називав активності в дистрибуції «найбільш сумно нехтувати і найбільш подавала надії сферою американського бізнесу». Період з середини 1950-х по 1970-і рр. західні фахівці називають періодом становлення логістики. Він характеризувався інтенсивним розвитком теорії і практики логістики, перш за все знову в США, де були написані різні праці щодо становлення та розвитку логістики такими менеджерами як Stock R. і Lambert M. Douglas. Існує різне трактування терміна «логістика», в значенні логіки, використовувалася в роботах знаменитого німецького математика Г. Лейбніца (1646-1716), а нового змісту за терміном був закріплений пізніше на філософському конгресі в Женеві в 1904 р. Про проблеми і їх рішення в логістиці так само писав Ліндер Майкл Р і Фіронов Харольд Е.

Мета статті. Вивчити логістику, як нову галузь економіки з відносно новою і молодою концепцією людської діяльності. Позначити такі види діяльності, як обмін інформацією, транспортна доставка, управління запасами, складом, переробка вантажів і упаковка. З кожним роком логістика розглядається як взаємопов'язаний складний процес, що має напрямок на зниження загальних витрат. В умовах збільшення обсягів виробництва, які призвели до сильного збільшення витрат, підприємства зупиняються на пошуку можливостей зниження витрат в сферах обігу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для підприємства важливо правильно вибрати той вид транспортування, який дасть можливість швидко доставити вантаж та без пошкоджень. Однак, вибираючи конкретний вид транспорту, необхідно формувати не тільки те, що знизить витрати на транспортування і призведе до скорочення часу поставки, а й те, як вплине вибір виду транспорту на інші логістичні операції. В сучасних економічних умовах при транспортуванні підприємство повинно об'єднувати кілька замовлень в один для певних груп вантажів [1].

Створення графіка транспортування дає можливість підприємству своєчасно перемістити матеріальний потік. Це важливо особливо для високотехнологічних галузей, де життєвий цикл продукту є коротше його проектування, комплектації, виробництва і дистрибуції.

Для збільшення якості послуг, скорочення термінів виконання замовлень, збільшення гнучкості в складних випадках, налагодження з клієнтами довірчих відносин підприємства можуть вибрати власну транспортну систему. За умови додаткових витрат на утримання самостійного транспорту і раціональної організації завантаженості власних транспортних одиниць підприємство матиме нижчий рівень

витрат у порівнянні з витратами на послуги транспортних компаній [4].

При вирішенні проблем сфери складування, перш за все, необхідно здійснювати стратегію збереження запасів, звернути увагу на фізичне зберігання запасу і додаткові операції з ним. Необхідно чітко визначити ефективне співвідношення між витратами на заповнення складу та обробки запасів, місце розташування приміщень, провести розрахунки за визначенням територіальних розмірів зони зберігання і зони комплектації замовлень, визначити необхідний майданчик, облаштування складу і розміщення в ньому запасів.

На відміну від сфери складування, в сфері збуту необхідно будувати як горизонтальні, так і вертикальні канали збуту, так само налагоджувати взаємодію з оптовими посередниками і безпосередньо зі споживачами. Їх використання може бути інформаційна логістична система. Треба відзначити, що ця система повинна бути інтегрованою в усі сфери діяльності підприємства (маркетинг, менеджмент, виробництво, фінанси). Це потрібно для побудови ефективного управління діяльністю підприємства.

Безліч підприємств, діяльність яких пов'язана з транспортуванням, приймають рішення про передачу всіх або частини перевезень на аутсорсинг. Таке рішення дозволяє їм сконцентруватися на основній сфері діяльності, підвищуючи якість роботи і вдосконалюючи свою продукцію, що в результаті покращує якість перевезень, а в багатьох випадках - і знижує транспортні витрати.

Правда, не завжди зовнішні перевізники надають якісні послуги. Це відноситься, перш за все, до простих експедиторських або транспортних компаній, перші з яких не мають власного рухомого складу і працюють як посередники між замовником і перевізником, а другі - займаючись перевезенням вантажів власними транспортними засобами, практично не намагаються оптимізувати сам процес транспортування. Хоча це можна було б зробити за допомогою збору консолідованого вантажу від декількох відправників, складання оптимальних маршрутів руху, підключення більш ефективного виду транспорту на певному етапі маршруту [5]. Можна сказати, що зараз з'явилася тенденція до усунення з ринку «простих» операторів транспортного ринку і перехід на об'єднання експедиторських, транспортних та інших функцій транспортної логістики в одному підприємстві. Для таких інтегрованих підприємств часто використовують термін «логістичний оператор», що передає системний характер їх діяльності і чітку спрямованість на компроміс між транспортними (і супутніми) витратами і рівнем якості наданих послуг.

У зношеності рухомого складу слід зупинитися не тільки на проблемі визначення оптимального терміну служби транспортних засобів, зайнятих в перевезенні вантажів, а й на необхідності адекватного розрахунку їх амортизації. Методи нарахування амортизації досить різні, при цьому на даний мо-

мент кожне підприємство саме вирішує, яким з них користуватися. Практика підприємств, що мають на балансі власні транспортні засоби, свідчить про доцільність різних методів розрахунку амортизації транспортних засобів при використанні рухомого складу виробництва країн СНД і Європи, Японії, США [2]. Так, для вітчизняних марок рекомендується проводити розрахунок виходячи з 5-6 років служби автомобіля, тоді як для «іноземців» цей термін можна збільшити вдвічі.

Для визначення оптимального терміну заміни транспортного засобу, доречна одна з використовуваних в логістиці методика, яка враховує зростаючі з часом експлуатаційні витрати з одного боку і поступово знижується продуктивність, і залишкову вартість автомобіля - з іншого. Така методика дає можливість зрозуміти, на якому терміні служби автомобіль вигідніше продати за залишковою ринковою вартістю, ніж експлуатувати його з все більш зростаючими витратами, що включають амортизацію, вартість ремонтів тощо.

Неякісна інформаційна підтримка процесу перевезень призводить до уявної «інформативності» та «комп'ютеризації» сучасної логістики, потік інформації, що супроводжує процес транспортування, все ще далекий від досконалості [5]. Це стосується і зв'язку з керуючим транспортом, особливо при його перебуванні в іншій державі або на прикордонному переході, і моніторингу вантажу протягом перевезення, і контролю стану транспортного засобу, його місцезнаходження.

Трохи інакше ця проблема відчувається при внутрішніх, українських перевезеннях. Однак і тут бувають випадки втрати зв'язку з транспортом, що негативно позначається на координації процесу транспортування, особливо у випадках потреби в терміновій передачі або коригування інформації для водія. Всі ці фактори призводять до зниження конкурентоспроможності українських перевізників в порівнянні з зарубіжними [8].

Можлива зміна ситуації при поліпшенні транспортного законодавства, а також «відкриття» кордонів з країнами ЄС, що зробило б сферу перевезень в Україні досить привабливою, як для внутрішніх перевізників, так і для іноземних. Це призвело б до збільшення транспортних операторів, що в свою чергу знищило б монополію і стало б початком падіння тарифів [7]. Таким чином, в даний час при низькій заробітній платі водія і більш дорогому паливі, застарілою технікою і високими тарифами в порівнянні з зарубіжними компаніями, національні перевізники зазнають збитків на внутрішньому ринку.

У даній ситуації можна порекомендувати повернутися до методики розрахунку собівартості перевезень і відштовхуватися немає від ринкової ціни за 1 км, а від індивідуальної рентабельності. Тоді робота транспортного підприємства не тільки стане більш прозорою для клієнта [7].

Але виникає ще ряд питань в складності побудови маршрутів перевезення. Ще за часів Радянсь-

кого Союзу транспортники користувалися досить ефективними методами складання оптимальних маршрутів руху, причому як м'ягких, так і збірних. Це так звана транспортна задача - необхідність знаходження найкоротшої мережі, найкоротшого шляху між двома точками території, а також складання маршрутів. На жаль, з переходом на ринкові відносини з'явилася деяка хаотичність в проектуванні процесу перевезень, а згадані методи оптимізації транспортного процесу були просто забуті. При цьому все більша кількість компаній, які стикаються з проблемами побудови оптимальних маршрутів руху, готові вкладати чималі гроші в програмне забезпечення, здатне автоматизувати процес пошуку найбільш оптимального маршруту слідування. Використання «напівручного» методу визначення маршруту дозволяє не тільки отримати оптимальний результат, але і легко проаналізувати, до чого призведе його деяка зміна, якщо він з яких-небудь причин не влаштовує менеджера або замовника [12].

Вирішивши і це завдання перевізники стикаються з новою - недовантаження рухомого складу. Проблема недостатнього використання вантажопідйомності транспортного засобу безпосередньо пов'язана з частим небажанням або невмінням комплектувати відправку від різних вантажовідправників. Адже перевезення збірного вантажу приносить більший прибуток перевізнику, оскільки для кожного з власників частини такого вантажу вартість перевезення зменшується незначно в порівнянні з тим, якщо б його вантаж знаходився в автомобілі один. Безумовно, доставка збірного вантажу пов'язана з великою кількістю проблем, ніж відправка від одного відправника одному одержувачу, однак вона більш вигідна, причому як відправнику, так і перевізникові [3].

У наш час все більше вантажовідправників і вантажоодержувачів намагаються застрахувати свою перевезення. Причому, за словами практиків, страхування саме вантажу, а не транспортного засобу з вантажем, переважає. Так, в більшості випадків страхівка оформлюється як відсоток від вартості вантажу, і при настанні страхового випадку проводиться страхова виплата в тому обсязі, в якому завдано шкоди вантажу. Зазвичай вартість збитку відшкодовується не в повній мірі. У будь-якому випадку, страховик і страхувальник шукають найбільш прийнятне поєднання вартості страховки і величини страхових виплат, що обумовлюється в договорі страхування [5]. Страхування вантажу зменшує занепокоєння за процес транспортування, що зазвичай благотворно позначається на всіх її учасників. Що ж стосується страхування транспортних засобів, то воно застосовується рідше.

Так само виникають складності в організації взаємодії декількох видів транспорту. При існуванні будь-яких можливих шляхів сполучення в нашій країні автомобільний транспорт залишається найбільш використовуваним [12]. Це тим більше дивно,

якщо врахувати велику територію нашої країни, адже на відстанях 700-1500 км. залізничний транспорт стає набагато дешевшим ніж автомобільний. Можливо, превалювання автомобільних вантажних перевезень над усіма іншими пов'язано, перш за все, з мобільністю даного виду транспорту. Так, по-перше, автомобільним транспортним компаніям було простіше перебудуватися, а по-друге, цей вид транспорту успішно здійснює перевезення «від дверей до дверей», що в більшості випадків недоступно для інших. Що стосується тарифів на перевезення, тут для автомобільного конкурентами є залізничний і водний види транспорту. Однак складність відносин із залізницею і різні правила при здійсненні перевезень на різних видах транспорту призводять до відмови працювати з «неавтомобільними» видами транспорту, а тим більше їх поєднувати. Також важливим є той факт, що при взаємодії різного транспорту практично завжди підвищуються терміни перевезення. Це пов'язано з переваженнями з одного виду транспорту на інший, які зазвичай супроводжуються короткостроковим зберіганням вантажу. Так що невелике зниження сумарної вартості перевезення зазвичай комбінується зі збільшенням термінів доставки і підвищенням складності організації і контролю такого перевезення. При цьому можна додати, що комбіновані перевезення зазвичай набагато складніше прогнозувати за термінами. Тут проблеми інформаційного супроводу стоять набагато гостріше, ніж при перевезеннях автомобільним транспортом.

Існує брак інформації про програмні продукти в сфері транспортної логістики. Ринок програмного забезпечення зростає в геометричній прогресії [12]. Все нові й нові програми, що поліпшують самі себе, дозволяють спрощувати нам життя. Однак при цьому виникає й інша сторона медалі - дуже складно орієнтуватися в тій програмній масі, яка заповнює ринок. Всі вже звикли до того, що, не встигнувши поставити нову програму, ми вже бачимо реліз або демо-версію нової. Так що прагнення до постійного оновлення програмної бази є недоцільним кроком. Що стосується програмного забезпечення для транспортної логістики, то тут справи йдуть трохи інакше. На відміну від «складських» розробок, їх на ринку набагато менше, відгуки про них дуже різні, а нормальної, об'єктивної аналітики немає. При чималу вартість таких програм не дивно, що потенційні їх покупці губляться і поступово залишають ідею придбання. Так що необхідно розробляти поліпшені програмні пакети та інструкції для їх потенційних покупців. Тоді і споживачі будуть бачити різницю і зможуть зробити правильний вибір, і виробникам буде простіше знайти і позначити свою нішу на ринку програм по транспортній логістиці.

Логістика - унікальна область діяльності, оскільки її творять всюди в світі по 24 години на добу, по 7 днів на тиждень протягом 52 тижнів на рік. Лише деякі сфери ділових операцій можуть похвалитися тієї ж складністю внутрішніх взаємозв'язків і

такою широтою географічного охоплення, які характерні для логістики [10]. Сучасна логістика - явище парадоксальне. Те, що сьогодні називається логістикою, виникло із зародженням цивілізації. Однак найдосконаліших досягнень логістика досягла в набагато пізній період - в економічному середовищі, тобто в середовищі сучасного бізнесу. Вирішивши безліч проблем і завдань з логістикою в Україні, можна буде стверджувати, що Україна досить успішно вирішує проблеми створення міжнародних транспортних коридорів на основі програми «FROM - DOOR - TO - DOOR» [9].

Література

1. Бажин, І. І. Логістика [Текст]: Компакт підручник / І. І. Бажин. - Харків, 2003 р.
2. Бауерсокс Д. Дж., Клас Д. Дж. Логістика. Інтегрований ланцюг поставок [Текст] / Бауерсокс Д. Дж., Клас Д. Дж. - М.: Олімп-бізнес. - 2001.
3. Гаджинский А. М. Основы логистики [Текст]: Підр. допомога. М.: ІОЦ «Маркетинг», 2003.
4. Корпоративна логістика. 300 відповідей на питання професіоналів [Текст] / За заг. і наук. ред. проф. В. І. Сергєєва. М.: ИНФРА-М, 2004.
5. Макаренко М. В., Канке А. А. Закупівельна та розподільна логістика [Текст]: Учбова допомога. М.: ГУУ, 2003.
6. Stock R., Lambert M. Douglas. Стратегич Logistics Management McGraw-Hill, Irwin, 2001..
7. Окландер М. А. Маркетинг і логістика в підприємстві. Одеса, 1996 р.
8. Омельченко В. Я. Управління матеріальними потоками в мікроекономіці перехідного періоду [Текст]: Монографія / В. Я. Омельченко, А. П. Омельченко, В. Г. Кузнецов; Під загальною науковою редакцією доц. Омельченко В. Я. Севастополь: «Вебер», 2003.
9. APICS Dictionary, 8th Edition. American Production and Inventory Control Society, Inc. 1995.
10. Terminology in Logistics. Анексія Dictionary. European Logistics Association, 1994.
11. Ліндер Майкл Р., Фіронов Харольд Є. Управління поставанням і запасами. Логістика [Текст] / Пер. з англ. СПб.: Вікторія плюс, 2002.
12. Attachment: /120/452.htm [Електронний документ] - на зв. з екрану.

References

1. Bazhin, I. I. Logistika [Tekst]: Kompakt pidruchnik / I. I. Bazhin. - Harkiv, 2003 r.
2. Bauersoks D. Dzh., Klas D. Dzh. Logistika. Integrovanij lancjug postavok [Tekst] / Bauersoks D. Dzh., Klas D. Dzh. - M.: Olimp-biznes. - 2001.
3. Gadzhinskij A. M. Osnovi logistiki [Tekst]: Pidr. dopomoga. M.: IOC «Marketing», 2003.
4. Korporativna logistika. 300 vidpovidej na pitannja profesionaliv [Tekst] / Za zag. i nauk. red. prof. V. I. Sergeeva. M.: INFRA-M, 2004.
5. Makarenko M. V., Kanke A. A. Zakupivel'na ta rozpodil'na logistika [Tekst]: Uchbova dopomoga. M.: GUU, 2003.
6. Stock R., Lambert M. Douglas. Strategich Logistics Management McGraw-Hill, Irwin, 2001..

7. Oklander M. A. Marketing i logistika v pidpriemnic-tvi. Odesa, 1996 r.
8. Omel'chenko V. Ja. Upravlinnja material'nimi potokami v mikroekonomici perehidnogo periodu [Tekst]: Monografija / V. Ja. Omel'chenko, A. P. Omel'chenko, V. G. Kuznecov; Pid zagal'noju naukovuju redakciju doc. Omel'chenko V. Ja. Sevastopol': «Veber», 2003.
9. APICS Dictionary, 8th Edition. Amerikan Production and Inventory Control Society, Inc. 1995.
10. Terminology in Logistics. Aneksija Dictionary. European Logistics Association, 1994.
11. Linder Majkl R., Fironov Harol'd Є. Upravlinnja postachannjam i zapasami. Logistika [Tekst] / Per. z angl. SPb.: Viktorija pljus, 2002.
12. Attachment: /120/452.htm [Elektronnij dokument] - na-zv. z ekranu.

Головина Ю.А., Чернецкая-Белецкая Н.Б. Проблемы логистики и пути их решения в Украине.

В статье рассматриваются проблемы в работе логистических систем, которые выявляются на практике при внедрении их в Украине. Отмечено, что логистика позволяет осуществлять комплексный учет проблем, которые существуют на предприятии. Рассматривается понятие логистики, ее основные операции и функции, процессы, контроль за их выполнением и влияние на экономику Украины. Четко объясняется каждый элемент, который является составной частью логистической сети. Также проводится детальный анализ связи логистических систем и предприятий Украины.

Ключевые слова: логистика, логистические сети, менеджмент, аутсорсинг, логистический оператор, страхование.

Golovina J., Chernetska-Biletska N. Problems of logistics and ways of their solution in Ukraine.

The article deals with the problems in the work of logistics systems, which are revealed in practice when they are introduced in Ukraine. It is noted that logistics allows to carry out a comprehensive accounting of problems that exist in the enterprise. The concept of logistics, its basic operations and functions, processes, control over their implementation and influence on the economy of Ukraine is considered. Each element that is an integral part of the logistics network is clearly explained. Also, a detailed analysis of the relationship of logistics systems and enterprises of Ukraine.

In the article the questions connected with logistics of stocks, a warehouse economy, logistics of sale are separately considered. Particular attention is paid to ensuring the proper quality of logistics services, which allows for the effective implementation of the "FROM-DOOR-TO-DOOR" program.

Keywords: logistics, logistics networks, management, outsourcing, logistics operator, insurance.

Головіна Ю.О. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ЧНУ ім. В. Даля.

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

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

Стаття подана 20.03.2018

УДК 629.4.067.4

ВИКОРИСТАННЯ НОВОГО СПОСОБУ ПІДВЕДЕННЯ АБРАЗИВНОГО МАТЕРІАЛУ В КОНТАКТ «КОЛЕСО-РЕЙКА» ЯК МЕТОД ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ БОКСУВАННЯ ТА ЮЗУ ЛОКОМОТИВІВ

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

THE USE OF NEW METHOD OF ABRASIVE MATERIAL SUPPLY INTO WHEEL-RAIL CONTACT AS METHOD OF REDUCING THE RISK OF LOCOMOTIVES SLIPPING AND SKIDDING

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

У статті наведені результати проведених теоретичних і експериментальних досліджень нового способу підведення абразивного матеріалу в контакт «колесо-рейка» при різних забрудненнях контактуючих поверхонь. Для теоретичного дослідження розробленого способу була створена імітаційна математична модель руху абразивного матеріалу, що дозволяє встановити ступінь впливу технологічних і конструктивних параметрів способу подачі на динаміку розподілу часток по поверхні рейки протягом визначеного часу з урахуванням швидкості руху локомотива. Проведено серію розрахунків з метою підбору параметрів подачі абразивного матеріалу, що забезпечують необхідні режими взаємодії частинок з поверхнею рейки. Експериментальна перевірка ефективності запропонованого способу струминно-абразивного впливу на контакт «колесо-рейка» проводилась на оригінальній машині тертя. На основі отриманих експериментальних даних, за допомогою програми VDEUNU CONTACT, для досліджуваних фрикційних станів побудовані характеристики зчеплення.

Ключові слова: коефіцієнт зчеплення, імітаційна модель, струминно-абразивний вплив, абразивний матеріал, машина тертя.

Вступ. На даний час існує невирішена в достатній мірі проблема, пов'язана з виникненням боксування і юза колісних пар локомотивів. Боксування і юз виникають при перевищенні тягової або гальмівної сили, прикладеної до колеса з боку локомотива, над силою зчеплення колеса з рейкою і безпосередньо пов'язані з безпекою руху. Відповідно до цього, основним завданням при веденні локомотива є зниження можливості виникнення і розвитку процесу боксування або юза, шляхом реалізації стабільно-високої величини коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою при будь-яких погодних та кліматичних умовах.

Постановка проблеми. Аналіз досліджень методів підвищення та стабілізації фрикційної взаємо-

дії коліс локомотивів з рейками показує, що багато з них дають можливість значно підвищити коефіцієнт зчеплення, який реалізується локомотивом. Наприклад, позитивний ефект дозволяють отримати хімічні методи очищення поверхні рейок, електродугове, плазмове та лазерне очищення, введення в зону контакту колеса з рейкою частинок твердих речовин тощо. Однак застосування більшості цих методів призводить до істотних труднощів при експлуатації, викликає небажаний побічний ефект та є неекономічними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На стадії попереднього вивчення методів підвищення та стабілізації зчеплення коліс з рейками, проведено ретельний аналіз літературних, патентних джерел і звітів НДР, який дозволив визначити їх основні переваги та недоліки, розширити класифікацію існуючих методів та готових пристроїв.

Мета статті. Провести аналіз існуючих та перспективних методів покращення фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка», визначити з них найбільш ефективний та провести теоретичні й експериментальні дослідження щодо визначення та обґрунтування його ефективності.

Основний зміст. У роботі визначення найбільш ефективного методу підвищення та стабілізації зчеплення коліс з рейками в експлуатації виконувалось за допомогою методу експертних оцінок [1, 2]. Аналіз отриманих результатів експертного опитування показав, що найбільш ефективним методом підвищення коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою є вплив на їх поверхні двофазного струминно-абразивного потоку [3]. У цьому випадку абразивний матеріал (пісок) під дією стисненого повітря направлено подається на поверхню рейки, надаючи вплив на фрикційний стан контакту «колесо-рейка», який полягає у: видаленні поверхневих забруднень;

формуванні шорсткості поверхні, яка в залежності від режиму впливу може забезпечити значне підвищення коефіцієнта зчеплення; власне подачі піску в контакт колеса з рейкою.

Дослідження процесу руху абразивних частинок з сопла з урахуванням різних факторів, обумовлено високою складністю отримання та аналізу результатів при проведенні стендових і натурних експериментів. Для вирішення цієї задачі була розроблена імітаційна математична модель руху абразивного матеріалу, яка реалізована з використанням методу частинок (дискретно-елементний метод) та описує механізм впливу параметрів потоку частинок, їх траєкторію руху, сили, що діють на них, і координати місць взаємодії, що дозволяє визначити механічні, топографічні, фізичні параметри поверхонь після взаємодії та встановити ступінь впливу технологічних і конструктивних параметрів способу подачі на динаміку розподілу часток по поверхні рейки протягом визначеного часу з урахуванням швидкості руху локомотива. Моделювання досліджуваної системи виконується в середовищі Borland C++ Builder 6.0. Введення вхідних параметрів виконується у вікні інтерфейсу спеціально розробленої комп'ютерної програми (рис. 1) [4].



Рис. 1. Інтерфейс програми імітаційної моделі руху абразивних часток

В основі розробленої імітаційної моделі лежить метод частинок (дискретно-елементний), що передбачає обчислення положення і відповідних параметрів кожної частинки, яка моделюється в різні моменти часу, а також важливою особливістю даного методу є можливість врахувати вплив значної кількості різноманітних за природою факторів на досліджуваний процес [5]. Це дозволяє одержати детальну просторово-часову картину розподілу потоку частинок по поверхні рейки. Модель руху двофазного потоку описує рух частинок, враховуючи зіткнення частинок в потоці та їх відбиття від поверхні рейки або колеса. Розрахункова схема моделі руху частинки при виході з сопла представлена на рис. 2.

В результаті моделювання визначаються прискорення, швидкості та координати частинок. Використовуючи координати частинок, здійснюється перевірка взаємодії частинок з поверхнею рейки або колеса.

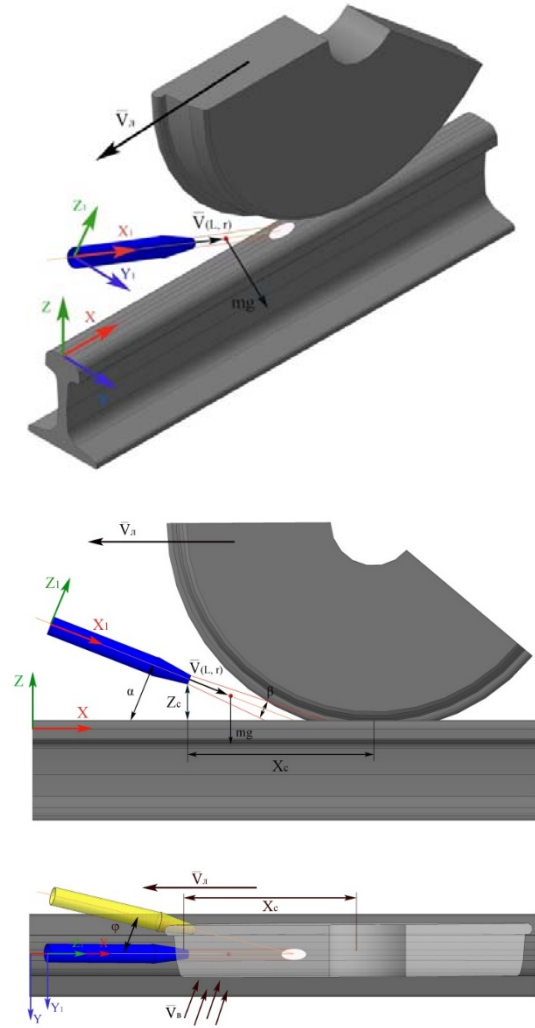


Рис. 2. Розрахункова схема моделі руху абразивних часток

Можливі кілька варіантів взаємодії:

- частинка рухається в напрямку поверхні рейки → не робиться жодних додаткових дій;
- частинка досягла поверхні → визначаються параметри взаємодії частинки з поверхнею (швидкість частинки в момент удару, кут атаки, координати точки поверхні, швидкість, з якою частка відбилася від поверхні). Інформація про взаємодію вноситься в блок статистики взаємодії частинок з поверхнею;
- частинка потрапила в зону контакту колеса з рейкою → інформація про це вноситься в блок статистики частинок, які потрапили в контакт, і частинка виключається з подальшого розгляду;
- частинка перетнула межі простору, в якому можливе зіткнення з поверхнею рейки чи колеса → частинка виключається з подальшого розгляду.

За допомогою розробленої програми проведено серію розрахунків з метою підбору параметрів подачі абразивного матеріалу, що забезпечують необхідні режими взаємодії частинок з поверхнею рейки. Експериментальна перевірка ефективності запропонованого способу струминно-абразивного впливу (САВ) на контакт «колесо-рейка» проводилась на

оригінальній машині тертя, створеній на кафедрі залізничного транспорту СХУ ім. В. Даля (рис. 3 і 4) [6].

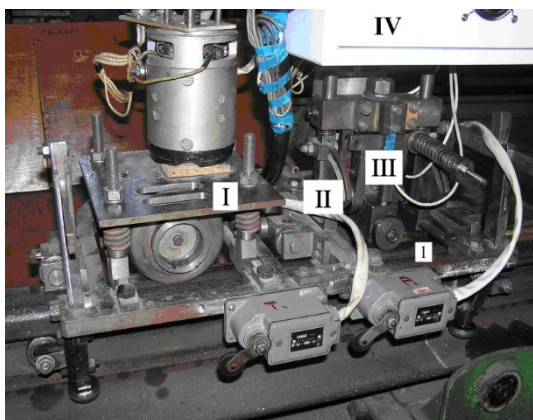


Рис. 3. Загальний вид Машини тертя

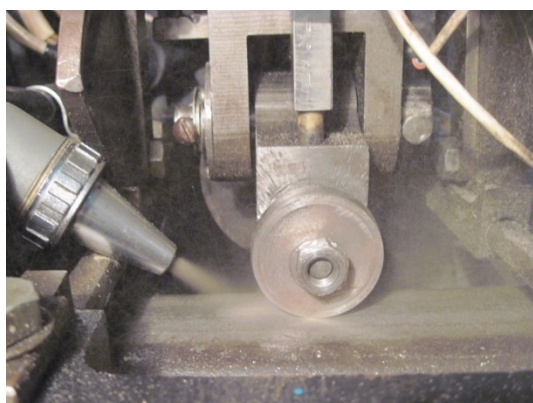


Рис. 4. Струминно-абразивний вплив на контакт робочих поверхонь

Функціонально машина тертя містить візок (рис. 3), з розміщеним на ньому розгінним пристроєм (I), орієнтуючим (II) і вимірювальними вузлами (III), а також мікропроцесорним вимірювальним блоком (IV).

При проведенні експериментів досліджувалися наступні фрикційні стани поверхні рейки: чиста і суха поверхня (рис. 5, а); волога поверхня (рис. 5, б); поверхня покрита дизельним паливом (рис. 5, в); поверхня покрита відпрацьованим маслом М8 (рис. 5, г) [7].

Методика проведення експериментів передбачала чотири серії поїздок з наступною послідовністю дій:

- рейка приводилася в один з перерахованих фрикційних станів, після чого здійснювалася серія вимірювальних поїздок на машині тертя;

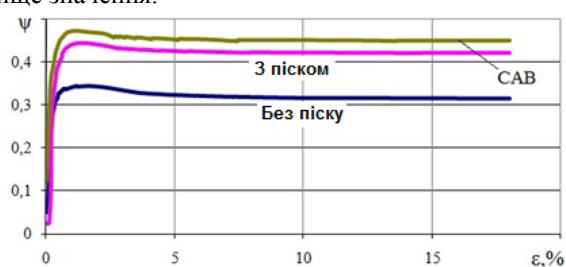
- на рейку наносився кварцовий пісок в кількості ($\approx 0,1 - 0,2 \text{ кг/м}^2$), що відповідає об'ємам нормативної подачі піску 1 кг/хв пісочної системою при швидкості руху локомотива 5 км/год і визначалися характеристики даного фрикційного стану;

- рейка піддавалася струминно-абразивному впливу (рис. 4) з використанням найбільш ефектив-

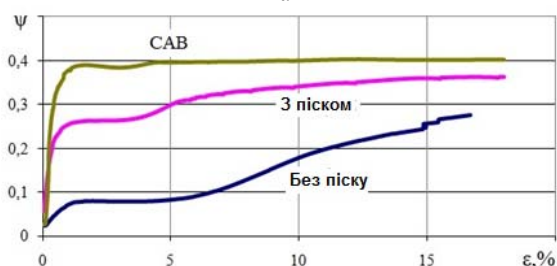
ного режиму, обраного з імітаційної моделі, і знову визначалися фрикційні характеристики.

Використовуючи результати, які отримані на машині тертя, за допомогою програми VDEUNU CONTACT для обраних фрикційних станів побудовані характеристики зчеплення. Всі розрахунки проводилися для випадку контакту нових, незношених коліс локомотива та рейок Р65 при центральному розташуванні колісної пари щодо рейкової колії.

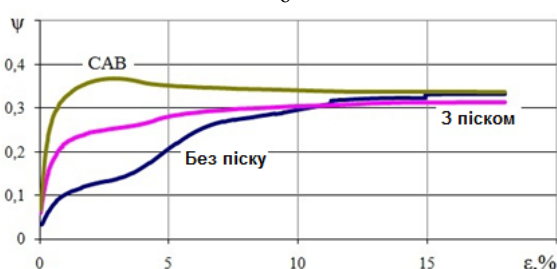
Вертикальне зусилля з боку колісної пари прийнято $P = 230 \text{ кН}$. Результати розрахунків представлені графіками на рис. 4. Як видно з цих графіків, максимальний ефект досягається при використанні струминно-абразивного впливу на поверхню колеса (рейки). При цьому коефіцієнт зчеплення має найвище значення.



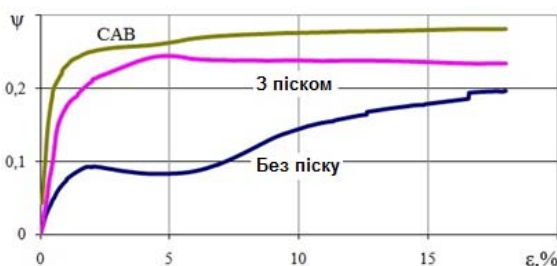
а



б



в



г

Рис. 5. Характеристики зчеплення при різних фрикційних станах

а – чисті, сухі поверхні; б – поверхні вологі;

в – поверхні покриті дизельним паливом;

г – поверхні покриті відпрацьованим маслом

Висновок. 1. Моделювання на розробленій імітаційній моделі руху абразивного матеріалу дозволяє спрогнозувати вплив параметрів струминно-абразивного двофазного потоку на розподіл абразивних частинок на досліджуваній поверхні рейки протягом певного часу, при зрушенні з місця та при русі. Результати моделювання дозволяють підібрати параметри системи САВ на формування поверхневого шару рейки і побудувати залежність продуктивності даної системи від швидкості руху локомотива.

2. З аналізу отриманих результатів проведених досліджень випливає наступне [8, 9, 10]:

– незалежно від вихідного фрикційного стану САВ забезпечує величину коефіцієнта зчеплення не нижче 0,25;

– використання САВ при всіх досліджених фрикційних станах виявляється ефективнішим, порівняно з стандартною системою подачі піску;

– застосування САВ в експлуатації дозволить за рахунок підвищення коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою зменшити вірогідність виникнення боксування і юзу локомотивів.

Література

- Ковтанець М.В. Применение экспертного оценивания для принятия технического решения [Электронный ресурс] / М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко, Н.Н. Горбунов, Г.А. Бойко, О.В. Просви́рова // Наукові вісті Дніпровського університету: зб. наук. праць. – 2012. – № 7. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012_7/Tehno/12kmpvtr.pdf. – Назва з екрану.
- Горбунов Н.И. Методология инновационного развития железнодорожного транспорта / Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, Р.Ю. Дёмин // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2014. – № 3 (210). – С. 22-28.
- Патент на винахід №94498 кл. B61C 15/10 Спосіб підвищення зчеплення в зоні контакту колеса з рейкою / Голубенко О.Л., Горбунов М.І., Кашура О.Л., Костюкевич О.І., Кравченко К.О., Попов С.В., Ковтанець М.В., Крисанов М.А.; заявник і власник СХУ ім. В.Даля. – а200908738; заявл. 20.08.2009; опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9. – 3 с.
- Свідчення 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» / М.М. Горбунов, М.В. Ковтанець, К.О. Кравченко, О.В. Просвірова.
- Gorbunov N. Simulation model of abrasive material motion / Nicholay Gorbunov, Maksim Kovtanets, Rostislav Demin // TEKA. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. – 2014. – Vol. 14, No.1. – P. 60-72.
- Патент на корисну модель №65999, кл. G01N 3/40 Машина тертя для вивчення фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» / Костюкевич О.І., Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Черніков В.Д., Цигановський І.О.; заявник і власник СХУ ім. В.Даля. – u201105040; заявл. 20.04.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24. – 4 с.
- Костюкевич А.И. Экспериментальная проверка эффективности струйно-абразивного воздействия на рельсы для улучшения фрикционных свойств контакта «колесо-рельс» / А.И. Костюкевич, Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2013. – Ч.1, № 18 (207). – С. 33-37.
- Ковтанец М.В. Улучшение сцепных характеристик локомотива струйно-абразивным воздействием на зону контакта движущего колеса с рельсом: дис. – канд. техн. наук: 05.22.07 / М.В. Ковтанец; ВНУ им. В. Даля. – Северодонецк, 2015. – 206 с.
- Gorbunov M. Research to improve traction and dynamic quality of locomotives / Mykola Gorbunov, Vaclav Pistek, Maksym Kovtanets, Olena Nozhenko, Sergii Kara, Pavel Kučera // JVE International LTD. Vibroengineering Procedia. – 2017. – Vol. 13, ISSN 2345-0533. – P. 159-164.
- Gerlici J. Slipping and skidding occurrence probability decreasing by means of the friction controlling in the wheel-braking pad and wheel-rail contacts / J. Gerlici, M. Gorgunov, K. Kravchenko, R. Domin, M. Kovtanets, T. Lack // «Manufacturing Technology». April 2017, Vol. 17, No 2. – p. 179-186.

References

- Kovtanec M.V. Primenenie jekspertnogo ocenivaniya dlja prinjatija tehničeskogo reshenija [Elektronnij re-surs] / M.V. Kovtanec, E.A. Kravchenko, N.N. Gorbunov, G.A. Bojko, O.V. Prosvirova // Naukovi visti Dalivs'kogo universitetu: zb. nauk. prac'. – 2012. – № 7. – Rezhim dostupu: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012_7/Tehno/12kmpvtr.pdf. – Nazva z ekranu.
- Gorbunov N.I. Metodologija innovacionnogo razvitija zheleznodorožnogo transporta / N.I. Gorbunov, M.V. Kovtanec, R.Ju. Djomin // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2014. – № 3 (210). – S. 22-28.
- Patent na vinahid №94498 kl. B61C 15/10 Sposib pidvishhennja zcheplennja v zoni kontaktu kola z rejkoju / Golubenko O.L., Gorbunov M.I., Kashura O.L., Kostjukevich O.I., Kravchenko K.O., Popov S.V., Kovtanec M.V., Krisanov M.A.; zajavnik i vlasnik SNU im. V.Dalja. – a200908738; zajavl. 20.08.2009; opubl. 10.05.2011, Bjul. № 9. – 3 s.
- Svidoctvo pro reestraciju avtorskogo prava na tvir № 45058 vid 06.08.2012. Komp'juterna programa «Priijnattja rishen u zadachah zalizničnogo transportu z vikoristannjam metodu ekspertnih ocinok» / M.M. Gorbunov, M.V. Kovtanec, K.O. Kravchenko, O.V. Prosvirova.
- Gorbunov N. Simulation model of abrasive material motion / Nicholay Gorbunov, Maksim Kovtanets, Rostislav Demin // TEKA. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. – 2014. – Vol. 14, No.1. – P. 60-72.
- Patent na korisnu model №65999, kl. G01N 3/40 Mashina tertja dlja vivchennja frikciijnih vlastivostej kontaktu «koleso-rejka» / Kostjukevich O.I., Gorbunov M.I., Kovtanec M.V., Nozhenko V.S., Chernikov V.D., Ciganovskij I.O.; zajavnik i vlasnik SNU im. V.Dalja. – u201105040; zajavl. 20.04.2011; opubl. 26.12.2011, Bjul. № 24. – 4 s.
- Kostjukevich A.I. Jekspertimálnaja proverka jeffektivnosti strujno-abrazivnogo vozdejstvija na relsy dlja uluchshenija frikcionnyh svojstv kontakta «koleso-rels» / A.I. Kostjukevich, N.I. Gorbunov, M.V. Kovtanec // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2013. – Ch.1, № 18 (207). – S. 33-37.
- Kovtanec M.V. Uluchshenie scepnyh harakteristik lokomotiva strujno-abrazivnym vozdejstviem na zonu

kontakta dvizhushhego koleasa s relsom: dis. - kand. tehn. nauk: 05.22.07 / M.V. Kovtanec; VNU im. V. Dalja. – Severodoneck, 2015. – 206 s.

9. Gorbunov M. Research to improve traction and dynamic quality of locomotives / Mykola Gorbunov, Vaclav Pistek, Maksym Kovtanets, Olena Nozhenko, Sergii Kara, Pavel Kučera // JVE International LTD. Vibroengineering Procedia. – 2017. – Vol. 13, ISSN 2345-0533. – P. 159-164.
10. Gerlici J. Slipping and skidding occurrence probability decreasing by means of the friction controlling in the wheel-braking pad and wheel-rail contacts / J. Gerlici, M. Gorgunov, K. Kravchenko, R. Domin, M. Kovtanets, T. Lack // «Manufacturing Technology». April 2017, Vol. 17, No 2. – p. 179-186.

Горбунов Н.И., Ковтанец М.В., Кравченко К.А., Просвірова О.В. Использование нового способа подведения абразивного материала в контакт «колесо-рельс» как метод снижения риска боксования и юза локомотивов.

В статье приведены результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований нового способа подвода абразивного материала в контакт «колесо-рельс» при разных загрязнениях контактирующих поверхностей. Для теоретического исследования разработанного способа была создана имитационная математическая модель движения абразивного материала, что позволяет установить степень влияния технологических и конструктивных параметров способа подачи на динамику распределения частиц по поверхности рельса в течение определенного времени с учетом скорости движения локомотива. Проведена серия расчетов с целью подбора параметров подачи абразивного материала, которые обеспечивают необходимые режимы взаимодействия частиц с поверхностью рельса. Экспериментальная проверка эффективности предложенного способа струйно-абразивного воздействия на контакт «колесо-рельс» проводилась на оригинальной машине трения. На основе полученных экспериментальных данных, с помощью программы VDEUNU CONTACT, для исследуемых фрикционных состояний построены характеристики сцепления.

Ключевые слова: коэффициент сцепления, имитационная модель, струйно-абразивное воздействие, абразивный материал, машина трения.

Gorbunov N., Kovtanets M., Kravchenko K., Prosvirova O. The use of new method of abrasive material supply into wheel-rail contact as method of reducing the risk of locomotives slipping and skidding.

The article presents the results of theoretical and experimental studies of new method of supplying abrasive material to a wheel-rail contact for various contaminations of contacting surfaces. For a theoretical study of the developed method, an imitative mathematical model of the movement of abrasive material was created, that makes possible to determine the degree of influence of the technological and design parameters of the supplying method on the dynamics of particle distribution over the surface of the rail for a certain time, taking into account the locomotive speed. A series of calculations was carried out to determine the parameters for supplying the abrasive material, that provides the needed modes of the particles interaction with the rail surface. The experimental verification of the effectiveness of the proposed method of jet-abrasive action on the wheel-rail contact was carried out on the original friction machine. On the basis of the experimental data, using the VDEUNU CONTACT program, adhesion characteristics for the studied frictional states are constructed.

Keywords: adhesion coefficient, imitation model, jet-abrasive impact, abrasive material, friction machine.

Горбунов М.І. – д.т.н., проф., завідувач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Ковтанець М.В. – к.т.н., доц. кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Кравченко К.О. – к.т.н., доц. кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Просвірова О.В. – старший викладач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин ЧНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

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

Стаття подана 16.03.2018

УДК 629.4

ОЦІНКИ РИЗИКІВ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Горбунов М.І., Просвірова О.В., Ноженко В.С.

ESTIMATES OF THE INVESTMENT PROJECT RISKS FOR THE IMPLEMENTATION OF NEW TECHNICAL SOLUTIONS FOR RAILWAY TRANSPORT

Gorbunov M., Prosvirova O., Nozhenko V.

У статті запропоновано необхідний інструментарій підтримки прийняття рішень, що включає оцінку рівня ризиків та економічної безпеки, яка здійснюється за допомогою експертних оцінок, що дозволяє підвищити ймовірність прийняття правильного управлінського рішення для підвищення ефективності прийняття рішень про впровадження інноваційних проектів на залізничному транспорті. Проведена оцінка техніко-економічної ефективності інноваційних методів підвищення ефективності гальмівної системи залізничного транспортного засобу керуванням охолодженням фрикційних поверхонь адаптивною подачею повітря.

Ключові слова: інноваційні технічні рішення, оцінка ризиків, метод Монте-Карло, залізничний транспорт, економічна ефективність.

Вступ. Інвестиції – основний метод розширеного відтворення основного капіталу. Одним з перспективних методів інвестицій в передових країнах світу є інноваційні інвестиції. Вивчення стану інноваційної діяльності залізничної промисловості України свідчить про те, що її рівень залишається низьким, а саме, частка підприємств, які здійснювали інновації, становить близько 11% – 12%. За даними Державного комітету статистики України основною причиною, яка стримує інноваційну діяльність в промисловості, була і залишається проблема ризику впровадження нових технічних рішень.

Постановка проблеми. Для підвищення ефективності прийняття рішень про впровадження інноваційних проектів на машинобудівному підприємстві, необхідний інструментарій підтримки прийняття рішень, що включає оцінку рівня ризиків та економічної безпеки, яка здійснюється за допомогою експертних оцінок, що дозволяє підвищити ймовірність прийняття правильного управлінського рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення зарубіжного досвіду показало, що інвестиції в інноваційну діяльність підприємств є в середньому

високоокупні (вигідними, виправданими), незважаючи на значний ризик здійснення таких інвестицій і тривалий період їх окупності. Причому інвестиції в наукові розробки приносять ефект не тільки окремому підприємству, що їх здійснює, але і суспільству в цілому [1].

Оцінюючи ефективність інвестицій в інноваційну діяльність підприємств, існує ризик, що при виборі окремих інновацій для таких досліджень необхідно розглядати ті, які забезпечили високу віддачу на вкладені інвестиції.

Основним критерієм оцінки ризику в залізничному транспорті є безпека руху під час перевезення вантажопасажирських складів. Рівень безпеки прийнято характеризувати ймовірністю реалізації тих чи інших небезпек і загроз, явищ і процесів, що виникають і супроводжуються формуванням негативного впливу на людину і навколишнє середовище, тобто математичним очікуванням найбільш важливих видів збитку [2, 3].

Мета статті. Оцінка техніко-економічної ефективності інноваційних методів підвищення ефективності гальмівної системи залізничного транспортного засобу керуванням охолодженням фрикційних поверхонь адаптивною подачею повітря.

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

Процес оцінки ризику включає в себе:

- опис системи, ідентифікація небезпек і розробка можливих сценаріїв нещасних випадків і наслідків тих чи інших подій, пов'язаних з перевізним процесом;
- оцінку впливу або наслідків впливу подібних подій на людей, матеріальні цінності та на навколишнє середовище;

- обчислення ймовірності подібного несприятливого результату на практиці і його наслідків, в залежності від різних експлуатаційних та організаційних заходів забезпечення безпеки;

- кількісний опис рівнів ризику за межами об'єкта з точки зору наслідків і ймовірності;

- оцінку рівнів ризику шляхом їх порівняння з певними кількісними критеріями.

Одним із методів, який дозволяє кількісно оцінити ризики впровадження, а саме – моделювати випадкові величини з метою обчислення характеристик їх розподілів, є метод Монте-Карло [4, 5, 6]. Моделювання за методом Монте-Карло дозволяє побудувати математичну модель для процесу з невизначеними значеннями параметрів, знаючи ймовірнісні розподіли параметрів процесу, а також зв'язок між змінами параметрів (кореляцію), отримати розподіл прибутковості проекту.

У загальному випадку методом Монте-Карло називають чисельний метод рішення математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин.

Схема використання методу Монте-Карло в кількісному аналізі ризиків така: будується математична модель результуючого показника як функції від змінних і параметрів. Змінними вважаються випадкові складові проекту, параметрами – ті складові проекту, значення яких передбачаються детермінованими. Математична модель перераховується при кожному новому імітаційному експерименті, протягом якого значення основних невизначених змінних вибираються випадковим чином на основі генерування випадкових чисел. Результати всіх імітаційних експериментів об'єднуються у вибірку і аналізуються за допомогою статистичних методів з метою отримання розподілу ймовірностей результуючого показника і розрахунку основних вимірників ризику проекту.

Застосування методу Монте-Карло в розрахунках проектів по впровадженню нових технічних рішень вимагає створення спеціального програмного забезпечення.

Розробка комп'ютерного забезпечення потрібна з наступних причин:

- 1) здійснюється багаторазове повторення імітаційних експериментів (більше 100 повторень);

- 2) використовувані моделі складні (велика кількість змінних, облік функцій розподілу, умов кореляції і т.д.);

- 3) обробка результатів імітації значно спрощується;

- 4) полегшується демонстрація методу.

Процес ризик-аналізу за методом Монте-Карло може бути розбитий на три етапи: математична модель, здійснення імітації, аналіз результатів.

1. Перша стадія в процесі аналізу ризику – це створення прогнозу моделі. Така модель визначає математичні відносини між числовими змінними, які відносяться до прогнозу обраного фінансового показника.

Вихідні дані здійснюваного прогнозу отримання економічної вигоди і витрат заносяться в таблицю. Їх максимальні та мінімальні значення вибираються з літературних джерел, в яких досліджено кожне із запропонованих до впровадження технічне рішення [7, 8].

В якості базової моделі для аналізу інвестиційного ризику зазвичай використовується модель розрахунку показника NPV (чистий дисконтований дохід). NPV проекту буде позитивним, а сам проект – ефективний, якщо розрахунки показують, що проект покриває свої внутрішні витрати, а також – приносить власникам капіталу дохід не нижче, ніж вони задали.

2. Друга стадія полягає в імітації прогнозованої моделі. Генерується досить великий обсяг випадкових сценаріїв, кожен з яких відповідає визначеним значенням грошових потоків. Генеровані сценарії збираються разом, і проводиться їх статистична обробка для встановлення частки сценаріїв, які відповідають від'ємному значенню NPV. Ставлення таких сценаріїв до загальної кількості сценаріїв дає оцінку ризику інвестицій.

Розподіл ймовірностей змінних моделей диктує можливість вибору величин з певних діапазонів. Розподіл є математичним інструментом, за допомогою якого надається вага всім можливим результатам. Цим контролюється випадковий вибір значень для кожної змінної в ході моделювання. При аналізі ризиків використовується інформація, що міститься в розподілі ймовірності з множинними значеннями.

Остаточною стадією аналізу ризиків є обробка та інтерпретація результатів, отриманих на стадії прогонів моделі. Кожний прогін представляє ймовірність події, рівну:

$$p = 100 / n,$$

де p – ймовірність одиничного прогнозу, %; n – розмір вибірки.

В якості запобіжного ризику в інвестиційному проектуванні доцільно використовувати безпеку модельованого проекту, виражену у відсотках.

Авторами розроблена комп'ютерна програма оцінки ризиків та економічної безпеки впровадження інноваційних проектів, яка визначає беззбитковість, ефект та витрати інноваційного проекту по впровадженню нових технічних рішень на залізничному транспорті за відомими границями значень факторів ефекту та витрат, із застосуванням описаного вище метода Монте-Карло, тобто шляхом отримання великого числа реалізацій стохастичного процесу, який формується таким чином, щоб його ймовірнісні характеристики співпадали з аналогічними величинами розв'язуваної задачі.

В першому вікні програми необхідно ввести мінімальні та максимальні значення факторів ефекту та витрат, які враховуються у розрахунках (рис. 1). Також для факторів витрат зазначається ціна.

Фактор	Ед. изм.	Мин.	Макс.	Ср.
Энергосбережение (сырья)	грн.	600	1 500	
Ресурсосбережение	грн.	0	500	
Экономия трудозатрат	грн.	-60	160	
Экологосбережение	грн.	700	1 400	

Фактор	Ед. изм.	Мин.	Макс.	Цена
Интеллектуальные затраты	чел./час	25	40	40
Материальные затраты	грн.	200	500	1
Трудовые затраты	чел./час	8	16	20
Сервисное обслуживание	чел./час	2	10	20

Рис. 1. Вікно вводу вхідних параметрів

В наступному вікні наводяться результати моделювання стохастичного процесу (рис. 2). Використовуваний для імітаційного моделювання закон розподілу ймовірностей – обернений нормальний. В таблицях наведено дані щодо ймовірностей відповідного значення ефекту або витрат, ймовірність беззбитковості проекту.

Эффект	Итого	%
1200 - 1300	0.0	0.0
1300 - 1400	0.0	0.0
1400 - 1500	10.0	0.1
1500 - 1600	8.0	0.08
1600 - 1700	10.0	0.1
1700 - 1800	41.0	0.41

Затраты	Итого	%
1400 - 1500	6.0	0.06
1500 - 1600	22.0	0.22
1600 - 1700	46.0	0.46
1700 - 1800	94.0	0.94
1800 - 1900	133.0	1.33
1900 - 2000	193.0	1.93

Безубыточность	Итого	%
Да	790	79
Нет	210	21

Рис. 2. Вікно результатів моделювання

За всіма таблицями будуються стовбчасті діаграми (рис. 3, 4).

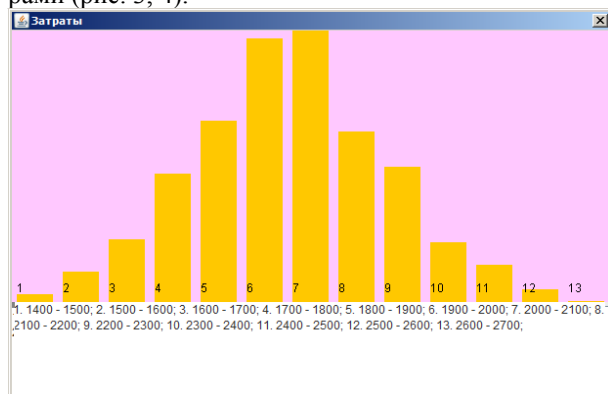


Рис. 3. Діаграма витрат

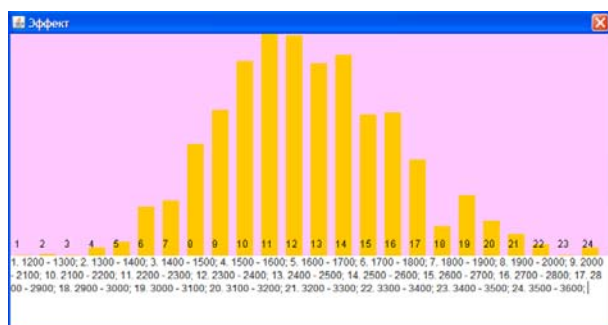


Рис. 4. Діаграма ефекту

Метод імітаційного моделювання Монте-Карло є розвитком сценарного підходу до аналізу ризиків і одночасно може бути віднесений до групи теоретико-ймовірнісних методів аналізу ризику. На основі статистичних даних та експертних оцінок аналітиками підбираються закони розподілу деяких з складових проекту, а на підставі повторюваних імітаційних експериментів із заданим рівнем точності можна підібрати закон розподілу результуючого параметра і обчислити його основні характеристики: математичне сподівання, дисперсію, середнє квадратичне відхилення.

Імітаційне моделювання складається з трьох етапів: побудова математичної моделі, здійснення імітації, аналіз результатів.

На етапі побудови математичної моделі вибираються ризик-змінні (випадкові складові грошових потоків проекту) на основі рейтингу еластичностей та оцінки прогнозованості змінної, за наявними статистичними даними та експертної інформації для кожної ризик-змінної підбирається закон розподілу, враховуються умови ймовірнісної залежності змінних.

Імітація здійснюється з використанням спеціально розробленої комп'ютерної програми [9, 10], яка містить також розрахунки показників ефективності досліджуваного проекту.

Комплексний підхід до оцінки ризику, реалізований при застосуванні методу Монте-Карло, полягає в тому, що аналітик отримує різні показники: розподіл ймовірностей результуючої проектної змінної; оцінки середнього значення, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнта варіації результуючого показника; будь-які інші спеціальним чином сконструйовані вимірники ризику (коефіцієнт очікуваних втрат, ймовірність реалізації неефективного проекту).

Важливими вимірниками інтегральної ризикованості проекту є індекс очікуваних втрат і ймовірність реалізації неефективного проекту. На рис. 5 представлені результати оцінки ризику впровадження інноваційних методів підвищення ефективності гальмівної системи залізничного транспортного засобу.

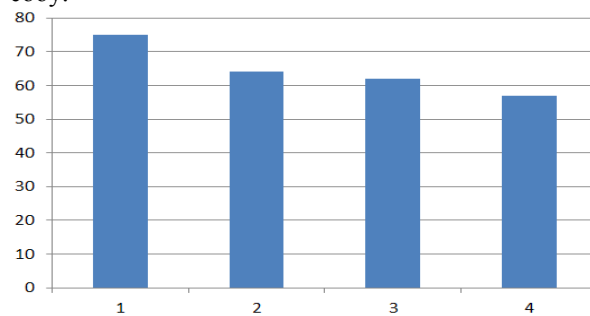


Рис. 5. Оцінка ризику впровадження інноваційних методів: 1 – охолодження гальмового фрикційного контакту подачею стисненого повітря, 2 – використанням вихрового ефекту, 3 – використанням тепловідвідної вставки, 4 – використанням адаптивної системи охолодження

Висновок. У статті запропоновано необхідний інструментарій підтримки прийняття рішень, що включає оцінку рівня ризиків та економічної безпеки, яка здійснюється за допомогою експертних оцінок, що дозволяє підвищити ймовірність прийняття правильного управлінського рішення для підвищення ефективності прийняття рішень про впровадження інноваційних проектів на залізничному транспорті. Доведено техніко-економічну ефективність інноваційних методів підвищення ефективності гальмівної системи залізничного транспортного засобу керуванням охолодженням фрикційних поверхонь адаптивною подачею повітря.

Література

1. Бузько І.Р., Вартанова О.В., Голубенко Г.О. Стратегічне управління інвестиціями та інноваційна діяльність підприємства. Монографія. – Луганськ, 2002. – 176с.
2. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. – 2-е изд. —М.: ООО «ПолиМЕдиа», 2002. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. – 2-е изд. —М.: ООО «ПолиМЕдиа», 2002. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогноз будущего. — М.: Едиториал УРСС, 2003.
3. Bickel J.E. The Relationship between Perfect and Imperfect information in a Two-Action Risk-Sensitive Problem. *Decision Analysis*5(3): 116-128(2008)
4. Энергетическое обследование: справочное издание. / Я.М. Щелоков, Н.И. Данилов, Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 243 с.
5. Колтынюк Б.А. Инвестиции. Учебник. - СПб.: Изд-во Михайлова В.А. 2003. - 848 с.Копылова Е.В., Куликова Е.Б. Сервис на транспорте (железнодорожном): Учебное пособие. – М.: МИИТ, 2009 – 216 с.
6. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло. – М.: Наука, 2003
7. Горбунов М.И., Просви́рова О.В., Кравченко К.О., Ковтанець М.В. Перспективні напрями досліджень з удосконалення залізничного гальмівного обладнання / Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: – Северодонецьк. СХУ ім. В. Даля, 2016– № 1 (225) 2016 – С. 44 – 49.
8. Nickolay Gorbunov, Olga Prosvirova, Ekaterina Kravchenko. Analysis of railway vehicle braking and assessment of technical solutions efficiency using risk-based methods for technical systems. // TECA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Poland 2014, Lublin – Lugansk. Vol. 14, No. 1, p. 73 - 85.
9. Свідчення 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» / М.М. Горбунов, М.В. Ковтанець, К.О. Кравченко, О.В. Просвірова.
10. Чмельов В.В., Рамазанов С.К. Просвірова О.В., Ноженко В.С. Горбунов М.М. Комп'ютерна програма «Програма оцінки ризиків та економічної безпеки впровадження інноваційних проектів» Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 54146 від 19.03.2014

References

1. Buzko I.R., Vartanova O.V., Golubenko G.O. Strategic management of investment and innovative activity of the enterprise. Monograph. - Lugansk, 2002. - 176s.
2. Elohin AN Risk Analysis and Management: Theory and Practice. - 2nd ed. -M.: Polymedia Ltd., 2002. Elohin A.N. Risk Analysis and Management: Theory and Practice. - 2nd ed. -M.: PolyMEDia Ltd., 2002. Kapitza SP, Kurdyumov SP, Malinetsky G.G. Blue-racket and forecast of the future. - M.: Editorial URSS, 2003.
3. Bickel J.E. The link between perfect and imperfect information in a two-way risk issue. *Decision analysis*5 (3): 116-128 (2008)
4. Energy survey: reference book. / Ya.M. Shchelokov, N.I. Danilov, Yekaterinburg: UFU, 2011. - 243 p.
5. Koltynuk B.A. Investments Textbook - St. Petersburg: Publishing house Mikhailova VA 2003. - 848 s.Kopilova E.V., Kulikova E. B. Service on transport (railway): Textbook. - M.: MIIT, 2009 - 216 pp.
6. Sobol I. M. Numerical methods of Monte Carlo. - M.: Science, 2003
7. Gorbunov MI, Prosvirova O.V., Kravchenko K.O., Kovtance MV Perspective directions of research on uninstillation of railway brake equipment / Vysnyk of East-Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl: - Severodonetsk. SNU them V. Dahl, 2016- № 1 (225) 2016 - P. 44 - 49.
8. Nikolai Gorbunov, Olga Prosvirova, Ekaterina Kravchenko. Analysis of the braking of railway vehicles and assessment of the effectiveness of technical solutions using risk-based methods for technical systems. // TEAC Commission on Motorization and Energy in Agriculture Poland 2014, Lublin - Lugansk. Volume 14, No. 1, p. 73 - 85.
9. Certificate of restoration of copyright for the product number 45058 dated 06.08.2012. Computer program "Acceptance of solutions for the task of transport of vehicles with the use of the expert estimation method" / MM Gorbu-nov, MV Kovtanets, KO Kravchenko, O.V. Prosviri-va.
10. Chmelov V.V., Ramazanov S.K. Prosvirova OV, Noshenko VS Gorbunov MM Computer program "Program of risk assessment and economic safety of implementation of innovative projects" Certificate of restoration of copyright for work No. 54146 dated March 19, 2014

Горбунов Н.И., Просви́рова О.В., Ноженко В.С.
Оценки рисков инвестиционного проекта по внедрению новых технических решений на железнодорожном транспорте.

В статье предложен необходимый инструментарий поддержки принятия решений, включая оценку уровня рисков и экономической безопасности, осуществляется с помощью экспертных оценок, позволяет повысить вероятность принятия правильного управленческого решения для повышения эффективности принятия решений о внедрении инновационных проектов на железнодорожном транспорте. Проведена оценка технико-экономической эффективности инновационных методов повышения эффективности тормозной системы железнодорожного транспортного средства управлением охлаждением фрикционных поверхностей адаптивной подачей воздуха.

Ключевые слова: инновационные технические решения, оценка рисков, метод Монте-Карло, железнодорожный транспорт, экономическая эффективность.

Gorbunov M., Prosvirova O., Nozhenko V. Estimates of the investment project risks for the implementation of new technical solutions for railway transport.

The article proposes the necessary decision support tool, which includes assessment of the level of risks and economic security, which is carried out with the help of expert assessments, which allows to increase the probability of taking the correct management decision to increase the efficiency of decision making on the implementation of innovative projects in the railway transport. A comprehensive approach to risk assessment, implemented with the Monte Carlo method, is that the analyst receives different indicators: the distribution of probabilities of the resulting project variable; estimation of the average value, the mean square deviation and the coefficient of variation of the resulting indicator; other specially designed risk measurements (expected loss ratio, probability of ineffective project implementation). The estimation of technological economic efficiency of innovative methods of increasing the efficiency of the brake system of a railway vehicle by control-

ling the cooling of friction surfaces by adaptive air supply has been carried out.

Keywords: *innovative technical solutions, risk assessment, Monte Carlo method, railway transport, economic efficiency.*

Горбунов М.І. – д.т.н, проф., завідувач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Просвірова О.В. – старший викладач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Ноженко В.С. – к.т.н., доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.

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

Стаття подана 14.03.2018

УДК 656.13:504

МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Гуренкова О.В.

POSSIBLE WAYS TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF URBAN TRANSPORT

Hurenkova O.

У статті розглянута екологічна проблематика міського транспорту, шляхи забезпечення екологічно безпечного природозберігаючого розвитку суспільства. Розглянуто різні види впливу міського транспорту на навколишнє середовище і на людину. При виборі виду міського транспорту обов'язково, крім техніко-економічних показників, пропонується враховувати екологічні питання. Виявлено найбільш значущими фактори негативного впливу системи транспорту на людину і навколишнє середовище. Наведено заходи технічної модернізації системи транспорту. Проаналізовано заходи щодо зниження шкідливого впливу транспорту.

Ключові слова: автомобільний транспорт, забруднення атмосферного повітря, озеленення, проблеми розвитку міського транспорту, електротранспорт, екологія.

Вступ. Транспорт – один з найважливіших компонентів суспільного і економічного розвитку, який поглинає значну кількість ресурсів і надає серйозний вплив на навколишнє середовище. При всій важливості транспортного комплексу як невід'ємного елементу економіки, необхідно враховувати його вельми значній мірі негативно впливає на природні екологічні системи. Відомо, що особливо різко ці впливи відчуваються у великих містах, зростаючи в міру збільшення щільності населення. Ця закономірність справедлива і щодо міського пасажирського транспорту [1, 2].

У містах підвищеного забруднення повітря проживає більшість українців, середньорічні концентрації забруднювачів повітря перевищують гранично допустимі в більшості міст України.

В даний час автомобільний транспорт, невід'ємно увійшов в наше життя, внісши в неї як позитивні, так і негативні риси. Дійсно, транспортні перевезення великих міст не можна уявити без автомобілів. Частка автомобілів в забрудненні атмосфери навколишнього середовища великих міст становить 80 – 90%, в

кілька разів перевищуючи частку промислових підприємств.

Вплив транспорту на навколишнє середовище – найбільш насущна і актуальна проблема сучасного суспільства. Наслідки цього впливу позначаються не тільки на нашому поколінні, але можуть позначитися і на майбутнє покоління,

У захисті довкілля від забруднення автомобільними вихлопами Україна істотно відстала від розвинених країн Заходу, причому за багатьма показниками. Двигуни навіть нових вітчизняних автомобілів, викидають в розрахунку на 1 км пройденого шляху в 3-5 разів більше шкідливих речовин, ніж їхні закордонні аналоги. У ряді міст вміст оксиду вуглецю в повітрі над автомагістралями в 10-12 разів перевищує гранично допустиму норму.

Постановка проблеми. Сьогодні екологія стає інструментом інтеграції в Європі і в усьому світі. Засобами структурного та регіонального планування стало можливим організувати перевезення вантажів, людей і доставку енергоносіїв за допомогою більш екологічних, чистих засобів транспорту і інтермодальних систем.

Завданнями дослідження є:

- розгляд впливу міського автомобільного транспорту, підземного і наземного транспорту;
- аналіз наслідки впливу різних шкідливих факторів на організм людини;
- пропозиція можливих шляхів зниження проблем, викликаних впливом транспорту на навколишнє середовище і перш за все на людину.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Про невідповідність транспортних засобів екологічним вимогам, що триває збільшення транспортних потоків, незадовільний стан автомобільних доріг, відзначено в роботах Голіцина А.Н. і Денисова В.В. [3, 4].

За оцінкою фахівців, в середньому внесок окремих видів транспортних засобів, наприклад, в забруднення атмосфери, наступний: автомобільний – 85%;

морський та річковий – 5,3%; повітряний – 3,7%; залізничний – 3,5%; сільськогосподарський – 2,5% [5].

За оцінками медиків та екологів, автотранспорт помітно скорочує середню тривалість життя населення [6].

Спостереження показали, що в будинках, розташованих поруч з великою дорогою (до 10 м), жителі хворіють на рак в 3 – 4 рази частіше, ніж в будинках, віддалених від дороги на відстань 50 м [1].

У Німеччині одним з рішень екологічних проблем міського транспорту є равзвітіє малошумних доріг *Leise Bahn*, зведення шумозахисних стінок, валів, тунелів, а також установка шумоізолюючих вікон в довколишніх будівлях [8].

Мета статті. Формування системи заходів по вирішенню екологічних проблем міського транспорту.

Основний зміст. На рівень екологічного навантаження в місті великий вплив робить інтенсивність транспортного потоку, від якого залежить інтенсивність негативного впливу на навколишнє середовище. Завантаженість міських доріг, особливо в години пік, впливає з таких зовнішніх факторів, як:

- параметри організації дорожнього руху (засоби і методи регулювання руху; використання пріоритету різного виду, параметри і структура світлофорового регулювання);
- параметри дорожніх умов (геометричні характеристики доріг, тип і експлуатаційний стан покриття);
- параметри стану навколишнього середовища (температура, вологість, час доби; пору року)

Найбільш сильно впливає на психологічний стан людини шумовий вплив. Шум – всякі небажані, неприємні звукові коливання, безладно змінюються в часі.

Транспортні потоки ростуть через стихійне, неподчинення раціональному плануванню, розміщення житлових і промислових зон. Потоки автомобілів, що заповнюють вуличну мережу (аж ніяк на них не розраховану), роблять пересування по місту в години пік болісно повільним.

Вплив різних видів транспорту на міське середовище проявляється неоднаково. Якщо за усередненими даними побудувати умовний рейтинговий ряд, то по зростаючим значенням негативних впливів він буде виглядати так: метро, тролейбус, трамвай, автобус [8].

Доцільність пріоритетного розвитку міського електричного транспорту очевидна. Однак при виборі виду міського пасажирського транспорту необхідна комплексна оцінка, що враховує крім екологічних, такі важливі характеристики, як витрати на організацію перевезень і час, що витрачається пасажиром на поїздку. При обліку всіх факторів трамвай виходить на лідируючі позиції, в порівнянні з метрополітеном і тролейбусом.

Визнавши пріоритетність електротранспорту, необхідно розробляти і здійснювати заходи, що підвищують його конкурентоспроможність в усіх на-

прямках, за якими це виявляється необхідним, в тому числі, шляхом зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Шум трамвая створюється тяговим двигуном, шестеренної передачею, мотор – компресором, гальмівною системою, вібрацією кузова, хитанням коліс по рейках. Інтенсивність цього шуму залежить також від стану трамвайної колії (хвилеподібний знос рейок, знос стиків, жорстке з'єднання рейок з бетонною основою, наявність кривих ділянок і т.п.) і контактної мережі.

Зниження шуму і вібрації в джерелі освіти «трамвайну колію – колесо» можливо наступними способами:

- шліфування рейок. За допомогою шліфування поверхні рейок усуваються нерівності у вигляді хвилеподібного зносу, що впливають на інтенсивність шуму кочення. Превентивна обробка рейок дозволяє запобігати втомні явища на поверхні катання. Вимірювання до і після обробки рейок показують, що зниження шуму після акустичного шліфування досягає не менше 10-12 дБА.
- звукоізоляція, вібродемпфірованіє і віброізоляція рейки. Зниження звукоізлучення рейки досягається установкою вібродемпфіруючих накладок на шийку рейки, бічних профілів. Віброізоляція рейки досягається установкою прокладок під рейку (підшовних профілів). Застосування екранують шум фальшбортом зі звукопоглотителями, закривають колеса
- лубрикація стрілочних переводів і кривих малих радіусів з метою зниження інтенсивності зносу, вібрації і рівня шуму.
- застосування пневматичної підвіски кузова, амортизацією статі. Трамвай може стати значно малошумним завдяки еластичним елементам в колесах, балансуванню роторів двигунів і іншим змінам в його конструкції та технології виготовлення.

Ведуться пошуки ефективного способу демпфірування коліс трамвайного вагона. Певний ефект може бути отриманий від створення малошумного обладнання. Для зменшення шуму на деяких трамвайних коліях застосовують гумові прокладки. Хороший звуковбирний ефект дає укладання рейок на великорозмірні плити, під якими виконується міцна асфальтобетонна подушка. Рейки втоплені в плитах і спочивають на гумовій прокладці, що забезпечує безшумний рух трамвая. Найбільшого зниження трамвайного шуму можна домогтися шляхом зменшення шуму, що виходить від коліс. Хороші результати дає амортизаційна прокладка між ободом колеса і диском. Найбільший шум трамвай видає на поворотах. Для зменшення цього шуму на вагон встановлюється спеціальне мастильна обладнання, яке на поворотах подає на колеса графітний розчин.

В даний час проводяться дослідження по лубрикації стрілочних переводів і кривих малих радіусів, з метою зниження інтенсивності зносу і рівня шуму і вібрації (конструкції лубрикаторів і мастило). Інтенсивність зносу пари колесо-рейка при використанні

лубрикаторів знижується в 4-6 разів, істотно знижується рівень шуму.

З огляду на різні фактори містобудування, фахівці вважають трамвай вельми перспективним. Не можна скидати з рахунків його велику провізну спроможність, певні зручності в експлуатації, відносно високу швидкість руху.

Що стосується автомобільного транспорту, то він став самим несприятливим екологічним фактором в охороні здоров'я людини і природного середовища в місті. Найбільш значущі фактори негативного впливу автомобільного транспорту на людину і навколишнє середовище наступні:

- забруднення повітря;
- забруднення навколишнього середовища;
- шум, вібрація;
- виділення тепла (розсіювання енергії).

Забруднення повітря від автомобіля йде по трьох каналах:

- 1) відпрацьовані гази, що викидаються через вихлопну трубу (65%);
- 2) гази картерів (20%);
- 3) вуглеводні в результаті випаровування палива з бака, карбюратора і трубопроводів (15%).

За розрахунками фахівців, «внесок» автомобільного транспорту в атмосферу становить до 90% по окису вуглецю і 70% по окису азоту.

Основним джерелом зовнішнього шуму є автотранспорт. Встановлено, що інтенсивність шуму (в дБА) становить від:

- легкового автомобіля – 70 – 80;
- автобуса – 80 – 85;
- вантажного автомобіля - 80 – 90;
- мотоцикла – 90 – 95

Автомобільні засоби по інтенсивності шуму розрізняються досить різко. До найгучніших відносяться вантажні автомобілі з дизельним двигуном (90-95дБА), до самих «тихих» - легкові автомобілі високих класів (65 – 70 дБА).

Іншим джерелом транспортного дискомфорту (для водія і пасажирів) є коливання і вібрації, що виникають в процесі руху автомобіля. Вони розглядаються в рамках групової властивості - плавності ходу.

Для запобігання впливу вібрації на організм людини застосовуються різні віброгасительні і демпфуючі пристрої (амортизатори й демпфери, ресори, пружини і т.д.).

Заходи щодо зниження шкідливого впливу автомобільного транспорту (основні шляхи розвитку автотранспорту в інтересах захисту навколишнього середовища):

- вдосконалення конструкції автомобілів з точки зору токсичності (конструкції фільтрів, спеціальних нейтралізаторів);
- підвищення рівня технічного обслуговування (правильне регулювання паливної системи автомобіля) та вдосконалення систем і методів контролю за технічним станом машин;

– відмова від використання етилованого бензину, переклад бензинових автомобілів на інші види палива (газ, біопаливо і ін.);

– створення нових, «чистих» з екологічної точки зору автомобілів (електромобіль, гібридний автомобіль, сонячний електричний автомобіль, автомобіль з інерційним двигуном, тобто в якості накопичувача енергії використовується не акумулятор, а маховик) [9].

Одним із заходів у великих містах може бути створення мережі магістралей швидкісного руху, дозволяє істотно збільшити швидкості громадського транспорту і легкових автомобілів, підвищити її пропускну здатність, скоротити число дорожньо-транспортних пригод, ізолювати житлові райони і громадських центри від концентрованих потоків транспортних засобів. Магістраль швидкісного руху – дороге спорудження. Будівництво її може бути ефективно тільки на напрямках, що забезпечують потужні й стійкі транспортні потоки з щодо великий в межах міста дальністю поїздки, коли він відчутний виражає від збільшення швидкості руху.

Ефективним заходом щодо зниження шкідливого впливу автомобільного транспорту на городян є організація пішохідних зон з повною заборонаю в'їзду транспортних засобів на житлові вулиці. Менш ефективно, але більш реальне заход – це запровадження системи перепусток, що дають право на в'їзд в пішохідну зону тільки деяким автомобілям. При цьому повинен бути повністю виключений наскрізний проїзд автотранспорту через житловий квартал.

Пропоновані основні напрямки вирішення проблеми зменшення забруднення навколишнього середовища міста автотранспортом, полягають в наступному:

1. Технічне вдосконалення транспортних засобів. Це досить загальні шляхи вирішення екологічної проблеми транспорту, до яких можна віднести вдосконалення двигуна внутрішнього згоряння, переклад його на газоподібне паливо, а також малоімовірні заміни автомобіля з двигуна внутрішнього згоряння електромобілем і автомобілем на водневому паливі, які так часто рекламуються останнім часом, але є наскладними в економічних відносинах.

2. Якщо говорити про шляхи вирішення проблеми шумовий забрудненості міста, то найбільш перспективними з них є зниження власних шумів транспортних засобів, і застосування в будівлях, що виходять на найбільш жваві магістралі, нових шумопоглинаючих матеріалів, вертикального озеленення будинків і потрійного скління вікон (з одночасним застосуванням примусової вентиляції).

3. Зелені насадження в містах. Всім відомо, що наявність в місті зелених насаджень є одним з найбільш сприятливих екологічних факторів. Зелені насадження активно очищають атмосферу, кондиціонують повітря, знижують рівень шумів, перешкоджають виникненню несприятливих вітрових режимів, крім того, зелень в містах благотворно діє на емоційний стан людини.

4. Серйозний внесок у зниження загазованості атмосфери міста можуть внести заходи щодо вдосконалення управління автомобільними потоками і заходи по раціоналізації перевезень усередині міста. Створення в містах єдиної автоматизованої системи управління перевезеннями може різко знизити пробіг автомобілів в межах міста і відповідно зменшити забруднення його повітряного басейну.

Тролейбус - найбільш економічний і дешевий, що не забруднює середовище вид транспорту. Він економічніше автобуса, менше споживає енергії, надійніше і простіше в експлуатації, не «пожирає» кисень і не отруює повітря відпрацьованими газами. Використання тролейбусів в умовах великого міста, подовжені маршрутних ліній веде до прямої економії пального.

Сьогодні тролейбуси використовують в основному для пасажирських перевезень у великих містах і лише в окремих випадках для доставки вантажів. Вони простіше по пристрою, ніж автобуси, технічне обслуговування їх м-неї трудомістким, а пуск в холодну пору року не створює проблеми.

Шум тролейбусів близький за рівнем до шуму легкових автомобілів. За спектром він має низькочастотний характер. Такий шум легше переноситься людиною, ніж шум від трамваїв, який значно вище і по рівню аналогічний шуму вантажного транспорту.

Багато що робиться для зниження шуму і вібрації в метро. Це укладання довгомірних рейок батогів, застосування профільованих гумових підрейкових прокладок, що амортизують рейкових кріплень, укладка бетонної основи шляху на гумові прокладки і багато іншого. Вагоно-будівельними заводами розроблені і випускаються антивібраційні пристрої для вагонева гальмівної передачі.

Потяги метрополітену під час руху на відкритих ділянках створюють шум, що підсилює загальний шумовий фон міста. Рівень шуму від поїздів метро в 7 м від осі колії значний і становить 80 - 85 дБА при швидкості 40 км / ч. При збільшенні швидкості на 10 км / год шум поїздів зростає на 3 - 4 дБА.

У ряді країн рухомий склад нових ліній метрополітену оснащений колесами на пневматичних шинах, що забезпечує плавність і безшумність ходу, усуває шкідливі вібрації.

Сприяти вирішенню екологічних проблем великих міст можна за допомогою зміщення пасажиропотоку з особистого транспорту на громадський. Для цього існує два глобальних шляхи [10]:

- адміністративні заходи, що передбачають перехід на громадський транспорт, проектування інфраструктури та розробку нормативів з урахуванням екологічних аспектів, навчання викладачів, які готують фахівців транс-краєць сфери;

- підвищення екологічної свідомості населення.

Для розвитку міського транспорту, слід звернути увагу на два основних взаємопов'язаних і взаємозалежних шляхи.

1. При виборі виду міського транспорту обов'язково, крім техніко-економічних показників, повинні

враховуватися екологічні питання. У цьому випадку, у великих містах з великою перевагою буде лідирувати трамвай (легкорейковий транспорт, швидкісний трамвай, надземний експрес і т.п.) [6].

2. Рейковий наземний і надземний транспорт відроджується в усьому світі, але при цьому з'являється друга проблема - класична рейко-шпальна конструкція шляху (як з дерев'яними, так і з залізобетонними шпалами) не може бути використана в містах з багатьох причин, оскільки саме для цих конструкцій розроблена і затверджена вся нормативна документація [11].

На підставі виконаних досліджень виділені основні шляхи вирішення проблем, пов'язаних з роботою транспортної системи: заміна двигунів внутрішнього згоряння на екологічно чисті; заміна традиційного палива на більш екологічний; розміщувати рівномірно: основні зони праці, житлових районів, місця відпочинку; розширити вулиці, створити між проїжджою частиною доріг і житловими будинками фільтрів - стін з зелених насаджень; винос за межі міста вантажних транзитних ліній; повністю виключити наскрізний проїзд транспорту через житловий квартал; збільшити зелені насадження; впровадження транспорту майбутнього; впровадження екологічного транспорту.

В умовах існуючого стану автомобільного транспорту в місті очевидно, що заходи тільки одного виду вирішити екологічні проблеми не в змозі. Можливості цього рішення необхідно шукати на шляху проведення цілого комплексу заходів: соціальних, економічних, містобудівних, технічних, організаційних. Сучасний розвиток цивілізації говорить про те, що повністю ліквідувати негативні явища процесу впливу транспорту на навколишнє середовище неможливо в принципі.

Висновок. Найбільш значимими факторами негативного впливу системи транспорту на людину і навколишнє середовище, є забруднення навколишнього середовища: шум, вібрація, виділенням тепла, небезпечними речовинами.

Основна причина екологічних проблем полягає в використанні застарілих двигунів внутрішнього згоряння, неекологічного чистого палива, зловживання терміном служби, помилки в містобудуванні.

Для вирішення даних проблем необхідна технічна модернізація системи транспорту:

- суворе дотримання правил містобудування;
- переведення системи транспорту на екологічно чисті (газотурбінні, електромобілі), використання палива на біооснові;
- розширення зони озеленення масивів по всій території міста;
- винос за межі міста вантажних транзитних ліній.
- повністю виключити наскрізний проїзд транспорту через житловий квартал.

Визнавши пріоритетність електротранспорту на основі екологічних оцінок, необхідно розробити і здійснити систему заходів, істотно підвищують його конкурентоспроможність.

Література

1. Селиванов С.Е., Бажинов А.В. Экологические проблемы Харькова – транспортный аспект // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2010. № 49. С. 143-151.
2. Бычкова А. А.. Методы повышения уровня сервисного обслуживания на железнодорожных вокзалах: дис. канд. техн. наук: спец. 05.22.08 – Управление процессами перевозок / Бычкова Анна Алексеевна; Моск. гос. унив. путей. сообщ. – М., 2013 – 172 с.
3. Алишева К.А. Экология: Учебник. Алматы: HAS, 2006. – 304 с..
4. Голицын А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды: Учебник. М.: Издательство Оникс, 2010. – 336 с.
5. Денисов В. В., Курбатова А. С., Денисова И. А. и др. Экология города: Учеб. пособие / под ред. проф. В. В. Денисова. — М.-Ростов н/Д: ИКЦ «МарТ», 2008.
6. Дудкин Е.П., Черняева В.А. Проблемы охраны труда и геологической опасности городского транспорта // Технология техносферной безопасности. 2014. № 1(53). С. 201-211.
7. Власть города меняют окна в домах вдоль автомагистралей. Информационный портал ОКНА МЕДИА. Режим доступа: <http://www.oknamedia.ru/novosti/vlasti-goroda-menyayut-okna-v-domah-vdol-avtomagistralei-45033>.
8. Сталович Н.С., Савченко Ю.В. Экологические аспекты функционирования городского электротранспорта. Режим доступа: http://www.rusnauka.com/7._DN_2007/Ecologia/19665.doc.htm.
9. Канило П.М. Автомобиль и окружающая среда / П.М. Канило, И.С. Бей, А.И. Ровенский. – Харьков : Прапор, 2000. – 304 с.
10. Вучик В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни. М: Территория будущего, 2011. 576 С..
11. Дудкин Е.П., Параскевопуло Ю.Г., Султанов Н.Н., Параскевопуло Г.Ю. Городской рельсовый транспорт: инновационные конструкции трам-вайного пути на выделенной полосе // Транспорт Российской Федерации. 2013 № 4(47). С. 51-54.
7. Vlasty horoda meniaiut okna v domakh vdol avtomahystralei. Ynfornatsyonni portal OKNA MEDYA. Rezhym dostupa: <http://www.oknamedia.ru/novosti/vlasti-goroda-menyayut-okna-v-domah-vdol-avtomagistralei-45033>.
8. Stalovych N.S., Savchenko Yu.V. Ekolohycheskye aspekty funktsyonyrovaniya horodskoho elektrottransporta. Rezhym dostupa: http://www.rusnauka.com/7._DN_2007/Ecologia/19665.doc.htm.
9. Kanylo P.M. Avtomobyl y okruzhaiushchaia sreda / P.M. Kanylo, Y.S. Bei, A.Y. Rovenskyi. – Kharkov : Prapor, 2000. – 304 s.
10. Vuchyk V.R. Transport v horodakh, udobnikh dlia zhyzny. M: Territoryia budushcheho, 2011. 576 S.
11. Dudkyn E.P., Paraskevopulo Yu.H., Sultanov N.N., Paraskevopulo H.Iu. Horodskoi relsivii transport: ynnovatsyonnie konstruksyy tram-vainoho puty na videlennoi polose // Transport Rossyiskoi Fede-ratsyy. 2013 № 4(47). S. 51-54.

Гуренкова О.В. Возможные пути решения экологических проблем городского транспорта.

В статье рассмотрена экологическая проблематика городского транспорта, пути обеспечения экологически безопасного природосберегающего развития общества. Рассмотрены различные виды влияния городского транспорта на окружающую среду и на человека. При выборе вида городского транспорта обязательно, кроме технико-экономических показателей, предлагается учитывать экологические вопросы. Выявлены наиболее значимые факторы отрицательного влияния системы транспорта на человека и окружающую среду. Приведены мероприятия технической модернизации системы транспорта. Проанализированы мероприятия по снижению вредного воздействия транспорта.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, загрязнение атмосферного воздуха, озеленение, проблемы развития городского транспорта, электротранспорт, экология.

Hurenkova O. Possible ways to solve environmental problems of urban transport.

The ecological problems of urban transport, ways of ensuring ecologically safe nature-saving development of society are considered. Various types of influence of urban transport on the environment and on people are considered. When choosing the type of urban transport, it is obligatory, besides technical and economic indicators, to take into account environmental issues. The measures of technical modernization of the transport system are given. Measures to reduce the harmful impact of transport.

The article found that the most significant factors of the negative impact of the transport system on human beings and the environment are pollution of the environment: noise, vibration, heat generation, hazardous substances.

Keywords: road transport, air pollution, gardening, urban transport problems, electric transport, ecology.

Гуренкова О.В. – к.п.н., доц., заступник декана факультету судноводіння Київського інституту водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, м. Київ, e-mail: innakdvt@ukr.net.

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

УДК 629.424.1:621.31:681.3

РОЗВИТОК МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКОВОЇ ОЦІНКИ НЕСІВНОЇ ЗДАТНОСТІ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Дьомін Р.Ю.

DEVELOPMENT OF METHODS AND TOOLS FOR THE ESTIMATED EVALUATION OF LOAD-BEARING CAPACITY OF FRAME STRUCTURES OF A MOTORIZED ROLLING STOCK

Domin R.

Запропоновано подальше удосконалення розрахункового інструментарію стосовно отримання достовірних оцінок несівної здатності рамних конструкцій екіпажних частин. Розроблено рекомендації з удосконалення підходів до розрахункової оцінки напружено-деформованого стану несівних конструкцій екіпажних частин тягового рухомого складу з застосуванням комп'ютерного моделювання складних технічних систем. Ефективність запропонованих рекомендацій доведено на прикладі розрахунків міцності рам візків вагонів дизель-поїздів з вичерпаним строку служби, що був назначений виробником.

Ключові слова: моторвагонний рухомий склад; екіпажні частини; несівні конструкції; комп'ютерне моделювання; розрахунки міцності.

Вступ. Через економічну ситуацію, що склалась, залізниці вимушені продовжувати експлуатацію парку рухомого складу, значна частина якого знаходиться за межами призначеного строку служби. Критичний рівень зношеності рухомого складу при недостатньому рівні відновлювальних робіт ставить під загрозу забезпеченість безпеки руху поїздів. Тому питання оцінювання й прогнозування втомної довговічності несівних конструкцій рухомого складу привертають до себе все більшої уваги науковців та спеціалістів в галузі рухомого складу залізниць та тяги поїздів [3-8].

Попри значні напрацювання в напрямку подовження строку служби рухомого складу методики, що застосовуються для оцінювання показників втомної довговічності несівних конструкцій та технології подовження терміну служби екіпажних частин, потребують подальшого удосконалення для більш повної відповідності вимогам практики. Водночас визначається нагальна необхідність у розвитку методів і засобів досліджень щодо оцінювання несівної здатності екіпажних частин, зокрема моторвагонного рухомого складу (МВРС).

Гостра актуальність проблеми вимагає комплексних досліджень з визначення ефективних шляхів подовження строку служби МВРС. Теоретичні дослідження з оцінювання залишкового ресурсу несівних конструкцій екіпажних частин мають базуватись на використанні сучасних методів і засобів оцінки динаміки і міцності технічних систем. Тому осучаснення методів і засобів, що використовуються, знаходиться серед пріоритетів при розробці проектів пов'язаних з оновленням рухомого складу залізниць.

Мета дослідження – подальше удосконалення інструментарію для розрахункової оцінки несівної здатності рамних конструкцій екіпажних частин тягового рухомого складу.

Об'єкт досліджень. За запропонованою методикою досліджено несівну здатність рам візків вагонів дизель-поїзда ДР1А.

Розрахункове моделювання рамних конструкцій. Для виконання досліджень з визначення залишкового ресурсу несівних конструкцій необхідні дані щодо геометрії моделі та властивості матеріалів: модуля пружності, коефіцієнта Пуансона та густини. Для побудови 3D-моделей використовуються номінальні розміри вузлів та елементів складання з врахуванням геометрії зварних швів. При моделюванні можуть бути використані оболонкові елементи або твердотільні (рис. 1). Рекомендовано раму візка, раму кузова та каркас кузова моделювати твердотільними елементами, обшивку кузова – оболонковими елементами. Моделювання зварних швів твердотільними елементами слід виконувати за допомогою фасок під кутом нахилу 45°. У оболонкових моделях зварні шви не моделюються.

На перших етапах розрахунку конструкції, які ведуться за простими розрахунковими схемами, за необхідності приймаються рішення щодо спрощення 3D-моделі. Для спрощення розрахунку рекомен-

довано для рами кузова та каркасу зварні шви моделювати тільки в тих зонах, де очікуються найбільші напруження. При цьому перевагу необхідно надавати твердотільним елементам, оскільки ці моделі дозволяють екстраполювати напруження по товщині пластини безпосередньо до границі зварного шва.

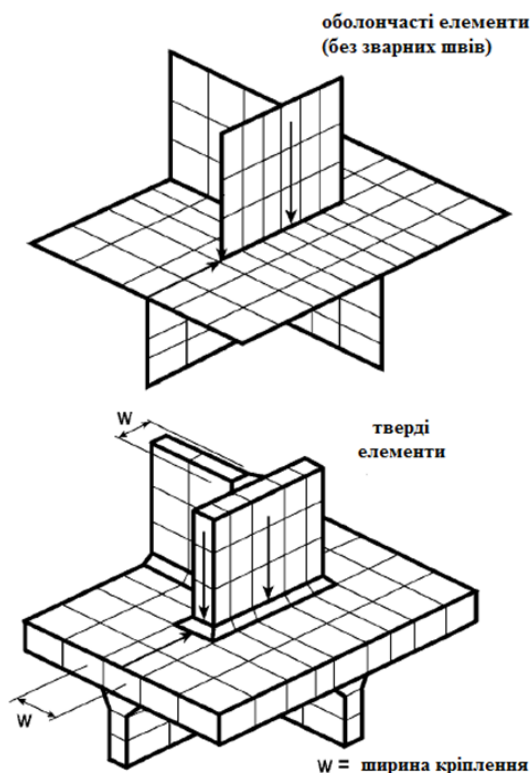


Рис. 1. Типові моделі для аналізу напружень зварних деталей

При побудові розрахункової схеми необхідно визначити реальні константи, якими володіють несівні конструкції МВРС. Так, рама візка видається пружним тілом, а допоміжні тіла – абсолютно жорсткими. Пружні елементи, що зв'язують пружне тіло з допоміжним, і є реальними константами.

Розрахункова схема повинна враховувати всі зв'язки, які обмежують рухливість несівних конструкцій. Для моделювання зв'язків використовуються додаткові елементи, які є геометричними примітивами. Як правило, ці допоміжні елементи моделюються абсолютно жорсткими тілами.

Додаткові елементи та несівні конструкції пов'язані між собою пружними елементами з характеристиками жорсткості відсутнього тіла. Відсутнє тіло є елементом, який контактує з несівною конструкцією та передає зусилля або момент, чи бере участь в обмеженні руху. Додатковими елементами для рами візка можуть бути балансир, поводиток, шворінь з пружно-поворотним пристроєм, ковзун, колісна вісь тощо.

Маси тіл, які спираються на елементи несівної конструкції, моделюються віддаленими масами з інерційними характеристиками як у згаданих. Віддалена маса спирається на обрані поверхні абсолют-

но жорстко. У разі спирання віддаленої маси на несівну конструкцію через пружні елементи необхідно передбачити проміжне додаткове тіло.

Другий візок, на який спирається маса кузова, моделюється спрощено завдяки допоміжним елементам поданих абсолютно жорсткими тілами. Елементи, які моделюють букси, фіксуються за всіма ступенями вільності. Довжина пружин є довільною і використовується тільки для визначення напрямку деформації пружин.

Розрахункова несівна конструкція кузова моделюється наступним чином. Рама кузова спирається на елементи, що розглядаються як геометричні примітиви, які імітують раму візка. Елемент рами візка, який зв'язаний з кузовом сумарною жорсткістю, фіксується за всіма ступенями вільності. Автзчеп вважається абсолютно жорстким тілом, який зв'язаний з упорами на рамі кузова пружними елементами.

Побудова кінцево-елементної моделі несівних конструкцій проводиться в декілька етапів:

- на першому етапі кінцево-елементна модель доводиться до збіжності результатів із застосуванням правила Рунге [2];

- на другому етапі проводиться ущільнення сітки для застосування екстраполяції до точки сингулярності кінцево-елементної моделі.

Довірчий інтервал розрахункових значень напружень повинен становити не менше 95%. Збіжність результатів перевіряють, використовуючи правило Рунге, за виразом

$$\frac{1}{\rho^2 - 1} (\sigma_{h2} - \sigma_{h1}) \leq 0,05 \cdot \sigma_{h2}, \quad (1)$$

де σ_{h1} і σ_{h2} – результати розрахунків з розмірами сітки h_1 та h_2 ; ρ – співвідношення розмірів сітки; вираз $\frac{1}{\rho^2 - 1} (\sigma_{h2} - \sigma_{h1})$ – головний член похибки.

Розміри сітки, які застосовуються для екстраполяції, визначаються з умови типу концентратора на границі зварного шва (рис. 2): тип а – границя зварного шва на широкій поверхні; тип б – границя зварного шва на кромці листа.

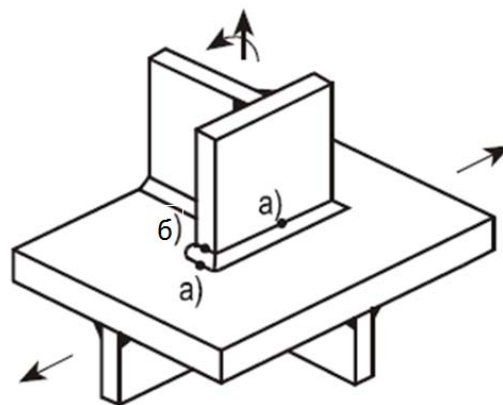


Рис. 2. Типові концентратори напружень для зварних деталей

Визначення динамічних навантажень. За рекомендаціями Пам'ятки UIC 518 вхідні дані для чисельного моделювання динаміки руху рейкових екіпажів включають [12]:

- геометричні параметри колії;
- жорсткість і властивості демпфування колії;
- характеристики геометричного контакту колеса з рейкою;
- технічний стан транспортного засобу;
- стан поверхні колії.

Динамічна модель транспортного засобу повинна бути адекватним відображенням всіх аспектів реального об'єкту, які впливають на динамічні характеристики [8, 10]. Для цього будується 3-D нелінійна модель транспортного засобу, включаючи:

- маси, інерційні характеристики і розподіл навантаження;
- жорсткості підвищення, демпфірування, тертя, обмежувачі тощо;
- частоти власних коливань кузова;
- характеристики взаємодії коліс з рейками.

Для валідації моделі мають використовуватись результати контрольних випробувань. Дані моделювання порівнюється з результатами випробувань за параметрами спектральних щільностей потужності (СЩП) та основними частотами за аналізом наступних вимірюваних величин:

- поперечні та вертикальні прискорення кузова;
- поперечні та вертикальні прискорення візків;
- кутові прискорення вилання візків.

За отриманими результатами моделювання представляються такі дані:

- значення оцінюваних величин, виражених в абсолютних величинах й у відсотках від граничних значень;
- значення показників безпеки руху отриманих за розрахованими величинами, включно з такими, які перевищили граничні значення, з визначенням можливих причин;
- приклади типових осцилограм для кожної вимірюваної або змодельованої величини.

При дослідженні МВРС за межами призначеного строку служби належить визначати власні частоти і відповідні форми коливань несівних конструкцій [9]. Такі відомості необхідні для досліджень на відсутність резонансних коливань при експлуатації МВРС та штатній роботі обладнання. Крім цього, модальний аналіз виконується для:

- налаштування побудованої розрахункової схеми;
- визначення вагової долі кожної моди;
- визначення кількості мод необхідних для динамічного аналізу;
- верифікації розрахункової моделі.

При побудові розрахункової схеми передбачається, що інерцією, пружністю та іншими властивостями володіють усі елементи системи. Розрахункова схема вважається налаштованою, якщо власна частота коливань кузова визначена аналітично та роз-

рахункова частота за МСЕ співпадають з похибкою не більше 5 %.

Результати визначення власних частот та форм коливань є основою для динамічного аналізу несівних конструкцій МВРС. Кількість мод необхідних для динамічного аналізу визначається таким чином, щоб вагові долі коливань за головними напрямками склали не менше 80%.

Для верифікації розрахункової схеми зіставляються розрахункові частоти з частотами, що мають значну інтенсивність за отриманими амплітудними спектрами деформації з тензодатчиків, що були розміщені на несівних конструкціях в контрольних точках при випробуваннях. Якщо за результатами верифікації різниця між частотами більше за 5%, то розрахункову модель уточнюють.

Дослідження напружено-деформованого стану рам візків дизель-поїзда. Приклад практичного застосування викладених раніше рекомендацій ілюструє аналіз напружено-деформованого стану (розрахунку міцності) несівних конструкцій екіпажних частин вагонів дизель-поїзда серії ДР1А. Цей аналіз виконано методом скінченних елементів у пакеті SolidWorks [1].

Розрахункові схеми моделей рам візків моторного і причіпного вагонів подібні і містять складові елементи: дві осі з буксами; надресорну балку з ковзунами як геометричні примітиви; кузов як віддалена маса. Такі елементи рами, як буксовий поводок і тяговий поводок, замінено пружними елементами. Складові елементи є абсолютно жорсткими. Розрахункова модель рами візка моторного вагона наведена на рис. 3.

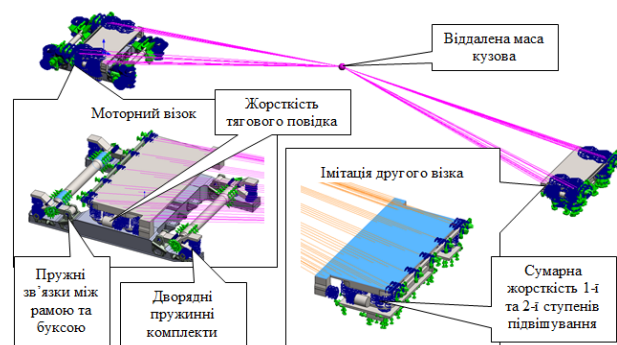


Рис. 3. Розрахункова модель рами моторного візка

Динамічна реакція несівної конструкції обумовлена частотами і формами власних коливань. Тому процедура динамічного аналізу у визначенні характеристик напружено-деформованого стану конструкції передбачає виконання модального аналізу.

Реальні конструкції мають нескінченну кількість власних форм коливань. В кінцево-елементній моделі кількість власних форм коливань відповідає кількості ступенів вільності. У модальному аналізі для кожної власної форми коливань можна зіставити відсоткову частку маси конструкції, що коливається за кожною з форм.

У розрахунках рам візків розглянута обмежена кількість мод, таким чином, щоб процентна доля маси в головному напрямку складала не менше 60%. За результатами модального розрахунку встановлені основні власні частоти: для моторного вагона – 0,61, 1,28, 1,43, 1,55, 12,42 Гц; для причіпного вагона – 0,67, 1,39, 1,54, 1,64, 14,59 Гц.

Результати модального аналізу необхідні зокрема для досліджень на брак резонансних коливань елементів екіпажних частин при русі МВРС та роботі механізмів, розміщених на ньому.

Розрахункові навантаження екіпажних частин формуються зі статичної, квазістатичної та динамічної складових. Статичною складовою є сили тяжіння. Квазістатичне навантаження відповідає умовам криволінійного руху. Характеристики динамічного навантаження залежать від результатів взаємодії рухомого складу і колії.

Таким чином, при визначенні параметрів напружено-деформаційного стану екіпажних частин у статичному режимі проводяться розрахунки міцності рам візків при дії сил тяжіння і відцентрових сил при допустимому непогашеному прискоренні.

Стосовно динамічного аналізу запропоновано підхід, суть якого полягає у використанні СЩП прискорень, що міряються протягом ходових випробувань, при формуванні зовнішнього навантаження несівних конструкцій. За цих обставин дані прискорень з часової області переводяться в область частот у вигляді функції СЩП. Вважається, що всі власні форми коливань приводяться функцією СЩП до розподілу потужності цих форм за частотою коливань.

За результатами динамічного розрахунку отримано середньоквадратичні значення напружень рам візків, за якими визначено небезпечні, з точки зору динамічного навантаження, зони, в яких середньоквадратичне відхилення перевищує 10 МПа

Небезпечні зони рами візка моторного вагона:

- зона №1 - основний метал в зоні технологічних отворів шворневої коробки;
- зона №2 - радіусні переходи верхніх полиць з'єднань поперечної балки з боковою;
- зона №3 - зварні шви та пришовні зони з'єднань шворневої балки з поперечними балками;
- зона №4 - зварні шви та пришовні зони з'єднань кронштейнів для кріплення дискового гальма з поперечними балками;
- зона №5 - зварні шви та пришовні зони з'єднань кронштейнів для кріплення осьового редуктора з поперечними балками.

Небезпечні зони рами візка причіпного вагона:

- зона №6 - зварні шви та пришовні зони приварення шворневої балки до поперечних балок;
- зона №7 - радіусні переходи верхніх полиць з'єднань поперечної балки з боковою;
- зона №8 - зварні шви та пришовні зони з'єднань шворневих втулок з шворневою коробкою;
- зона №9 - основний метал на кромках верхніх полиць в середній зоні шворневої коробки.

Визначені небезпечні зони рам візків рекомендовано піддавати періодичному контролю.

Врахування розподілу динамічних навантажень за конструкцією і впродовж часу експлуатації дизель-поїзда надає можливість визначити довговічність несівних конструкцій. Водночас через те, що дизель-поїзди серії ДР1А знаходяться в аварійному стані і експлуатуються зі швидкостями руху до 40 км/год, тому проведення ходових динамічних випробувань та випробувань міцності з низькими швидкостями не дозволили поширити отримані дані на весь діапазон робочих швидкостей до 120 км/год. Ця обставина обмежила можливості повноцінної оцінки залишкового ресурсу.

За результатами динамічних розрахунків можна визначити коефіцієнт запасу опору втомі для будь-якої точки конструкції. Для найбільш небезпечних зон рам візків, тобто для зон 1 і 6, розрахункові значення коефіцієнта запасу опору втомі нормативною оцінкою становлять 1,1 і 2,03. Останнє значення свідчить про недостатній опір втомі рами візка причіпного вагона.

Висновки. За результатами проведеного дослідження запропоновано рекомендації щодо удосконалення підходів до розв'язання питань розрахункової оцінки несівної здатності рам візків тягового рухомого складу. Ефективність застосування розроблених рекомендацій доведено на прикладі аналізу розрахунку міцності несівних конструкцій ходових частин вагонів дизель-поїзда серії ДР1А. Перспективи подальшого удосконалення методів і засобів оцінки міцності несівних елементів локомотивів і моторвагонного рухомого складу мають визначатись програмними завданнями щодо оновлення залізничного рухомого складу.

Л і т е р а т у р а

1. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации / А. А. Алямовский // М.: ДМК Пресс, 2014. – 562 с.
2. Бахвалов Н. С. Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения) / Н. С. Бахвалов // М.: Наука, 1975. – 632 с.
3. Боднар Б. Е. Методы сравнительной оценки ресурса несущих конструкций подвижного состава / Б. Е. Боднар, В. Л. Горобец, И. М. Грушак // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – №8 (78). – 2004. – С. 118-126.
4. Горобец В. Л. Визначення залишкового ресурсу тягового рухомого складу / В. Л. Горобец, О. І. Паламаренко, В. П. Кулешов // Залізничний трансп. України. – 2001. – №1. – С.14-16.
5. Дворецкий В. И. Продление срока службы несущих конструкций транспортных машин / В. И. Дворецкий // Проблемы ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин. – К.: ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України, 2006. – С. 425-430.
6. Оцінювання залишкового ресурсу рам візків електровазів ВЛ10 / В. А. Леоніс, Б. С. Шульгінов, А. О. Лукашевич та ін. // Вісник Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя. Спец. випуск. – 2011. – Ч. 2. – С.29 – 34.

7. Показники динаміки електровоза ЧС4 та міцності несучих конструкцій рам візків виробництва ХК «Луганськтепловоз» / І. Є. Батюшин, О. М. Бондарєв, В. Л. Горобець, О. М. Заболотний, Д.О. Ягода // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 19. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 152-160.
8. Сучасні підходи до нормативних оцінок міцності несучих елементів екіпажних частин, динамічних якостей локомотивів та їх дії на колію / І. Є. Батюшин, С. Г. Грищенко, Р. Ю. Дьомін, Ю. В. Дьомін, Г. Ю. Черняк // Локомотив-Інформ. – 2010. – №2. – С. 24-27.
9. Черняк А. Ю. Модальный анализ и усталостная долговечность рам тележек тягового подвижного состава / А. Ю. Черняк, Е. О. Гриндей, П. А. Гриндей // Локомотив-Інформ. – 2010. – №11. – С. 4-7.
10. Evans, J. Challenges in simulation of rail vehicle dynamics / J. Evans, M. Berg // Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility. – 2009. – Vol. 47. – Iss. 8. – P. 1023-1048.
11. Investigation of the some problems of running safety of rolling stock on the Ukrainian railways / R. Domin, I. Domin, G. Cherniak et al. // Archives of Transport. – 2016. – Vol. 40. – Iss. 4. – P. 15-27.
12. Testing and Approval of Railway Vehicles from the Point of View of their Dynamic Behaviour : Safety – Track fatigue – Ride quality : UIC Code 518. – International Union of Railways. – September 2009. – 119 p.
8. Leonets' V. A. Otsinyuvannya zalishkovogo resursu ram vizkiv yelektrovoziv VL10 / V. A. Leonets', B. S. Shul'ginov, A. O. Lukashevich ta in. // Visnik Ternopil'skogo natsional'nogo tekhnichnogo universitetu im. I. Pulyuya. Spets. vipusk. – 2011. – CH. 2. – S. 29-34.
9. Chernyak A. Yu. Modal'nyy analiz i ustalostnaya dolgovechnost' ram telezhek tyagovogo podvizhnogo so-stava / A. Yu. Chernyak, Ye. O. Grindey, P. A. Grindey // Lokomotiv-inform. – 2010. – №11. – S. 4-7.
10. Domin R. Investigation of the some problems of running safety of rolling stock on the Ukrainian railways / R. Domin, Iu. Domin, G. Cherniak, et al. // Archives of Transport. – 2016. – Vol. 40, Issue 4. – P. 79-91.
11. Evans J. Challenges in simulation of rail vehicle dynamics / J. Evans, M. Berg // Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility. – 2009. – Vol. 47, Issue 8. – P. 1023-1048.
12. UIC Code 518. Testing and Approval of Railway Vehicles from the Point of View of their Dynamic Behaviour: Safety – Track fatigue – Ride quality. – International Union of Railways. – 1995. – 119 p.

References

1. Alyamovskiy A. A. SolidWorks Simulation. Inzhenernyy analiz dlya professionalov: zadachi, metody, rekomendatsii / A. A. Alyamovskiy // M.: DMK Press, 2014. – 562 s.
2. Batyushin I. E. Pokazniki dinamiki yelektrovoza CHS4 ta mitsnostiy nesuchikh konstruktsiy ram vizkiv virobnitstva KHK «Lugans'kteplovaz» / I. E. Batyushin, O. M. Bondar'ev, V. L. Gorobets', O. M. Zabolotniy, D.O. Yagoda // Visnik Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. – 2007. – Vip. 19. – D.: Vid-vo DNUZT, 2007. – S. 152-160.
3. Batyushin I. E. Suchasni pidkhodi do normativnikh otsinok mitsnostiy nesuchikh yelementiv yekipazhnikh chastin, dinamichnikh yakostey lokomotiviv ta ikh dii na kolii / I. E. Batyushin, S. G. Grishchenko, R. YU. D'omin, YU. V. D'omin, G. YU. Chernyak // Lokomotiv-inform. – 2010. – №2. – S. 24-27.
4. Bakhvalov N. S. Chislennyye metody (analiz, algebra, obyknovennyye differentsial'nyye uravneniya) / N. S. Bakhvalov // M.: Nauka, 1975. – 632 s.
5. Bodnar' B. Ye. Metody sravnitel'noy otsenki resursa nesushchikh konstruktsiy podvizhnogo sostava / B. Ye. Bodnar', V. L. Gorobets, I. M. Grushchak // Visnik Skhidnoukr. nats. un-tu im. Volodimira Dalya. – №8 (78). – 2004. – S. 118-126.
6. Gorobets' V. L. Viznachennya zalishkovogo resursu tyagovogo rukhomogo skladu / V. L. Gorobets', O. I. Palamarenko, V. P. Kul'shov // Zaliznichniy transp. Ukraïni. – 2001. – №1. – S. 14-16.
7. Dvoret'skiy V. I. Prodleniye sroka sluzhby nesushchikh konstruktsiy transportnykh mashin / V. I. Dvoret'skiy // Problemi resursu i bezpeki yekspluatatsiy konstruktsiy, sporud ta mashin. – K.: IEZ im. E. O. Pato-na NAN Ukraïni, 2006. – S. 425-430.

Демин Р.Ю. Развитие методов и средств для расчетной оценки несущей способности рамных конструкций моторвагонного подвижного состава.

Предложено дальнейшее совершенствование расчетного инструментария по получению достоверных оценок несущей способности рамных конструкций экипажных частей. Разработаны рекомендации по совершенствованию подходов к расчетной оценке напряженно-деформированного состояния несущих конструкций экипажных частей тягового подвижного состава с применением компьютерного моделирования сложных технических систем. Эффективность предложенных рекомендаций доказана на примере расчетов прочности рам тележек вагонов дизель-поездов с истекшим сроком службы, назначенным производителем.

Ключевые слова: моторвагонный подвижной состав; экипажные части; несущие конструкции; компьютерное моделирование; расчеты прочности.

Domin R. Development of methods and tools for the estimated evaluation of load-bearing capacity of frame structures of a motorized rolling stock.

A further improvement of the settlement tool for obtaining reliable estimates of the non-existent capacity of the frame structures of the crew parts was proposed. The recommendations on the improvement of approaches to the estimated evaluation of the stress-strain state of load-bearing structures of the ejection parts of the traction rolling stock with the application of computer modeling of complex technical systems are developed. The effectiveness of the proposed recommendations has been proved with the example of calculating the strength of the bogie frames of diesel-train cars with expired service life, designated by the manufacturer.

Keywords: motorized rolling stock; crew parts; bearing structures; numerical modeling; strength calculations.

Дьомін Р.Ю. – к.т.н., докторант кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: r.domin@1520mm.com

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

УДК 656.13.084

**ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ ТА КАТЕГОРИЧНОСТІ
ВИСНОВКІВ АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД****Кашканов А.А.****PROBLEMS ENSURE THE ACCURACY OF CALCULATIONS AND CATEGORICITY
CONCLUSIONS AUTOTECHNICAL EXPERTISE TRAFFIC ACCIDENTS****Kashkanov A.**

У статті проаналізовано сучасний стан та тенденції розвитку автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод, існуючі критерії та підходи щодо оцінювання якості розслідування аварійних ситуацій. Запропоновано шляхи підвищення ефективності автотехнічної експертизи на основі оцінювання науковості прийнятих до використання методик аналізу і реконструкції обставин дорожньо-транспортних пригод шляхом застосування понять інтерполяційної та екстраполяційної моделі.

Ключові слова: система водій-автомобіль-дорога-середовище, дорожньо-транспортні пригоди, автотехнічна експертиза, надійність і точність результатів, прийняття рішень, категоричність висновків.

Вступ. Безпека дорожнього руху (БДР) – це багатогранна, комплексна проблема, що визначається створенням надійних в експлуатації автотransпортних засобів з високим рівнем активної і пасивної безпеки; їх своєчасним і якісним обслуговуванням; психофізіологічними властивостями та рівнем професійної підготовки водіїв; якістю і станом проїзної частини; організацію дорожнього руху та ін.

Розширення обсягів та сфери застосування транспортних засобів підвищує ймовірність збільшення людських та матеріальних втрат, причиною яких є аварійність на дорогах. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щороку у світі гинуть на дорогах близько 1,3 млн. людей, а кількість поранених складає близько 50 млн [1]. Ця ж організація прогнозує, що у 2020 році дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) посідатимуть третє місце у світі серед причин втрати здоров'я після серцево-судинних захворювань та тяжких депресій. Україна за рівнем смертності від ДТП займає п'яте місце в Європі, причому смертність в результаті ДТП є головною причиною загибелі дітей та молоді віком від 5 до 29 років.

Занепокоєна постійним зростанням рівня травматизму і смертності на дорогах у світі, Генеральна Асамблея ООН 2 березня 2010 року проголосила 2011-2020 роки Десятиліттям дій з безпеки дорожнього руху, мета якого – скоротити втрати життів людей від ДТП шляхом активізації дій на регіональному, національному і глобальному рівнях. Кабінет Міністрів України, в свою чергу, затвердив Транспортну стратегію України на період до 2020 року з метою забезпечення стабільного та ефективного функціонування транспорту в країні. Транспортна стратегія вказує на необхідність підвищення рівня безпеки автомобільних перевезень, а також показників їх якості та ефективності.

Постановка проблеми. Рух автомобіля по дорозі можна розглядати як функціонування системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС). Порушення нормального функціонування кожного з компонентів системи ВАДС призводить до зниження її ефективності (зменшення швидкості руху, немотивованих зупинок, збільшення витрати палива) або до аварії (ДТП). Великим резервом в рішенні проблеми аварійності на автомобільному транспорті є підвищення точності й об'єктивності методів аналізу дорожньо-транспортних пригод, виявлення причинно-наслідкових зв'язків [2, 3].

Як відомо, кожна ДТП має свої певні особливості, при чому в більшості пригод одночасно діють декілька видів причинно-наслідкових зв'язків. Це ускладнює експертизу ДТП і зумовлює те, що об'єктивність розслідування залежить від правильності вибору початкових даних та методики інженерного розрахунку [4, 5].

На експерта-автотехніка при розслідуванні ДТП покладається велика відповідальність. Від об'єктивності експертних рішень про технічні причини та умови виникнення пригоди, залежить доля учасників ДТП. Отже дане дослідження є актуальним як в теоретичному, так і в практичному плані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна судова автотехнічна експертиза (САТЕ) є експертним дослідженням, що проводиться з метою встановлення механізму і обставин ДТП з врахуванням показників технічного стану автотransпортних засобів (АТЗ), якості та параметрів дороги, психофізіологічних характеристик її учасників та інших факторів [2, 3, 6]. Розслідування обставин ДТП належить до категорії найскладніших. Не зважаючи на існування великої кількості методичної літератури та рекомендацій з розслідування вказаної категорії справ, проблеми експертизи ДТП, які існували раніше, існують й нині, не зважаючи на більше технічне оснащення, введення спеціалізації слідчих з розслідування цих справ, проведення навчання зі слідчими [7].

На основі аналізу проблем удосконалення якості розслідування та проведення автотехнічних експертиз ДТП [2-7] можна зробити висновок, що в кінцевому підсумку якість їх розслідування та проведення відображає весь спектр взаємодії учасників цього процесу. Щоб наблизитись до розуміння якості як загальноприйнятої категорії, слід розглянути якість САТЕ в загальному плані. При оцінюванні якості товарів і послуг [8] розглядають дві характеристики: 1 – якість виконання; 2 – якість відповідності.

Перша – це характеристика, яка відображає ступінь задоволення запитів, потреб учасників ДТП та окремих ланок системи «слідство - експертиза - суд». Друга – це характеристика, яка відображає ступінь відповідності прийнятим стандартам, внутрішнім специфікаціям та інше.

В аналізі якості слід виділити три основних компоненти: аналіз професійних якостей експерта, забезпеченості технічним обладнанням, умов організації праці та фінансування (якість структури), аналіз технологій (якість процесу), аналіз результатів (якість результатів). Безумовно, що цими трьома компонентами аналіз якості не обмежується, на практиці проводиться багато досліджень, в яких ці питання непрямо розглянуті або мають переломлення в іншому контексті.

Мета статті. В роботі зроблено спробу сформулювати підходи щодо обґрунтування вибору методики аналізу аварійних ситуацій для підвищення точності розрахунків та категоричності висновків експертного аналізу ДТП.

Основний зміст. На основі теоретичних досліджень, виконаних у розділі 2 даної дисертаційної роботи, задачу аналізу та реконструкції обставин ДТП можна представити таким чином. Нехай задана множина можливих варіантів проведення конкретної експертизи ДТП X : $X = \{x_1, x_2, \dots, x_b, \dots, x_n\}$.

Кожний варіант характеризується множиною параметрів оцінювання якості можливих варіантів Y : $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_m\}$.

Між кожним членом множини X і кожним членом множини Y має місце нечітке відношення, позначене через x_{ij} або μ_{ij} . Іншими словами, μ_{ij} відобра-

жає рівень відповідності i -го варіанта експертизи вимогам за j -м параметром ($\mu_{ij} \in [0, 1]$; $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, m$). Якщо узяти разом всі нечіткі відношення x_i та y_j , то отримаємо матрицю нечітких відношень R розміром nm : $R = \{\mu_{ij} \mid i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m\}$.

Необхідно обрати кращий варіант x^* із множини X тобто

$$x^* = \text{opt}(X, Y, R, M), \quad (1)$$

де M – використовувана модель рішення задачі, обрана особою, що приймає рішення.

В залежності від використовуваної моделі M результати рішення поставленої задачі можуть бути різними при одних і тих же вихідних даних. Отже, якість процесу розробки рішень залежить від повноти врахування всіх факторів, що впливають на наслідки прийнятих рішень. Невизначеність можна усунути повністю чи частково двома шляхами: поглибленням вивчення наявної інформації або набуттям інформації, якої не вистачає.

Аналіз літературних джерел з експертизи ДТП [2-7, 9] дозволяє зробити висновок, що під час пошуку рішення задачі (1) можуть використовуватись шість груп моделей: математичні, імітаційні, інформаційні, ситуаційні, лінгвістичні та фізичні. Якщо провести ранжування цих груп моделей за властивостями стійкості, складності, повноти, абстрактності та точності (рис. 1), то можна побачити, що по мірі зміни мови опису об'єкта від математичної до лінгвістичної відбувається зростання стійкості, складності та повноти і спадання точності та абстрактності. При цьому слід пам'ятати, що границі між різними методами побудови моделей динамічні та умовні.

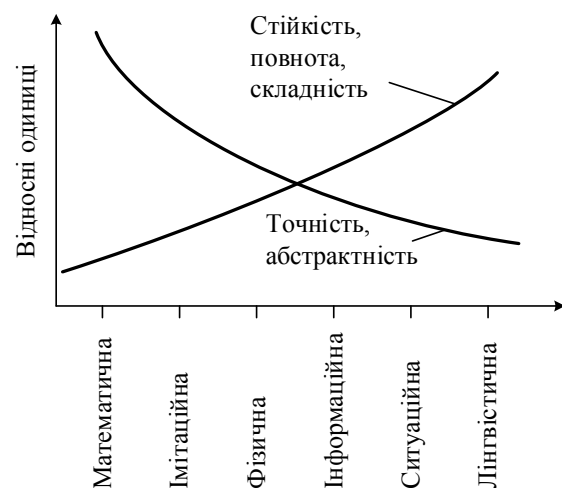


Рис. 1. Зміна властивостей моделі в залежності від мови опису

Надійність і точність результатів експертизи ДТП є важливим фактором, що визначає категоричність висновків експерта-автотехніка та впливає на рішення про ступінь винності учасників пригоди.

Сучасна автотехнічна експертиза потребує застосування методик і технологій, які забезпечують не тільки необхідну точність виконуваних розрахунків, але й дозволяють всебічно дослідити механізм ДТП. В країнах ЄС та США автотехнічне дослідження із застосуванням спеціалізованих комп'ютерних програм є стандартною процедурою моделювання механізму ДТП та його візуалізації, оскільки вони сприймаються як комп'ютеризовані версії відомих законів механіки, а також фундаментальних досліджень в галузі механіки удару та динаміки автомобілів. Такі програми як правило не потребують сертифікації або апробації – експерт-автотехнік сам обирає методики та несе повну відповідальність за об'єктивність та науковість виконаного дослідження.

Впровадження інформаційних технологій в експертну практику почало здійснюватися через моделювання ДТП, створення програмних комплексів, окремих програм виконання допоміжних розрахунків, програм підготовки експертних висновків. Переваги комп'ютеризації: кількісно – виконується значно більший об'єм розрахунків; якісно – зменшується вірогідність арифметичних помилок; з'являється можливість візуалізації результатів досліджень.

За напрямками застосування для потреб автотехнічної експертизи комп'ютерні програми можна поділити на такі групи [2, 9]:

- фотограмметричні програми: PC-Rect, PhotoModeler Pro, Photorect, завданням яких є перетворення звичайних фотографій в зображення в ортогональній проекції (корекція перспективи), які можуть бути використані для виконання усіх видів вимірювань розташування об'єктів, що мають відношення до ДТП;

- програми просторово-часового аналізу руху транспортних засобів та пішоходів в умовах ДТП: Titan, Cyborg Idea SLIBAR+;

- графічні редактори, що дозволяють будувати масштабні схеми ДТП: PC-Draw, Auto-Graf, Plan, пакет програм «Cad Zone»;

- програми визначення параметрів руху учасників ДТП в заданих умовах: ARC, AR Pro, Analyzer Pro, «Auto-Text», WinKol (Kollision), Crash, Rec-Tec, Drive, RWD, та інші (в тому числі розроблені за участі авторів – комплексна програма для вдосконалення проведення автотехнічних експертиз ДТП, які сталися в темну пору доби [3]; комплексна програма оцінювання експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів при експертизі дорожньо-транспортних пригод [3]; інтелектуальна технологія ідентифікації коефіцієнта зчеплення [10]);

- системи візуального моделювання дорожньо-транспортної ситуації: SMAC, eSURV, CARAT, V-SIM, PC-Crash, «Експертиза ДТП» та інші.

Не дивлячись на те, що кожна з існуючих сучасних методик експертного дослідження, заснована на використанні комп'ютерів, специфічна і орієнтована на розв'язання конкретної задачі при дослідженні різних об'єктів, вони мають низку загальних властивостей.

1. В основі цих методик лежать принцип системної організованості об'єкта пізнання, кількісної визначеності та використання математичного апарату, функціональний і алгоритмічний підхід до процесу пізнання і пізнаваного об'єкта.

2. Методологічною передумовою, ланкою, що передують формуванню і застосуванню конкретної методики дослідження, є математичне моделювання об'єкта і розробка (чи вибір) алгоритму процесу його пізнання. Тут моделювання це не лише побудова моделі розв'язання певної задачі, але і створення моделі об'єкта аналізу, моделі порівняльного аналізу ознак тощо.

3. У структурі кожної з методик можна виділити характерні для будь-якої з них елементи: постановка задачі і визначення мети дослідження; поділ загальної задачі на окремі підзадачі; визначення конкретних засобів і прийомів їх реалізації; власне практична діяльність, що складається з певної сукупності трудових операцій; отримання результату і його оцінка; ухвалення рішення.

4. Жодна методика, заснована на використанні комп'ютерів, не охоплює усього процесу розв'язання експертної задачі. Їх використання, як правило, підвищує об'єктивність та автоматизує лише ту або іншу операцію (чи групу операцій), яка може відноситися як до самого процесу пізнання, так і до оцінки отриманих результатів. Тому використання комп'ютерних технологій ні в якому разі не виключає використання якісного підходу до об'єкта пізнання.

Загальноприйняті методики аналізу і реконструкції обставин ДТП, які використовуються в світовій практиці, засновані на математичних моделях, що описують два основних процеси, які відбуваються в ДТП з автомобілями, – процес руху і процес удару [2-7, 11]. Обидва процеси описують моделями, побудованими на науковій основі з використанням відомих законів механіки та базованими на тих чи інших експериментальних даних. Для забезпечення певного рівня точності розрахунків та категоричності висновків експерта необхідно, щоб отримані таким чином математичні моделі теж були науковими. Науковість використовуваних моделей можна оцінити шляхом застосування поняття інтерполяційної та екстраполяційної моделі.

Постановку задачі інтерполяції можна подати так.

Нехай функція $y = f(x)$ задана таблицею: $y_0 = f(x_0)$, $y_1 = f(x_1)$, ..., $y_n = f(x_n)$. Необхідно знайти многочлен $P(x) = P_n(x)$ ступеня не вище n , значення якого в точках x_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) співпадають зі значеннями даної функції, тобто $P(x_i) = y_i$.

Геометрично це означає, що необхідно знайти алгебраїчну криву виду $y = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_n$, яка проходить через задану систему точок

$M_i(x_i, y_i)$ ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) (рис. 2). Многочлен $P(x)$ називається інтерполяційним многочленом. Точки x_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) називаються вузлами інтерполяції.

Доведено [12], що в дані постановці задача інтерполяції завжди має єдине рішення. Інтерполяційні формули звичайно використовуються при знаходженні невідомих значень $f(x)$ для проміжних значень аргументу. При цьому розрізняють інтерполяцію, коли x знаходиться між x_0 й x_n , та екстраполяцію, коли x знаходиться поза відрізком $[x_0, x_n]$. Під час оцінювання похибки результатів повинні враховуватись як похибка методу інтерполяції, так і похибка заокруглення результатів розрахунку.

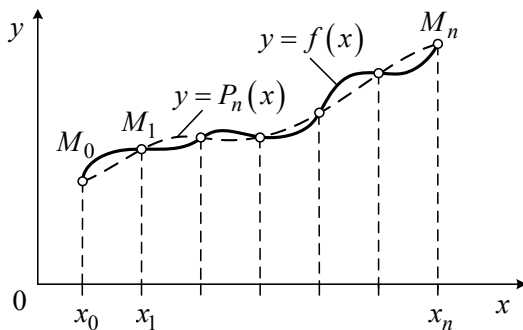


Рис. 2. Геометричний зміст інтерполяції

Таким чином, інтервал $[x_0, x_n]$ складає область визначення, на якій будується інтерполяційна математична модель. Наприклад, експериментальне визначення значень гальмівного шляху спорядженого автомобіля, його ж із завантаженням 25%, 50%, 75% і 100% при певних дорожніх умовах дозволяє з достатньою точністю визначити значення гальмівного шляху при інших значеннях завантаження автомобіля в межах області визначення (0-100%). Відомо, що значення гальмівного шляху зростає зі збільшенням завантаження автомобіля, але це не означає, що при деякому завантаженні понад 100% значення гальмівного шляху буде прямувати до нескінченності й загальмований автомобіль ніколи не зупиниться.

Математична модель, за допомогою якої визначають величину реакції об'єкта за межами області визначення $[x_0, x_n]$, є екстраполяційною тобто призначеною для прогнозування величини реакції на основі деякої гіпотези, точність результатів якої можна встановити статистично при великому числі випробувань, а точність результату в певному випробуванні невідома. Цей висновок підтверджується відомими працями [6, 11] та самими розробниками програми Crash [13], в якій використання гіпотези тристоронньої уніфікованої жорсткості в моделі удару дає в окремих експериментах більше ніж 40% похибку визначення швидкості транспортного засобу. Використання цієї ж гіпотези разом з гіпотезою

Кудліха-Слібара може призводити до виникнення множини можливих рішень, коли однаковий рух автомобілів після удару може визначатися широким спектром сполучення можливих параметрів їх руху в момент зіткнення [11].

Екстраполяційний та ймовірний характер моделей не означає, що вони взагалі не можуть застосовуватись в САТЕ. Вони можуть успішно застосовуватись в якості джерела версій ДТП. А для подання категоричного висновку по конкретному ДТП з використанням екстраполяційних моделей експерту необхідно довести неможливість інших обставин без посилання на гіпотези, що лежать в основі цих моделей.

Висновок. Застосування методик, що базуються на використанні інтерполяційних моделей, дозволяє забезпечити необхідний рівень точності розрахунків та категоричності висновків експертного аналізу ДТП. Підвищення рівня ефективності автотехнічної експертизи можливо забезпечити на основі застосування сучасних інноваційних технологій на всіх етапах експертного дослідження.

Література

1. Road traffic injuries. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en>.
2. Туренко А. М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підручник для вищих навчальних закладів / А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сарасв, С. В. Данець. – Харків : ХНАДУ, 2013. – 320 с. – ISBN 978-966-303-470-6.
3. Волков В. П. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях: Монография / В. П. Волков, В. Н. Торлин, В. М. Мищенко, А. А. Кашканов, В. А. Кашканов, В. П. Кужель, В. А. Ксенофонта, А. А. Ветрогон, Н. В. Скляров. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 476 с.
4. Franck, H. Mathematical methods for accident reconstruction: a forensic engineering perspective [Text] / H. Franck, D. Franck. – Boca Raton: CRC Press, 2009. – 328 p.
5. Struble, D. Automotive accident reconstruction: practices and principles [Text] / Donald E. Struble. – Boca Raton: CRC Press, 2013. – 498 p.
6. Steffan, H. Accident reconstruction methods [Text] / H. Steffan // Vehicle System Dynamics. – 2009. – Volume 47. – Issue 8: State of the art papers of the 21st IAVSD symposium. – P. 1049-1073.
7. Трофименко Н. С. Питання призначення та проведення деяких видів судових експертиз (за матеріалами узагальнення експертної практики) // Вісник Академії митної служби України. Серія: «Право». – Дніпропетровськ : АМСУ, 2013. – № 1 (10). – С. 107-112.
8. Ребрин Ю. И. Управление качеством: Учебное пособие / Ю. И. Ребрин. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. 174 с.
9. Кашканов А.А. Новітні автоматизовані технології дослідження ДТП / А. А. Кашканов // Вісник машинобу-

- дування та транспорту. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – №2. – С. 29-35.
10. Rotshtein, A. Fuzzy Logic-based Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface [Text] / A. Rotshtein, V. Rebedailo, A. Kashkanov // Fuzzy Systems & A.I. Reports and Letters. – 1997. – vol. 6, Nos. 1-3. – P. 53-64.
 11. Никонов В. Н. Классификация математических моделей ДТП и их допустимость в судебном процессе. / В. Н. Никонов // Законность. – М. – 2007. – № 5. – С. 30–34.
 12. Копченкова Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах / Н. В. Копченкова, И. А. Марон. – Москва: «Наука», 1972. – 367 с.
 13. Cliff W.E., Moser A. Reconstruction of Twenty Staged Collisions with PC-Crash's Optimizer. // SAE Paper №2001-01-05-07.

References

1. World Health Organization. Road traffic injuries. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>.
2. Turenko A. M. Avtotekhnichna ekspertyza. Doslidzhennja obstavyni DTP : pidruchnyk dlja vyshhyh navchal'nyh zakladiv / A. M. Turenko, V. I. Klymenko, O. V. Sarajev, S. V. Danec'. – Harkiv : HNADU, 2013. – 320 s.
3. Volkov V. P. Sovershenstvovanie metodov avtotekhnicheskoy ekspertizy pri dorozhno-transportnykh proisshestviyakh: Monografiya / V. P. Volkov, V. N. Torlin, V. M. Mishchenko, A. A. Kashkanov, V. A. Kashkanov, V. P. Kuzhel', V. A. Ksenofontova, A. A. Vetrogon, N. V. Sklyarov. – Khar'kov: KhNADU, 2010. – 476 s.
4. Franck, H. Mathematical methods for accident reconstruction: a forensic engineering perspective [Text] / H. Franck, D. Franck. – Boca Raton: CRC Press, 2009. – 328 p.
5. Struble, D. Automotive accident reconstruction: practices and principles [Text] / Donald E. Struble. – Boca Raton: CRC Press, 2013. – 498 p.
6. Steffan, H. Accident reconstruction methods [Text] / H. Steffan // Vehicle System Dynamics. – 2009. – Volume 47. – Issue 8: State of the art papers of the 21st IAVSD symposium. – P. 1049-1073.
7. Trofymenko N. S. Pytannja pryznachennja ta provedennja dejakyh vydiv sudovyh ekspertyz (za materialamy uzagal'nennja ekspertnoi' praktyky) // Visnyk Akademii' mytnoi' sluzhby Ukrainy. Serija: «Pravo». – Dnipropetrovsk : AMSU, 2013. – № 1 (10). – S. 107-112.
8. Rebrin Yu. I. Upravlenie kachestvom: Uchebnoe posobie / Yu. I. Rebrin. Taganrog: Izd-vo TRTU, 2004. 174s.
9. Kashkanov A.A. Novitni avtomatyzovani tehnologii' doslidzhennja DTP / A. A. Kashkanov // Visnyk mashynobuduvannja ta transportu. – Vinnycja: VNTU, 2015. – №2. – S. 29-35.
10. Rotshtein, A. Fuzzy Logic-based Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface [Text] / A. Rotshtein, V. Rebedailo, A. Kashkanov // Fuzzy Systems & A.I. Reports and Letters. – 1997. – vol. 6, Nos. 1-3. – P. 53-64.

11. Nikonov V. N. Klassifikacija matematicheskikh modelej DTP i ih dopustimost' v sudebnom processe. / V. N. Nikonov // Zakonnost'. – M. – 2007. – № 5. – S. 30–34.
12. Kopchenova N. V. Vychislitel'naja matematika v primere i zadachah / N. V. Kopchenova, I. A. Maron. – Moskva: «Nauka», 1972. – 367 s.
13. Cliff W.E., Moser A. Reconstruction of Twenty Staged Collisions with PC-Crash's Optimizer. // SAE Paper №2001-01-05-07.

Кашканов А.А. Проблемы обеспечения точности расчетов и категоричности выводов автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий.

В статье проанализировано современное состояние и тенденции развития автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий, существующие критерии и подходы к оцениванию качества расследования аварийных ситуаций. Предложено пути повышения эффективности автотехнической экспертизы на основе оценивания научности принятых к использованию методик анализа и реконструкции обстоятельств дорожно-транспортных происшествий путем применения понятий интерполяционной и экстраполяционной модели.

Ключевые слова: система водитель-автомобиль-дорога-среда, дорожно-транспортные происшествия, автотехническая экспертиза, надежность и точность результатов, принятие решений, категоричность выводов.

Kashkanov A. Problems ensure the accuracy of calculations and categoricity conclusions autotechnical expertise traffic accidents.

The article analyzes the current state and development trends of the traffic accident technical expertise. Existing quality characteristics are considered with reference to the evaluation of the effectiveness of the emergencies investigation. The ranking of the models used in the auto-technical expertise was done and the assessment of the model properties change was made depending on the language of the description of the road and transport situation. A classification of programs used in the practice of traffic accident assessment is offered, and their analysis is performed.

The ways of increasing the efficiency of the autotechnical expertise on the basis of the assessment of the scientific nature of the methods of analysis and reconstruction of the circumstances of traffic accidents, using the concepts of the interpolation and extrapolation model, are proposed.

Keywords: driver-car-road-environment system, traffic accidents, auto-technical expertise, reliability and accuracy of results, decision making, categoricity conclusions.

Кашканов А.А. – к.т.н., доц. кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця,
e-mail: a.kashkanov@gmail.com

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

Стаття подана 04.03.2018

УДК 629.4.086

ВИБІР МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ ЗАКРУГЛЕННЯ ДІЛЯНКИ ШЛЯХУ, ЯКИЙ ПРОХОДИТЬ ЛОКОМОТИВ

Клюєв С.О., Брагін М.І.

THE CHOICE OF THE METHOD FOR DETERMINING THE DIRECTION OF CURVATURE OF THE PATH SECTION TRAVERSED BY THE LOCOMOTIVE

Kliuiev S., Brahın N.

У статті розглянуто спільне використання супутників і інерційних систем при керованому русі колісної пари в рейкової колії, використання який забезпечує необхідну точність вимірювання координат розташування локомотива на ділянці шляху. Основна ідея полягає в комплексуванні сигналу від супутникового і інерційного блоку, з метою зменшення похибки вимірювання координат кожної з систем. Розроблено технічне рішення спільного використання супутникового і інерційного вимірювання.

Ключові слова: супутникова навігація, інерціальна система, положення колісної пари, комплексування, система координат, локомотив.

Вступ. Зростаючий обсяг вантажних перевезень і збільшення швидкості руху поїздів підвищують роль оперативного контролю параметрів вузлів рухомого складу з точки зору забезпечення безпеки руху. Елементом, який найбільшою мірою впливає на безпеку руху, є колісна пара локомотива і її взаємодія з рейкової колією [1, 2].

Для зниження силового впливу гребня колеса з головкою рейки при русі локомотива на криволінійних ділянках колії доцільно змінювати кут набігання колеса локомотива на колії поворотом колісних пар. Контроль стану колісною парою локомотива можливо за допомогою оперативного вимірювання фактичного кута набігання колеса на рейку.

Для реалізації такої системи необхідна достовірна інформація про величину кута набігання колеса на рейку. Існуючі методи визначення кута набігання колеса на рейку без установки стаціонарно датчика на залізничне полотно використовують непрямі вимірювання для обчислення значення кута набігання і не відображають процесів силового взаємодії колеса і рейки. Існуючі методи визначення кута набігання колеса на рейку передбачають отримання даних в постобробці. Розробка методу контролю кута набігання колеса на рейку дозволить розробити систему автоматичного керування положенням колісної пари

в рейкової колії, завдяки чому підвищиться якість управління, безпеку руху в криволінійних ділянках шляху і знизиться знос коліс і рейок. Розробка методу контролю кута набігання колеса на рейку дозволить розробити систему автоматичного керування положенням колісної пари в рейкової колії.

Існуючі системи моніторингу кута набігання колеса локомотива на колії недосконалі і містять велику кількість неуніфікованих пристроїв і різних методів контролю. Для стимулювання робіт, спрямованих на удосконалення існуючих систем моніторингу стану колеса щодо рейки, в Європі створюється єдиний стандарт на основі розроблених інструкцій TSI.

Постановка проблеми. В даний час на українському рухомому складі не проводиться моніторинг стану колеса щодо рейки. У західних країнах для моніторингу стану колеса щодо рейки використовуються датчики емнісних і індуктивних типів. Контроль проводиться найчастіше в метрополітенах і місцях з підвищеними вимогами безпеки (мости, тунелі). В існуючих системах повороту колісних пар в горизонтальній площині не контролюється кут набігання колеса на рейку, що призводить до інтенсивного зносу колеса і рейки, зниження безпеки і стійкості руху.

Відомо метод акустичної емісії визначення кута набігання колеса на рейку не чутливий до напрямку набігання або збігання колеса на рейок [3, 4]. Тому одним із завдань є визначення напрямку закруглення криволінійної ділянки шляху, яку проходить локомотив.

Одним з способів визначення напрямку закруглення криволінійної ділянки шляху, яку проходить локомотив полягає у знаходженні зміни координат місцеположення. Постає проблема у точному визначенні координат місцезнаходження локомотива під час руху, так як ця інформація використовується

при управлінні колісними парами локомотива і помилки неприпустимі.

Застосування систем супутникової навігації на локомотивах є одним з інструментів для ідентифікації транспортних засобів на ділянці шляху, але для керованого руху колісної пари в рейкової колії не забезпечують необхідної точності вимірювань. Контактні методи отримання даних про переміщення локомотива не дозволяють визначити положення локомотива на ділянці шляху в кожен момент часу і вимагають стаціонарної установки датчика вздовж залізничного полотна [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування систем супутникової навігації на локомотивах, на думку фахівців локомотивного господарства "Укрзалізниці", є найбільш ефективним інструментом для ідентифікації транспортних засобів та створення цифрової моделі колії залізниць України [6].

На магістральних тепловозах, широке застосування отримало супутникові радіонавігаційні системи (СРНС) [7, 8].

Мета статті. Вибір методу визначення напрямку закруглення ділянки шляху, яку проходить локомотив і підвищення точності вимірювань при керованому русі колісної пари в рейкової колії.

Основний зміст. Для однозначної ідентифікації локомотива на залізничному полотні необхідно мати наявності цифрову карту шляху і наявність наступною інформацією [9]:

- номером ділянки шляху проходження рухомої одиниці, обмеженого стрілочними переводами та/або ізольованими стиками з відомими координатами;
- координатами, отриманими від навігаційного обладнання;
- матрицею переходу між загальноземної системою координат і місцевої станційної системою координат;
- номером функції, яка описує ділянку шляху.

Володіючи інформацією про швидкість руху, про шлях, пройдений локомотивом, здійснюється контроль роботи навігаційного обладнання локомотива, підставивши дані значення в якості вихідних даних в функції, що описують ділянку шляху, визначаються координати локомотива в станційної системі координат.

Одометр є основним приладом, за показаннями якого визначається пройдено локомотивом відстань. Використання одного лише одометра не дозволяє точно локалізувати об'єкт через його похибки, яка залежить від таких факторів, як лінійна швидкість, прослизання колеса щодо рейки, погодні умови і може становити до 5 м на 1 км. Найбільш ефективним способом підвищення точності вимірювання пройденого шляху є інтегрування одометра з інерційної і навігаційною системою [10].

Ні супутникова, ні інерційна система окремо не забезпечує необхідної точності вимірювань.

Інерційних блок пов'язаний з датчиком шляху, що вимірює відстань по голівці рейки. На підставі вимірів збільшень в відстані і кутових зсувів визначаються просторові координати руху в умовній системі координат. Таким чином двічі, незалежно один від одного, визначається просторове положення локомотива в двох різних системах координат, які окремо не задовольняють необхідної точності. Дані інерційного блоку максимально точні на коротких відстанях і спотворюються пропорційно часу через відхід гіроскопів.

Для корекції супутникових вимірювань і досягнення необхідної точності використовується інерційних блок, завданням якого є визначення кутових зсувів в трьох площинах.

Інерційних блок закріплюється на платформі ходового візка і включає в себе:

- два волоконних датчика обертання, вісь чутливості одного з яких розташована в азимутальній площині, а другого збігається з поздовжньою віссю комплексу;
- акселерометр типу ДЛСУ, вісь чутливості якого розташована під кутом 90° до вектору руху;
- акумулятор 12 В;
- контролер.

Принцип роботи інерційного блоку заснований на вимірюванні збільшення кутової швидкості осей чутливості щодо вихідного положення [11].

Акселерометр забезпечує визначення кута нахилу поперечної осі блоку просторової орієнтації відносно горизонту.

Контролер призначений для прийому і виконання команд від кишенькового переносного комп'ютера, зчитування інформації з датчиків і передачі інформації назад.

Збільшення надійності і точності отримання координат просторового положення локомотива на ділянці шляху можливо шляхом об'єднання (комплексування) системи в єдине ціле [12].

Спільна обробка має на увазі синхронізовану роботу супутникового приймача і інерційного блоку. Підвищення точності забезпечується за рахунок придушення помилок в кожній системі [11].

Фільтрація помилок заснована на різниці динамічних властивостей обладнання: чим далі рознесені спектри частот похибок, тим вище ефективність їх придушення. Схема комплексування спільної роботи супутникового приймача і інерційного блоку представлена на рис. 1.

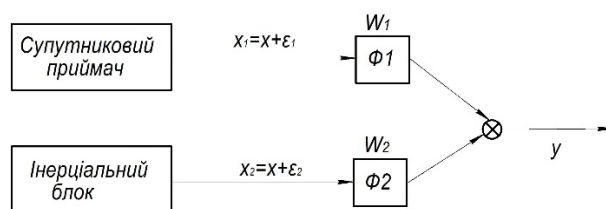


Рис. 1. Структурна схема комплексування

де: y – координата просторового місцеположення локомотива; W_1, W_2 – передавальні функції фільтрів; $\Phi 1, \Phi 2$ – фільтри; x_1, x_2 – корисний сигнал $x(t)$; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – оператори помилки супутникового приймача та інерціального блоку.

Завдання комплексування полягає в тому, щоб отримати сигнал y , який дає інформацію про корисної величиною “ x ” з меншими похибками, ніж $\varepsilon_1, \varepsilon_2$. Для цієї мети сигнали проходять через фільтри $\Phi 1$ і $\Phi 2$. Відповідно до структурної схемою вихідний сигнал “ y ” має вигляд:

$$y = (W_1 + W_2)x + W_1 \varepsilon_1 + W_2 \varepsilon_2.$$

Помилка супутникового приймача $\varepsilon_1(t)$ може бути представлена сумою двох доданків:

$$\varepsilon_1(t) = b + m \cdot \sin(nt),$$

де b – постійна частина (конструктивна похибка);

m – амплітуда динамічної похибки;
 $m \cdot \sin(nt)$ – високочастотна складова помилки (динамічна похибка);
 n – кутова частота коливань,
 t – час.

Помилку інерціального блоку можна виразити у вигляді $\varepsilon_2(t)$:

$$\varepsilon_2(t) = r \cdot t$$

де r – середня швидкість дрейфу інерціального блоку.

Придушення високочастотної похибки супутникового приймача здійснюється за допомогою фільтра $\Phi 1$, похибки інерційного блоку, фільтром $\Phi 2$, передавальна функція яких має вигляд:

$$W_1(p) = a / (p+a).$$

Фільтр $\Phi 2$ має передавальну функцію:

$$W_2(p) = 1 - W_1 = p / (p+a).$$

Кінцевим результатом обробки сигналів від супутникового приймача і інерціального блоку є отримання точних координат просторового положення колісної пари, процес отримання якої складається з наступних етапів:

- попередня обробка та коригування даних;
 - конвертація координат в ГІС (глобальна вимірювальна система);
 - поділ точок за належністю до шляхів;
 - впорядкування точок по пікетажу;
 - фільтрація даних;
 - спільна обробка даних інерціальній системи і ГНСС (глобальна навігаційна супутникова система).
- Спільна обробка даних інерціальній системи і даних ГНСС складається з наступних процесів:

- розшифровка потоків даних, подання їх у вигляді, найбільш придатному для математичної обробки;

- синхронізація потоків даних по тимчасовим мітках або фіксованим точкам;

- пошук і відбраковування частини грубих помилок;

- при необхідності, згладжування і дискретизація даних;

- інтегрування прискорень по осях ІНС (інерціальна навігаційна система);

- спільна обробка.

Теоретичне рішення по обробці даних інерціального блоку полягає в інтегруванні прискорень по координатним осях. Обробка даних виконується в наступній послідовності:

за значеннями прискорень інерціальній системі в довільних точках i ($q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n$), знаходимо значення позовжнього кута.

Для знаходження цих складових використовується регресійний аналіз. При цьому деякі з регресорів визначені фізичною природою процесу, інші включаються в міру необхідності в залежності від їх значимості.

Рівняння регресії, що характеризує догляд гіроскопа, описується рівнянням:

$$\xi \alpha_i = b_0 + b_1 t_i + b_2 t_{i2} + b_3 t_{i3} + b_4 A + b_5 B$$

де b_0 – місце нуля догляду гіроскопа;

$b_1 t_i$ – регресор, що характеризує лінійний ухил гіроскопа;

$b_2 t_{i2}, b_3 t_{i3}$ – регресори, що характеризують нелінійний ухил гіроскопа (використовується поліном третього порядку);

$b_4 A$ – регресор, що характеризує ухил гіроскопа внаслідок зміни початкового азимуту шляху;

$b_5 B$ – регресор, що характеризує ухил гіроскопа внаслідок розвороту координатної системи (при поперечних ухилах і т.д.)

Резюмуючи формули, виходить загальна регресійна модель. Обчислюючи приріст відповідної координати (висоти) і порівнюючи з показаннями ГНСС, складаються рівняння поправок для кожної точки ГНСС.

Аналогічно обчислюються оцінки моделей для інших параметрів інерційної системи.

Після цього обчислюються значення кутів і відстаней, а по ним – координати кожної точки моделі ІНС в локальній системі координат.

Після побудови координатної моделі ІНС переходять до процедури калмановської фільтрації. На вхід фільтра Калмана подаються модель ІНС і виправлені координати ГНСС. При цьому відбувається уточнення моделі ІНС і виправлення даних ГНСС. На виході фільтра Калмана виходить високоточна координата розташування колісної пари локомотива на першій ітерації.

Висновок. Обрано метод визначення напрямку закруглення ділянки шляху, яку проходить локомотив використанням супутникових та інерціальних систем спільно.

Розроблено обґрунтовані технічні рішення спільного використання супутникових та інерціальних вимірювань для підвищення точності визначення місцеположення локомотива на ділянці шляху прямуювання, які забезпечують необхідну точність вимірювань координат для керованого руху колісної пари в рейкової колії. У запропонованому теоретичному вирішенні враховуються всі переваги як супутникових, так і інерційних вимірювань.

Показана доцільність використання супутникових та інерціальних систем спільно, для визначення просторового положення, з огляду на недостатню точність кожної з систем.

Л і т е р а т у р а

1. Ключев С.О. Підвищення безпеки руху на залізниці. Вісник СХУ ім. В. Даля. Сєвєродонєцьк, 2016. № 1 (225). С. 104–107.
2. Simson, S., Cole, C. (2008). Control alternatives for yaw actuated force steered bogies. IFAC Proceedings Volumes, 41 (2), 8281–8286. doi: 10.3182/20080706-5-kr-1001.01400.
3. Kliuiev, S. (2018). Experimental study of the method of locomotive wheel-rail angle of attack control using acoustic emission. East-European Journal of Progressive Technologies, 2/9 (82), 69–75. doi: 10.15587/1729-4061.2018.122131.
4. Spiryagin, M., Lee, K. S., Yoo, H. H., Spiryagin, V., Klyuyev, S. (2009). Study on using noise for development of active steering control system of rail vehicle. Proceedings of the 23rd National Conference and Exposition on Noise Control Engineering (Noise-Con 2008) (and the Sound Quality Symposium). USA: Curran Associates, Inc., 499–506.
5. Ключев С.О. Аналіз методів ідентифікації залізничного рухомого складу. Вісник СХУ ім. В. Даля. Сєвєродонєцьк, 2017. № 3 (233). С. 85–89.
6. Укрзалізниця обладувала системами супутникової навігації 1352 локомотива // <http://www.transport.com.ua/index.php?newsid=43135>.
7. Матвеев СИ., Коугія В.А., Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии на железнодорожном транспорте. – М., УМК МПС России, 2002. – 288 с.
8. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: ЭКО – TRED3, 2000. – 268 с.
9. Гурин С.Е. Спутниковые радионавигационные системы ГЛОНАСС/GPS на железнодорожном транспорте. – ч. 1. Уч. Пособие. – Москва. 2004 г. – 65 с.
10. Белый О.В. Инновационные проблемы развития транспорта // Бюллетень ОУС ОАО “РЖД” №5, 2012.
11. Жидов В.М. Разработка и исследование системы геодезического контроля пространственного положения железнодорожных путей: дис. к.т.н.: 25.00.32 / Жидов Виталий Михайлович; Сибирский государственный университет путей сообщения. – Новосибирск, 2010. – 125 л.
12. Загоруйко В. В., Конин В. В. Спутниковые навигационные системы. – Деньги и технологии. – 4. – 2000. – С. 60–63.

References

1. Kliuiev, S. O. (2016). Pidvyshchennia bezpeky rukhu na zaliznytsi. Visnyk SNU im. V. Dalia. Sievierodonetsk, 1 (225), 104–107.
2. Simson, S., Cole, C. (2008). Control alternatives for yaw actuated force steered bogies. IFAC Proceedings Volumes, 41 (2), 8281–8286. doi: 10.3182/20080706-5-kr-1001.01400.
3. Kliuiev, S. (2018). Experimental study of the method of locomotive wheel-rail angle of attack control using acoustic emission. East-European Journal of Progressive Technologies, 2/9 (82), 69–75. doi: 10.15587/1729-4061.2018.122131.
4. Spiryagin, M., Lee, K. S., Yoo, H. H., Spiryagin, V., Klyuyev, S. (2009). Study on using noise for development of active steering control system of rail vehicle. Proceedings of the 23rd National Conference and Exposition on Noise Control Engineering (Noise-Con 2008) (and the Sound Quality Symposium). USA: Curran Associates, Inc., 499–506.
5. Kliuiev, S. O. (2017). Analiz metodiv identyfikatsiyi zaliznychnoho rukhomoho skladu. Visnyk SNU im. V. Dalia. Sievierodonetsk, 3 (233), 85–89.
6. Ukrzaliznica oborodovala sistemami sputnikovoy navigacii 1352 lokomotiva // <http://www.transport.com.ua/index.php?newsid=43135>.
7. Matveev SI., Kougiya V.A., Cvetkov V.Ja. Geoinformacionnye sistemy i tehnologii na zheleznodorozhnom transporte. – M., UMK MPS Rossii, 2002. – 288 s.
8. Solov'ev Ju.A. Sistemy sputnikovoy navigacii. – M.: JeKO – TRED3, 2000. – 268 s.
9. Gurin S.E. Sputnikovyie radionavigatsionnyie sistemyi GLONASS/GPS na zheleznodorozhnom transporte. – ch. 1. Uch. Posobie. – Moskva. 2004 g. – 65 c.
10. Belyiy O.V. Innovatsionnyie problemyi razvitiya transporta // Byulleten OUS OAO “RZhD” №5, 2012.
11. Zhidov V.M. Razrabotka i issledovanie sistemy geodezicheskogo kontrolja prostranstvennogo polozheniya zheleznodorozhnyh putej: dis. kand. tehn. nauk: 25.00.32 / Zhidov Vitalij Mihajlovich; Sibirskij gosudarstvennyj universitet putej soobshheniya. – N., 2010. – 125 l.
12. Zagorujko V. V., Konin V. V. Sputnikovye navigacionnye sistemy. – Den'gi i tehnologii. – 4. – 2000. – S. 60–63.

Ключев С.О., Брагин Н.И. С Выбор метода определения направления закругления проходимого локомотивом участка пути.

В статье рассмотрено совместное использование спутниковых и инерциальных систем при управляемом движении колесной пары в рельсовой колее, использование которой обеспечивает необходимую точность измерения координат местоположения локомотива на участке пути. Основная идея заключается в комплексировании сигнала от спутникового и инерциального блока, с целью уменьшения погрешности измерения координат каждой из систем. Разработано техническое решение совместного использования спутникового и инерциального измерения.

Ключевые слова: спутниковая навигация, инерциальная система, положение колесной пары, комплексирование, система координат, локомотив.

Kliuiev S., Brahin N. The choice of the method for determining the direction of curvature of the path section traversed by the locomotive.

To reduce the power impact of the crest of the wheel with the rail head when the locomotive moves on curvilinear sections of the track, it is advisable to change the angle of the wheel of the locomotive to the rail by turning the wheel pairs. Controlling the position of the locomotive wheel pair is possible by means of an operational measurement of the actual angle of wheel impingement onto the rail. Measurement of the wheel angle on the rail is not performed because it is impossible to determine the value directly.

The article discusses the joint use of satellite and inertial systems with the controlled movement of a wheel pair in a track, the use of which provides the necessary accuracy of measuring the coordinates of the location of the locomotive in the section of the track. The basic idea is to integrate the

signal from the satellite and inertial blocks, in order to reduce the error in measuring the coordinates of each of the systems. A technical solution has been developed for the joint use of satellite and inertial measurements.

Keywords: *satellite navigation, inertial system, position of the wheel pair, integration, coordinate system, locomotive.*

Клюєв С.О. – к.т.н., доц. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк, e-mail: sergastreet@gmail.com.

Брагін М.І. – асистент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк.

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

Стаття подана 15.03.2018

УДК 621.76

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД

Коршко И. Н.

INNOVATIVE METHODS OF PROVIDING SAFETY OF WORK LOCOMOTIVE BRIGADE

Korshko I.

С целью сохранения здоровья в профилактических целях необходимо использовать методы физиотерапии.

В информационных материалах приводятся данные по аргументированному подходу использования профилактического воздействия ряда положительных природных факторов. Данные факторы способны уменьшить интенсивность протекания ряда хронических заболеваний, а также восстановить разные функции организма за счет применения инновационной научно-технической разработки в виде многофункционального оздоровительного модуля, предназначенного для использования в разносторонних условиях применения и для разных профессиональных групп, слоев населения и водителей (пилотов, локомотивных бригад) транспортных средств.

Ключевые слова: модуль, лечение, локомотивная бригада.

Немедикаментозная реабилитация локомотивных бригад для лечения и профилактики весьма актуальна в настоящее время. Защита работников железных дорог от профессиональных заболеваний является острой проблемой, как в Украинской, так и Европейской системах охраны труда.

Высокий уровень ответственности за безопасность движения требует от работников транспортной отрасли поддержания соответствующей работоспособности за счет дополнительной психической и физической мобилизации в те периоды суточного ритма физиологических функций и обмена веществ, которые не способствуют такой мобилизации, особенно в ночное время. Начиная с XX столетия, в процессе развития науки и техники, благодаря сотрудничеству инженеров со специалистами медицинских направлений, продолжается создание новых, все более усовершенствованных методов и приборов. Это связано с тем, что современная медицина все больше внимания уделяет предупреждению болезней в соответствии с древним правилом «болезнь легче предупредить, чем лечить».

Требуются специальные тонкие методы исследования состояния организма для выявления незначительных изменений, происходящих в организме, что дает возможность проведения эффективных лечебно-профилактических процедур.

С этой целью должна массово использоваться современная диагностическая медицинская техника, созданная на основе интеграции, т.е. на объединении принципов и специфических методов из различных областей науки в общую систему.

Практика Евросоюза также предусматривает взаимосвязь охраны здоровья с обеспечением экологической чистоты условий труда железнодорожников, что способствует безопасности работы транспортной отрасли в целом.

Факторы условий труда могут быть как благоприятными и необходимыми для здоровья человека, так и вредными, что зависит от их вида, а также интенсивности воздействия.

В целом эти факторы окружающей среды условно делятся на химические, биологические и физические (энергетические).

А так как человек живет в обществе, то на него могут воздействовать и психогенные (информационные) факторы, такие как слова, речь, язык, письменность, взаимоотношения в коллективе и т.д.

К природным физическим факторам внешней среды относятся температура, влажность, сила ветра, солнечная радиация, которая включает в себя невидимую часть спектра, атмосферное давление, гравитация, магнитное поле земли, атмосферное электричество, космическое излучение.

Антропогенными физическими факторами преимущественно являются механические колебания и различного рода излучения.

К механическим колебаниям относят шум и вибрацию различной частоты и интенсивности, а также ультразвуковые колебания с частотами выше порога восприятия органами слуха.

Электромагнитные колебания включают волны диапазона радиочастот, инфракрасное, ультрафиолетовое, рентгеновское и γ -излучения. К корпускулярным излучениям относят потоки α - и β - частиц протонов и нейтронов. В отличие от них, неионизирующими магнитными излучениями являются излучения систем радиосвязи и радиовещания, микроволновое излучение (используется в радарных установках, телевидении, экранах пультов управления железнодорожного подвижного состава и промышленности), инфракрасное излучение нагревательных приборов, видимый свет некоторых лазеров, УФ-излучение и т.п.

Кроме того, на орган человека влияют статическое электричество и магнитное поле.

К механическим факторам относят также перемещения, связанные как с движением Земли, так и транспорта, ускорениями, торможениями и т.д.

Вышеуказанные факторы для транспортного персонала железных дорог являются определяющими, и, по-этому, другие мы не рассматриваем в данном материале, т.к. особо влиять на них не представляется возможным по конструктивному исполнению железнодорожного подвижного состава.

Нормативная база, в том числе и санитарно-гигиенические требования к подвижному железнодорожному составу, изложены в нормах безопасности НБЖТ ЦТ 02-98 и НБЖТ ЦТ 094-2003, которые предусматривают как охрану здоровья, так и эргономику, экологическую безопасность, в том числе, электромагнитные излучения.

Указанное устанавливает обязательное требование для продукции, находящейся в ведении Министерства инфраструктуры. В материале о немедикаментозной реабилитации локомотивных бригад [1] детально рассмотрен многофункциональный оздоровительный модуль, который используется в целях профилактики и лечения.

При этом отмечается эффективность использования модуля при патологиях различного вида, что подтверждает целесообразность использования методов восстановительной медицины для укрепления здоровья, что также служит профилактике и лечению хронических заболеваний. Указанное тем более актуально, так как в последнее время отмечается ухудшение психофизического состояния специалистов транспортных средств и локомотивных бригад.

Специалистами Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля, совместно со специалистами Транспортной академии Украины и медицинскими работниками, обслуживающими транспортную сферу, в настоящее время разработан и внедрен ряд приборов различной конструкции и применения для создания экологически благоприятной воздушной среды, путем компенсации недостатка отрицательных ионов, с целью приведения их в соответствие с требованиями санитарных норм и правил ГОСТ 12.1005-88, ДСН 3.3.6.-042-99, СН № 2152-80, а также требованиями транс-

портной отрасли. К их числу можно отнести ионизаторы МВП-1, ИВП-2, ИВП-3.

Модификация опытного образца ионизатора установлена в кабине грузового магистрального тепловоза и в процессе испытаний подтвердила целесообразность его применения.

Насыщение кабины машиниста отрицательными ионами способствует улучшению общего самочувствия локомотивной бригады, повышению умственной и физической работоспособности. Воспроизведенный природный ионный климат оказывает благотворное воздействие на гипоталамус, отдел головного мозга, управляющий биохимическими процессами, а также на процессы кроветворения.

Положительные результаты получены также при использовании отрицательной ионизации и в стационарных условиях для реабилитации водителей транспортных средств, а также больных с нарушениями психоневрологического характера и наркотического воздействия.

К разработкам нового поколения средств для профилактики и лечения с помощью энергетических полей можно отнести:

- концентратор биологической и космической энергии (Патент Украины № 83635 от 25.09.2013);
- энергетический блок с аэроионизатором для распыления ароматических веществ и галотерапией (Патент Украины № 83632 от 25.09.2013).

Указанные выше устройства проходят в настоящее время свою апробацию в различных сегментах использования, после чего будут представлены для сертификации и внедрения.

Л и т е р а т у р а

1. Найш Н.М., Коршко В.В., Цуркан В.Г. / Збірник наукових праць IV науково-практичної конференції «Іноваційні технології на залізничному транспорті». - Донецьк, 2013.
2. Воронько П.А. Человеческий фактор и методы немедикаментозной реабилитации локомотивных бригад. / «Локомотив-информ». - №3 - 2013 г.
3. Патент Украины № 71690 от 25.07.2012.
4. Аверьянова Н. И. Основы физиотерапии : учеб. пособие / Н. И. Аверьянова, И. А. Шипулина. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Ростов н/Д. : Феникс, 2010. – с. 66-68.
5. Василенко А.М. Инновационные технологии, сочетающие принципы физио- и рефлексотерапии / А.М. Василенко, К.Ю. Черемхин, И.М. Черныш // Учебник по восстановительной медицине под ред. А.Н. Разумова, И.П. Бобровниченко, А.М. Василенко - М.: "Восстановительная медицина, 2009. - с. 244-248
6. Королева М.В. Исследование активности мозга в процессе динамической электронейростимуляции / М.В. Королева, Е.Е. Мейзеров // Традиционная медицина. 2006. - № 2 (7). - С. 15-20.
7. Патент на полезную модель № 71690 «Многофункциональная оздоровительная камера». Зарегистрирован в Государственном реестре патентов Украины на полезные модели 25.07.2012.
8. Хинко М.А. Применение динамической электронейростимуляции в неврологии (обзор литературных данных) / М.А. Хинко, К.Ю. Черем*хин, Е.В. Губерна-

торова, А.А. Власов // Не лекарственная медицина. — СПб., 2007. — № 1. — С. 28-33.

Reference

1. Nish NM, Korshko VV, Tsurkan V.G. Збірник наукових праць IV of the scientific and practical conference "Innovatsiyni tehnologii na zalipnichnomu transporti", m. Donetsk, 2013.
2. Voronko P.A. - The human factor and methods of non-drug rehabilitation of locomotive crews. Lokomotiv-Inform №3, 2013
3. Patent of Ukraine No. 71690 of 25.07.2012.
4. Aver'janova N. I. Osnovy fizioterapii : ucheb. posobie / N. I. Aver'janova, I. A. Shipulina. — Izd. 2-e, dop. i pererab. — Rostov n/D. : Feniks, 2010. — s. 66-68.
5. Vasilenko A.M. Innovacionnye tehnologii, sochetajushhie principy fizio- i refleksoterapii / A.M. Vasilenko, K.Ju. Cheremhin, I.M. Chernysh // Uchebnik po vosstanovitel'noj medicine pod red. A.N. Razumova, I.P. Bobrovnickogo, A.M. Vasilenko - M.: "Vosstanovitel'naja medicina, 2009. - s. 244-248
6. Koroleva M.V. Issledovanie aktivnosti mozga v processe dinamicheskoy jelektronejrostimuljacii / M.V. Koroleva, E.E. Meizerov // Tradicionnaja medicina. 2006. - № 2 (7). - S. 15-20.
7. Patent na poleznuju model' № 71690 «Mnogofunkcional'naja ozdorovitel'naja kamera». Zaregistrirovan v Gosudarstvennom reestre patentov Ukrainy na poleznye modeli 25.07.2012.
8. Hinko M.A. Primenenie dinamicheskoy jelektronejrostimuljacii v nevrologii (obzor literaturnyh dannyh) / M.A. Hinko, K.Ju. Cheremhin, E.V. Gubernatorova, A.A. Vlasov // Nelekarstvennaja medicina. — SPb., 2007. — № 1. — S. 28-33.

Коршко І.М. Інноваційні методи поліпшення працездатності локомотивних бригад.

З метою збереження здоров'я в профілактичних цілях необхідно використовувати методи фізіотерапії.

В інформаційних матеріалах наводяться дані по аргументованого підходу використання профілактичного впливу ряду позитивних природних факторів. Дані фактори здатні зменшити інтенсивність протікання ряду хронічних захворювань, а також відновити різні функції організму за рахунок застосування інноваційної науково-технічної розробки в вигляді багатофункціонального оздоровчого модуля, призначеного для використання в різних умовах застосування і для різних професійних груп, шарів населення і водіїв (пілотів, локомотивних бригад) транспортних засобів.

Ключові слова: модуль, лікування, локомотивна бригада.

Korshko I. N. Innovative methods of ensuring work safety locomotive brigades.

In order to maintain overall health for prophylactic purposes it is advised to use methods of physiotherapy.

There are arguments factors in uniform materials of using prophylact influence by number positive natural factors, which can decrease and rehabilitation different functions of organism for account using innovation science-engineering design by many functions health module, which can using in different conditions and for different groups of professionals, populations and drivers (pilots, loco-engineers) for transport means.

Keywords: module, treatment, loco-engineer.

Коршко І. Н. — к.мед.н., врач-психіатр вищої категорії.

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

Стаття подана 20.03.2018

УДК 656.073

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ВАНТАЖІВ В ЕКСПОРТНОМУ СПОЛУЧЕННІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Кравченко С.В., Семенов С.О.

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE TRANSPORTATION OF METALLURGICAL GOODS IN THE EXPORT COMBINATION WITH USE OF EXPERT EVALUATION

Kravchenko S., Semenov S.

У роботі розглянуто основні фактори, що впливають на перевезення металургійних вантажів в експортному сполученні, визначення впливу яких розглянуто на стадії попереднього дослідження. В процесі аналізу можливості взаємодії цих факторів пропонується виділити найбільш істотні. Для цього було проведено психологічний експеримент з експертами, що займаються дослідженнями та працюють у галузі транспорту. Результати вирішення завдань науково-технічного і економічного прогнозування свідчать про доцільність звернення до методу експертних оцінок, який широко використовується при прогнозуванні ефективності ухвалення технічних рішень.

Ключові слова: аналіз, взаємодія, транспорт, перевезення, ранжирування, фактор, експертна оцінка.

Постановка проблеми. Рішення науково-технічних завдань, що пов'язані з перевезеннями металургійних вантажів в експортному сполученні, є складними у перевізному процесі. Це пов'язано зі складністю врахування впливу декількох десятків факторів. Необхідно відзначити, що висновки по ряду питань, отримані різними дослідниками, часто суперечать один одному, і оцінити подальші перспективи того або іншого напрямку досліджень у зв'язку з цим достатньо скрутно. Тому, для раціонального вибору напрямів вирішення науково-технічних завдань, пов'язаних із перевезеннями металургійних вантажів в експортному сполученні, доцільно використовувати думки фахівців високої кваліфікації в досліджуваній області. Їх компетентність дозволить уникнути вірогідних помилок в майбутньому, частково компенсувати недолік інформації, а також правильно оцінити перспективи подальшого розвитку досліджень.

Для узагальнення і аналізу отриманої інформації можна скористатися сучасними процедурами і логічними прийомами з використанням математичних методів, а обробку провести, наприклад, за до-

помогою методу рангової кореляції (апріорного ранжирування), перевага якого полягає в тому, що при невеликих витратах, без експерименту є можливість виділити істотні фактори, що впливають на даний процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасного стану проблеми дослідження, виконаний вченими і фахівцями науково-дослідних і проектно-конструкторських установ, висвітлений в [2] показав, що на перевезення металургійних вантажів в експортному сполученні впливає цілий ряд факторів, багато з яких діє в сукупності. Тому, при дослідженні процесів взаємодії пропонується виконати аналіз ступені впливу основних факторів, що діють на перевезення металургійних вантажів в експортному сполученні, а також виділити найбільш істотні з них. Для цього необхідно провести психологічний експеримент з експертами, що займаються дослідженнями і що працюють у галузі транспорту. Відзначимо, що результати вирішення завдань науково-технічного і економічного прогнозування свідчать про доцільність звернення до методу експертних оцінок [1-4], який широко використовується при прогнозуванні ефективності ухвалення технічних рішень [5, 6].

Мета. Метою роботи є визначення найбільш впливових факторів, на перевезення металургійних вантажів в експортному сполученні за допомогою методу експертного оцінювання.

Результати досліджень. На стадії попереднього дослідження проведено ретельний аналіз патентних даних і літературних джерел з метою виявлення та класифікації факторів, що впливають на перевезення металургійних вантажів в експортному сполученні. В результаті аналізу виділено ряд факторів, що впливають на вказані процеси, які умовно було розділено на 2 групи. Це група факторів, що пов'язані з вантажем і його транспортуванням та група

факторів, що пов'язані зі станом рухомого складу шляху, а також з «форс-мажорними» умовами (див. таблиці 1-2).

Для отримання незалежних експертних висновків були опитані компетентні фахівці та фахівці високої кваліфікації ряду наукових шкіл: кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті, спеціалісти транспортної компанії «AWACARRIER» а також працівники залізниці (Полтавська дирекція залізничних перевезень ПАТ «Укрзалізниця»).

Таблиця 1

Група факторів, що пов'язані з вантажем і його транспортуванням

№ п/п	Фактор
1	Обсяг вантажу
2	Цінність вантажу
3	Збереження вантажу при перевезенні
4	Рівень завантаження транспортного засобу
5	Час доставки вантажу
6	Репутація (надійність) перевізника, що забезпечує доставку вантажу
7	Відстань перевезення
8	Виявлення непродуктивних втрат часу і інших ресурсів
9	Вид відправки
10	Оптимальний маршрут перевезення

Таблиця 2

Група факторів, що пов'язані зі станом рухомого складу шляху, а також з «форс-мажорними» умовами

№ п/п	Фактор
1	Технічний стан шляху
2	Технічний стан рухомого складу
3	Види транспорту (автомобільний, залізничний, морський та ін.), необхідні для перевезення
4	Рівень завантаження транспортного засобу
5	Політичний фактор (військові дії, соціально-економічний вплив, блокади та ін.);
6	Кримінальний фактор (протиправні дії);
7	Фактор аварійності (ДТП).
8	Узгодженість дій перевізників при взаємодії різних видів транспорту
9	Раптова зміна погодних умов
10	Фактор перетину кордону (можливі черги)

Фахівцям було запропоновано оцінити ступінь впливу вказаних факторів на перевезення металургійних вантажів в експортному сполученні. При опитуванні використовувалися анкети, в яких були вказані самі фактори та область їх визначення. Кожен фахівець давав оцінку за бальній шкалі від 1 до 10 (де найбільш значущий бал - 10, найменш значущий - 1), а також міг вказати додаткові фактори, якщо вважав, що пропонується йому варіант є неповним. Під час дискусій практично всі фахівці відзначали, що розділення факторів на групи є умовним, оскільки в реальних умовах експлуатації вони діють комплексно і взаємопов'язано.

Даний підхід до вивчення поставленого питання можна пояснити наступним чином. Найбільш ефективними способами роботи з експертами вважаються інтерв'ювання та анкетування. У роботі був обраний другий спосіб, який дає можливість експертам не тільки глибоко зосередитися на розв'язуваній проблемі, а й додатково вивчити подану проблему і способи її вирішення.

На підставі заповнених експертами анкет складалася повна таблиця, в якій балам привласнювався певний ранг, згідно рекомендацій [7, 8, 9, 10]. Обробка апріорної інформації здійснювалася методом рангової кореляції (апріорного ранжирування факторів), в якій визначалися ранг групи, сума рангів т ін., а також вага фактора для оцінки його значущості на підставі рекомендацій, даних експертами, що беруть участь в анкетуванні.

Для визначення важливості фактора з погляду якого-небудь критерію була визначена вага фактора, розрахована одним з методів [7], по оцінках всіх експертів по формулі

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m w_{ij}}{m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m} \quad (1)$$

де n - число порівнюваних об'єктів;

m - число експертів;

$\sum_{j=1}^m w_{ij}$ - сумарна вага i -го об'єкту (фактора), розра-

хована по оцінках всіх експертів;

w_{ij} - вага i -го об'єкту, розрахована по оцінках j -го експерта;

$$w_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m} \quad (2)$$

де $\sum_{i=1}^n x_{ij}$ - сума рангів фактора i , дана всіма експертами;

x_{ij} - оцінка фактора i , дана j -м експертом.

Потім обчислювалася середня сума рангів

$$C = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad (3)$$

після чого визначалися відхилення суми рангів від середньої суми з урахуванням знаків

$$\Delta_i = \sum_{i=1}^n x_{ij} - C_i \quad (4)$$

Далі знаходилися квадрати відхилень Δ_i^2 і обчислювалася сума квадратів

$$S = \sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2. \quad (5)$$

Наступним етапом здійснювався розрахунок коефіцієнта конкордації (узгодженості) Кьондалла [9], з урахуванням поправки у зв'язку з наявністю однакових рангів досліджуваних факторів

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_j T_j} \quad (6)$$

$$\sum_j T_j = \sum_{j=1}^m (t_{jq}^3 - t_{jq}) \quad (7)$$

де t_{jq} – число однакових рангів в j -м ранжируванні.

Для оцінки значущості отриманого коефіцієнта конкордації визначався критерій Пірсона «хі-квадрат» (χ^2) [9, 11], з мірами свободи $k = n - 1$:

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot S \cdot (\Delta_i)^2}{m \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \cdot \sum T_i} \quad (8)$$

Результати розрахунків представлені в звідній матриці рангів і узагальнені в діаграмах (рис. 1-2), де по осі X приведені номери факторів, а по осі Y-їх питома вага в даній групі.

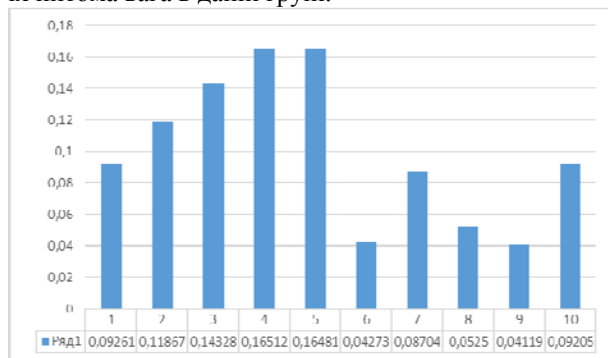


Рис. 1. Група факторів, пов'язаних з вантажем і його транспортуванням

Застосування методу експертних оцінок дозволило виділити найбільш істотні фактори з числа тих, що впливають на перевезення металургійних вантажів в експортному сполученні, які набрали найбільш високу вагу (табл. 4)

Аналіз показав, що отримані результати на даному етапі відповідають вимогам узгодженості і пройшли перевірку значущості по критерію Пірсона «хі-квадрат» (табл. 5) [9, 11].

У всіх випадках (табл. 5) набутого емпіричного значення більше табличного, що свідчить про достатній ступінь узгодженості думок експертів в дослід-

жуваному діапазоні і дозволяє відкинути нульову гіпотезу.

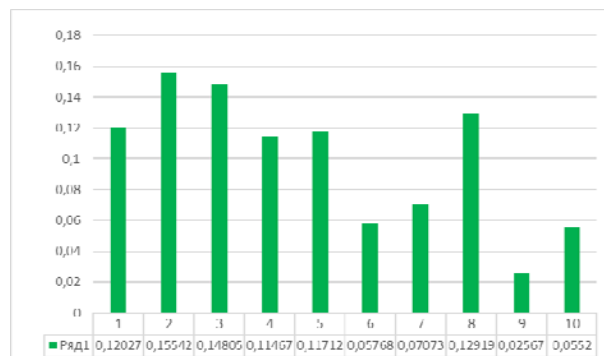


Рис. 2. Група факторів, пов'язаних зі станом рухомого складу шляху, а також з «форс-мажорними» умовами

Таблиця 4

Найбільш вагомі чинники

№1	Рівень завантаження транспортного засобу
№2	Час доставки вантажу
№3	Технічний стан рухомого складу
№4	Види транспорту (автомобільний, залізничний, морський та ін.), які необхідні для перевезення
№5	Збереження вантажу при перевезенні
№6	Узгодженість дій перевізників при взаємодії різних видів транспорту
№7	Технічний стан шляху

Ряд впливаючих факторів піддається цілеспрямованій зміні, в той час, як вплинути на деяких з них не представляється можливим. Так, проблему технічного стану рухомого складу (3 фактор) можна вирішити заміною зношеного рухомого складу новим, або модернізацією існуючого, з урахуванням особливостей перевезень та існуючого технічного стану шляху (7 фактор). В свою чергу, капітальний ремонт шляхів, як і заміна рухомого складу, вимагає великих капіталовкладень/інвестицій, що на даний час є невідомим для держави.

Важливим критерієм збереження вантажу при перевезенні (фактор 5) є правильний підбір тари для збереження та транспортування вантажу. Оскільки деяка продукція металургійного підприємства може бути зіпсованою при транспортуванні, внаслідок деяких причин (опаді, псування майна, розкрадання та ін.), то цей фактор є важливим у перевізному процесі.

Таблиця 5

Підсумки оцінки значущості досліджуваних груп факторів на основі отриманого коефіцієнта конкордації

№ п/п	Група факторів	Коефіцієнт конкордації (значення)	Критерій Пірсона «хі-квадрат»	
			табличне значення при п'ятивідсотковому рівні значимості ($\alpha=0,05$)	розрахункове значення
1	Група факторів, пов'язаних з вантажем і його транспортуванням	0,662	16,92	59,601
2	Група факторів, пов'язаних зі станом рухомого складу шляху, а також з «форс-мажорними» умовами	0,601	16,92	54,146

Спроба вирішення цієї проблеми зроблена компанією ВАТ "Трансконтейнер", яка провела тестове перевезення металургійних виробів в спеціалізованих контейнерах типу hard-top (з жорсткою знімним дахом) власного виробництва, з різними схемами кріплення вантажу [12]. Застосування даних контейнерів, згідно з відгуками вантажовідправників та вантажоотримувачів, дозволяє підвищити збереження вантажу.

Одним з найважливіших критеріїв транспортування вантажів є вибір необхідного виду транспорту, який потрібно для перевезення (4 фактор), з урахуванням його переваг і недоліків. Наприклад, морський вид транспорту має вигідні економічні показники при здійсненні перевезення великих обсягів вантажу і рекомендується на досить далекі відстані (міжконтинентальні), але має недоліки в силу неможливості доставки в певні місця (без виходу на море / океан). Недоліком застосування морського виду транспорту є час очікування до повного завантаження транспорту.

Відомо, що автомобільний транспорт славиться своєю мобільністю і рекомендується для застосування на короткі відстані з малим об'ємом вантажу (дрібні відправки). Ще однією перевагою даного виду транспорту є можливість доставки вантажу «від дверей до дверей». Недоліки полягають в невідповідності використанні даного виду транспорту при здійсненні перевезень великих обсягів вантажу на далекі відстані (в порівнянні з морським і залізничним видом).

Перевагою залізничного транспорту є його відносна економічність і безпека пересування (в порівнянні з автомобільним транспортом), тому транспортування вантажів із застосуванням залізничного транспорту рекомендується для перевезень на далекі відстані за умови великих обсягів вантажів, оскільки перевезення дрібних відправок за допомогою даного виду транспорту буде нерентабельною.

У цьому світлі представляє інтерес на перевезення металургійних вантажів в експортному сполученні вплив фактора рівня завантаження транспортного засобу (1 фактор). Як описано раніше, використовувати залізничний транспорт при здійсненні перевезень малих партій вантажу не вигідно, відсутній ефект при транспортуванні вантажем в неповністю завантаженому рухомому складі.

З економічної, як і експлуатаційної точки зору буде набагато вигідніше задіяти автомобільний вид транспорту для малих обсягів вантажу (при певних обставинах), який відправиться повністю завантаженим, ніж самим буде виконувати своє максимальне ККД при перевезенні.

В сучасних умовах більшість вантажних перевезень здійснюється за участю двох і більше видів транспорту. Перевагою взаємодії видів транспорту в перевізному процесі є перш за все те, що з всіх універсальних видів транспорту тільки автомобільний може виконувати перевезення «від дверей до дверей». Залізничний і водний транспорт мають цю можливість лише при наявності відповідно під'їзних залізничних колій і причалів у кожного клієнта. В основному ж залізничний та водний транспорт виконують пере-

везення, як і магістральні види транспорту, а суміжні види транспорту беруть участь у перевезенні як підвізні до магістрального транспорту або вивозять від нього. Ще однією причиною є глобалізація економіки і розвиток міжнародних перевезень вантажів (недоцільність використання прямого сполучення автомобільним транспортом).

Тому важливою обставиною є узгодженість дій перевізників при взаємодії видів транспорту (6 фактор), оскільки в разі недотримання вимог, що пред'являються до організації перевізного процесу, можливий простій рухомого складу, що призводить до зниження ефективності використання транспортних засобів.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є можливість використання перевірених транспортних компаній з висококваліфікованим персоналом. Висока узгодженість дій учасників перевізного процесу при взаємодії різних видів транспорту дозволить зменшити простій транспортних засобів, внаслідок чого підвищиться економічні показники і значно зменшиться час доставки вантажу.

На думку експертів, саме фактор часу доставки вантажу (2 фактор), є одним з найважливіших. Саме вплив на даний фактор представляється перспективним з точки зору зменшення часу простою транспортних засобів при взаємодії видів транспорту, при виборі оптимального маршруту перевезення. Тому подальші обчислення планується здійснити в даному напрямку.

Висновок. Використання методу експертних оцінок при дослідженні факторів, що впливають на перевезення металургійних вантажів в експортному сполученні є найважливішим кроком для подальшого вивчення цієї складної проблеми. Концентрація інформації з літературних джерел, досвід висококваліфікованих фахівців в даній області дозволяє визначити доцільні шляхи рішення. В результаті аналізу отриманих результатів експертного опиту виявлено, що на розглянуту в роботі проблему можна ефективно вплинути за допомогою фактору часу, що представляється перспективним з точки зору зменшення часу простою транспортних засобів при взаємодії видів транспорту та при виборі оптимального маршруту перевезення.

Л і т е р а т у р а

1. Горбунов Н.И. Теория и практическая реализация системного подхода при создании экипажной части локомотива: авторефер. дис. д. т. н. : 05.22.07 / Н.И. Горбунов. – Луганск: – 2006. – 40 с.
2. Здор А.П. Применение методов ранговой корреляции для анализа надежности тепловозов / А.П. Здор, Л.П., Устюгов, Т.В. Ставров, И.П. Колубин, А.С. Гурьевский. – ОмИИТ: Деп. N 3875. – 16 с.
3. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1971. – 280 с.
4. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

5. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И.Г. Зедгинидзе. – М.: Наука, 1976. – 390 с.
6. Горбунов Н.И. О методах подготовки к принятию технического решения / Н.И. Горбунов, А.И. Костюкевич, А.Л. Кашура, Ю.Г. Вивденко // Збірник наукових праць Східноукраїнського державного університету, 1998. – С. 47-53
7. Евдокимов Ю.А., Колесников В.И., Тетерин А.И. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа. М.: Наука, 1980. 228 с.
8. Мартемьянов, Ю.Ф. Экспертные методы принятия решений: учеб. пособие / Ю.Ф. Мартемьянов, Т.Я. Лазарева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 80 с.
9. Харченко М.А. Корреляционный анализ. Учебное пособие для вузов / М.А. Харченко. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008. – 31 с
10. Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие / А.И. Орлов. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 656 с.
11. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1980, 159 с.
12. "ТрансКонтейнер" испытал контейнер для перевозки металлургической продукции [Электронный ресурс]: Вся правда о.... — Режим доступа: <http://vspro.info/article/transkonteiner-ispytal-konteiner-dlya-perevozki-metallurgicheskoi-produktsii>. — Назва з екрану.

References

1. Gorbunov N.I. Teoriya i prakticheskaya realizatsiya sistemnogo podhoda pri sozdaniy jekipazhnoj chasti lokomotiva: avtorefer. dis. d. t. n. : 05.22.07 / N.I. Gorbunov. – Lugansk: – 2006. – 40 s.
2. Zdor A.P. Primenenie metodov rangovoy korrelyatsii dlja analiza nadezhnosti teplovozov / A.P. Zdor, L.P., Ustjugov, T.V. Stavrov, I.P. Koljubin, A.S. Gur'evskij. – OmlIT: Dep. N 3875. – 16 s.
3. Adler Ju.P. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij / Ju.P. Adler, E.V. Markova, Ju.V. Granovskij. – М.: Nauka, 1971. – 280 s.
4. Beshelev S.D. Matematiko-statisticheskie metody jekspertnyh ocenok / S.D. Beshelev, F.G. Gurvich. – М.: Statistika, 1980. – 263 s.
5. Zedginidze I.G. Planirovanie jeksperimenta dlja issledovaniya mnogokomponentnyh sistem / I.G. Zedginidze. – М.: Nauka, 1976. – 390 s.
6. Gorbunov N.I. O metodah podgotovki k prinjatiju tehničeskogo reshenija / N.I. Gorbunov, A.I. Kostjuevich, A.L. Kashura, Ju.G. Vivdenko // Zbirnik naukovih prac' Shidnoukrains'kogo derzhavnogo universitetu, 1998. – S. 47-53
7. Evdokimov Ju.A., Kolesnikov V.I., Teterin A.I. Planirovanie i analiz jeksperimentov pri reshenii zadach trenija i iznosa. М.: Nauka, 1980. 228 s.
8. Martem'janov, Ju.F. Jekspertnye metody prinjatija reshenij: ucheb. posobie / Ju.F. Martem'janov, T.Ja. Lazareva. – Tambov : Izd-vo Tamb. gos. tehn. un-ta, 2010. – 80 s.
9. Harchenko M.A. Korrelyacionnyj analiz. Uchebnoe posobie dlja vuzov / M.A. Harchenko. – Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2008. – 31 s

10. Orlov A.I. Teoriya prinjatija reshenij. Uchebnoe posobie / A.I. Orlov. – М.: Izdatel'stvo «Jekzamen», 2005. – 656 s.
11. Beshelev S.D., Gurvich F.G. Matematiko-statisticheskie metody jekspertnyh ocenok. – 2-e izd., pererab. i dop. – М.: Statistika, 1980, 159 s.
12. "TransKontejner" ispytal kontejner dlja perevozki metallurgicheskoy produkcii [Elektronnij resurs]: Vsja pravda o.... — Режим доступа: <http://vspro.info/article/transkonteiner-ispytal-konteiner-dlya-perevozki-metallurgicheskoi-produktsii>. — Nazva z ekranu.

Кравченко С.В., Семенов С.А. Анализ факторов, которые влияют на перевозку металлургических грузов в экспортном сообщении с применением экспертной оценки.

В работе рассмотрены основные факторы, влияющие на перевозку металлургических грузов в экспортном сообщении, определение влияния которых рассмотрено на стадии предварительного исследования. В процессе анализа за возможности взаимодействия этих факторов предлагается выделить наиболее существенные. Для этого был проведен психологический эксперимент (опрос) с экспертами, занимающимися исследованиями и работают в области транспорта. Результаты решения задач научно-технического и экономического прогнозирования свидетельствуют о целесообразности применения метода экспертных оценок, который широко используется при прогнозировании эффективности принятия технических решений.

Ключевые слова: анализ, взаимодействие, транспорт, перевозки, ранжирование, фактор, экспертная оценка.

Kravchenko S., Semenov S. Analysis of factors influencing the transportation of metallurgical goods in the export combination with use of expert evaluation.

The paper contain the analysis of main factors influencing the transportation of metallurgical goods in export, the impact of which is considered at the stage of the preliminary study. In the process of analysis the possibility interaction of these factors proposed to highlight the most significant. For this purpose, a psychological experiment (survey) was conducted with experts engaged in research and working in the field of transport. The results of solving the problems scientific, technical and economic forecasting indicate the expediency of applying to the expert estimation method, which is widely used in predicting the effectiveness of adoption of technical solutions. It is precisely the application this method that has allowed to identify the most significant factors among those that influence the transport of metallurgical goods in export competition, which have gained the highest weight, and to investigate the possibilities of influence on them.

Keywords: analysis, interaction, transport, transportation, ranking, factor, expert evaluation.

Кравченко С.В. – магистрант кафедры «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, e-mail: lirlguard@gmail.com

Семенов С.О. – ст. викл. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, e-mail: 1mojdodyr1@gmail.com

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

УДК 621.9

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ФРЕЗ НА ОДНОПОЛОСТНЫХ ГИПЕРБОЛОИДАХ

Кириченко И.А., Кузьменко Н.Н.

MANUFACTURE OF HYPERBOLOID GEARS AND CUTTERS ON HYPERBOLOID

Kirichenko I., Kuzmenko N.

В статье рассматривается изготовление гиперболоидных зубчатых колес и фрез при помощи производящих инструментов с целью получения линейного характера касания между основными поверхностями (для увеличения нагрузочной способности), для чего режущий инструмент необходимо выполнить на половине однополостного гиперболоида (под любым передним углом, что снижает усилие резания), в результате получается гиперболоидная червячная фреза, которая не затылается.

Ключевые слова: гиперболоидное зубчатое колесо, станочное зацепление, эвольвентное колесо, квазигиперболоидное зубчатое колесо, формообразование.

Введение. Цилиндрические зубчатые колеса наиболее просты технологически, поэтому получили широкое распространение, в том числе и для передачи вращения между скрещающимися валами. Эти колеса в основном получают методом обкатки при помощи цилиндрических фрез, долбяков, гребенок, резцов. Отделка цилиндрических колес ведется шевингованием, зубошлифованием, притиркой, обкаткой, хонингованием.

Постановка проблемы. Нарезание зубьев колес и инструментов на цилиндрических заготовках производят копированием или обкаткой. Основное применение имеет обкатка, как наиболее точный и производительный способ обработки зубчатых колес и лезвийных инструментов, имеющих режущие зубья. По этому методу зубья нарезают инструментом в виде рейки, червячной фрезой, долбяком, обкаточным резцом.

Независимо от того, предназначены ли нарезаемые таким образом колеса для передач плоских (работающих на параллельных осях) или же пространственных (работающих на скрещающихся осях), сам процесс нарезания во всех обычных кинематических схемах обкатки характеризуется параллельностью или скрещиванием осей нарезаемого колеса и инструмента. При этом режущий инструмент (червячная фреза, долбяк, обкаточный резец и

др.) подается вдоль прямолинейной образующей цилиндрической заготовки для колеса или инструмента. При этом производящие поверхности имеют линейный характер касания при параллельных осях и точечный характер (кроме обработки червячной фрезой) при скрещающихся осях при сопряженных эвольвентных зубьях.

Анализ последних исследований и публикаций. Развитие метода обкатки привело к тому, что нарезание колес и инструментов возможно и при отступлении от указанного выше условия, требующего обязательной подачи инструмента вдоль прямолинейной образующей цилиндрической заготовки как при параллельном расположении осей, так и скрещивании осей. В этом случае получают другие колеса и инструменты, отличающиеся от колес и инструментов, полученных при движении инструмента вдоль образующей цилиндрической заготовки. При этом инструменты и колеса получают в пространственном станочном зацеплении режущим инструментом, передвигающимся вдоль прямой, скрещающейся с осью вращения заготовки.

Для получения одинаковой высоты зуба заготовка из цилиндрической должна трансформироваться в гиперболоидную, что пока не выполнено исследователями зубчатых передач и обкатных инструментов. При этом полученные на такой заготовке зубья при движении эвольвентного инструмента вдоль прямой, скрещающейся с осью вращения гиперболоида становятся неэвольвентными. Дальнейшие исследования показали, что полученные гиперболоидные зубья касаются эвольвентных зубьев цилиндрических колес по линии. Поэтому при нарезании гиперболоидных инструментов по второму методу Оливье передняя грань на цилиндрическом инструментальном колесе может располагаться под любым углом, лишь бы режущая кромка имела точки по всей активной высоте зуба, участвующей в зацеплении. Изменение величины переднего угла на цилиндрическом инструментальном колесе не иска-

жает боковые поверхности зубьев или витков искомого инструмента при условии не затылования и острой незаточки гиперболоидных заготовок.

Результаты исследований. *Способ изготовления гиперболоидных зубчатых колес и фрез на однополостных гиперболоидах.* Поставленная цель достигается тем, что согласно способу изготовления гиперболоидных зубчатых колес и фрез зубообработку производят с помощью воображаемого производящего колеса, вокруг оси которого обрабатываемому изделию сообщают дополнительное вращение, при этом зубонарезание производят при различных межосевых расстояниях между ними, сначала при расстоянии, равном диаметру начальной окружности обрабатываемого колеса в горловом его сечении, а затем при расстоянии, равном сумме радиусов начальных окружностей в торцовом и горловом его сечениях.

На рисунке 1. изображена операция изготовления рабочих и интерферируемых участков боковой поверхности зуба, то есть получение одной зоны контакта.

Таким образом, способ изготовления гиперболоидных колес и фрез осуществляется методом копирования впадины с единичным делением при переходе от одной впадины к другой.

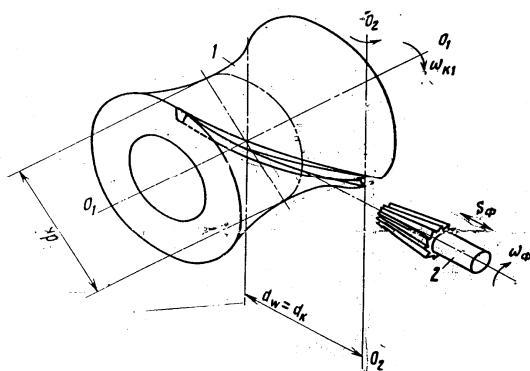


Рис. 1. Способ изготовления гиперболоидных колес

Само устройство для осуществления способа нарезания фрез на однополостных гиперболоидах показано на рисунке 2.

Предлагаемый способ и устройство позволяют осуществить чистовую обработку гиперболоидных червячных фрез и зубчатых колес и заточку фрез и шевров.

Рассмотрение предложенного способа показывает, что технологическое осуществление устройства чрезвычайно сложное. Кроме того, заготовка должна быть осуществлена на половине однополосного гиперболоида.

Окончательная обработка зубьев после закалки в крупносерийном производстве.

Непрерывное шлифование профилей было разработано на фирме "РЕЙСХАУЭР". Метод шлифования при поверхностном рассмотрении выглядит очень похожим на хорошо известное непрерывное шлифование по методу обката с цилиндрическим

абразивным червяком, - здесь имеются значительные различия. В традиционной технологии обрабатываемая деталь должна смещаться в осевом направлении относительно цилиндрического абразивного червяка, с тем, чтобы боковые стороны зуба шлифовались по всей ширине зубчатого колеса. В новой технологии это осевое смещение не предусмотрено, то есть профили зубьев обрабатываются по всей ширине без осевого смещения. Причина такой возможности заключается в том, что при традиционном методе теоретически между абразивным червяком и боковой стороной зуба имеется всегда точечное касание, в то время, как при новом методе обработки всегда сохраняется линейное касание. Однако, в этом случае при переходе через горловое сечение огибающая цилиндрической поверхности кардинально изменится. В результате получаются несопряженные поверхности. Почему так происходит станет ясно из следующих рассуждений. Представим зубчатое колесо с любой длиной зуба. Для большей легкости представим себе вначале зубчатое колесо без зубьев, то есть мы имеем перед собой цилиндр, который по своему диаметру соответствует диаметру окружности впадины зубчатого колеса. Теперь обрабатываем этот цилиндр с помощью шлифовального круга, ось которого скрещивается с осью заготовки и форма которого подогнана по форме цилиндра (рисунок 3).

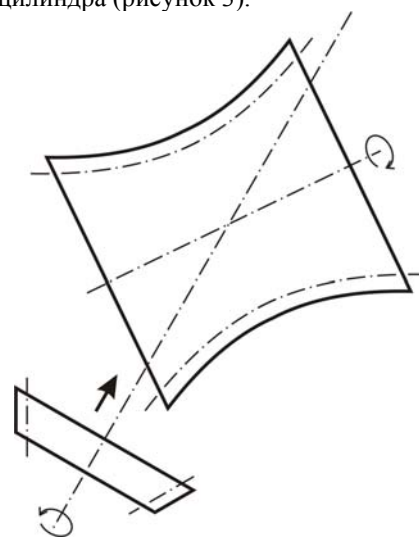


Рис. 2. Нарезка гиперболоидного колеса

Обработка зубьев гиперболоидных колес и инструментов методом обкатки. Обработка зубьев гиперболоидных колес методом обкатки описана в а.с. 536902. В этом способе зубья на однополостном гиперболоиде осуществляют прямозубым долбяком. Ось долбяка располагают параллельно прямолинейной образующей однополостного гиперболоида. Используя относительное скольжение поверхности зубьев нарезаемого гиперболоидного колеса о передние грани зубцов долбяка при скрещивающихся осях заготовки и инструмента, осуществляют нарезание колеса. Для получения зубчатого колеса любой ширины долбяку сообщают дополнительное пе-

ремещение вдоль прямолинейной образующей однополостного гиперболоида.

Вращение долбяка и заготовки осуществляют в разные стороны при угловых скоростях обратно пропорциональных количеству их зубьев. Подачу долбяка производят со скоростью, выбранной при назначении режимов резания. Базовой поверхностью для установки глубины резания является наружная поверхность торцового сечения гиперболоида.

Аналогичный метод обработки гиперболоидной фрезы при помощи долбяка также описан в материалах симпозиума, который состоялся в Токио в 1981 году. При этом делается вывод о том, что нарезку витков гиперболоидной фрезы на станке не удалось осуществить из-за сильной вибрации, природе которой не удалось раскрыть специалистам совместной германо-японской фирмы, работающей в этом направлении.

Проверочная нарезка зубьев на половине гиперболоидных заготовок на зубофрезерных станках при помощи прямозубых долбяков, проведенная на заводе, привела к положительным результатам.

Выводы. Интерес зуборезчиков, исследователей, конструкторов, технологов к зубчатым инструментам и передачам на скрещающихся осях не случаен: он объясняется стремлением повысить нагрузочную способность рассматриваемых передач. В одних работах исследователи пытаются доказать повышение нагрузочной способности теоретическим путем, в других – эти теоретические предположки стремятся подтвердить на практике.

Анализ работ с точки зрения задач исследования позволяет прийти к следующему выводу: первой задачей, которую ставят перед собой большинство исследователей, является задача синтеза передач и инструментов и методов ее решения. Другими словами - в большинстве работ ставится вопрос, как выбрать сопряженные поверхности для передач со скрещающимися валами. При этом необходимо подчеркнуть, что до настоящего времени не удается нарезать зубья на однополостных гиперболоидах. Так, в пространственном станочном зацеплении (оси скрещаваются) основные эвольвентные поверхности имеют точечный характер касания. При создании на этой основе режущего инструмента режущая кромка должна принимать только определенную пространственную кривую совпадающую с линией контакта контактирующих основных поверхностей. В результате, передний угол получается не таким, каким он должен быть из условия минимального усилия резания. Что касается долбяка, обкаточного резца, то эти инструменты на скрещающихся валах при подаче их вдоль оси вращения заготовки резать впадину не будут. Поэтому стоит задача найти приемлемую для практики конструкцию режущей кромки за счет изменения боковых поверхностей зубьев (витков) гиперболоидных основных поверхностей с целью получения линейного характера касания между основ-

ными поверхностями (для увеличения нагрузочной способности).

Окончательная обработка зубьев после закалки в крупносерийном производстве, разработанная на фирме "Рейсхауэр" является высокопроизводительной операцией. Недостаток заключается в том, что витки гиперболоидного шлифовального круга являются геометрически другими при переходе через горловое сечение. В результате обрабатываемые поверхности получаются разные на одной длине зуба. Чтобы этого не произошло режущий инструмент необходимо выполнить на половине однополостного гиперболоида (под любым передним углом, что снижает усилие резания).

По прямолинейной образующей однополостного гиперболоида перекачивается цилиндрическое инструментальное колесо. В результате получается гиперболоидная червячная фреза, которая не затылается.

Л и т е р а т у р а

1. Журавлев В. Л. Технология изготовления глобоидных передач. – М.: Машиностроение, 1995.
2. Кириченко И. А., Кузьменко Н. Н. Экспериментальные исследования и технология изготовления гиперболоидных передач // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2017. – Выпуск №25. – С. 89-93
3. Kuzmenko N., Кузьменко Н. Н., Анализ станочного зацепления, в котором цилиндрическое колесо является эвольвентным. – 2016.
4. Патент № 1.980.237, кл. 74-427, автор Nikola Trobojevich.
5. Витренко А.Н. Исследование геометрии и кинематики цилиндрико-гиперболоидных передач: Дисс...канд. техн. наук: 01.02.02.-Ворошиловград., 1975.- 214 с.
6. Патент США № 1.972.544, кл. 90-4.
7. Кузьменко Н.Н. Экспериментальные исследования по изготовлению квазиглобоидных зубчатых колес // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2015. – Выпуск №34. – С. 75-79
8. Кузьменко Н.Н. Формообразование глобоидного станочного зацепления // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2014. – Выпуск №31. – С. 84-88
9. Litvin, F.L. Development of Gear Technology and Theory of Gearing. NASA RP-1406, 1998. – 113 p.
10. Pekrun: Hohleistungs.-Globoidschnecken-Getriebe/Maschinenfabrik Pekrun Getriebebau GMBH/s.n., 1983. Katalog G 303/- 34 s. (ФРГ).
11. Olivier T. Theorie geometrical des enqrenages, Paris, 1842.- 111 p

R e f e r e n c e s

1. Zhuravlev V.L. Technology of globo-idnyh gear. - M.: Mechanical Engineering, 1995.
2. Kirichenko I. A., Kuzmenko N. N. Experimental research and technology manufacture of gears//Bulletin of NTU "KhPI"/ - Kharkiv/ - 2017. – 25 / P. 89-93
3. Kirichenko I.A., Vitrenko V. A., Vitrenko A.V., Gears on the shafts of mating // International collection of scientific papers "of progressive technologies and systems engineering industry." - Donetsk: DSTU. - 2002.-№ 19. - P. 83-88.
4. Patent № 1.980.237, кл. 74-427, author Nikola Trobojevich.
5. Patent of the USA № 1.972.544, кл. 90-4.

6. Kuzmenko N. Experimental studies on the production of quasi-globoid gears //Bulletin of NTU "KhPI" - Kharkiv/ - 2015. – 34 / P. 75-79
7. Kuzmenko N. Forming of the globoid machine tooling//Bulletin of NTU "KhPI" - Kharkiv/ - 2014. – 31 / P. 84-88
8. Litvin, F.L. Development of Gear Technology and Theory of Gearing. NASA RP-1406, 1998. – 113 p.
9. Pekrun: Hohleistungs.-Globoidschnecken-Getriebe/Maschinenfabrik Pekrun Getriebebau GMBH/s.n., 1983. Katalog G 303/ - 34 s. (ФРГ).
10. Olivier T. Theorie geometrical des enqrenages, Paris, 1842.- 111 p

Кириченко І.О., Кузьменко Н.М. Виготовлення гіперболоїдних зубчастих коліс і фрез на однополосних гіперболоїдах.

У статті розглядається виготовлення гіперболоїдних зубчастих коліс і фрез за допомогою виробляють інструментів з метою отримання лінійного характеру дотику між основними поверхнями (для збільшення навантажувальної спроможності), для чого ріжучий інструмент необхідно виконати на половині однополостного гіперболоїда (під будь-яким переднім кутом, що знижує зусилля різання), в результаті виходить гіперболоїдна червячна фреза, що не затилується.

Ключові слова: гіперболоїдне зубчасте колесо, евольвентне колесо, глобоїдне зубчасте колесо, квазіглобоїдне зубчасте колесо, формоутворення.

Kirichenko I., Kuzmenko N. Manufacture of hyperboloid gears and cutters on hyperboloid.

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 evolventnym wheel and cut kvazigloboidnym neevolventnym 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: hyperboloid gear, impulse wheel, globogenous gear, quasigloid cogwheel, shaping.

Кириченко І.О. - д.т.н., професор кафедри електричної інженерії ЧНУ ім. В. Даля.

Кузьменко Н.М. – к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії ЧНУ ім. В. Даля.

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

Стаття подана 05.03.2018

УДК 656.13.07

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА З УРАХУВАННЯМ СОЦІАЛЬНОГО АСПЕКТУ

Кулінченко О.С.

DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE CITY TAKING INTO ACCOUNT THE SOCIAL ASPECT

Kulinchenko O.

Розглянута значимість соціальної орієнтації при розробці транспортної політики та стратегії управління транспортним процесом. Показана важливість та ступінь впливу соціального аспекту на рівень благополуччя та комфорту життя суспільства в справжньому та майбутньому шляхом розрахунку конкретних показників, таких як: рівень автоматизації, рівень розвитку маршрутної системи, швидкість повідомлення, економія приросту національного доходу. Проаналізовано транспортне обслуговування населення. Представлені напрями подальшого розвитку міського пасажирського транспорту.

Ключові слова: логістика, потоки, соціальна норма, стандарти, комфортабельність, якість, соціальний аспект, транспортна система, інфраструктура, пасажирооборот, механізм розвитку транспортної інфраструктури.

Вступ. У сучасних умовах логістика - це наука про рухи та організацію необхідного комфорту, розподілу та обробки фінансових, матеріальних, інформаційних та людських потоків. Основною функцією логістики виступає оптимізація матеріальних та людських потоків з метою задоволення потреб споживачів, а також організації інформації.

На сьогоднішній день логістика - це наука про рух, створення необхідного комфорту, обробки та розподілу матеріальних, фінансових, людських та інформаційних потоків. Головною функцією логістики є організація інформації, оптимізація людських та матеріальних потоків для задоволення потреб споживачів. В логістиці застосовується системний підхід, що представляє собою її концептуальну основу і включає теорію систематизації, структурування та проектування системи для подальшого використання в сукупності тимчасових та просторових ресурсів, забезпечення організації людських та матеріальних потоків фінансів та інформації.

Транспортна галузь є ключовою для більшості країн світу в забезпеченні життєдіяльності держави, так як, не виробляючи ніяких матеріальних цінностей

сама по собі, вона доставляє товари від виробників до споживачів і забезпечує пасажирооборот країни.

Постановка проблеми. Магістральної завданням будь-якого підприємства є збільшення прибутку при мінімізації витрат, а облік соціокультурних і екологічних факторів веде до зменшення прибутку.

Рішення проблеми розвитку транспортної інфраструктури полягає в інституційних аспектах, у створенні механізму, елементами якого будуть ті структури, які дозволять дотримуватися баланс економічних інтересів бізнесу і суспільства в цілому.

Майбутнє громадських перевезень, в першу чергу, залежить від рішення наступних пріоритетних завдань:

- забезпечення в регіоні виробництва і добробуту життя;
- пріоритетне транспортне обслуговування соціально незахищених верств населення;
- захист навколишнього середовища.

Необхідно формування такої системи транспортної інфраструктури, яка б гарантовано і ефективно задовольняла соціальні, економічні, природоохоронні та інші вимоги [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З точки зору Н. Г. Комарової, функціонування транспортної інфраструктури привносить такі негативні чинники на стан навколишнього середовища:

- відчуження земельних територій під транспортне будівництво;
- забруднення і зміна всіх природних компонентів;
- значне споживання природних компонентів і пов'язане з ним порушення кругообігів речовин в природних комплексах;
- шум і вібрація, що супроводжує роботу практично всіх видів транспорту [2].

Різні питання регіонального соціального інфраструктурного розвитку транспорту, знайшли своє відображення в роботах: М.М. Некрасова, Л.І. Абалкін,

А.Г. Аганбегяна, А.В. Бузгалін, С.Ю. Глазьева, А.Г. Гранберг, М.Ф. Замятіна, В.Г. Ігнатова, А.Е. Когут, Н.Д. Кондратьєва, П.А. Мінакіра і ін.

Проблемам управління розвитку транспортної системи присвячені роботи Б.А. Анікіна, І.В. Белова, М.А. Гасанова, М.М. Громова, Е.А. Жукова, Л.Б. Миротин, В.М. Николашин, Т.А. Прокоф'євої, В.І. Сергєєва, Е.Ф. Тихомирова, М.П. Улицького, В.І. Якуніна та ін.

Мета статті. Формування плану розвитку транспортної інфраструктури міста з урахуванням соціального аспекту.

Основний зміст. Сучасна динаміка соціально-економічного розвитку регіонів різних країн світу багато в чому стала обумовлюватися станом соціокультурних систем і екологічним середовищем проживання населення.

Особливо гостро соціокультурні чинники впливають на формування механізму розвитку транспортної інфраструктури різних регіонів.

Зі збільшенням добробуту населення, транспортна інфраструктура починає відігравати домінуючу роль в повсякденному життєдіяльності людини, завдяки великій кількості природних і трудових ресурсів. Тому економісти вважають, що рівень розвитку транспортної інфраструктури обумовлює і визначає загальний рівень соціально-економічного розвитку та регіону, і національного господарства в цілому.

У зв'язку з цим, при формуванні елементів транспортної інфраструктури та функціонуванні її об'єктів, повинен йти облік таких чинників:

- концентрація (щільність) населення на території;
- проживання на території населення різних національностей, віросповідань, різних традиційних і моральних укладів;
- територія може мати або унікальний природно-кліматичний, або культурно-історичний характер;
- комфортність географічного положення;
- можливість побудови складної виробничої або туристично-рекреаційної структури;
- потреба в користуванні даною територією людьми, які проживають в сусідніх чи інших регіонах, країнах;
- природно-ресурсна, економічна або політична значимість території.

Стосовно до пасажирського транспорту, логістика є сукупністю використаних на конкретному виді пасажирських перевезень методів і засобів управління, технічних і проектних рішень, які допомагають забезпечувати оптимальний рівень обслуговування пасажирів, їх безпеку, надійність і безперервність доставки в фіксований час при мінімальних витратах. Застосування логістики на пасажирському транспорті дозволяє вдосконалити процес перевезення за допомогою логістичних зв'язків, що беруть участь в наданні транспортних послуг, тоді як цей процес являє собою логістичну систему операторів і об'єктів інфраструктури [3].

При управлінні пасажирськими транспортними системами завжди особливу роль відіграє соціальний аспект логістики пасажирського транспорту. Слід враховувати потреби сучасного суспільства і на їх основі планувати роботу системи транспортної інфраструктури.

На сьогоднішній день у всіх країнах з соціальною політикою, транспортна стратегія спрямована на скорочення числа індивідуальних засобів і збільшення використання громадського транспорту. Щорічно спостерігаються спроби взяття міського пасажирського транспорту під патронат державної влади шляхом прийняття відповідних програм, регулювання тарифів. Однак методи «втручання» влади не в повній мірі відповідають напрямом щоденної їх діяльності - забезпечення добробуту і комфорту життя суспільства в сьогоденні і майбутньому. Таким чином, є взаємозв'язок між процесом поширення використання громадського транспорту і розвитком суспільства. Майбутнє громадських перевезень залежить від рішення трьох пріоритетних завдань [4]:

- гарантоване транспортне обслуговування соціально незахищених верств населення;
- забезпечення добробуту життя і виробництва в регіоні;
- забезпечення захисту навколишнього середовища.

Соціальне регулювання пасажирських перевезень є координацію відносин згідно встановлених соціальних норм і нормативів. Таким чином, встановлені відповідно до нормативних документів і законами соціальні норми і стандарти, визначають ступінь виконання гарантій і прав, підтримують соціальний захист суспільства. Головні причини створення соціальних нормативів функціонування пасажирського транспорту обумовлені його галузевою особливістю, тісним взаємозв'язком з економікою і соціальною сферою, прямим впливом збоїв в роботі транспортної системи, як на споживача, так і на ситуацію в економіці в цілому. При цьому, з точки зору економіки суспільства, витрати на соціальне регулювання транспортного обслуговування повинні бути в тій кількості, щоб забезпечити зручність задіяного в народному господарстві населення і добробут суспільства. Для досягнення такої кінцевої мети необхідно визначити вимоги до пасажирської логістичної системи і забезпечити:

- оптимальне поєднання громадського та приватного пасажирського транспорту з урахуванням екологічних, інфраструктурних, технічних особливостей;
- раціональне використання енергетичних, природних, трудових ресурсів та спільне забезпечення безпечного, надійного та комфортабельного обслуговування.

Функціонування пасажирського транспорту має здійснюватися з урахуванням ресурсів і соціальних норм. В контексті суспільних перевезень під соціальними нормами розуміється оптимальне забезпечення можливостями транспортної інфраструктури для досягнення найкращого стану ділової та домашньої ак-

тивності населення. Стандарти роботи транспорту покликані гарантувати суспільству якісний рівень транспортного обслуговування, тобто не нижче допустимого. Це не виробничі показники, такі як: річний обсяг перевезень, коефіцієнт випуску, коефіцієнт використання місткості, середня дальність поїздки, - характеризують роботу самого транспортного засобу. Основу стандартів роботи транспорту представляють результати його функціонування, що відображають транспортні умови нормальної ділової та домашньої активності населення. Значення соціальних норм динамічні, вони змінюються з розвитком суспільства і, як будь-який норматив, повинні мати «відкриту структуру», що дає можливість час від часу змінювати кількісні та якісні параметри і перелік характеристик [5].

Головним показником в соціальному аспекті логістики пасажирського транспорту є комфортабельність, так як він грає головну роль в забезпеченні задоволеності пасажирів процесом перевезення [6].

Збільшити базові показники якості міського транспортного комплексу великих міст допоможе будівництво швидкісного надземного трамвая, який виступає як альтернатива метро, тільки з найменшими капітальними витратами. Розвиток пасажирського транспорту необхідно місту, так як рівень автомобілізації дуже високий, що не завжди є показником багатства нації. Термін експлуатації автомобіля в середньому в місті становить понад 10 років. Ситуація перевантаженості доріг особистими автомобілями знижує комфортабельність перевезень людей пасажирським транспортом.

Обсяг транспортних послуг багато в чому залежить від стану економіки країни. Однак сама транспортна галузь часто стимулює зростання рівня активності економіки завдяки підвищенню мобільності людського ресурсу і в зв'язку з цим транспортна галузь є важливим і актуальним завданням [7, 8].

На сьогоднішній день послугами міського пасажирського транспорту на постійній основі користуються 60% населення країни. На число пасажирів, що користуються громадським пасажирським транспортом впливає рівень автомобілізації населення. Витрати на переміщення однієї людини в легковому автомобілі майже в 30 разів вище витрат на аналогічне переміщення громадським транспортом.

Зниження кількості автомобілів на міських вулицях можливо за рахунок надання населенню альтернатив у вигляді якісних послуг системи пасажирського транспорту.

З огляду на постійну урбанізацію і збільшення попиту на мобільність в великих містах, затори вуличного руху у всіх містах світу будуть продовжувати рости, якщо підхід до мобільності не буде змінений.

Прямі витрати, пов'язані з заторами на дорогах, доходять до 2% ВВП. Щорічно це становить мільярди євро. Дорожні пробки опановують містами: поїздка з дому на роботу на автомобілі займає в 90 разів більше міського простору та інфраструктури, що фінансуються суспільством, ніж та ж сама поїздка на

метро, і в 20 разів більше місця, ніж та ж поїздка, здійснена на автобусі або на трамваї.

Заходи щодо вдосконалення мобільності і транспортної доступності в містах вимагають значно меншого рівня вкладень, ніж ті витрати, які є прямим наслідком вуличних заторів, а з урахуванням ціни соціальних наслідків і зовнішніх витрат такі вкладення виявляються ще більш виправданими.

Пасажирський транспорт загального користування є найважливішою складовою частиною міської інфраструктури. Також від рівня тарифів залежить фінансова стабільність підприємств транспорту, їхня здатність до виживання в умовах жорсткої конкуренції.

Міський пасажирський транспорт - найважливіша інфраструктурна складова міського господарства, економічну і соціальну роль якого, як і вплив на якість життя городян, важко переоцінити [9].

При організації пасажирських перевезень необхідно проведення грамотної цінової політики, так як від неї залежить фінансова стабільність підприємств транспорту. Вплив на цю проблему має і те, що для значної частини населення транспортні витрати займають вагомий частку в загальних споживчих витратах.

Тарифи є важливим ринковим індикатором пропорційності розвитку попиту і пропозиції на ринку послуг пасажирського транспорту та служать відправною точкою в плануванні фінансової діяльності транспортних підприємств. Також від рівня тарифів залежить фінансова стабільність підприємств транспорту, їхня здатність до виживання в умовах жорсткої конкуренції.

Аналіз ринку пасажирських автотранспортних послуг показав, що основними елементами ринкового механізму виступають: ціна, попит і пропозиція.

Вартість перевезень на пасажирському транспорті обмежує можливість для поїздок населення, а в багатьох випадках для частини населення з невисокими доходами, для яких ці перевезення є недоступними. В такому випадку органам законодавчої і виконавчої влади даного регіону необхідно проводити політику стримування зростання тарифів, намагаючись забезпечити економічну доступність транспортних послуг для населення.

Міський пасажирський транспорт є складною соціально-економічною системою, так як включає велику кількість взаємопов'язаних і взаємодіючих між собою компонентів, що мають певну структуру, що формують як єдине ціле і спрямовані на вирішення складних завдань [10].

Надійна і ефективна робота громадського транспорту в місті є найважливішим показником соціально-політичної та економічної стабільності. Одним з вирішальних елементів, що визначають якість транспортного обслуговування населення міста, є стан міського пасажирського транспорту загального користування. Міський пасажирський транспорт (МПТ) став однією з найважливіших галузей життєзабезпечення міста, від функціонування і розвитку якого за-

лежить якість життя населення, ефективність роботи галузей економіки та можливості використання містобудівного та соціально-економічного потенціалу міста.

Соціальні стандарти і норми, встановлені відповідно до законів і нормативних документів, визначають рівень виконання прав і гарантій, а також підтримують соціальний захист суспільства. Основні причини формування соціальних нормативів функціонування пасажирського транспорту, в першу чергу, обумовлені його тісним взаємозв'язком з соціальною сферою та економікою, галузевої особливостю, прямим впливом збоїв в роботі транспортної системи, як в цілому на ситуацію в економіці, так і на споживача, зокрема [11].

Витрати на соціальне регулювання, з позиції економіки суспільства, транспортного обслуговування повинні бути представлені в тій кількості, щоб підтримати зручність населення, задіяного в народному господарстві, а також добробут суспільства. Отже, для досягнення даної кінцевої мети слід позначити вимоги до пасажирської логістичної системи, а також забезпечити:

- ефективне використання природних, енергетичних, трудових ресурсів, в тому числі спільне забезпечення надійного, комфортабельного і безпечного обслуговування;

- раціональне поєднання приватного і громадського пасажирського транспорту при обліку інфраструктурних, екологічних та технічних особливостей.

Слід зазначити, що ефективне функціонування пасажирського транспорту має проводитися з урахуванням соціальних норм і ресурсів.

Аналізуючи такі поняття, як "соціальна ефективність", "економічна ефективність" і "соціально-економічна ефективність" можна прийти до висновку, що поняття "соціальний ефект" є більш широким за змістом і різноманітним за формою. Економічна і соціальна ефективність пов'язані між собою. Залежно від того що є метою ця зв'язку може бути двох типів.

З огляду на специфіку послуг міського пасажирського транспорту саме досягнення високих соціальних результатів повинно бути пріоритетним при організації його функціонування. У свою чергу, економічне зростання системи міського пасажирського транспорту має позначатися на рівні задоволення потреб пасажирів, супроводжуватися зростанням якості перевезень, тобто приводити до соціального розвитку системи. Таким чином, для стабільної роботи транспортних підприємств і задоволення вимог пасажирів, важливим є забезпечення соціально-економічного розвитку транспортної системи міста. Досягнення високих економічних показників роботи не повинно супроводжуватися погіршенням соціальних умов життя громадян. При розробці стратегії розвитку системи міського пасажирського транспорту слід враховувати як економічний, так і соціальний аспекти, а також встановити компроміс між рівнем економічної та соціальної ефективності.

Функціональне навантаження інституційного регулятора, реалізується через:

- адаптивне регулювання побудованих і новостворюваних «інфраструктурних полів» - схем транспортної інфраструктури регіону;

- інформаційний супровід інфраструктурної політики для формування сприятливого соціально-економічного іміджу регіону;

- міжрегіональну і міжкластерну адаптацію транспортних інфраструктурних проектів;

- побудова ефективної системи моніторингу і контролю транспортної інфраструктури регіону відповідно до діагностики результатів розвитку регіону;

- створення транспортної інвестиційної привабливості на територіях регіону;

- формування інституційних умов та інноваційних проектів для федеральних транспортних програм інфраструктурного розвитку;

- формування кластерної економічної політики транспортного інфраструктурного розвитку регіону;

- формування пропозицій і умов для роздержавлення окремих видів послуг і об'єктів в інфраструктурному секторі з метою залучення коштів федеральних і регіональних фінансових структур, а також приватного капіталу;

- формування транспортного кластера в екологічній та рекреаційно-туристичній інфраструктурі регіону.

Висновок. Основний напрямок роботи транспортної галузі це збереження і розвиток єдиної інфраструктури міського пасажирського транспорту, створення інтегрованої системи громадського транспорту при одночасному зниженні ступеня участі бюджетних коштів, залучення та закріплення на ринку перевізників різних форм власності, використання принципу конкуренції. Це дозволить зберегти належний рівень обсягів перевезень громадським транспортом, не дивлячись на високі темпи автомобілізації в останні роки.

Облік соціокультурних і екологічних факторів при розробці механізму стійкого розвитку транспортної інфраструктури регіону виводить соціально-економічний розвиток даного регіону на новий інституційний рівень як в теоретичному, так і в практичному плані.

Ефективне функціонування системи міського пасажирського транспорту полягає в належному рівні транспортного забезпечення населення послугами високої якості при досягненні максимального економічного ефекту у виробничій, соціальній та екологічній сферах.

Л і т е р а т у р а

1. Гасанов, М. А. Транспортная инфраструктура – фактор устойчивого развития [Электронный ресурс] / М. А. Гасанов, А. З. Омаров // Экономический Портал. – Режим доступа: <http://institutiones.com/general>.
2. Комарова Н. Г. Геоэкология и природопользование. М., 2010.
3. . Логистика: общественный пассажирский транспорт: Учебник для студентов экономических вузов / Под

- общ. ред. Л.Б. Миротина. — М.: Издательство «Экзамен», 2003.
4. Макаров, Д. Б. Социокультурные и экологические факторы формирования механизма развития транспортной инфраструктуры региона [Текст] / Д. Б. Макаров // Социально-экономические явления и процессы. — 2013. — № 12. — С. 83-86.
 5. Гасанов, М. А. Транспортная инфраструктура — фактор устойчивого развития [Электронный ресурс] / М. А. Гасанов, А. З. Омаров // Экономический Портал. — Режим доступа: <http://institutions.com/general>.
 6. R. Vickerman, "The concept of optimal transport systems," Handbook of Transport Systems and Traffic Control, University of Sidney, George Mason University, Elsevier Science Ltd, Oxford, 2001, pp. 47-58.
 7. D. A. Hensher and K. Button, Handbook of Transport Systems and Traffic Control, University of Sidney, George Mason University, Elsevier Science Ltd, Oxford, 2001, pp. 1-10.
 8. Victoria Transport Policy Institute (2002) Automobile Dependency, Transport Demand Management Encyclopedia
 9. Johnston, D.A., McCutcheon, D.M., Stuart, F.I., & Kerwood, H. (2004). "Effects of supplier trust on performance of cooperative supplier relationships". Journal of Operations Management, Vol.22 No.1, pp. 23-38.
 10. Shafer, W. (2006). Social Paradigms and Attitudes Toward Environmental Accountability. Journal of business Ethics, 65: 121-147.
 11. Wallenburg, C.M., Cahill, D.L., Knemeyer, A.M., & Goldsby, T.J. (2011). Commitment and Trust as Drivers of Loyalty in Logistics Outsourcing Relationships: Cultural Differences Between the United States and Germany. Journal of Business Logistics, 32(1): 83-98.

References

1. Gasanov, M. A. Transportnaya infrastruktura — faktor ustoichivogo razvitiya [Elektronnyy resurs] / M. A. Gasanov, A. Z. Omarov // Ekonomicheskij Portal. — Rezhim dostupa: <http://institutions.com/general>.
2. Komarova N. G. Geoekologiya i prirodopolzovanie. M., 2010.
3. Logistika: obshchestvennyy passazhirskiy transport: Uchebnik dlya studentov ekonomicheskikh vuzov / Pod obshch. red. L.B. Mirotnina. — M.: Izdatelstvo «Ekza-men», 2003.
4. Makarov, D. B. Sotsiokulturnye i ekologicheskie faktory formirovaniya mehanizma razvitiya transportnoy infrastruktury regiona [Tekst] / D. B. Makarov // Sotsialno-ekonomicheskie yavleniya i protsessy. — 2013. — # 12. — S. 83-86.
5. Gasanov, M. A. Transportnaya infrastruktura — faktor ustoichivogo razvitiya [Elektronnyy resurs] / M. A. Gasanov, A. Z. Omarov // Ekonomicheskij Portal. — Rezhim dostupa: <http://institutions.com/general>.
6. R. Vickerman, "The concept of optimal transport systems," Handbook of Transport Systems and Traffic Control, University of Sidney, George Mason University, Elsevier Science Ltd, Oxford, 2001, pp. 47-58.
7. D. A. Hensher and K. Button, Handbook of Transport Systems and Traffic Control, University of Sidney, George Mason University, Elsevier Science Ltd, Oxford, 2001, pp. 1-10.
8. Victoria Transport Policy Institute (2002) Automobile Dependency, Transport Demand Management Encyclopedia

9. Johnston, D.A., McCutcheon, D.M., Stuart, F.I., & Kerwood, H. (2004). "Effects of supplier trust on performance of cooperative supplier relationships". Journal of Operations Management, Vol.22 No.1, pp. 23-38.
10. Shafer, W. (2006). Social Paradigms and Attitudes Toward Environmental Accountability. Journal of business Ethics, 65: 121-147.
11. Wallenburg, C.M., Cahill, D.L., Knemeyer, A.M., & Goldsby, T.J. (2011). Commitment and Trust as Drivers of Loyalty in Logistics Outsourcing Relationships: Cultural Differences Between the United States and Germany. Journal of Business Logistics, 32(1): 83-98.

Кулинченко О.С. Развитие транспортной инфраструктуры города с учетом социального аспекта.

Рассмотрена значимость социальной ориентации при разработке транспортной политики и стратегии управления транспортным процессом. Показана важность и степень влияния социального аспекта на уровень благосостояния и комфорта жизни общества в настоящем и будущем путем расчета конкретных показателей, таких как: уровень автоматизации, уровень развития маршрутной системы, скорость сообщения, экономия прироста национального дохода. Проанализировано транспортное обслуживание населения. Представлены направления дальнейшего развития городского пассажирского транспорта.

Ключевые слова: логистика, потоки, социальная норма, стандарты, комфортабельность, качество, социальный аспект, транспортная система, инфраструктура, пассажирооборот, механизм развития транспортной инфраструктуры.

Kulichenko O. Development of transport infrastructure of the city taking into account the social aspect.

The importance of social orientation in the development of transport policy and the strategy of managing the transport process is considered. The importance and degree of influence of the social aspect on the level of welfare and comfort of society in the present and the future are shown by calculating specific indicators, such as: the level of automation, the level of the development of the route system, the speed of communication, and the saving of the growth of the national income. The results obtained can be used to develop a plan for the development of the city's transport infrastructure, taking into account the social aspect and possible directions for further research. The transport service of the population is analyzed. The directions of the further development of urban passenger transport are presented.

The article presents the concept of a transport infrastructure development mechanism based on the study of the influence of the socio-cultural environment in the interaction of economic entities and municipal and regional authorities.

Keywords: road transport, air pollution, gardening, urban transport problems, electric transport, ecology.

Кулінченко О.С. — к.п.н., доц. кафедри гуманітарних дисциплін, проректор з адміністративно-господарської та соціально-виховної роботи ДУІТ, м. Київ, e-mail: duit_pravo@i.ua.

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

УДК 658.788

АНАЛІЗ КРИТЕРІЇВ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОЇ РОБОТИ НА ПРИКЛАДІ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ТА КОМЕРЦІЙНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Лаптінов О.С., Чернецька-Білецька Н.Б.

ANALYSIS OF CRITERIA OF VEHICLES OF TRANSPORTATION AND EXPEDITION WORK WITH AN EXAMPLE OF LOGISTIC APPROACH TO PLANNING LOAN AND COMMERCIAL OPERATIONS IN RAILWAY TRANSPORT

Laptinov O., Chernetska-Biletska N.

У статті розглянуті основні критерії впливу транспортно-експедиторської роботи на прикладі логістичного підходу до планування вантажних та комерційних операцій на залізничному транспорті, наведені приклади переваг транспортно-експедиційних послуг. Основну увагу приділено актуальності та впровадженню логістики в транспортно-експедиторській роботі, при розробці ефективних транспортних маршрутів з метою підвищення рівня надання комерційних послуг потенційним клієнтам. Також розглянуті основні принципи логістичного підходу, які використовуються в транспортно-експедиторському обслуговуванні, запропоновано алгоритм, який має покращити та спростити вибір актуального вибору транспорту та транспортного перевізника. Використані методи виконання роботи – статистичні, порівняльно-аналітичні.

Ключові слова: транспорт, експедиція, залізниця, актуальність, логістика, вантажообіг, аналіз, матеріальні потоки, оптимізація

Вступ. У сучасних ринкових умовах розвитку економіки, загострюється конкуренція на ринку транспортних послуг, і тому дуже актуальною стає проблема покращення якості і комплексності транспортного обслуговування підприємств, зниження транспортних витрат економіки. В цих умовах зростає роль спеціалізованих транспортно-логістичних і транспортно-експедиторських фірм та компаній, які беруть на себе функції оператора (координатора) логістичного процесу товароруку.

Транспорт - це фактор існування, дієздатності і розвитку різних галузей економіки та суспільства, який створює умови й можливості товарообміну і пересування людей на виробництво, навчання, відпочинок і т.д. Транспортно-експедиторська діяльність (ТЕД) згідно із Законом України про транспортно-експедиторську діяльність - це підприємницька діяльність із надання транспортно-експедиторських

послуг з організації та забезпечення перевезень експортних, імпортних, транзитних або інших вантажів;

Тільки збалансований і пропорційний розвиток всіх підсистем національної економіки, у т.ч. транспорту, робить її успішною і конкурентною на внутрішньому та світових ринках. Перевезення характеризуються ознаками, притаманними, з одного боку, послугам як соціально-економічній категорії, а з іншого боку, - властивих транспорту, як галузі матеріального виробництва. Тобто, ця послуга є результатом продуктивної суспільно-корисної і необхідної діяльності, носієм вартості.

Постановка проблеми. Взятий курс на інтеграцію України в європейську, світову транспортну систему потребує створення та використання міжнародних транспортних коридорів. На сьогодні Україна має великий потенціал для здійснення міждержавного транзиту, тому велика увага приділяється перевезенню вантажів різними видами транспорту і як ніколи постає питання фірм, компаній які будуть займатися транспортно-експедиторською роботою та важливість основних критеріїв, які впливають на їхню роботу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах Д.В. Зеркалова, В.І. Копитко, О.В. Орловської, М. Залманова, А. Гаджинського та ін. розглядається транспортно-експедиторська робота та її діяльність як в загальному вигляді, так і з точки зору актуальності на сьогодення. А щодо логістики, то деякі вчені розглядають її, передусім, як науку, що дає змогу оптимізувати кооперативні зв'язки, інші вважають основним середовищем застосування логістики внутрішньовиробничі процеси з обов'язковим включенням у логістику питань планування завантаження обладнання, визначення розмірів партій випуску деталей. Однак, між транспортно-

експедиційним обслуговуванням та логістичним управлінням можливо провести паралель, оскільки завдання логістики – це забезпечення отримання (доставки) продукції (товару) у потрібний час і місце при мінімальних можливих сукупних витратах та ресурсах, а це є основним принципом, який застосовується у ТЕО.

Мета статті. В роботі показана актуальність транспортно-експедиторської роботи та її переваги на залізниці в цілому, зроблено аналіз основних критеріїв впливу на прикладі логістичного підходу щодо планування вантажних і комерційних операцій на залізниці.

Основний зміст. Ефективність функціонування транспортної інфраструктури залежить від узгодженості дій транспортних систем різного рівня, а також від узгодження інтересів клієнтури і власників транспортних засобів. Але, узгодження інтересів клієнтів та власників засобів транспорту, з метою досягнення загального ефекту, можливо, у свою чергу, лише при об'єднанні транспортних систем різних рівнів складності в особливо великі. Широке використання логістики у господарській діяльності у наш час пояснюється необхідністю скорочення тимчасових інтервалів між пошуком сировинних джерел й постачанням товарів кінцевому споживачеві, скорочення часу реалізації товару, зменшення часу простоїв під вантажними та технічними операціями. Логістика дозволяє мінімізувати товарні запаси або взагалі відмовитись від їх використання, дає можливість скорочення часу доставки товарів від постачальника до споживача прямим шляхом, прискорює процес отримання інформації, підвищує рівень сервісу, а в кінцевому результаті – забезпечує економію витрат на здійснення перевізного процесу та роботи всієї інфраструктури.

Принципова новизна логістичного підходу при вирішенні проблем транспортних галузей, який активно використовують молоді компанії у ТЕО, полягає в органічному взаємозв'язку та поєднанні інте-

граційних процесів у цілісну матеріалопровідну схему. Логістичний підхід дає можливість до вирішення проблем та завдань у галузі технології, техніки, економіки та математики, виступає як наука, що поєднує у собі всі вищезгадані елементи.

Логістичний підхід ґрунтується на ідеї наскрізного управління матеріальними потоками, сервісного обслуговування та функціонування складського господарства, що полягає в основі логістичної діяльності. Під поняттям логістичної діяльності слід розуміти інтеграцію процесу перевезень з виробничої сфери до споживача, що включає в себе вантажно-розвантажувальні операції, зберігання і транспортування товарів, а також необхідні інформаційні процеси, використовує процес планування, реалізації та контролю ефективних і економічних з огляду на витрати переміщення та зберіганням матеріалів, напівфабрикатів та готової продукції, а також одержання інформації про постачання товарів від місця виробництва до місця споживання згідно з вимогами клієнтів [2]. Всі вищезазначені операції входять до спектру послуг транспортного обслуговування споживачів і створюють умови до розвитку активної комерційної діяльності. Наприклад, аналізуючи динаміку вантажообігу з 2005 по 2017 рр., можна відзначити, що в цілому за всіма видами транспорту цей показник залишився на одному рівні, хоча з 2008 по 2011 рр. спостерігалось збільшення, а у 2013 р. різке падіння.

Однак, порівнюючи показники між різними видами транспорту (Таблиця 1) [7], можливо констатувати, що, хоч і вантажообіг практично залишився на одному рівні, на залізничному транспорті він досягнув 237,7 млрд. ткм. у 2017р., проти 172,8 у 2005 році, що вимагає застосування логістичного підходу планування вантажних перевезень з метою зменшення транспортної складової у собівартості перевезеної продукції.

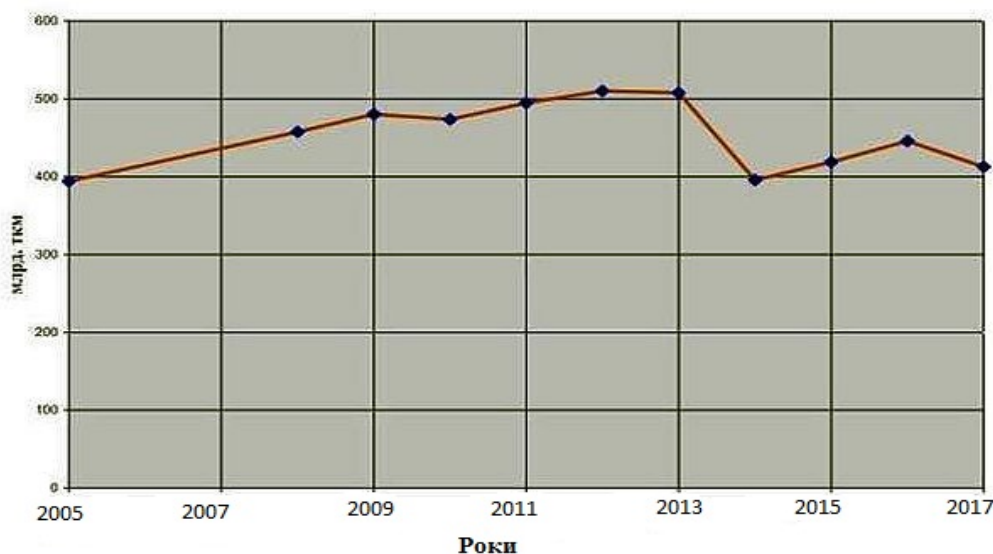


Рис. 1. Загальний вантажообіг за усіма видами транспорту

Таблиця 1

Вантажообіг за видами транспорту (млрд. т-км)

рік	2002	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Транспорт											
Залізничний	474,0	195,8	172,8	225,3	196,2	218,1	243,9	237,7	224,4	212,1	219,5
Морський	265,6	123,1	18,6	9,9	12,9	11,3	5,1	3,6	4,0	4,9	5
Річковий	11,9	5,7	5,9	4,7	3,2	3,6	3,8	2,2	3,2	5	4,9
Автомобільний	79,7	34,5	19,3	24,5	27,7	31,1	33,0	42,6	54,3	61,0	62,3
Водний	277,5	128,8	14,5	14,6	15,6	20,1	41,7	70,2	71,6	90,2	93,3
Авіаційний	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	1,6	3,1	3,0	3,5	4,2	4,7
Трубопровідний	208,0	184,9	187,5	192,7	179,1	141,9	130,7	111,7	111,6	137,4	131,1

Аналіз перевезень різними видами транспорту показує, що найбільш універсальними і популярними є автомобільний, трубопровідний та залізничний транспорт. Але статистика відзначає останнім часом значне зростання вантажообігу залізничного транспорту і спад вантажообігу автомобільного транспорту. Крім того, обсяг транспортування нафтопродуктів залізничним транспортом практично не поступається трубопровідному і, враховуючи якість кінцевої продукції, виводить залізничний транспорт на перше місце. З метою ефективної роботи галузі, застосування логістики, як комплексного управління матеріальними та інформаційними потоками в межах системи, повинно включати у себе наступні принципи:

1) розгляд руху матеріальних потоків, як єдиного процесу від первинного джерела до кінцевого споживача, що передбачає виконання таких видів діяльності, як транспортування, завантаження, розвантаження, переміщення, складування і зберігання матеріалів;

2) формування і застосовування організаційно-управлінського механізму координації дій спеціалістів різних служб, що беруть участь в управлінні матеріальними потоками. Результативність роботи буде залежати від успішного ув'язання в єдину систему здійснення комплексу заходів щодо раціоналізації тари, уніфікування вантажних одиниць, удосконалення складування, оптимізації розміру замовлень і рівня запасів, вибору найвигідніших маршрутів переміщення матеріалів тощо [2].

Дані принципи визначають основний підхід до створення єдиної системи використання логістичного підходу до планування комерційних перевезень. Однак, тут слід враховувати регіональні особливості, оскільки по шести залізницях цифри вантажообігу різні.

Для прогнозування конкурентоздатності різних видів транспорту необхідно провести маркетингові дослідження ринку транспортних послуг. Для таких досліджень бажано привернути потенційних клієнтів. Результати таких досліджень можна використовувати для розробки конкурентних стратегій. Зазначу, що використано принцип Кондорсе. Згідно з цим правилом підраховується число експертів, що віддали перевагу кожній з альтернатив, і найкращою ого-

лошується альтернатива, яку назвали найкращою більшість експертів.

Одним із найважливіших критеріїв впливу є вибір виду транспорту. Надалі запропоновано 4 етапи проведення дослідження й оцінки вибору виду транспорту:

Етап 1 - Аналіз ринку транспортних послуг та відбір факторів-критеріїв, що впливають на вибір виду транспорту.

Етап 2 - Попередній вибір декількох видів транспорту.

Етап 3 - Обчислення інтегральних показників за вибраним видом транспорту.

Етап 4 - Визначення сумарного показнику по кожному досліджуваному виду транспорту, зрівняння сумарних показників (чим більша величина сумарного показнику, тим кращий вид транспорту для клієнта).

На етапі аналізу ринку транспортних послуг і відбору факторів-критеріїв вибору виду транспорту клієнт сам або за допомогою залучених спеціалістів-аналітиків (експертів) визначає перелік факторів-критеріїв вибору виду транспорту. Визначивши перелік факторів-критеріїв, клієнт проводить їх ранжування (ієрархію), тим самим визначаючи ступінь важливості. На даному етапі можливий й інший варіант визначення переліку факторів-критеріїв.

За критерієм відбору виду транспорту запропоновується прийняти такі стратегічні фактори та їх оціночні складові:

1. Надійність виконуваних послуг по перевезенню:

- регулярність роботи транспорту;
- зберігання вантажів та пасажирів, що перевозяться;
- продуктивність транспортного засобу даного виду транспорту.

2. Вартість послуг:

- сукупна провізна плата;
- питома вага транспортних витрат у кінцевій ціні вантажу, що перевозиться.

3. Терміни доставки:

- час доставки;
- можливість здійснити доставку «точно в строк»;
- можливість здійснити доставку «від дверей до дверей».

4. Врахування умов клієнтури:
 - можливість використовувати договірні тарифи;
 - ведення переговорів про умови сервісу;
 - бажання покращити якість послуг.
5. Характеристика виду транспорту:
 - стан рухомого складу та обладнання;
 - райони обслуговування;
 - реакція у непередбачених випадках;
 - місце розташування;
 - репутація виду транспорту.

На наступному етапі здійснюється попередній вибір видів транспорту. Клієнт виявляє види транспорту, які задовольняють вимогам до транспортування певного виду вантажу і пов'язаного з цим транспортного обслуговування. Ступінь відповідності параметрів видів транспорту по вибраній системі факторів оцінюється незалежними експертами за п'ятибальною шкалою, причому «5» — максимальний рівень відповідності, а «1» — мінімальний [10].

Найбільш розповсюдженим завданням в логістичній системі є вибір логістичних посередників. До числа транспортно-експедиційних посередників належать: спеціалізовані транспортні, експедиторські, транспортно-експедиторські (логістичні) фірми, компанії фізичного розподілу, вантажні термінали і термінальні комплекси, вантажні розподільні центри, підприємства з сортування, упакування готової продукції, вантажопереробки та інші підприємства [10]. На рис. 2 наведено алгоритм вибору логістичного посередника.

Згідно цим алгоритмом вибір здійснюється на релейних, кількісних і якісних показниках. До ре-

лейних показників відносяться такі, що мають лише два показники: «так» або «ні».

При виборі перевізника в першу чергу перевіряють релейні показники. Серед перевізників з подальшого розгляду виключають тих, що мають значення релейного показника «ні».

Наступним етапом проводять розрахунки вагових коефіцієнтів для кількісних і якісних критеріїв за формулою:

$$W_i = \frac{2(N - j + 1)}{N(N + 1)},$$

де W_i — ваговий коефіцієнт i -го критерію, $i \in \overline{1, N}$;

j — значення рангу i -го критерію, $i \in \overline{1, N}$;

N — Загальна кількість критеріїв, що враховуються при визначенні інтегральної оцінки (релейні показники не враховують), $N = 8$.

Аналогічно розраховують вагові коефіцієнти для інших критеріїв. Результати розрахунків зводять до таблиць.

Розрахунок кількісних оцінок проводить в такій послідовності. Для кожного кількісного показника встановлюють, яке екстремальне значення найбільш привабливе при оцінці. Тобто необхідно визначити, яке максимальне (max) чи мінімальне значення (min) повинен мати критерій. Наприклад, чим більше критерій «надійність», тим більш привабливим є перевізник. Тому для критерію «надійність» при виборі перевізників екстремальним значенням є «max». Далі серед всіх перевізників обирають найкраще за визначеним екстремумом значення.



Рис. 2. Алгоритм вибору логістичних посередників

Розрахунок значення кількісного критерію (Z_i) проводить за наступними формулами:

- при екстремумі «max»

$$Z_i = \frac{K_{ni}}{K_{em}},$$

- при екстремумі «min»

$$Z_i = \frac{K_{em}}{K_{ni}},$$

де K_{em} - еталонне значення для даного критерію;
 K_{ni} - фактичне значення для i -го перевізника.

Аналогічно розраховують інші критерії. Результати зводять до таблиці.

Розрахунок значення кількісного критерію (D_i) з урахуванням вагового коефіцієнта проводять за формулою:

$$D_i = Z_i \cdot W_i.$$

Висновок. У роботі було проведено аналіз критеріїв впливу транспортно-експедиторської роботи на прикладі логістичного підходу до планування вантажних та комерційних операцій на залізничному транспорті та зазначено важливість вибору транспортного перевізника. Наприкінці, хотілося би додати, що застосовуючи логістичний підхід до планування вантажних перевезень та комерційних операцій слід відзначити, що за допомогою цього підходу, визначення послідовності проходження продукції через пункти складування із подальшим розміщенням його у складських приміщеннях, стає більш спрощеним, що є на користь галузі і її клієнтам та позитивно вплине на зменшення негативної взаємодії небезпечних вантажів з навколишнім середовищем. Залучення новітніх технологічних розробок та досягнень дають можливість до оперативного регулювання поставок та перевезень з найменшими втратами часу і матеріальних ресурсів, дають можливість до розвитку та модернізації складського господарства, адже у залізничній галузі існує потреба у пошуку шляхів досягнення зниження витрат, оскільки засоби та ресурси для досягнення цілей галузі є обмеженими, що позитивно вплине на планування та розробку маршрутів перевезень, формування рухомого складу із вантажних вагонів, а також поліпшення комерційної діяльності на транспорті. Таким чином, транспортно-експедиторська діяльність є одним з найбільш важливих аспектів в процесі пересування вантажу від вантажовідправника до вантажоодержувача і включає широкий спектр супутніх цьому процесу робіт і послуг.

Література

1. Державний комітет статистики. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. Горяїнов О.М. Практика вантажних перевезень і логістики: Навчальний посібник. Харків: Видавництво «Кортес-2001», 2008. - 323с.
3. Логістика - нова філософія управління / Є. Крикавська // Податкове планування. - 2002.- № 5. С. 28-31
4. Основи економіки транспорту: Підручник / Щелкунов В. І., Кулаєв Ю. Ф., Зайончик Л. Г., Загорюлько В. М. та ін. — К.: Кондор, 2011. —392 с.:
5. Орловська О.В. Комплексний розвиток продуктивних сил Карпатського регіону (на прикладі Львівської залізниці) / Дисертаційне дослідження, - Київ, - 2007, - 148 с.
6. Таньков К.М., Тридід О.М., Колодязєва Т.О. Виробнича логістика: Навч. посіб. — Х.: ВД "ІНЖЕК", 2004.
7. Николаева М.А. Товароведение потребительских товаров. Теоретические основы: Учеб. для вузов. — М.: НОРМА, 2000. — 283 с.
8. Транспорт і зв'язок України - 2012 (Статистичний збірник), Київ – 2013
9. Співаковський С. Позиції України на міжнародному ринку транспортно-експедиторських послуг / С. Співаковський // Економіка України. – 2009. – № 1. – С. 75-78.
10. Маселко Т. Є. Проблеми управління транспортно-логістичними системами України та перспективи розвитку в контексті європейської інтеграції / Т. Є. Маселко, С. Г. Шевченко. – Режим доступу : http://www.nbuv.gov.ua/portal/chem_biol/nvnlut/17_2/301_Maselko_17_2.pdf

References

1. State Statistics Committee. - Mode of access: <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. Goryainov O.M. Practice of Freight Transport and Logistics: A Manual. Kharkiv: Kortess-2001 Publishing House, 2008. - 323p.
3. Logistics - a new philosophy of management / Y. Kricavska // Tax planning. - 2002.- No. 5. S. 28-31
4. Fundamentals of Transport Economics: Textbook / Shchelkunov V.I., Kulayev Yu.F., Zayonchik L. G., Zagorulko VM, and others. - K.: Condor, 2011. -392 c.:
5. Orlovskaya O.V. Complex development of productive forces of the Carpathian region (on the example of the Lviv railway) / Thesis - Kyiv, 2007, - 148 p.
6. Tankov KM, Tridid OM, Kolodiazhev T.O. Industrial logistics: Teaching. manual - X. : "INZHEK" VD, 2004.
7. Nikolaev M.A. Commodity goods consumer goods. Theoretical Foundations: Textbook. for high schools. - M. : NORMA, 2000. - 283 p.
8. Transport and communications of Ukraine - 2012 (Statistical collection), Kiev – 2013
9. Spivakovsky S. The Positions of Ukraine in the International Market of Freight Forwarding Services / S. Spivakovsky // Economy of Ukraine. - 2009. - No. 1. - P. 75-78.
10. Maselko T. Y. Problems of management of transport-logistic systems of Ukraine and prospects of development in the context of European integration / T. E. Maselko, S. G. Shevchenko. - Access mode: http://www.nbuv.gov.ua/portal/chem_biol/nvnlut/17_2/301_Maselko_17_2.pdf

Лаптінов А.С., Чернецкая-Белецкая Н.Б. Анализ критериев влияния транспортно-экспедиторской работы на примере логистического подхода к планированию грузовых и коммерческих операций на железнодорожном транспорте.

В статье рассмотрены основные критерии влияния транспортно-экспедиторской работы на примере логистического подхода к планированию грузовых и коммерческих операций на железнодорожном транспорте, приведены примеры пере-весов транспортно-экспедиционных услуг. Основное внимание уделено актуальности и внедрению логистики в транспортно-экспедиторской работе, при разработке эффективных транспортных маршрутов с целью повышения уровня предоставления коммерческих услуг потенциальным клиентам. Также рассмотрены основные принципы логистического подхода, используемых в транспортно-экспедиторское обслуживание, предложено алгоритм, который должен улучшить и упростить выбор актуального выбора транспорта и транспортного перевозчика. Использованные методы выполнения работы - статистические, сравнительно-аналитические.

Ключевые слова: транспорт, экспедиция, железная дорога, актуальность, логистика, грузооборот, анализ, материальные потоки, оптимизация

Laptinov A., Chernetska-Biletska N. Analysis of the criteria for the impact of freight forwarding on the example of a logistics approach to the planning of freight and commercial operations on railways.

In the article the main criteria of the influence of transport-forwarding work on the example of the logistical approach to the planning of cargo and commercial operations in railway transport are considered, examples of trans-weights of transport-forwarding services are given. The main attention is given to the relevance and introduction of logistics in freight forwarding, in the development of efficient transport routes in order to improve the level of provision of commercial services to potential customers. Also, the basic principles of the logistics approach used in transport-forwarding services are considered, an algorithm is proposed that should improve and simplify the choice of the current choice of transport and the transport carrier. The methods used to perform the work are statistical, comparative-analytical.

Keywords: transport, expedition, railway, relevance, logistics, freight turnover, analysis, material flows, optimization

Лаптінов О.С. – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

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

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

Стаття подана 11.03.2018

УДК 005.341:658.114

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ

Майорова І. М.

ENVIRONMENTAL EVALUATION OF THE ORGANIZATION OF THE TRANSPORTATION OF THE VEHICLE

Mayorova. I.

У статті проведено дослідження вимог до організації проведення екологічної оцінки відповідно до вимог європейської Конвенції про оцінку впливу на довкілля (ОВНД), розглянуто існуючі методики проведення екологічної експертизи. Проведено дослідження викидів забруднюючих речовин рухомими складом автотранспорту у межах Донецької області. Запропоновано моделювання процесів викидів забруднюючих речовин при транспортуванні автомобілем, який ґрунтується на розрахунках поточних викидів вуглецю, сірки кисню азоту. Зроблено акцент на необхідність перегляду існуючих підходів до діючої системи охорони довкілля і екології на рівні країни.

Ключові слова: екологічна оцінка, викиди, автомобіль, моделювання, рух, рухомий склад.

Вступ. Збільшення варіантності товарів і послуг обумовлює значне підвищення ролі управління процесами екологізації сфери споживання. Продукт, який дає транспорт відносить до сфери послуг. Саме через вплив на попит і екологізацію мотиваційного механізму стає можливим корегування процесів виробництва, перевезення і споживання продукції, додавання їм спрямованості та підвищувати зацікавленість суб'єктів господарювання в екологізації. Таким чином значно розширюється сфера екологічного впливу і різноманіття мотиваційних інструментів. Крім виробничої сфери до поля дії мотиваційного впливу залучаються сфера споживання та інтерфейсна. Остання пов'язує виробництво і споживання і охоплює транспорт, торгівлю, збут, зберігання продукції, ланцюги постачання та інші.

Постановка проблеми. Запровадження в Україні методики оцінки впливу на довкілля за європейськими вимогами було зумовлено міжнародними зобов'язаннями країни, що походять з: Угоди про асоціацію між Україною та ЄС; з розділів міжнародної Конвенції доступу до інформації стосовно громадськості у прийнятті рішень та доступу до правосуддя з питань довкілля; та Конвенції про оцінку впливу на

довкілля у транскордонному контексті (Конвенція Еспо).[1] Оскільки існуюча система оцінки впливу на довкілля шляхом застосування сучасної системи екологічної експертизи не забезпечує належного обсягу вивчення наслідків реалізації потенційно небезпечних для навколишнього природного середовища видів діяльності та врахування таких висновків при прийнятті рішень, а також не забезпечує ефективної участі громадськості у цьому процесі, висувається необхідність наукового дослідження цього питання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням екологічної оцінки в міжнародному масштабі займалися такі вчені: К.Г. Гофман, М.Ф. Реймерс, П.П. Бобровський, Я. Миколаш, Л. Піттерман, Е.Б. Апаєв, В.М. Барякін, Л.Г. Мельник, Б.М. Данілішин, Б.М. Андрюшків, В.М. Гейць, О.А. Веклич, Г. О. Білявський, Л.І. Будченко, В.М. Навроцький, Ю.А. Злобін, Л.Г. Мельник, Ю.Д. Бойчук, Е.М. Солошенко, А.В. Яблоков, С.А. Остроумов та інші. Узагальнюючи наукові праці вищенаведених вчених можна констатувати таке: сучасні ресурсна й екологічна кризи досягли меж глобальної системи, ставлячи під загрозу безпеку біологічного життя на планеті; людство змушене шукати вихід із соціально-економічних криз, об'єднуючись у єдине глобальне співтовариство; для економічних систем виявилися вичерпаними можливості нарощування матеріально-енергетичних потоків, щоб задовольнити потреби зростаючого населення, і людство змушене свої надії пов'язувати з виробництвом і споживанням інформаційних ресурсів, переходячи до принципово нових технологій, економічних відносин, соціального стану.[2,с.7]

Ціль статті. Провести дослідження дефініції «екологічна оцінка» і особливості її застосування відповідно до процесів організації транспортування автомобілем.

Результати дослідження. Основна особливість сучасного періоду розвитку людства полягає у від-

сутності межі між природними ресурсами і природними умовами: зросли масштаби традиційного використання природних факторів як ресурсів, внаслідок чого фактор, який раніше належав до природних умов, перетворюється на природний ресурс; зростає кількість функцій, які може виконувати той самий природний фактор у ролі природного ресурсу, наприклад, атмосфера раніше її економічна роль визначалася такими функціями: ресурс біологічного відтворення робочої сили, середовище існування, джерело кисню для спалювання органічного палива, джерело вітрової енергії. В даний час економічні функції атмосфери значно ширші: використовуються її електромагнітні, оптичні, акустичні та інші фізичні і хімічні властивості; атмосфера, несучи інформацію про тіла і сили природи, є також інформаційним ресурсом. [2, с. 15]

Існуюча формальна відмінність оцінок ресурсів і оцінок середовища багато в чому пов'язана з уявленням про різницю у визначенні понять «ресурс» і «середовище». Як вважає проф. Мельник Л.Г. «...до категорії середовище» належать ті природні фактори, що нарівні з виконанням економічних функцій допускають одночасне виконання трьох інших груп функцій, наприклад, фізіологічних, що забезпечують життєдіяльність людини, як біологічного організму; соціальних, що забезпечують формування людини як особистості, тобто як інформаційної сутності; екологічних, що підтримують екологічну рівновагу в біосфері. Люди інтуїтивно включають у поняття «середовище» не просто багатофункціональні природні фактори, здатні виконувати кілька функцій, а лише ті, що допускають одночасне виконання цих функцій нарівні з економічними. на практиці більш суттєві не самі абсолютні значення економічної оцінки таких ресурсів, а зміна економічної оцінки в результаті погіршення якості ресурсу. У ролі таких показників зазвичайно використовуються оцінки економічного збитку від забруднення навколишнього середовища. Наприклад у випадку забруднення повітря окремі складові зниження інтегральної економічної оцінки атмосферного повітря можуть виявлятися в тих галузях народного господарства, що використовують повітря як ресурс: рекреаційний — для відтворення робочої сили; виробничий — для одержання сільськогосподарської і лісової продукції.» [2, с. 132]

Часто виникає плутанина в поняттях «економічні оцінки» природних ресурсів із «платежами» за їх використання. Оцінки складають лише інформаційну базу для формування платежів, їх завдання — дати максимально повну і точну картину процесів, що відбуваються в природі та економічній системі. Встановлення платежів — не тільки економічний, а і політичний акт, оскільки від вибору нормативної бази залежать напрямки реалізації екологічної політики, що впливає на систему оподаткування, митних платежів та інші.

Атмосферне забруднення може зменшити сільськогосподарську функцію. Чим більше забруднен-

ня, тим більший збиток і нижча вартісна оцінка земельного ресурсу. Як приклад, можна навести висловлювання Міністра екології і охорони навколишнього середовища України Остапа Семерака в газеті Дзеркало тижня: «У ставленні до екології є цілком конкретна економічна ціна. Всесвітній економічний форум відводить Україні 77-ме місце зі 144 країн, оцінених під час складання Індексу глобальної конкурентоспроможності, через корупцію, нестале використання природних ресурсів та відсутність фінансового механізму реалізації реформ. Економіка України може втрачати до 11% ВВП через зниження врожайності та збільшення збитків у сільському господарстві. Сучасний рівень забруднення атмосферного повітря призводить до втрати 15 % врожаю. Не менш тривожні показники в надрокористуванні. За даними ВООЗ, кожних дві години в Україні помирають 3 людини через поганий стан довкілля.» [3]

Суспільно-правові відносини у даній сфері на сьогодні частково регламентуються Законом України «Про екологічну експертизу», Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності», Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища»; Порядком залучення громадськості до обговорення питань щодо прийняття рішень, які можуть впливати на стан довкілля, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 29.06.2011 № 771, постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» від 28.08.2013 № 808, ДБН А.2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування» затверджені наказом Держбуду від 15.12.2003 р. № 214 та іншими актами чинного законодавства. [1]

Слід підкреслити, що в Україні прийнято близько 20 природоохоронних законів, зміцнюється Державна екологічна інспекція. Взагалі в Україні нині сформована одна з кращих у Європі система екологічного законодавства, визначені основні напрямки державної політики в галузі охорони навколишнього середовища, використанні природних ресурсів і турботи про екологічну безпеку.

Автомобіль є джерелом цілого ряду викидів, які негативно впливають на природне середовище. Серед них домінують відпрацьовані гази, кількість яких і в масовому, і в об'ємному відношенні надзвичайно велика. Шкідливі речовини, під час експлуатації автотранспорту, потрапляють у повітря з вихлопними газами, випарами з паливних систем, а також під час заправки автомобіля паливом. На викиди оксидів вуглецю (вуглекислий газ і чадний газ) впливає також рельєф дороги та режим і швидкість руху автомобіля (таб.1, 2).

Таблиця 1
Динаміка викидів забруднюючих речовин
в атмосферне повітря від окремих видів
автотранспорту підприємствами Донецької області,
тис.т [4]

роки	вантажні автомобілі	пасажирсь- кі автобуси	пасажирсь- кі легкові автомобілі	спеціальні легкові ав- томобілі	спеціальні нелегкові автомобілі
2000	35,6	17,8	10,5	2,9	10,2
2013	24,2	8,0	13,1	2,6	6,1
2014	10,7	2,7	6,6	0,2	1,5
2015	10,7	4,4	9,3	0,6	2,0
2016	10,8	4,8	10,1	0,7	2,1

Таблиця 2
Динаміка викидів забруднюючих речовин
в атмосферне повітря пересувними джерелами
забруднення від використання окремих видів палива [4]

роки	обсяги викидів, тис.т	у тому числі від вико- ристання			частка викидів забруднюючих речовин від вико- ристання бензину у загальних обся- гах викидів, %
		бензину	дизельного палива	зрідженого та стиснено- го газу	
2000	205,3	188,7	12,4	4,2	91,9
2013	198,4	115,4	48,5	34,4	58,2
2014	95,5	58,6	17,5	19,4	61,4
2015	57,1	34,1	13,6	9,4	59,7
2016	57,8	36,4	14,5	10,8	60,1

Головне в обробці еколого-економічної інформації *це системний комплексний підхід*. Для проведення екологічної оцінки послуги транспортування, необхідно мати:

- нормативні документи по охороні навколишнього середовища для вироблення екологічних критеріїв;
- статистичні дані по надійності об'єктів, аналогічних експертиз;
- дані про стан навколишнього середовища;
- дані польових і лабораторних спостережень;
- дані, отримані в результаті проведених розрахунків (використовуються методики розрахунку викидів і стоків шкідливих речовин у навколишньому середовищі). [5, с. 139]

З огляду на великий обсяг вихідної інформації і складність задач по науково-технічної обґрунтованості прийнятих рішень необхідними є створення і використання екологічної оцінки зі спеціалізацією по галузях господарства, що являє собою автоматизовану систему прийняття експертних рішень. Така система представлена автором на рис. 1.

Транспортний засіб перед виходом на маршрут міжнародного перевезення, або в пункті пропуску кордону, або на митному посту проходить технічний

огляд, де проводиться вимір викидів оксидів свинцю, азоту і вуглекислого газу (1,2 на рис. 1). Ці дані передаються через GPS навігатори на інтерфейс користувача (3). (4-5-6) бази вже наявних нормативних, статистичних та моніторингових даних, де зберігатиметься інформація про допустимі, нормативні і фактичні дані викидів оксидів свинцю, азоту і вуглекислого газу. 7. Формується масив інформації для проведення обчислення по моделі рис. 2. Після перетворень інформація надходить в базу даних 9 для прийняття рішення і виведення їх користувачеві 10. 11.

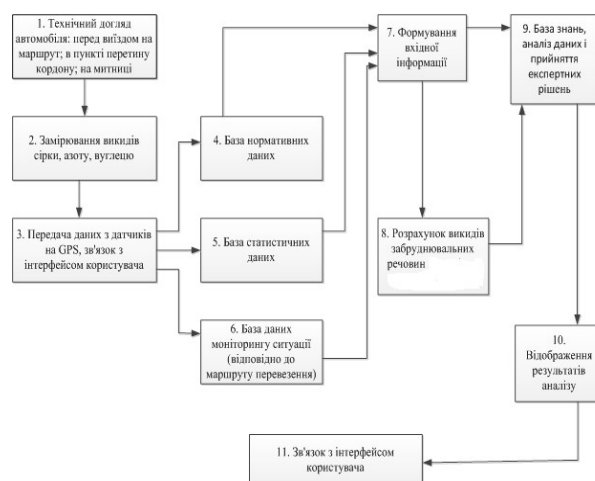


Рис. 1. Структура автоматизованої системи прийняття рішень (розроблено автором)

Для здійснення розрахунку і прогнозування загальної маси викидів необхідно виходити з викидів умовного середнього автомобіля певної групи. Групи складають з автомобілів, близьких за типами, характеристиками токсичності, умовами експлуатації. Автором запропонована модель контролю викидів шкідливих речовин і регулювання процесом транспортування автомобілем (рис. 2).

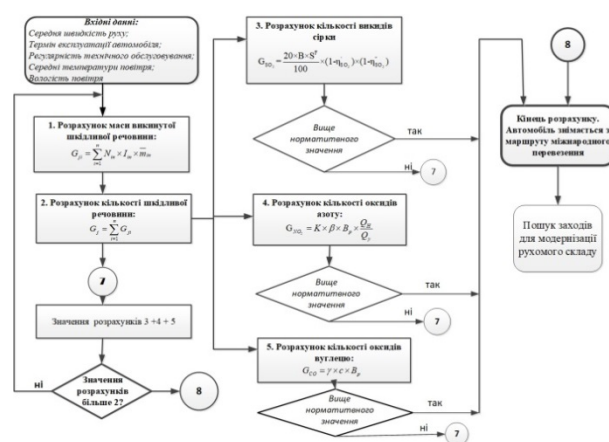


Рис. 2. Модель контролю викидів шкідливих речовин і регулювання процесом транспортування (розроблено автором)

Математична модель і послідовність представлені на рис. 2 мають таку послідовність дій:

- введення даних про транспортний засіб, показаних атмосфери: вологості, температури повітря;
- ведеться розрахунок загальної маси викидів;
- далі розрахунки робляться більш конкретними: 3 – розрахунок викидів оксидів сірки, 4 – розрахунок викидів оксидів азоту, 5 – розрахунок викидів вуглекислого газу; – якщо розрахункове значення по одному з показників 3,4,5 перевищує норму, дані норми беруться з повірочних таблиць, то автомобіль знімається з маршруту і закінчується робота програми. У разі, якщо розрахункові показники менше норми або дорівнюють їй, то триває підсумовування даних 3,4,5;

- наступним кроком йде порівняння сумарних значень з розрахунковими в пункті 2 моделі. Якщо загальна сума перевищує очікувану величину, розраховану в пункті 2, то машина знімається з маршруту. Якщо загальна сума показників залишається в нормі, то автомобіль допускається до подальшого пересування по маршруту.

З урахуванням існуючих точок зору науковців, фахівців практиків, урядових посадовців слід сказати і про зношеність і застарілість транспортної інфраструктури, рухомого складу, транспортно-дорожнього комплексу в цілому. Міністр інфраструктури України Володимира Омелян в інтерв'ю офіційно сказав таке: «Транспортна інфраструктура в Україні перестала розвиватися з розпадом Радянського Союзу, стан зношеності і морських портів, і залізничної інфраструктури - 90 - 95%. України застигла в 1990 -х роках, з не реформованою «Укрзалізницею», з не реформованими морськими портами. Якщо відповідні галузі не ставити до модернізації, то вони просто зупиняться, тому що не можуть функціонувати повноцінно» [6]

Кожний з економічних суб'єктів своєю діяльністю не тільки змушений розвивати власні підходи до економічної оцінки природних факторів, але й формувати особисті економічні інструменти, які дають змогу враховувати подібні оцінки в реальній практиці господарювання.

Історично відомо, що економічна система, що спирається на стійке, тобто невиснажливе, природо-користування, проіснувала в долині Нілу близько 7 тис. років, у тому числі завдяки гнучкій податковій системі, адаптованій до інтенсивності річних розливів: низькі рівні розливів – низькі мита, високі рівні розливів – високі мита. [2, с.45] У Стародавній Месопотамії податки, що збиралися, навіть служили джерелом фінансування будівництва загальнодержавної системи регулювання водопостачання, включаючи іригаційні заходи, яка захищала, крім іншого, від непередбачених розливів Тигру та Єфрату і допомагала запобігати значних економічних збитків. Ця система проіснувала понад 2000 років, починаючи з третього тисячоліття до нашої ери; саме тут з'явився прообраз кадастрової системи оцінки землі,

яка враховувала не тільки якість оброблюваних полів, але й місце їх розташування.[2, с. 50]

Держава та її урядовці, збираючи податки, змушені думати не тільки про зовнішню безпеку території, але й про економічну потужність, яка значною мірою тримається на природно-ресурсному потенціалі країни. Там, де це розуміють, вдається на десятки, сотні, а інколи і тисячі років досягти процвітання виробничої, політичної, військової, культурної та екологічної складових життя суспільства, завдяки тому, що вони знаходяться в гармонії з економічними законами. [2, с. 49]

Підсумовуючи результати дослідження процитуємо Міністра екології та охорони навколишнього середовища України Остапа Семерака: «Екологічні реформи не приносять швидкого доходу, а на початку потребують лише витрат. І мало хто розуміє пряму залежність між скидами, наприклад, від свинарика у воду та тривалістю власного життя. Екологію на хліб не намастиш, і це не цікавить більшість.»[3]

Висновки. В статті проведено дослідження сучасних теоретичних підходів до проведення екологічної оцінки послуги – транспортування. На основі узагальнення різноманітних підходів до організації екологічної оцінки і вимог, що висуваються європейською конвенцією про проведення процедури оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) автором запропоновано модель контролю викидів шкідливих речовин, що базується на моніторингу навколишнього середовища через розрахунки викидів вуглецю, сірки, оксидів азоту і регулює рух автотранспорту.

Література

1. Пояснювальна записка до проекту Закону України «Про оцінку впливу на довкілля». Електронний ресурс. Режим доступу: w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id...55438.
2. Мельник Л.Г. Екологічна економіка. Підручник. /Л.Г. Мельник / Суми: ВТД «Університетська книга», 2016. — 367с.
3. Остап Семерак: "Екологізація має відбуватися за принципом декомунізації — рішуче й швидко". Електронний ресурс. Режим доступу: https://dt.ua/internal/ostap-semerak-ekologizaciya-maye-vidbuvatisya-za-principom-dekomunizaciyi-rishuche-y-shvidko-256965_.html
4. Донецька обласна державна адміністрація. Департамент екології та природних ресурсів. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Донецькій області у 2016 році. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/%D0%A0%D0%B5%D0%B3.%D0%B4%D0%BE%D0%BF.%D0%94%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0%202016.pdf>
5. Івашура А.А., Орехов В.М. Екологія: теорія та практиcum. Навчальний посібник. / А.А. Івашура, В.М. Орехов. Харків.: Видавничий дім «ІНЖЕК», 2014 — 208 с.
6. С. Бохан. В Украине логистика агрогрузов — самое слабое звено. / Бохан С./ Електронний ресурс. Режим доступу <http://blog.interlegal.com.ua/?p=4440>

7. Environmental Policy in Europe: Industry, Competition and the Policy Process/ Edited by F. Levegue.— Cheltenham, UK: Edward Elgar, 1996. — 218p.
8. Environmentally Significant Consumption / Edited by P.C. Stern, T. Dietz, V.W. Ruttan et al. — Washington, DC.: National Academy Press, 1997. — 143p.
9. Goodstein E.S. Economics and Environment. — New York: John Wiley & Sons, INC., 2002. — 545p.
10. Sustainable Solid Management in Southern Black Sea Region / Edited by D. Nath, Yo. Plovski and S.R. Stoyanov. — Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.— 319 p.

References

1. Pojasnjuval'na zapiska do projektu Zakonu Ukraїni «Pro ocinku vplivu na dovkillja». Elektronnij resurs. Rezhim dostupu: w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id...55438.
2. Mel'nik L.G. Ekologichna ekonomika. Pidruchnik. /L.G. Mel'nik / Sumi: VTD «Universitets'ka kniga», 2016. — 367s.
3. Ostap Semerak: "Ekologizacija mae vidbuvatisja za principom dekomunizacii — rishuche j shvidko". Elektronnij resurs. Rezhim dostupu: https://dt.ua/internal/ostap-semerak-ekologizacija-maye-vidbuvatisya-za-principom-dekomunizaciyi-rishuche-y-shvidko-256965_.html
4. Donec'ka oblasna derzhavna administracija. Departament ekologij ta prirodnih resursiv. Regional'na dopovid' pro stan navkolishn'ogo seredovishha v Donec'kij oblasti u 2016 roci. Elektronnij resurs. Rezhim dostupu: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/%D0%A0%D0%B5%D0%B3.%D0%B4%D0%BE%D0%BF.%D0%94%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0%202016.pdf>
5. Ivashura A.A., Orehov V.M. Ekologija: teorija ta praktikum. Navchal'nij posibnik. / A.A. Ivashura, V.M. Orehov. Harkiv.: Vidavnicij dim «INZhEK», 2014 — 208 s.
6. S. Bohan. V Ukraine logistika agrogruzov — samoe slaboe zveno. / Bohan S./ Elektronnij resurs. Rezhim dostupu <http://blog.interlegal.com.ua/?p=4440>
7. Environmental Policy in Europe: Industry, Competition and the Policy Process/ Edited by F. Levegue.— Cheltenham, UK: Edward Elgar, 1996. — 218p.
8. Environmentally Significant Consumption / Edited by P.C. Stern, T. Dietz, V.W. Ruttan et al. — Washington, DC.: National Academy Press, 1997. — 143p.
9. Goodstein E.S. Economics and Environment. — New York: John Wiley & Sons, INC., 2002. — 545p.
10. Sustainable Solid Management in Southern Black Sea Region / Edited by D. Nath, Yo. Plovski and S.R. Stoyanov. — Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.— 319 p.

Майорова И.Н. Экологическая оценка организации процесса транспортировки автомобилем.

В статье проведено исследование требований к процедуре экологической оценки, согласно требованиям Европейской конвенции «О проведении процедуры оценки влияния на окружающую среду (ОВОС)», рассмотрены существующие методики проведения экологической экспертизы. Проведено исследование выбросов загрязняющих веществ подвижным составом автомобильного транспорта по Донецкой области. Предложено моделирование процесса оценки выбросов вредных веществ при транспортировке автомобилем, которое основывается на расчетах текущих выбросов оксидов углерода, серы, азота. Сделан акцент на необходимости изменения подходов к действующей системе организации работ по экологической безопасности и охране окружающей среды на уровне государства.

Ключевые слова: экологическая оценка, выбросы, автомобиль, моделирование, движение, подвижной состав

Mayorova I. Ecological estimation of organization of process of transporting by a car.

The article studies the requirements for the environmental assessment procedure, in accordance with the requirements of the European Convention on the Environmental Impact Assessment (EIA) procedure, which will facilitate the validity of decisions on the organization of transportation, the consideration of public interests, guarantee the rights to a safe environment for humans and objective assessment of investment risks. Existing tools for environmental assessment are considered. The study of pollutant emissions by the rolling stock of motor transport in the Donetsk region by types of rolling stock and from the use of specific fuels was carried out. Modeling of the process of estimating emissions of harmful substances during transportation by a car is proposed, which is based on calculations of current emissions of carbon oxides, sulfur, nitrogen.

The analysis of the current legislative field in Ukraine is carried out, which makes it possible to talk about one of the best in Europe system of environmental law, the main directions of state policy in the field of environmental protection, use of natural resources and concern for environmental safety. The emphasis was on the need to change approaches to the current system of organization of work on environmental safety and environmental protection at the state level.

Keywords: ecological estimation, extrass, car, design, motion, rolling stock

Майорова І. М. — професор кафедри технології міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь.

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

Стаття подана 08.03.2018

УДК 625.032

УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕС ПО РЕЛЬСУ С ДВУХТОЧЕЧНЫМ КОНТАКТИРОВАНИЕМ

Михайлов Е.В., Семенов С.А.

UPDATE OF THE WHEEL MOTION MODEL WITH TWO-POINT CONTACTS

Mikhaylov E., Semenov S.

Рассмотрены особенности качения по рельсу с проскальзыванием колес традиционной и перспективной конструктивной схемы, позволяющей независимое относительное вращение опорной поверхности колеса и его направляющей поверхности (гребня) относительно их общей оси вращения. Исследовано влияние проскальзывания в основном контакте колеса с рельсом на величину скорости проскальзывания в его гребневом контакте. Показана возможность снижения проскальзываний в гребневом контакте колеса с рельсом, и, соответственно, мощности сил трения в гребневом контакте колеса перспективной конструктивной схемы по сравнению с традиционным.

Ключевые слова: колесо, гребень, рельс, качение, проскальзывание, износ, потери энергии, мощность сил трения, кинематическое сопротивление движению.

Постановка проблемы. Особенности пространственной геометрии контактирования колеса рельсового транспортного средства с рельсом, связанные с традиционной конструкцией колеса, вызывают принудительное кинематическое проскальзывание в точке контакта гребня колеса с боковой гранью головки рельса в случае их двухточечного контактирования. Скорость этого проскальзывания определяет соответствующий уровень мощности сил трения в гребневом контакте, которому пропорциональна величина дифференциальной составляющей кинематического сопротивления движению, представляющего серьезную техническую и экономическую проблему для рельсового транспорта [1, 2, 5, 6, 7].

Анализ последних исследований и публикаций. Улучшение динамических качеств рельсовых экипажей, смазка зоны контакта колеса с рельсом, оптимальный выбор соотношения твердости колеса и рельса, а также подбор конформных их профилей позволяют решить указанную проблему лишь частично [1-4, 9, 10].

Одним из путей решения указанной проблемы может быть совершенствование конструкции колес

рельсовых экипажей [1, 5, 6, 8]. Без изменения традиционной конструкции колеса (с монолитным изготовлением поверхности катания и гребня – далее колесо ТКС) избежать отмеченного паразитного кинематического проскальзывания в гребневом контакте не представляется возможным. Поэтому целесообразно рассмотреть преимущества изменения конструктивной схемы колеса, допускающей независимое вращение его опорной поверхности и направляющей поверхности (гребня) относительно их общей оси вращения (далее – колесо перспективной конструктивной схемы, колесо ПКС). В работах [5, 6] была предпринята попытка оценить потенциальные возможности снижения дифференциальной составляющей кинематического сопротивления движению колеса ПКС при качении его по рельсу с двухточечным контактированием. При этом возможным проскальзыванием в основном контакте колеса с рельсом пренебрегалось. Однако, при движении колеса по рельсу в составе экипажной части, на характер его качения оказывают существенное влияние усилия в связях, которые и приводят к проскальзываниям в основном контакте колеса с рельсом. Особенно активно эти процессы проявляются при движении рельсовых экипажей в кривых участках пути.

Целью работы является уточнение потенциальных преимуществ использования перспективной конструктивной схемы колеса для снижения сопротивления движению при качении его по рельсу с двухточечным контактированием при наличии проскальзывания в основном контакте.

Изложение основного материала (результаты исследований). Величина дифференциальной составляющей кинематического сопротивления движению рельсового экипажа во многом определяется мощностью сил трения между контактирующими поверхностями в точках контакта гребней его колес с рельсами [1, 4, 6]. Для определения возможного эффекта снижения кинематического сопротив-

ления движению, сравним величины составляющих скорости проскальзывания в гребневом контакте при движении колеса по рельсу с двухточечным контактированием для традиционной и перспективной конструктивных схем колес при наличии проскальзывания в основном контакте.

Определим направление и модуль вектора скорости проскальзывания гребня колеса по головке рельса $\vec{V}_1^B$ в центре гребневого контакта для общего случая качения по рельсу колеса традиционной конструктивной схемы со скоростью V_K при двухточечном контактировании с углом набегания на рельс ψ при наличии проскальзывания в основном контакте колеса с рельсом со скоростью V_1^A . Принимаем, что проскальзывание в основном контакте колеса с рельсом не связано с приложением к колесу тягового или тормозного момента (колесо нетягового подвижного состава), а вызывается исключительно реакциями связей колеса с экипажем. Расчетные схемы представлены на рис.1, 2.

Традиционно принимаем, что гребень колеса контактирует с боковой гранью головки рельса в точке B_1 , расположенной ниже уровня основного контакта (точка A_1) на величину h_r ($h_r = 8...10$ мм) и впереди него по ходу движения (т.н. «забег») на расстоянии [1, 3].

Забег гребня может быть определен из выражения

$$x_r \approx (r_1^A + h_r) \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (1)$$

где β - угол наклона к горизонту образующей конической части гребня колеса.

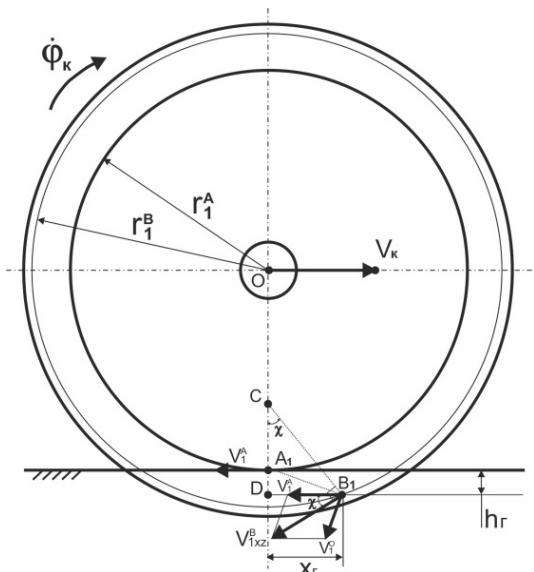


Рис. 1. Расчетная схема

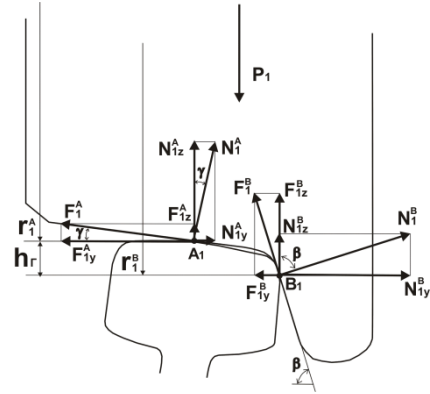


Рис. 2. Расчетная схема

Угловая скорость $\dot{\phi}_k$ вращения колеса относительно оси колесной пары $o-y$ (ось вращения $o-y$ перпендикулярна в т. О к плоскости схемы на рис.1) составит

$$\dot{\phi}_k = \frac{V_K \pm V_1^A}{r_1^A}. \quad (2)$$

Точка B_1 центра гребневого контакта скользит по боковой грани головки рельса совершает сложное движение, стремясь повернуться вокруг мгновенного центра поворота колеса (т. A_1) со скоростью V_1^O при качении без проскальзывания и одновременно проскальзывая вместе с колесом вдоль продольной оси рельса со скоростью V_1^A . Результирующий мгновенный центр вращения колеса при этом будет находиться в точке C .

Угол χ между проекцией $\vec{V}_{1xz}^B$ вектора скорости проскальзывания $\vec{V}_1^B$ в центре гребневого контакта B_1 на плоскость xoz в связанной с колесом системе координат и горизонталью может быть определен из соотношения (см. рис.1)

$$\chi = \arcsin\left(\frac{x_r}{|A_1 B_1|}\right). \quad (3)$$

Пусть относительное проскальзывание колеса по рельсу в центре основного контакта точке A_1 будет равно

$$\varepsilon = V_1^A / V_K. \quad (4)$$

Из геометрических соотношений на схеме рис.1 можем записать

$$\begin{aligned} \dot{\phi}_k &= V_K / |OC| = V_{1xz}^B / |CB_1|; \quad |OC| = r_1^A - |A_1 C|; \\ |CB_1| &= \sqrt{|DC|^2 + X_r^2}; \quad |DC| = h_r + |A_1 C|; \\ |A_1 B_1| &= \sqrt{h_r^2 + X_r^2}. \\ V_1^O / |A_1 B_1| &= V_K / r_1^A \Rightarrow V_1^O = \\ &= V_K \cdot |A_1 B_1| / r_1^A = V_K \cdot \sqrt{h_r^2 + X_r^2} / r_1^A. \end{aligned} \quad (5)$$

Используя теорему косинусов определим модуль проекции V_{1XZ}^B вектора скорости проскальзывания $\overline{V}_1^B$ в центре гребневого контакта т. B_1 на плоскость xoz в связанной с колесом системе координат:

$$V_{1XZ}^B = \sqrt{(V_1^O)^2 + (V_1^A)^2 - 2 \cdot V_1^O \cdot V_1^A \cdot \cos \chi} \quad (6)$$

Из анализа выражений (3) и (6) видно, что величина угла χ и модуль проекции V_{1XZ}^B однозначно определяется геометрическими характеристиками контактирования колеса и рельса, параметрами их профилей, а также величиной проскальзывания в центре основного контакта.

На рис.3 представлены проекции вектора скорости проскальзывания $\overline{V}_1^B$ в гребневом контакте на оси связанной с колесом системы координат.

Модули соответствующих проекций вектора скорости проскальзывания $\overline{V}_1^B$ в гребневом контакте на оси координат определяются следующим образом

$$\begin{aligned} V_{1X}^B &= V_{1XZ}^B \cdot \cos \chi, \\ V_{1Y}^B &= V_{1XZ}^B \cdot \frac{\sin \chi}{\operatorname{tg} \beta}, \\ V_{1Z}^B &= V_{1XZ}^B \cdot \sin \chi. \end{aligned} \quad (7)$$

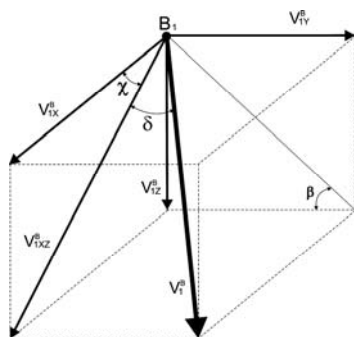


Рис. 3. Проекция вектора скорости проскальзывания $\overline{V}_1^B$ в гребневом контакте на оси координат

$$\begin{aligned} \text{Тогда} \\ V_1^B &= \sqrt{(V_{1X}^B)^2 + (V_{1Y}^B)^2 + (V_{1Z}^B)^2} = \\ &= V_{1XZ}^B \cdot \sqrt{(\cos \chi)^2 + \left(\frac{\sin \chi}{\operatorname{tg} \beta}\right)^2 + (\sin \chi)^2} = \\ &= \sqrt{(V_1^O)^2 + (V_1^A)^2 - 2 \cdot V_1^O \cdot V_1^A \cdot \cos \chi} \cdot \\ &\quad \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\sin \chi}{\operatorname{tg} \beta}\right)^2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Очевидно, что модуль вектора $\overline{V}_1^B$ в данном случае также однозначно определяется геометрией контактирования колеса с рельсом, линейной скоростью движения колеса и уровнем проскальзывания в основном контакте.

Влияние уровня относительного проскальзывания ε в основном контакте колеса ТКС на величину скорости проскальзывания в его гребневом контакте для различных условий движения демонстрируют графики на рис.4.

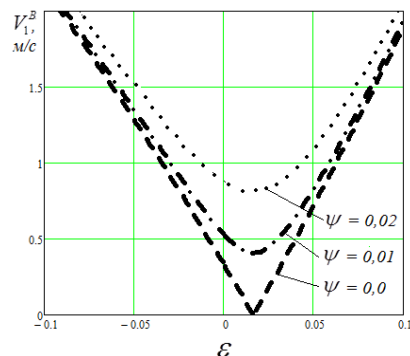


Рис. 4. Графики зависимости $V_1^B = f(\varepsilon, \psi)$

Анализ графиков показывает существенное влияние уровня относительного проскальзывания ε в основном контакте на величину скорости проскальзывания V_1^B в гребневом контакте колеса ТКС. Особенно заметным это влияние оказывается при движении колеса с малыми углами набегания на рельс. На графиках рис.4 хорошо заметен минимум величины V_1^B , который достигается при значении $\varepsilon \approx 0,02$. Этот эффект, очевидно, связан с особенностями пространственного расположения точек контакта колеса с рельсом при заданных в расчете их геометрических характеристиках и условиях движения. При $\psi = 0,0$ в этом случае центр гребневого контакта совпадает с мгновенным центром поворота колеса.

Рассмотрим, как изменится характер проскальзывания в гребневом контакте при осуществлении возможности независимого вращения опорной поверхности катания колеса и его направляющей поверхности (гребня) вокруг их общей оси $o-y$. Для этого подобным образом определим направление и модуль вектора скорости проскальзывания гребня колеса по рельсу $\overline{V}_1^{BA}$ в центре гребневого контакта при тех же условиях движения, что и в предыдущем случае.

Расчетная схема для этого случая представлена на рис.5. Расположение центра контакта гребня с боковой гранью головки рельса в точке B_1 (величины h_r и x_r) находим так же, как и в первом случае.

При определении направления вектора скорости V_1^{BA} необходимо учесть, что направляющая поверхность колеса (гребень) участвует в сложном движении вместе с опорной поверхностью колеса. Переносная скорость в центре гребневого контакта точке B_1 будет $V_1^{BII} = V_K \pm V_1^A$.

В то же время точка B_1 центра гребневого контакта находится в относительном движении со

щие значения величины угла χ' (см.рис.6) и модуля вектора V_1^{BA} (см. рис.7).

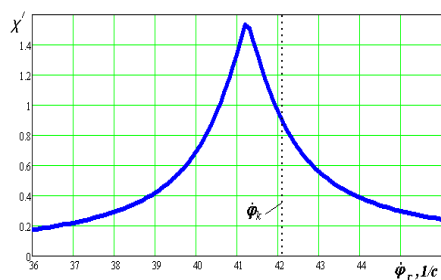


Рис. 6. Пример зависимости $\chi' = f(\phi_\Gamma)$ при $V_K = 20$ м/с, $\varepsilon = 0,01$ и $\psi = 0,015$

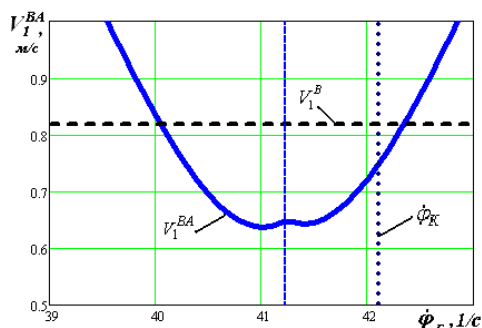


Рис. 7. Пример зависимости $V_1^{BA} = f(\phi_\Gamma)$ при $V_K = 20$ м/с, $\varepsilon = 0,01$ и $\psi = 0,015$

Из анализа графика на рис.6 видно, что практически во всем рассматриваемом диапазоне значений ϕ_Γ величина χ' сравнительно невелика, и только при значениях $\phi_\Gamma \rightarrow \phi_k \cdot \frac{r_1^A}{r_1^B}$, при заданной линейной скорости движения колеса, величина угла $\chi' \rightarrow \pi/2$. Проекция вектора скорости $\overline{V_{1XZ}^{BA}}$ проскальзывания гребня по боковой грани головки рельса на плоскость качения колеса в этом случае направлена перпендикулярно горизонтالي, а модуль этого вектора имеет минимальное значение. Например, для угла набегания $\psi = 0,015$, $\varepsilon = 0,01$ и $r_1^A = 475$ мм, отношение $r_1^A / r_1^B = 0,979$. При указанном соотношении угловых скоростей подвижного гребня и колеса можно считать примерно равными линейные продольные скорости перемещения центров основного и гребневого контактов при качении колеса с постоянной линейной скоростью $V_K = 20$ м/с.

Из графика на рис.7 видно, что при $\chi' = \pi/2$ для заданных условий движения значение скорости проскальзывания в гребневом контакте V_1^{BA} мало, но не равно нулю.

Анализируя выражение (13) можно определить возможные режимы движения колеса, при которых $V_1^{BA} \rightarrow 0$. Очевидно, для этого должны одновременно выполняться условия $x_\Gamma \rightarrow 0$ и $|ED| \rightarrow 0$.

Значение $x_\Gamma = 0$ достигается при равенстве нулю угла набегания ψ колеса на рельс.

Так как $|ED| = \left(\frac{\dot{\phi}_k}{\dot{\phi}_\Gamma \cdot (1 + \varepsilon)} - 1 \right) \cdot r_1^A - h_\Gamma$, то условие $|ED| = 0$ может быть выполнено (при фиксированном значении $\dot{\phi}_k$) в случае

$$\dot{\phi}_\Gamma = \frac{\dot{\phi}_k}{\left(\frac{h_\Gamma}{r_1^A} + 1 \right) \cdot (1 + \varepsilon)} = \frac{\dot{\phi}_k}{K_w^*},$$

$$\left(\text{где } K_w^* = \left(\frac{h_\Gamma}{r_1^A} + 1 \right) \cdot (1 + \varepsilon) \right) \quad (16)$$

При указанных выше значениях h_Γ , ε и r_1^A , величина $K_w^* = 1,031$ и возможности ее изменения незначительны. То есть, в заданном режиме движения колеса ПКС возможность отсутствия кинематического проскальзывания в гребневом контакте $V_1^{BA} = 0$ может реализоваться при $\psi = 0$ и $\dot{\phi}_\Gamma = 0,97 \cdot \dot{\phi}_k$.

График зависимости $K_w^* = f(\varepsilon)$ приведен на рис.8.

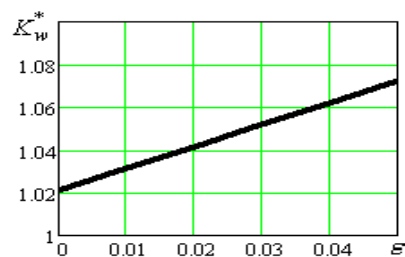


Рис. 8. График зависимости $K_w^* = f(\varepsilon)$

Результаты расчетов показывают, что уровень проскальзывания в основном контакте колеса ПКС с рельсом влияет на величину оптимального соотношения угловых скоростей опорной поверхности колеса и его направляющей поверхности (гребня). Это влияние достаточно незначительное – в рассматриваемом диапазоне относительных проскальзываний ε изменение показателя K_w^* не превышает 5%.

На рис.9 приведены графики зависимости $V_1^{BA} = f(\dot{\phi}_\Gamma, \varepsilon)$, демонстрирующие характер влияния уровня относительного проскальзывания ε в основном контакте колеса с рельсом на величину V_1^{BA} при движении колеса со скоростью $V_K = 20$ м/с и с углами набегания $\psi = 0,0$ и $\psi = 0,02$.

Анализ графиков на рис. 9 также подтверждает незначительное влияние уровня относительного проскальзывания в основном контакте ε на величину V_1^{BA} в гребневом контакте колеса ПКС.

С учетом отсутствия жестких ограничений на величину угловой скорости подвижного гребня в колесе перспективной конструктивной схемы, для определения стационарного состояния рассматриваемой механической системы используем известный принцип минимума энтропии системы (минимума диссипации энергии). Этот принцип гласит, что если допустимо не единственное состояние системы, а некая совокупность состояний, согласующихся с законами сохранения и связями, наложенными на систему, то реализуется то ее состояние, которому соответствует минимальный рост энтропии системы или, что то же самое, минимальное рассеивание энергии.

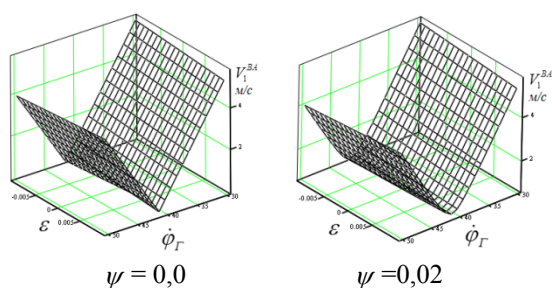


Рис. 9. Графики зависимостей $V_1^{BA} = f(\dot{\phi}_G, \varepsilon)$

Поэтому, можем считать квазистационарным (стабильным) состоянием рассматриваемой системы (колесо с подвижным гребнем взаимодействующее с рельсом) то ее состояние, при котором рассеивание энергии в гребневом контакте является минимальным [5].

Для оценки эффективности перспективной конструктивной схемы колеса с точки зрения уменьшения кинематического сопротивления движению, определим, насколько может быть снижена мощность сил трения в гребневом контакте при использовании этой конструктивной схемы.

Величина мгновенной мощности сил трения обычно представляется как скалярное произведение вектора силы трения в гребневом контакте B_1 и вектора соответствующей мгновенной скорости скольжения точки B_1 гребня по рельсу

С учетом того, что вектор силы трения направлен противоположно вектору соответствующей мгновенной скорости, т.е. $\delta = \pi$ а $\cos \pi = -1$, в нашем случае

$$N_1^B = |F_1^B \cdot V_1^B|, \quad (17)$$

$$N_1^{B/} = |F_1^{B/} \cdot V_1^{BA}|. \quad (18)$$

Некоторые результаты расчетов приведены на рис.10, где представлены графики зависимостей $N_1^B = f(\dot{\phi}_G)$ и $N_1^{B/} = f(\dot{\phi}_G)$ при $V_K = 20$ м/с,

$F_1^B = 12500$ Н, $\varepsilon = 0,01$ и $\psi = 0,015$. Заметно снижение рассеиваемой в гребневом контакте колеса ПКС в сравнении с колесом ТКС мощности сил трения для заданных условий движения в диапазоне угловых скоростей гребня $39,8 < \dot{\phi}_G < 42,5$ 1/с.

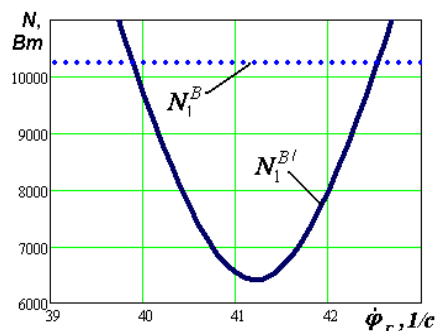


Рис. 10. График зависимостей $N_1^B = f(\dot{\phi}_G)$ и $N_1^{B/} = f(\dot{\phi}_G)$ (при $V_K = 20$ м/с, $F_1^B = 12500$ Н, $\varepsilon = 0,01$ и $\psi = 0,015$)

Анализ графиков этих зависимостей показывает, что при определенном соотношении угловых скоростей опорной поверхности колеса и его направляющей поверхности (гребня) для заданных условий движения при использовании перспективной конструктивной схемы колеса возможно снижение рассеиваемой в гребневом контакте мощности сил трения до 60%.

Выводы. Исследование особенностей движения по рельсовому пути с двухточечным контактированием колес различных конструктивных схем с учетом проскальзывания в основном контакте показало, что уровень проскальзывания в основном контакте колеса ПКС незначительно влияет на величину скорости проскальзывания в его гребневом контакте. Для колеса ТКС это влияние является более существенным.

Расчеты подтверждают возможность значительного снижения скорости проскальзывания в гребневом контакте, и, соответственно, мощности сил трения в этом контакте для колеса ПКС с рельсом по сравнению с колесом традиционной конструктивной схемы. Это дает основания ожидать соответствующего уменьшения сопротивления движению рельсового подвижного состава при использовании колес перспективной конструктивной схемы.

Л и т е р а т у р а

1. Ткаченко В.П., Сапронова С.Ю., Фомин О.В., Кульбовський І.І., Зуб Є.П. Опір руху і керуваність рейкових екіпажів: монографія / В.П. Ткаченко, С.Ю. Сапронова, О.В. Фомин, І.І. Кульбовський, Є.П. Зуб. – Київ: Вид-во ДУІТ, 2017. – 188 с. ISBN 978-966-2197-96-9.
2. Ткаченко В.П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей.- Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996.- 200 с.

3. Эффективность лубрикации рельсов//Железные дороги мира. - 2011, № 1.- С.65-68.
4. Маслиев В.Г. Динамика локомотивов с устройствами, уменьшающими износ бандажей колес. -Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 288 с.
5. Mikhaylov E., Semenov S., Panchenko E. The possibility of reducing kinematic slip with two-point contacting with rail wheel railway vehicle// ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture, 2013. Vol. 13, № 3, 03-08, p/p. 139-145.
6. Михайлов Е.В. Солодовник М.Д., Семенов С.А. Возможности снижения кинематического проскальзывания при двухточечном контактировании с рельсом колеса рельсового экипажа// Вісник СНУ ім.В.Даля.-Луганськ: СНУ ім.В.Даля, 2013, №.5 (194), (Ч. 2). - С.173-177.
7. Simson, S. A. Wheel wear losses from bogie rotation resistance, effects of cant and speed [Text] / S. A. Simson, M. E. Pearce //Proceedings of the 2006 IEEE/ASME Joint Rail Conference. – 2006.
8. Shiler, A. Analysis and Simulation of New Wheel Pair Construction [Text] / A. Shiler // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 100. – P. 1714–1723.
9. Liang, B. An Experimental Study of Independently Rotating Wheels for Railway Vehicles [Text] / B. Liang, S.D. Iwnicki // 2007 International Conference on Mechatronics and Automation. – 2007.
10. Pombo, J. A new wheel-rail contact model for railway dynamics [Text] / J. Pombo, J. Ambrósio, M. Silva // Vehicle System Dynamics. – 2007. – Vol. 45, Issue 2. – P. 165–189.

References

1. Tkachenko V.P., Saponova S.Ju., Fomin O.V., Kul'bovs'kij I.I., Zub E.P. Opir ruhu i kerovanist' rejkovih ekipazhiv: monografija / V.P. Tkachenko, S.Ju. Saponova, O.V. Fomin, I.I. Kul'bovs'kij, E.P. Zub. – Kіiv: Vid-vo DUIT, 2017. – 188 s. ISBN 978-966-2197-96-9.
2. Tkachenko V.P. Kinematicheskoe soprotivlenie dvizheniju rel'sovyh jekipazhej.- Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996.- 200 s.
3. Jefferktivnost' lubrikacii rel'sov//Zheleznye dorogi mira.- 2011, № 1.- S.65-68.
4. Masliev V.G. Dinamika lokomotivov s ustrojstvami, umen'shajushhimi iznos bandazhej koles. -Har'kov: NTU «HPI», 2008. – 288 s.
5. Mikhaylov E., Semenov S., Panchenko E. The possibility of reducing kinematic slip with two-point contacting with rail wheel railway vehicle// ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture, 2013. Vol. 13, № 3, 03-08, p/p. 139-145.
6. Mihajlov E.V. Solodovnik M.D., Semenov S.A. Vozmozhnosti snizhenija kinematicheskogo proskal'zyvanija pri dvouhточечном kontaktirovanii s rel'som kolesa rel'sovogo jekipazha// Visnik SNU im.V.Dalja.- Lugansk: SNU im.V.Dalja, 2013, №.5 (194), (Ch. 2). - S.173-177.
7. Simson, S. A. Wheel wear losses from bogie rotation resistance, effects of cant and speed [Text] / S. A. Simson, M. E. Pearce //Proceedings of the 2006 IEEE/ASME Joint Rail Conference. – 2006.
8. Shiler, A. Analysis and Simulation of New Wheel Pair Construction [Text] / A. Shiler // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 100. – P. 1714–1723.

9. Liang, B. An Experimental Study of Independently Rotating Wheels for Railway Vehicles [Text] / B. Liang, S.D. Iwnicki // 2007 International Conference on Mechatronics and Automation. – 2007.
10. Pombo, J. A new wheel-rail contact model for railway dynamics [Text] / J. Pombo, J. Ambrósio, M. Silva // Vehicle System Dynamics. – 2007. – Vol. 45, Issue 2. – P. 165–189.

Михайлов Є.В., Семенов С.О. Уточнення моделі руху коліс по рейках із двоточковим контактуванням.

Розглянуто особливості кочення по рейці з прослизанням коліс традиційної та перспективної конструктивної схеми, яка дозволяє незалежне відносно обертання опорної поверхні колеса і його направляючої поверхні (гребеня) щодо їх загальної осі обертання. Досліджено вплив прослизання в основному контакті колеса з рейкою на величину швидкості проковзування в його гребньовому контакті. Показана можливість зниження прослизань в гребньовому контакті колеса з рейкою, і, відповідно, потужності сил тертя в гребньовому контакті колеса перспективної конструктивної схеми в порівнянні з традиційним.

Ключові слова: колесо, гребінь, рейок, кочення, прослизання, знос, втрати енергії, потужність сил тертя, кінематичне опір руху.

Mikhaylov E., Semenov S. Update of the wheel motion model with two-point contacts.

The features of the spatial geometry of contacting the wheel with the rail, associated with the traditional wheel design, cause forced kinematic slippage at the contact point of the wheel flange with the side edge of the rail head in case of two-point contact.

In the article features of rolling along the rail with sliding wheels of traditional and perspective constructive scheme are considered, which allows independent relative rotation of the support surface of the wheel and its guiding surface (flange) relative to their common axis of rotation.

The study showed that the level of slip in the main contact of the wheel of the perspective design scheme slightly affects the magnitude of the slip velocity in its flange contact. For a traditional wheel, this influence is more significant.

The calculations confirm the possibility of a significant reduction in the slip velocity in the flange contact, and, accordingly, the friction force in this contact for the wheel of a promising structural scheme with a rail in comparison with the traditional wheel. This gives grounds for expecting a corresponding decrease in resistance to the movement.

Keywords: wheel, flange, rail, rolling, slippage, wear, energy loss, frictional force, kinematic resistance to motion.

Михайлов Є.В. – к.т.н., доцент кафедри логістичного управління і безпеки руху на транспорті СНУ ім. В. Даля, м Северодонецьк, Україна, e-mail: mihaylov.ev@gmail.com.

Семенов С.О. – старший викладач кафедри логістичного управління і безпеки руху на транспорті СНУ ім. В. Даля, м Северодонецьк, Україна.

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

Стаття подана 13.03.2018

УДК 656.13.072.001.5

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Мороз М.М., Король С.О., Мороз О.В., Марченко Д.М., Єпіфанова О.В.

SOCIO-ECONOMIC SUPPORT FOR PASSENGER TRANSPORT OF GENERAL USE

Moroz M., Korol S., Moroz O., Marchenko D., Yepifanova O.

У статті визначено особливості створення соціально-економічного забезпечення пасажирського транспорту загального користування. Досліджено основні проблеми роботи транспорту, запропоновано схему забезпечення фінансування на основі створення спільного підприємства замовника і виконавця. Для її реалізації складено алгоритм отримання заданої структури парку рухомого складу за кількістю та класом та порівняння з фактичним, визначення обсягів капіталовкладень та поетапне формування грошових потоків.

Ключові слова: пасажирський транспорт, перевізник, капіталовкладення.

Вступ. Пасажирський транспорт є одним із найважливіших факторів, які забезпечують життєдіяльність суспільства, поєднуючи різні частини території в єдиний складний організм, а також складовою частиною промислової інфраструктури. Його стійке та ефективне функціонування виступає необхідною умовою стабілізації та підйому економіки регіону, його структурної перебудови, забезпечення цілісності, а також покращення умов і рівня життя населення.

Постановка проблеми. Характерною особливістю ринку пасажирських перевезень є те, що існуюча структура рухомого складу не відповідає вимогам, у першу чергу за класом автобусів міського типу, а це значно погіршує якість обслуговування населення та екологічну ситуацію регіону.

Підприємства пасажирського автотранспорту мають такі проблеми як нестача інвестиційних ресурсів для оновлення та модернізації рухомого складу; наявність нерівноправних умов функціонування автотранспортних підприємств різних форм власності; відсутність адаптованого до сучасних умов соціально-економічного механізму фінансування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед наукових досліджень у даній сфері, які були проведені за останні роки, слід зазначити роботи учених Л.Л. Афанасьєва, А.В. Базилук,

Е. В. Будріної, В.Г. Варнавського, Ю.С. Вдовенка, В.А. Гудкова, В.І. Котелянца, Л.Б. Міротіна, В.Н. Парахіної [5], Ю.Б. Слободяник, І.В. Спіріна, А.В. Шабанова [6], Я.І. Шефтера. Однак слід зазначити, що у цих наукових дослідженнях не приділено уваги узгодженню інтересів усіх суб'єктів ринку пасажирських перевезень та розвитку організаційно-економічних механізмів фінансування пасажирського автотранспорту.

Мета статті. Метою дослідження є розроблення моделі організації пасажирського автотранспорту, яка дозволяє якісно оновити рухомий склад, підвищити ефективність роботи підприємств перевізників та покращити надання транспортних послуг.

Основний зміст. Світовий досвід показує, що в більшості країн організація функціонування пасажирського транспорту є предметом постійної уваги і турбот влади, знаходження засобів на його фінансування, включаючи й інвестиції. При обмеженості бюджетних ресурсів багато задач можна ефективно розв'язуватися за допомогою залучення приватного капіталу у вигляді, змішаних і муніципально-приватних підприємств, а взаємовідносини між ними і адміністрацією будують на договірній (контрактній) основі з різною часткою держави від 10 до 100% [1].

Сьогодні в Україні умови функціонування на ринку пасажирських автотранспортних перевезень сприятливі для приватних перевізників – фізичних осіб – та дуже несприятливі для великих підприємств, що призводить до поступового зникнення останніх з ринку. Наслідком цього є втрата контролю з боку держави за кількістю та якістю послуг, технічним станом рухомого складу перевізників, а також відмова приватних перевізників надавати безоплатні послуги пільговим категоріям населення. Тому здійснення адміністративних методів впливу на автомобільний транспорт сьогодні з боку державних структур дуже ускладнене. Державні органи повинні створити для підприємців певні умови дія-

льності, щоб ці умови були дієвими, під час їх розробки мають бути враховані інтереси всіх без винятку учасників процесу автотранспортних перевезень – як перевізників, так і пасажирів [2, 3].

Залучення до перевезень значної кількості автобусів особливо малої місткості (у тому числі приватних підприємств) є вимушеним заходом, оскільки за останні роки парк автобусів великої місткості практично не оновлювався. Це пояснюється недостатнім фінансуванням підприємств, що виконують перевезення пасажирів автобусами у звичайному режимі руху. Фінансове забезпечення транспортного комплексу здійснюється переважно з трьох основних джерел – бюджету, власних доходів транспортних підприємств та субвенції. Кількість автобусів малого та особливо малого класів стрімко зростає, а в останній час майже повністю витіснили автобуси великого класу.

Існуюча форма організації та оподаткування підприємства приватних перевізників ускладнює їм можливість отримувати державну субвенцію на перевезення пільгових категорій громадян. Для того, щоб претендувати на отримання державної компенсації необхідно шукати інші форми організації економічної діяльності підприємств, що надавало б можливість готувати пакет документів на отримання даної компенсації.

Економічно-правова ситуація в регіоні сприяла розвитку малих підприємств, збільшенню кількості рухомого складу і зменшенню його класу. Проведені дослідження вказують, що існуюча структура рухомого складу не відповідає вимогам для міста даної категорії, у першу чергу за класом автобусів міського типу, це значно погіршує якість обслуговування населення та екологічну ситуацію регіону. Відсутність централізованого управління організацією перевезень пасажирів різними перевізниками призводить до зменшення ефективності роботи кожного окремо.

Перевезення пасажирів приватними перевізниками, з одного боку – дуже ускладнює організацію та управління міським пасажирським транспортом, а з іншого – свідчить про те, що сфера громадського транспорту стає інвестиційно-привабливою через можливість повного збору плати за проїзд та отримання швидких грошей. Ці об'єктивні умови необхідно враховувати у процесі вдосконалення організації пасажирських перевезень. Основне завдання, яке необхідно вирішувати місцевим органам влади, при залученні приватних перевізників до перевезення пасажирів, полягає у забезпеченні якості та ефективності перевезень. Умови на перевезення для приватних перевізників повинні бути гнучкими та враховувати соціальний характер перевезень. Підприємство-перевізник – організація, в обслуговування якої передана частина маршрутів. Підприємство

може обслуговувати маршрути своїм транспортом, що знаходиться у нього на балансі, або залучати до обслуговування маршрутів приватних підприємств, у яких є власний або орендований рухомий склад. Приватний підприємець, у свою чергу, або сам виконує обов'язки водія, або укладає трудовий договір з найманим працівником. Як показує практика функціонування пасажирського автотранспорту, існуюча схема взаємовідносин призводить до того, що функції місцевих органів влади зводяться, в основному, лише до організації процесу перевезень: проведення конкурсів та укладання договорів. Функції регулювання і контролю діяльності автотранспортних підприємств виконуються неефективно внаслідок системи взаємовідносин, що склалась, коли органи місцевого самоврядування не мають прямих засобів впливу на приватних перевізників, а відтак втрачає контроль за процесом перевезень.

Система організації пасажирського автотранспорту не дозволяє вирішити стратегічне завдання підвищення якості та безпечності пасажирських перевезень. У зв'язку з цим виникає потреба вдосконалення організаційної системи надання транспортних послуг, яка б забезпечувала акумуляцію коштів на розвиток проблеми оновлення рухомого складу, більш ефективного його використання [7, 8].

Основою реалізації обраної моделі організації міського пасажирського автотранспорту є запропонована соціально-економічна модель забезпечення фінансування пасажирського транспорту (рис. 1). В основу цієї моделі покладено взаємодію замовника і перевізника транспортних послуг на основі створення спільного підприємства з метою якісного обслуговування пасажирів послугами транспорту. В умовах сьогодення велике фінансування не може на себе покласти ні приватні перевізники, ні органи місцевого самоврядування. Тому за цією моделлю пропонується заміну старого парку автобусів здійснювати поетапно.

На першому етапі порівнюємо існуючий парк автобусів із необхідною структурою, залишаємо певну кількість автобусів з існуючого рухомого складу, цей рухомий склад, буде становити першу долю у необхідній структурі. Другий етап: з амортизації рухомого складу, що залишився передбачається отримати кошти, за рахунок яких будуть закуплені нові автобуси великого та середнього класу. Одержати нові автобуси необхідної місткості також пропонується за рахунок приватних підприємств на умовах лізингу. З цією метою використовуються вивільнені кошти в результаті отримання податкової пільги. Ці автобуси будуть складати третю складову у необхідній структурі. На останньому етапі решту необхідних автобусів може придбати муніципалітет за рахунок бюджетних коштів і поставити їх на баланс муніципального підприємства.

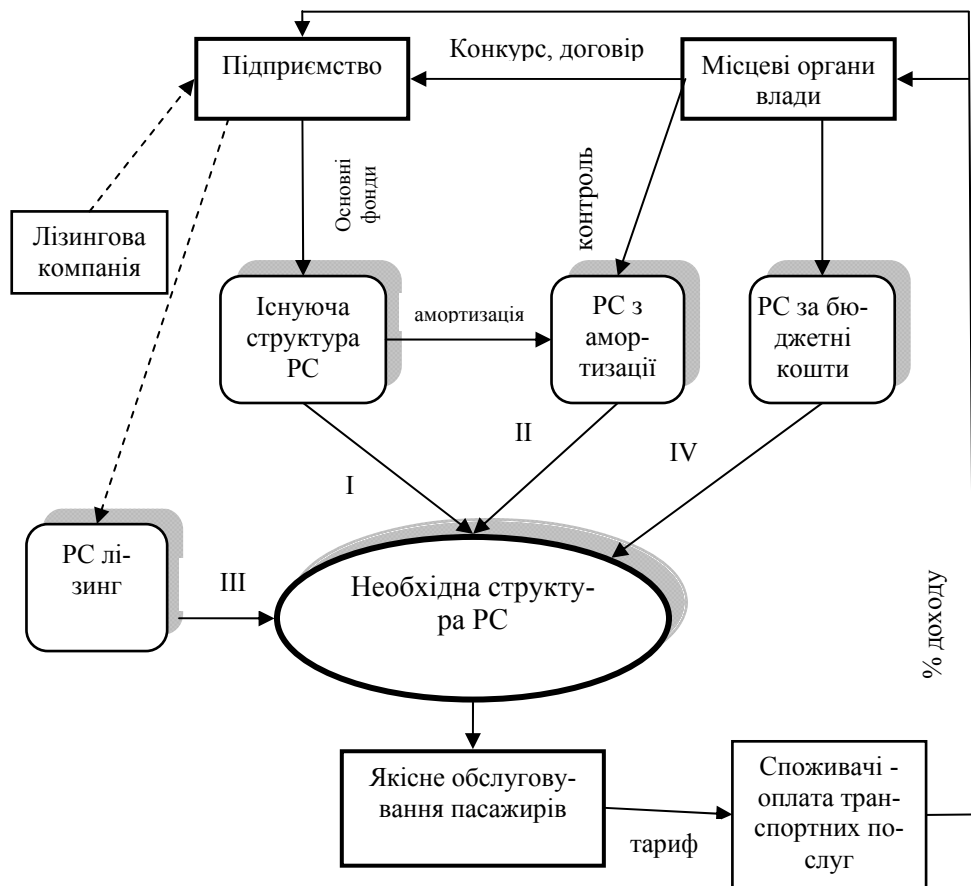


Рис. 1. Соціально-економічна модель забезпечення фінансування пасажирського транспорту

Для реалізації запропонованої моделі організації фінансування міського пасажирського транспорту розроблено алгоритм формування фінансування необхідної структури рухомого складу (рис. 2). Ним передбачено обов'язкове обстеження пасажиропотоків, розрахунок необхідної структури і кількості рухомого складу та порівняння його з фактичним, визначення обсягів капіталовкладень, поетапне формування грошових потоків за рахунок амортизації, лізингу та бюджетного фінансування.

Розрахунки, результати яких наведено у табл. 1, показали, що необхідне фінансування на придбання рухомого складу парку автобусів, що відповідають умовам якісного перевезення пасажирів у місті Кременчуці, відбувається за чотири роки.

Відповідно до функцій, що покладені на обидві сторони, приватна сторона забезпечує основне фінансування та менеджмент підприємства, зі свого боку місцеві органи влади забезпечують умови для організації пасажирських перевезень та роботи підприємств перевізників. Приватні перевізники виконують збір платні за перевезення та технічне обслуговування транспортних засобів. Органи виконавчої влади забезпечують контроль за виконанням переві-

зником умов договору, та в разі порушення ним цих умов договір можуть розірвати. Таким чином досягається високий контроль за цільовим використанням амортизаційних відрахувань.

Застосування такої форми організації дає можливість для підприємств отримувати податкову пільгу, вивільнені кошти, у свою чергу, спрямовуються на оновлення матеріально-технічної бази [9].

Умова оновлення матеріально-технічної бази передбачається нормативами Податкового кодексу для підприємств, зареєстрованих платниками єдиного податку [10, 11].

Організація транспортного процесу на основі моделі фінансування міського пасажирського автотранспорту підприємства дозволяє підприємствам більш ефективно виконувати свою діяльність в умовах зміни податкового законодавства; отримання податкової пільги дає можливість вивільняти кошти на оновлення рухомого складу, при цьому виділення коштів не впливає суттєво на собівартість та, відповідно, на тариф, а також акумулювати та перерозподіляти амортизаційні відрахування на придбання автобусів середнього та великого класів.

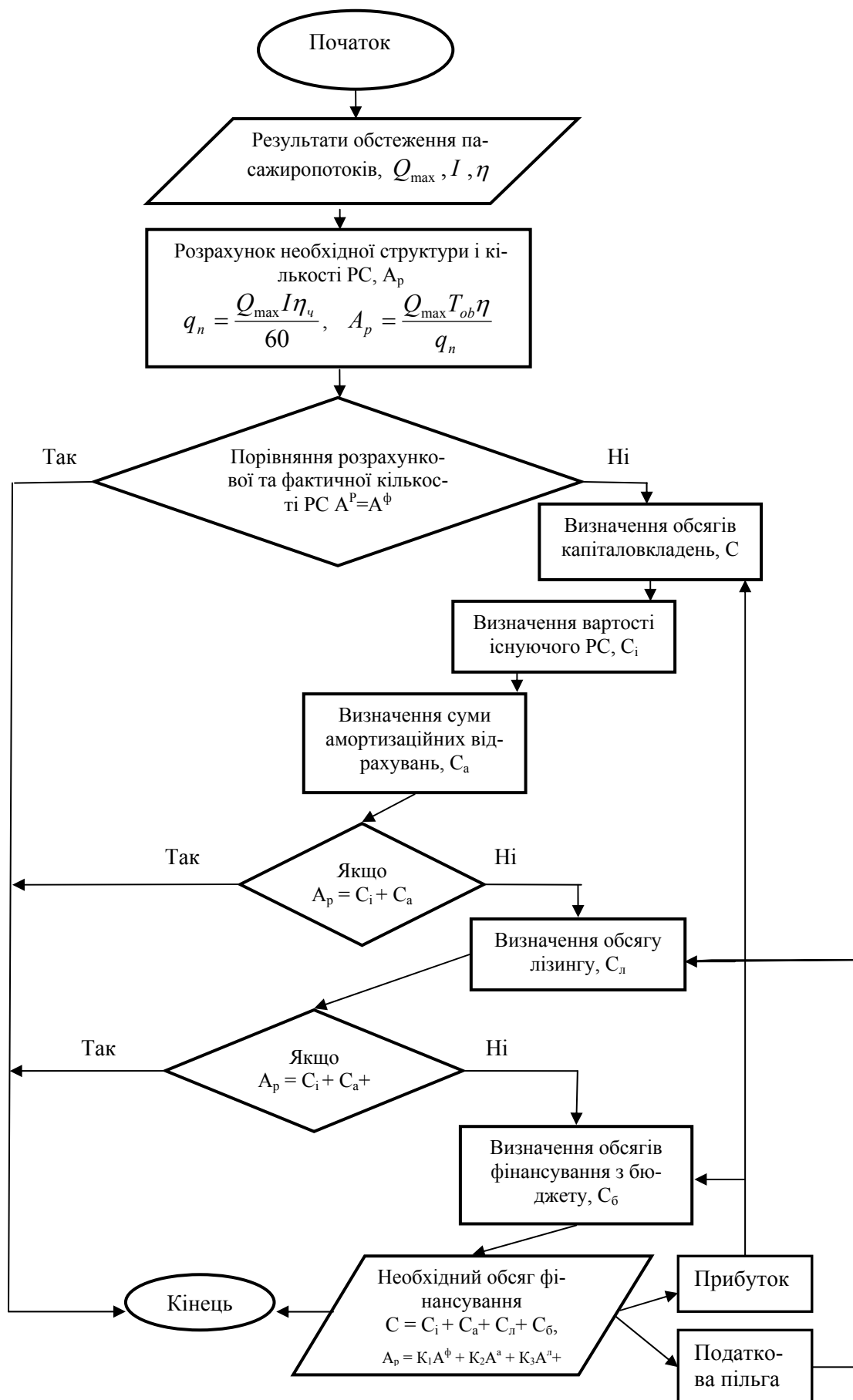


Рис. 2. Алгоритм формування фінансування необхідної структури рухомого складу

Таблиця 1

Узагальнена методика та результати розрахунків обсягу фінансування міського пасажирського транспорту

Показник	Розрахункова формула	Умовні позначення
Визначення складових фінансування		
Розрахунок необхідної структури і кількості рухомого складу	За даними обстежень пасажиропотоків	–
Капіталовкладення	$K = \sum C \cdot Q_a$	K – обсяг капітальних вкладень, грн; C – ціна автобуса певної марки, грн.; Q_a – кількість автобусів відповідної марки, грн
Вартість існуючого рухомого складу	$C = C_{пер} - 3$	C – залишкова вартість, грн; $C_{пер}$ – первісна вартість, грн; 3 – знос автобусів, грн
Вартість рухомого складу, що задовольняє умовам якості	За даними порівняння	C_3 – вартість рухомого складу
Амортизація	$A = \frac{C \cdot H_a}{100}$	A – річна сума амортизаційних відрахувань, грн; H_a – норма амортизаційних відрахувань, 20%
Лізингові платежі на основі вигоди від податкової пільги	$L = \left(P - S \frac{1}{(1+i)^n} \right) \left(\frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right)$	L – лізинговий платіж, грн; P – первісна вартість предмета лізингу, грн; S – залишкова (викупна) вартість предмета лізингу, грн; n – кількість періодів; i – процентна ставка для вказаного періоду;
Бюджетне фінансування	$C_6 = K - A - L$	
Визначення обсягів і строку фінансування		
Обсяг фінансування	$Q_f = A + L + C_6$	Q_f – обсяг фінансування за рік, грн
Період	$\Pi = \frac{K - C_3}{Q_f}$	Π – період за який відбувається повне фінансування, роки

Висновки. Проаналізувавши отримані результати досліджень, можна зробити висновок, що запропонована модель організації міського пасажирського автотранспорту дозволяє забезпечити фінансування необхідної структури парку транспортних засобів за кількістю автобусів міського типу. Заміна старого рухомого складу має здійснитися поетапно за чотири роки. Новий парк рухомого складу задовольнить попит на пасажирські перевезення в м. Кременчуці, забезпечить високий рівень транспортного обслуговування населення, економічну ефективність.

Література

- Усиченко Н.Г. Организационно-экономические основы регулирования системы городского пассажирского транспорта (на материалах Санкт-Петербурга) : дис. ... к.е.н. / Н.Г. Усиченко – Санкт-Петербург: СПбГУЭФ, 2000. – 96 с.
- Слободяник Ю.Б. Фінансовий механізм функціонування підприємств пасажирського автотранспорту в сучасних умовах. Монографія / Ю.Б. Слободяник – Суми: УАБС НБУ, 2007. – 158 с.
- Сергієнко Л. Допомогти перевізникові й пасажирові / Л. Сергієнко // Перевізник. – 2007. – № 9. – С. 5-6.
- Податковий кодекс України. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України у зв'язку з прийняттям Податкового кодексу України». – Харків: Одиссей, 2010. – 568 с.
- Парахина В.Н. Совершенствование управления системой пассажирского транспорта города. Монография / В.Н. Парахина - М.: КНОРУС, 2007. – 135 с.
- Шабанов А.В. Региональные логистические системы общественного транспорта: методология формирования и механизм управления / А.В. Шабанов – Ростов-н / Д.: изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 205 с.
- Kliuiev S. The transport complex efficiency increase / S. Kliuiev, S. Kravchenko // Theses of international scientific conference “Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects”. – The Ministry of education and science of Ukraine, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. – Severodonetsk. – 2017. – P. 80–82.
- D. Banister, “Transport planning,” Handbook of Transport Systems and Traffic Control, University of Sidney, George Mason University, 2001, pp. 9-19.
- M. Rajsman, I. Tolić, and B. Rajsman, “Development of trend model of the passenger demand for public bus transport,” Journal of Traffic and Logistics Engineering, vol. 1, no. 2, pp. 218-221, June 2013.
- Kliuiev S. Navigation systems implementation in transport traffic control / S. Kliuiev, P. Zamota // Theses of international scientific conference “Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects”. – The Ministry of education and science of Ukraine, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. – Severodonetsk. – 2017. – P. 78–80.

11. M. Rajsman, Technology of road transportation, Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb, Zagreb, 2012, pp. 8-14.

References

1. Usychenko N.H. Orhanyzatsyonno-ekonomycheskye osnovy rehulyrovanyya systemy horodskoho passazhyrskoho transporta (na materyalakh Sankt-Peterburha) : dys. ... k.e.n. / N.H. Usychenko – Sankt-Peterburh: SPbHUÉF, 2000. – 96 s.
2. Slobodyanyk YU.B. Finansovy mekhanizm funktsionuvannya pidpnyemstv pasazhyrskoho avtotransportu v suchasnykh umovakh. Monohrafiya / YU.B. Slobodyanyk – Sumy: UABS NBU, 2007. – 158 s.
3. Serhiyenko L. Dopomohy pereviznykovi y pasazhyrovi / L. Serhiyenko // Pereviznyk. – 2007. – № 9. – S. 5-6.
4. Podatkovyy kodeks Ukrainy. Zakon Ukrainy «Pro vnesennya zmin do deyakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy u zv'yazku z pryynyattiam Podatkovoho kodeksu Ukrainy». – Kharkiv: Odissey, 2010. – 568 s.
5. Parakhina V.N. Covershenstvovaniye upravleniya sistemoy passazhirskogo transporta goroda. Monografiya / V.N. Parakhina - M.: KNORUS, 2007. - 135 s.
6. Shabanov A.V. Regional'nyye logisticheskiye systemy obshchestvennogo transporta: metodologiya formirovaniya i mekhanizm upravleniya / A.V. Shabanov - Rostov-n / D.: izd-vo SKNTS VSH, 2001. - 205 s.
7. Kliuiev S. The transport complex efficiency increase / S. Kliuiev, S. Kravchenko // Theses of international scientific conference "Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects". – The Ministry of education and science of Ukraine, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. – Severodonetsk. – 2017. – P. 80–82.
8. D. Banister, "Transport planning," Handbook of Transport Systems and Traffic Control, Univesrity of Sidney, George Mason University, 2001, pp. 9-19.
9. M. Rajsman, I. Tolić, and B. Rajsman, "Development of trend model of the passenger demand for public bus transport," Journal of Traffic and Logistics Engineering, vol. 1, no. 2, pp. 218-221, June 2013.
10. Kliuiev S. Navigation systems implementation in transport traffic control / S. Kliuiev, P. Zamota // Theses of international scientific conference "Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects". – The Ministry of education and science of Ukraine, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. – Severodonetsk. – 2017. – P. 78–80.
11. M. Rajsman, Technology of road transportation, Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb, Zagreb, 2012, pp. 8-14.

Мороз Н.Н., Король С.А., Мороз Е.В., Марченко Д.Н., Епифанова О.В. Социально-экономическое обеспечение пассажирского транспорта общего пользования.

В статье определены особенности создания социально-экономического обеспечения пассажирского транспорта общего пользования. Исследованы основные проблемы работы транспорта, предложена схема обеспечения финансирования на основе создания совместного предприятия заказчика и исполнителя. Для ее реализации составлен алгоритм получения заданной структуры парка подвижного состава по количеству, классу и сравнения с фактическим, определения объемов капиталовложений и поэтапное формирование денежных потоков.

Ключевые слова: пассажирский транспорт, перевозчик, капиталовложения.

Moroz M. Korol S., Moroz O., Marchenko D., Yepifanova O. Socio-economic support for passenger transport of general use.

The article describes the peculiarities of creation of social and economic provision of passenger transport of general use. The main problems of transport work are investigated, the scheme of providing financing on the basis of creation of joint venture of the customer and the executor is offered. For its implementation an algorithm for obtaining a given structure of the fleet of rolling stock by number and class and comparison with the actual, the determination of the volume of investment and the phased formation of cash flows.

The model of the organization of urban passenger motor transport is proposed, which allows to secure the financing of the necessary structure of the fleet of vehicles in terms of the number of urban buses.

Keywords: passenger transport, carrier, investment.

Мороз М. М. – доктор технічних наук, завідувач кафедри, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, професор кафедри транспортних технологій, e-mail: mykolai.moroz@gmail.com,

Король С. О. – кандидат технічних наук, доцент, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, доцент кафедри транспортних технологій, e-mail: korolpubl@mail.ua,

Мороз О. В. – кандидат економічних наук, доцент, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, доцент кафедри маркетингу, e-mail: alenamrz@gmail.com.

Марченко Д. М. – доктор технічних наук, професор, перший проректор Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, e-mail: marchenko@snu.edu.ua.

Єпифанова О. В. – кандидат технічних наук, доцент, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, e-mail: yepifanova@i.ua.

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

Стаття подана 20.03.2018

УДК 656.1

СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ**Паснак І.В., Рогальський Р.Б., Грицюк С.А.****MODERN METHODS OF STUDYING THE PARAMETERS OF TRAFFIC****Pasnak I., Rogalskyi R., Hrytsiuk S.**

The purpose of the work is to analyze and improve modern methods of studying the parameters of traffic with using of unmanned aerial vehicles. The basis of the analysis of the current state of the problem is the necessity of developing a new way of studying the parameters of traffic for increasing the efficiency of transport research. The method of studying the parameters of traffic in which the use of unmanned aerial vehicles with a digital video camera will allow the study of traffic parameters in different places of the street-road network by flight and hovering over the necessary areas of the street-road network with the receipt of video recording of traffic. For realization of the presented method of studying traffic, an algorithm for conducting studies of parameters of transport and pedestrian flows has been developed. Requirements for the technical means for carrying out researches are described and the possible variants of researches using the offered method are described.

Keywords: transport research, efficiency improvement, traffic flow, pedestrian flow, research algorithm, street-road network.

Introduction. Owing information on the current state of the problems in transport, obtained through a variety of research methods and data analysis, is a prerequisite for planning and designing a street-road network (RN) and improving road traffic organization. This is the basis for substantiating the proposed solutions on compliance with existing problems, eliminating existing deficiencies and improving the conditions of the transport system. The rapid growth of automation requires a systematic approach to ensure the functioning of the field of road traffic. The basis of this approach is the study of connections and dependencies in the system "Road conditions – traffic flows".

It is known that speed is the most important parameter of a traffic flow and determines the traffic performance. However, along with the speed, the first of two main target traffic functions is still traffic safety. In order to perform tasks related to salvage and assistance, special-purpose vehicles of the operational services should be able to move quickly and safely in difficult road-transport conditions. However, the growth of au-

tomobile leads to over-saturation of vehicles on RN, which significantly influences the main parameters of the traffic flow, in particular on speed, density and traffic intensity. Therefore, the specified requirements for the movement of special vehicles cannot always be combined in practice. The above example is one of many current issues to solve, which will help develop and implement new methods for studying traffic parameters.

Formulation of the problem. Transport research is a process of collecting information about a road or other mode of transport. The purpose of such research is to create preconditions (by getting initial data) for planning, designing and optimizing in the system "Road conditions – traffic flows". Also, the data obtained by the above will be useful for optimizing the routes of traffic of special vehicles and the safety of their movement [1].

In today's conditions, in most cases, the collection of information on the parameters of transport and pedestrian flows is carried out by the method of field observations, which involves the involvement of a number of accounting targets. However, with the development of advanced technologies, the possibility of their application in various areas of human activity raises the question of the feasibility of involving a large number of people in conducting transport research. Therefore, the issue of maximal automation of such activity with the attraction of a minimum number of researchers seems to be actual.

Taking into account the above, improving the efficiency of research of parameters of transport and pedestrian flows by developing a new method of conducting road traffic parameters is an actual task of the present day and has a scientific and practical value.

Analysis of recent research and publications. The authors of this work have begun studies in the foreground [1, 2], but they relate mainly to the analysis of the current state of the problem and the coverage of perspective directions of study of traffic parameters. Similar issues were considered in [3], where the author car-

ried out an analysis of perspective directions of the use of quadrocopter in the elimination of fires and emergency situations, as well as other studies.

It is also worth noting the work of foreign scientists, where such issues were considered. In particular, in [4] the possibility of using quadrocopter devices for studying the parameters of pedestrian flows is considered. [5] examines the use of an unmanned aerial vehicle (UAV) for collecting traffic data, in particular defining the type of vehicle and tracking its traffic. The possibility of monitoring traffic flows using UAVs and further processing of received video materials is presented in [6]. The article [7] considers the optimization of UAVs routes for gathering information on traffic flows. However, the given work deals only with certain cases of research and information gathering, therefore, it is necessary to develop a method for studying the parameters of the traffic, which would provide an increase in the efficiency of research of parameters of transport and pedestrian streams for solving problems in the field of traffic organization and other related sectors of activity.

Purpose of the article. The purpose of the work is to analyze and improve modern methods of studying the parameters of traffic with using of UAV.

Main content. In order to obtain traffic intensity indicators in the section of roads, data from short-term observations of intensity and composition of the flow at a stationary accounting point can be used. The calculation of the intensity of traffic in this case is carried out with the obligatory division of the flow composition by capacity, indicating the time and date of observation. However, taking into account the costs necessary for the establishment and maintenance of stationary points of study of traffic, for the study of road traffic indicators it seems expedient to use modern technical means for fixing traffic flows, which would limit the need to attract people for research [8]. In the aforementioned direction, it was suggested to use a method with the use of a DVR for the study of road parameters (Ukrainian Patent №79573).

This method of studying the parameters of traffic involves the use of a DVR installed in a passenger car. The car is parked in the place of RN, which is necessary for research, and the study of the parameters of traffic [8] is underway.

Video registration can be carried out both in the presence of a person and autonomously. After conducting the necessary research, the results are processed by the use of a personal computer. The obtained data can be displayed in the form of tables or charts depending on the task of the research. For conducting research it is expedient to determine the intensity of motion by the method of field observations using the method of 6-minute intervals of time. This method is to measure the number of cars on the section under study 6 minutes in the morning (8.00) and evening (18.00) high periods, as well as in the afternoon (13.30).

However, this method has a number of shortcomings, since it provides for the fixation of the traffic flow only in a certain section of RN.

For a more complete picture during the processing of video materials, it would be advisable to ensure that the camera is mounted on top of the subject under study (for example, crossroads) in order to be able to comprehensively explore the parameters of motion in all directions. Here, the use of a quadcopter, which will allow video recording of transport and pedestrian streams by "hovering" above the intersections and obtaining better video, looks promising. In the future, it can be processed in the office environment, which will reduce the number of researchers [1].

It is worth noting that today unmanned aircraft is actively developing (development of UAVs, in particular drones, multicopters, etc.), since the scope of their applications is extremely wide. Already today they are used in many areas of human activity, in particular in agriculture, during the construction of various objects and structures, for search and rescue operations, delivery of correspondence, etc. Quadcopters have also found their application in photography and cinematography, because they can easily and inexpensively make pictures from a height and at different angles. As we see, world experience shows that quadcopter machines can be an effective tool for monitoring and mapping the territories, and research in this area is extremely important and promising [1].

Taking into account the above, a method of studying the parameters of the traffic (the application for a patent of Ukraine u 2017 08079) was developed. The work of the method of studying the parameters of the traffic consists in the use of UAV with a digital video camera, flight and hovering over the necessary areas of RN for receiving video recording for control of traffic parameters. As a result, it is possible to reduce the reaction time to change the parameters of the traffic, to reduce the time of obtaining data on the parameters of traffic in the required places of RN by flight and the freezing of the UAV with a digital video camera with the receipt of video recording of the traffic process.

For the implementation of the proposed method of studying the parameters of traffic with the use of UAV, an algorithm for carrying out research on transport and pedestrian flow parameters is presented (Fig.) [11].

Taking into account [1, 9], it is recommended to use quadcopter with the following parameters for transport studies [11]:

- a camera with high resolution (for clear video shooting of transport and pedestrian streams);
- the possibility of GPS guidance (to increase the effectiveness of positioning over a certain area of RN);
- the possibility of "hovering" over the specified place (in order to obtain a clear video of the object under study);
- auto-return in emergency situations (to prevent loss of a quadcopter in the event of low battery charge or poor signal of the control link);
- increased autonomy of work (to ensure continuous video capture);
- increased range of information management and communication (to enable the possibility of exploring large sections of RN or a separate transport area).

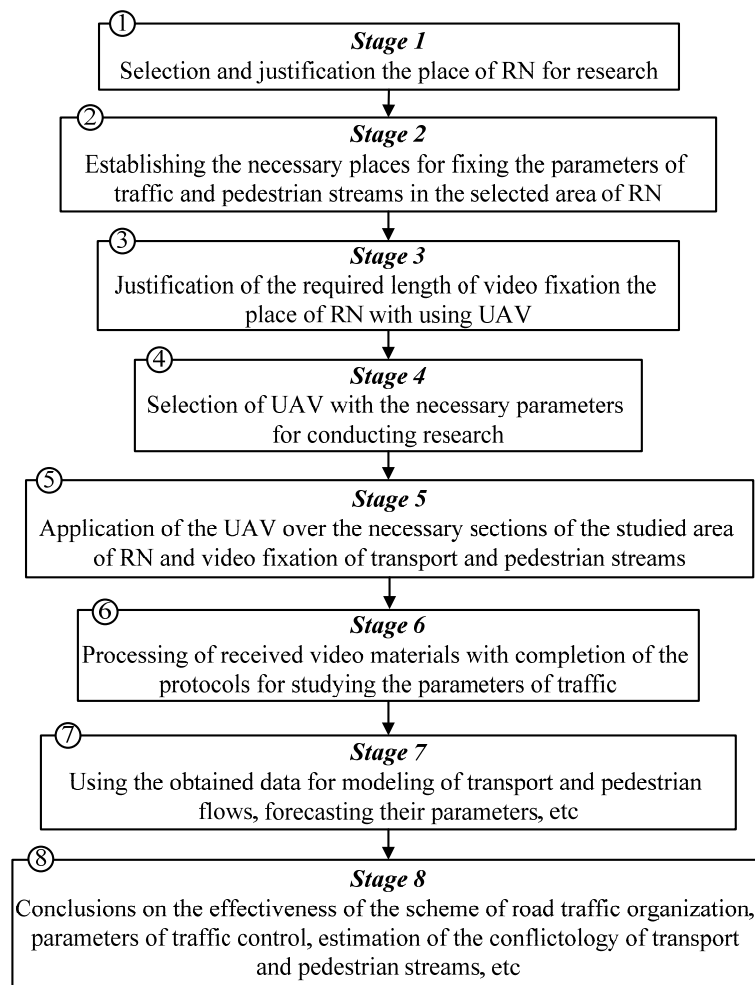


Fig. Structural diagram of the simulation model for studying the parameters of transport and pedestrian flows using the proposed method [11]

Working out a video in office conditions will allow the researcher to obtain the following data [1, 9]:

- intensity and composition of traffic on RN;
- the intensity and composition of the traffic on the roads that enter the city;
- intensity of pedestrian traffic;
- speed of traffic on RN;
- traffic delays at intersections and in separate sections of RN;
- the location and conditions of the parking of vehicles;
- initial data to optimize the route of special vehicles [10, 12];
- conditions of movement in points of periodic accumulation of people (stadiums, parks, stations, etc.).

So, as we see, the using of quadcopter in the field of transport research will make it possible to substantially facilitate the work of researchers and increase the efficiency of their work, and the resulting video material will also be useful during the educational process to improve the quality of student perception of material.

Conclusions. The basis of the analysis of the current state of the problem is the necessity of developing a new way of studying the parameters of traffic for in-

creasing the efficiency of transport research. The method of studying the parameters of traffic, in which the use of UAVs (dron, quadcopter, multicopter, etc.) with a video camera, allows to study the parameters of traffic in different places of RN by flight and hovering over the necessary areas of RN with the receipt of video recording of traffic. To implement the proposed method with the use of UAV, an algorithm for conducting research of transport and pedestrian flows parameters was developed. The requirements for UAV for conducting research are outlined and possible research options are described with the use of the proposed method.

References

1. Pasnak, I. V. (2017). Zastosuvannia kvadrokopteriv dlia doslidzhennia parametriv dorozhnogo rukhu: Problemy z transportnymy potokamy i napriamy yikh rozviazannia. Tezy dopovidei Vseukrainskoi naukovo-teoretychna konferentsiia, (pp. 15–17). Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki. [in Ukrainian].
2. Pasnak, I. V., Hrytsiuk, S. A., & Hrytsai, D. V. (2017). Perspektyvni avtomatychni systemy zbyrannia danykh u tsaryni dorozhnogo rukhu. Problemy z transportnymy potokamy i napriamy yikh rozviazannia. Tezy dopovidei II Vseukrainska naukovo-teoretychna konferentsiia, 1618

- bereznia 2017 roku, (pp. 22–23). Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky. [in Ukrainian].
3. Lopukh, O. R. (2015). Analiz perspektivnykh napravlenii primeneniia kvadrokopterov (multikopterov) pri likvidatsii pozharov i chrezvychainykh situatsii, a takzhe provedeniia drugikh issledovani. Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta KChS MVD Respubliki Kazakhstan, 4(20), 37–47. K.: KTI MVD RK. [in Russian].
 4. Chomphunut Sutheerakul. Application of Unmanned Aerial Vehicles to Pedestrian Traffic Monitoring and Management for Shopping Streets / Chomphunut Sutheerakul, Nopadon Kronprasert, Manop Kaewmoracharoen, Preda Pichayapan // Transportation Research Procedia, 25 (2017), pp. 1717–1734.
 5. LiangWang. Detecting and tracking vehicles in traffic by unmanned aerial vehicles / LiangWang, FangliangChen, HuimingYin // Automation in Construction, Volume 72, Part 3, December 2016, Pages 294–308.
 6. Giuseppe Guido. Evaluating the accuracy of vehicle tracking data obtained from Unmanned Aerial Vehicles / Giuseppe Guido, Vincenzo Gallelli, Daniele Rogano, Alessandro Vitale // International journal of transportation science and technology, 5 (2016), pp. 136–151.
 7. Xiaofeng Liu. Unmanned Aerial Vehicle Route Planning for Traffic Information Collection / Xiaofeng Liu, Zhongren Peng, Liye Zhang, Li Li // Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, Volume 12, Issue 1, February 2012, Pages 91–97.
 8. Pasnak I., Fursenko O. (2014) Optimizatsiya marshrutu ruhu spetsialnih transportnih zasobiv iz urahuvannyam parametriv vulichno-dorozhnoyi merezhi [Optimizing route of special vehicles within the parameters of the road network]. Scientific Journal of LSULS, no. 10, pp. 7–14.
 9. Pasnak I. Justification possibility of using drones to study the parameters of traffic / I.V. Pasnak // Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects: thesis, 3–12 May 2017, Dresden (Germany) – Paris (France) / Executive editor: Chernetska-Biletska N. – Severodonetsk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017. – P. 156–158.
 10. Pasnak I. Development of algorithms for efficient management of fire rescue units / I. Pasnak, O. Prydatko, A. Gavriluk // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies, Vol 3, No 3(81) (2016): Control processes, pp. 22–28.
 11. Pasnak I.V. The method of studying traffic parameters / I.V. Pasnak, S.A. Hrytsiuk, D.V. Hrytsai // Scientific Bulletin of UNFU, 2017, no. 27.9, pp. 124–127.
 12. Hulida E.M. Methodology for Reducing the Duration of the Free Development of Fire / E.M. Hulida, I.V. Pasnak, E.E. Vasilyeva // BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 80–87, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.5.

Паснак І.В., Рогальський Р.Б., Грицюк С.А. Сучасні методи дослідження параметрів дорожнього руху.

На підставу аналізу сучасного стану проблеми обґрунтовано необхідність розроблення нового способу дослідження параметрів дорожнього руху для підвищення ефективності транспортних досліджень. Розглянуто спосіб дослідження параметрів дорожнього руху, в якому застосування безпілотного літального апарату з цифровою відеокамерою дасть змогу здійснювати дослідження параметрів дорожнього руху в різних місцях вулично-дорожньої мережі шляхом польоту та зависанням над необхідними ділянками вулично-дорожньої мережі із отриманням відеозапису дорожнього руху. Для реалізації представленого способу дослідження дорожнього руху розроблено алгоритм проведення досліджень параметрів транспортних та пішохідних потоків. Окреслено вимоги до технічних засобів для проведення досліджень та описано можливі варіанти проведення досліджень з використанням запропонованого способу.

Ключові слова: транспортні дослідження, підвищення ефективності, транспортний потік, пішохідний потік, алгоритм досліджень, вулично-дорожня мережа.

Паснак И.В., Рогальский Р.Б., Грицюк С.А. Современные методы исследования параметров дорожного движения.

На основании анализа современного состояния проблемы обоснована необходимость разработки нового способа исследования параметров дорожного движения для повышения эффективности транспортных исследований. Рассмотрен способ исследования параметров дорожного движения, в котором применение беспилотного летательного аппарата с цифровой видеокамерой позволит проводить исследования параметров дорожного движения в разных местах улично-дорожной сети путем полета и зависанием над необходимыми участками улично-дорожной сети с получением видеозаписи дорожного движения. Для реализации представленного способа исследования дорожного движения разработан алгоритм проведения исследований параметров транспортных и пешеходных потоков. Определены требования к техническим средствам для проведения исследований и описаны возможные варианты проведения исследований с использованием предложенного способа.

Ключевые слова: транспортные исследования, повышение эффективности, транспортный поток, пешеходный поток, алгоритм исследований, улично-дорожная сеть.

Паснак І.В. – к.т.н., доцент кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежно-рятувальної техніки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, e-mail: van-pas@ukr.net

Рогальський Р.Б. – к.т.н., старший викладач кафедри «Транспортні технології» Національного університету «Львівська політехніка».

Грицюк С.А. – магістрант кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежно-рятувальної техніки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

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

УДК 62-597.6

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ОБ'ЄМНОЇ ТЕПЛОВОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ДИСКОВИХ ГАЛЬМІВНИХ ПРИСТРОЇВ АВТОМОБІЛІВ

Полупан Є.В., Шевченко С.І., Мірошникова М. В., Полупан Ю.В.

THEORETICAL BACKGROUND FOR CALCULATION OF BODY HEAT LOADING OF DRIVE BRAKE DEVICES OF AUTOMOBILES

Polupan E., Shevchenko S., Miroshnykova M., Polupan J.

У статті розглянуті процеси переносу теплоти за рахунок теплопровідності при відсутності внутрішніх джерел тепла, коли температура системи змінюється не тільки від точки до точки, але і з плином часу. Розглянуто питання підвищення ефективності роботи гальмівного пристрою, що полягає в зниженні теплової навантаженості фрикційного вузла, завдяки аналізу та розгляду теплових процесів, що проходять при роботі дискового гальма. Розглянуто питання теоретичного розрахунку зміни температурних полів по глибині накладки і контртіла дискового гальмівного пристрою автомобіля.

Ключові слова: гальмівний пристрій, накладка, диск, температура

Підвищення ефективності роботи гальмівного пристрою, що полягає в стабілізації коефіцієнта тертя і зниження теплової навантаженості фрикційного вузла можна досягти шляхом зменшення товщини фрикційної накладки і збільшення поверхонь охолодження вузла тертя.

Вступ. Процеси переносу теплоти за рахунок теплопровідності при відсутності внутрішніх джерел тепла, коли температура системи змінюється не тільки від точки до точки, але і з плином часу називаються нестационарними тепловими процесами [1]. Вони мають місце при нагріванні (охолодженні) різних заготовок і виробів, виробництві скла, випалюванні цегли, вулканізації гуми, пуску і зупинці різних теплообмінних пристроїв, енергетичних агрегатів і т. п.

Серед практичних задач нестационарної теплопровідності найважливіше значення мають дві групи процесів: а) тіло прагне до теплової рівноваги; б) температура тіла зазнає періодичні зміни.

До першої групи належать процеси прогріву або охолодження тіл, поміщених в середу з заданим тепловим станом, наприклад, прогрів болванки в печі, охолодження металевих брусків і чушок, охолодження загартованих деталей і т. п.

До другої групи належать процеси в періодично діючих підігрівачах, наприклад, теплові процеси регенераторів, насадка яких то нагрівається димовим газом, то охолоджується повітрям. На рис. 1 показаний характер кривих, отриманих при нагріванні однорідного твердого тіла в середовищі з постійною температурою $t_{ж}$. По міру нагрівання температура в кожній точці асимптотично наближається до температури нагріваючого середовища. Як видно з малюнка, найбільш швидко змінюється температура точок, що лежать поблизу поверхні тіла. Зі збільшенням часу прогріву ця різниця буде зменшуватися і теоретично через досить великий проміжок часу вона дорівнюватиме нулю. Таким чином, нестационарні теплові процеси завжди пов'язані зі зміною внутрішньої енергії або ентальпії речовини.

Рішення теплової задачі тертя в гальмі, в загальному випадку, передбачає вирішення трьох завдань:

- визначення кількості тепла, що надходить в кожен елемент пари тертя;
- рішення задачі про поширення тепла в елементі пари тертя;
- визначення здатності елемента пари тертя віддавати тепло в навколишнє середовище.

Постановка проблеми. З аналізу практики експлуатації автомобільного транспорту можна зробити висновок, що одним з найбільш слабких місць серед механізмів є гальмівні пристрої. Проте до сьогодні не досягнуто задовільних практичних результатів з поліпшення стабільності роботи і довговічності фрикційних елементів гальмівних пристроїв, а також відсутні методи розрахунку теплової навантаженості гальмівних пристроїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При розрахунках гальмівних пристроїв передбачається, що в процесі гальмування кінетична енергія гальмуючих мас повністю перетворюється в тепло [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] і в основному, розподіляється між

елементами пари тертя. Частина тепла безпосередньо від поверхні тертя передається в навколишнє середовище.

При вирішенні задачі поширення тепла в елементах фрикційної пари гальма на поверхні тертя задаються граничні умови, тобто. задається інтенсивність теплового потоку. Для її визначення необхідно обчислити поточну реалізовану потужність тертя. Питання визначення роботи гальмування для гальмівних пристроїв розглянуті М. П. Александровим [3, 11].

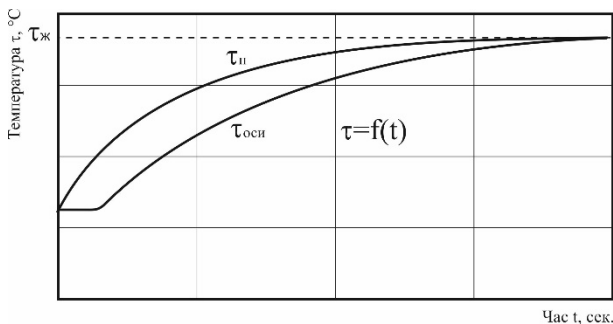


Рис. 1. Характер зміни температури тіла при нагріванні в часі [3]

Аналіз залежності поточної потужності тертя від характеристик фрикційної теплостійкості наведено в роботі [13].

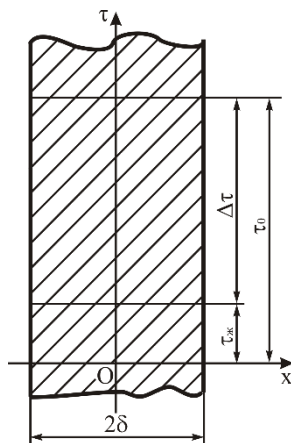


Рис. 2. До охолодженню плоскої необмеженої пластини

Частка тепла, що надходить в кожен момент часу в поверхні пари тертя, враховується за допомогою коефіцієнта розподілу теплових потоків $\alpha_{ТП}$. В літературі наводяться формули для визначення цього коефіцієнта [12] при різних конструктивних умовах. Згідно Ньюкомба в гальмівних пристроях в чавунне контртіло надходить 99% тепла при роботі в парі з азбосмоляними накладками і 96% - з металокерамічними.

Мета статті. В роботі зроблено спробу розрахунку температурних полів фрикційних накладок дискових гальм у процесі охолодження.

Основний зміст. Дослідження температурного поля елементів пари тертя базується на рішенні рів-

няння теплопровідності Фур'є з відповідними граничними умовами. Однак отримання точних рішень задачі про поширення тепла в елементах гальма дуже важко з ряду причин, серед яких можна назвати наступні:

- складність конфігурації реальних деталей;
- різноманітність і складність граничних умов;
- складність взаємодії реальних деталей при терті;
- наявність деталей з різними фізичними властивостями.

Зазвичай завдання спрощують, виходячи з практичних вимог і обчислювальних можливостей.

Аналітичний опис процесів теплопровідності включає в себе диференціальне рівняння і умови однозначності.

Диференціальне рівняння теплопровідності при відсутності внутрішніх джерел тепла має вигляд [1, 14]:

$$\frac{\partial \tau}{\partial t} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \tau}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \tau}{\partial z^2} \right). \quad (1)$$

Умови однозначності задаються у вигляді:

фізичних параметрів λ, c, ρ ;

форми і геометричних розмірів об'єкта

$$l_0, l_1, l_2, \dots, l_n; \quad (2)$$

температури тіла в початковий момент часу

$$t = 0, \tau = \tau_0 = f(x, y, z).$$

Граничні умови можуть бути задані у вигляді граничних умов третього роду:

$$\left(\frac{\partial \tau}{\partial n} \right)_{n=0} = -\frac{\alpha}{\lambda} (\tau_{n=0} - \tau_{ж}). \quad (3)$$

Диференціальне рівняння теплопровідності (1) разом з умовами однозначності (2) і граничними умовами (3) дає закінчений математичний вигляд, що описує розглянуту задачу. Рішення її полягає в пошуку функції,

$$\tau = f \left(x, y, z, t, \alpha, a, \tau_0, \tau_{ж}, l_0, l_1, \dots, l_n \right) \quad (4)$$

яка задовольняла б рівняння (1) і умов (2) і (3).

Для випадку охолодження (нагрівання) плоскою колодки і диска дискового гальма.

Якщо товщина пластини мала в порівнянні з її довжиною і шириною, то така пластина називається необмеженою [1, 14].

При заданих граничних умовах коефіцієнт тепловіддачі однаковий для всіх точок поверхні пластини. Зміна температури відбувається тільки в одному напрямку по товщині пластини, в двох інших напрямках температура не змінюється, тоді в просторі задача є одновимірною. Початковий розподіл температури задаємо деякою функцією $\tau(x, 0) = f(x)$. Охолодження відбувається в середовищі з постійною температурою $\tau_{ж} = const$. На обох поверхнях відведення теплоти здійснюється при постійному в часі коефіцієнті тепловіддачі. Відлік температури пластини для будь-якого моменту часу будемо вести від температури навколишнього середовища $\Delta \tau = \tau - \tau_{ж}$.

Внаслідок одномірності завдання диференціальне рівняння (1) приймає вигляд:

$$\frac{\partial \Delta \tau}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 \Delta \tau}{\partial x^2} \quad (5)$$

Початкові умови:

при $t = 0 \Delta \tau = \Delta \tau_0 = f(x) - \tau_{жс} = F(x)$.

При заданих умовах охолодження задача стає симетричною, і початок координат для зручності поміщаємо відповідно до рис. 2. При цьому граничні умови для осі і поверхні приймають вид [1]:

$$\left. \begin{array}{l} \text{а) на осі пластини при } x = 0 \\ \left(\frac{\partial \Delta \tau}{\partial x} \right)_{x=0} = 0; \\ \text{б) на поверхні пластини при } x = \delta \\ \left(\frac{\partial \Delta \tau}{\partial x} \right)_{x=\delta} = -\frac{\alpha}{\lambda} \cdot \Delta \tau_{x=\delta}. \end{array} \right\} \quad (6)$$

Рішення диференціального рівняння (5) будимо шукати за допомогою розділення змінних у вигляді добутку двох функцій, одна функція від t , а інша від x [1]:

$$\Delta \tau = \Delta \tau(t, x) = \varphi(t) \cdot \psi(x). \quad (7)$$

Підставляючи вираз (7) в початкове диференціальне рівняння (5), отримуємо:

$$\frac{\partial \varphi(t)}{\partial t} \cdot \psi(x) = a \cdot \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} \cdot \varphi(t)$$

або

$$\varphi'(t) \cdot \psi(x) = a \cdot \psi''(x) \cdot \varphi(t).$$

В останньому рівнянні змінні легко розділяються і його можна переписати у вигляді, в якому ліва частина рівняння буде функцією тільки від t , а права - тільки від x :

$$\frac{\varphi'(t)}{\varphi(t)} = a \cdot \frac{\psi''(x)}{\psi(x)}. \quad (8)$$

Після нескладних математичних висновків і перетворень [1, 14] отримуємо остаточний вираз для температурного поля при охолодженні (нагріванні) однорідної пластини,

$$\Delta \tau = \sum_{n=1}^{n \rightarrow \infty} \times \left(\int_{-\delta}^{+\delta} F(x) \cdot \cos \left(\mu_n \cdot \frac{x}{\delta} \right) \cdot dx \right) \times \cos \left(\mu_n \cdot \frac{x}{\delta} \right) \cdot e^{-\mu_n^2 \frac{a \cdot t}{\delta^2}} \quad (9)$$

де δ - товщина пластини;

μ_n - корені характеристичного рівняння [1];

$\int_{-\delta}^{+\delta} F(x) \cdot \cos \left(\mu_n \cdot \frac{x}{\delta} \right) \cdot dx$ - початковий розподіл

температури;

$$\frac{a \cdot t}{\delta^2} = F_0 - \text{число Фур'є.}$$

Висновок. В роботі проаналізовано та розглянуті теплові процеси, що проходять при роботі гальма. Розглянуто приватні рішення рівняння теплопровідності Фур'є стосовно до гальмівного пристрою.

Література

1. Ісаченко В. П. та ін. Теплопередача: [Підручник для вузів] / В. П. Ісаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомель - 4-е изд., Перераб. і доп. - М.: Енергоіздат, 1981. - 416_11 с.: іл., Табл.
2. Костерін Ю. І. Деякі методичні питання натурних випробувань автомобільних гальмівних накладок // Розрахунок і випробування фрикційних пар: Зб. науч. робота. - М.: Машинобудування, 1974.
3. Гальмівні пристрої: [Довідник] / М. П. Александров, А. Г. Лисяков, В. Н. Федосєєв, М. В. Новожилов; За заг. ред. М. П. Александрова. - М.: Машинобудування, 1985. - 312_2 с., Іл.
4. Довідник по кранах: У 2 т. Т. 2. Характеристики і конструктивні схеми кранів. Кранові механізми, їх деталі та вузли. Технічна експлуатація кранів / М. П. Александров, М. М. Гохберг, О. А. Ковин і ін.; За заг. ред. М. М. Гохберг. - Л.: Машинобудування. Ленінград. отд-ня, 1988 г. - 559 с.: іл.
5. Гайдамака В. Ф. Вантажопідйомні машини: Підручник К.: Вища шк. Головне вид-во, 1989.-328 с.: іл.
6. Чотирбоки Ф.М. Гальмування кранових механізмів. - М.: Машгиз. 1950. - 158 с.
7. Федосєєв В.М., Чіковані М.Г. Триботехника гальм підйомно-транспортних машин. / Теорія розрахунок і дослідження ПТМ.: Праці МВТУ. - М., 1985, №438, С. 42-57.
8. Зальцман І. М., Комінський Д. П., Онопко А. Д. Фрикційні муфти і гальма гусеничних машин. - М.: Машинобудування, 1965, - 272 с.
9. Іноземцев В. Г. Теплові розрахунки при проектуванні та експлуатації гальм. - М.: Транспорт, 1966, -40 с.
10. Пижевiч Л. М. Розрахунок фрикційних гальм. - М.: Машинобудування, 1984. -228 с.
11. Александров М. П. Дослідження теплового режиму кранових гальм. Дис. доктора. техн. наук: М., 1953.
12. Іноземцев В. Г. Гальма залізничного рухомого складу. -М.: Транспорт, 1979. - 424_1 с., Іл. табл. - Бібліограф.: с. 422.
13. Ромашко А. М. Дослідження дискових колодкових гальм підйомно-транспортних машин. Дис. ... кандидата техн. наук: М., 1979. - 254 с.
14. Ликов А. В. Теорія теплопровідності. - М.: Вища школа, 1967. - 599 с.

References

1. Isachenko V. P. et al. Heat transfer: [Textbook for high schools] / V.P. Isachenko, V.A. Osipov, A.S. Sukomel - 4th ed., Pererab. and add - M.: Energoizdat, 1981. - 416_11 pp.: Ill., Table.
2. Kosterin Yu. I. Some methodical questions of full-length tests of automotive brake linings // Calculation and testing of friction pairs: Zb. scientific work. - M.: Mechanical Engineering, 1974.
3. Brake devices: [Reference book] / M.P. Aleksandrov, A.G. Lisyakov, V.N. Fedoseev, M.V. Novozhilov; For zag Ed. MP Aleksandrov. - M.: Mechanical Engineering, 1985. -312_2 pp., Ill.
4. Handbook of taps: In 2 t. T. 2. Characteristics and design schemes of cranes. Crane mechanisms, their parts and assemblies. Technical operation of cranes / MP

- Aleksandrov, M. M. Gohberg, O. A. Kovin, and others; For zag Ed. M. M. Gohberg. - L.: Machine-building. Leningrad Otd-nya, 1988 - 559 pp.: Ill.
5. Haydamak VF Lifting Machines: Textbook K.: Higher Shk. The main species-in, 1989.-328 pp.: il.
 6. Chetyrboki FM Braking of crane mechanisms. - M.: Mashgiz. 1950 - 158 pp.
 7. Fedoseev VM, Chikovany M.G. Tribotechnics of the brakes of lifting-transport vehicles. / Theory of calculation and research of PTM.: Proceedings of MVTU. - Moscow, 1985, No. 438, pp. 42-57.
 8. Salzermann I. M., Kominsky D. P., Onopko A. D. Friction clutches and tracks of crawler machines. - M.: Machine-building, 1965, - 272 p.
 9. Inozemtsev V.G. Thermal calculations in the design and operation of brakes. - M.: Transport, 1966, -40 p.
 10. Pizhevich L. M. Calculation of friction brakes. - M.: Machine-building, 1984. -228 p.
 11. Alexandrov M.P. Investigation of the thermal regime of crane brakes. Dis doctor tech Sciences: M., 1953.
 12. Inozemtsev VG Brake of railway rolling stock. -M.: Transport, 1979. - 424_1 pp., Ill. tabl. - The bibliographer.: P. 422
 13. Romashko A. M. Research of disk block brakes of lifting-transport vehicles. Dis ... candidate techn. Sciences: M., 1979. - 254 pp.
 14. Lykov AV Theory of Thermal Conductivity. - M.: Higher. school, 1967. - 599 p.

Полупан Е.В., Шевченко С.И., Мирошникова М.В., Полупан Ю.В. Теоретические предпосылки для расчета объемной тепловой нагруженности дисковых тормозной устройств автомобилей.

В статье рассмотрены процессы переноса теплоты за счет теплопроводности при отсутствии внутренних источников тепла, когда температура системы изменяется не только от точки к точке, но и с течением времени. Рассмотрены вопросы повышения эффективности работы тормозного устройства которое заключается в снижении тепловой нагруженности фрикционного узла, благодаря анализу и рассмотрению тепловых процессов, протекающих при работе дискового тормоза. Рассмотрены вопросы теоретического расчета изменения температурных полей по глубине накладки и контртела

дискового тормозного устройства автомобиля. Приведены теоретические выкладки по расчету тепловых полей фрикционных накладок дисковых тормозных устройств автомобилей в некоторых этапах работы тормоза в процессе остановочного или повторно-кратковременного торможения.

Ключевые слова: тормозное устройство, накладка, диск, температура.

Polupan E., Shevchenko S., Miroshnykova M., Polupan J. Theoretical background for calculation of body heat loading of drive brake devices of automobiles.

The article deals with the processes of heat transfer due to thermal conductivity in the absence of internal heat sources, when the temperature of the system changes not only from point to point, but also over time. The problems of increasing the efficiency of the braking device are considered, which consists in reducing the thermal loading of the friction unit, due to the analysis and consideration of the thermal processes that occur during the operation of the disc brake. The problems of theoretical calculation of the change in temperature fields for the depth of the lining and the counterbody of the disc braking device of a car are considered. Theoretical calculations on the calculation of the thermal fields of the friction linings of disc brake devices of cars of some stages of brake operation during the stopping or repeated short-time braking are given.

Keywords: braking device, lining, disc, temperature.

Полупан Є.В. - к.т.н., доц. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Шевченко С.І. - к.т.н., доц. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Мірошникова М. В. - асистент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Полупан Ю.В. - к.т.н., доц. кафедри «Програмування та математика» СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

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

Стаття подана 13.03.2018

УДК 621.547

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВИХРОВОГО ЕЖЕКТОРУ

Роговий А.С., Єрмоленко В.В.

EFFECTIVENESS INCREASE OF THE VORTEX EJECTOR

Rogovyi A., Jermolenko V.

На основі числового вирішення математичної моделі отримано залежності ККД, коефіцієнта ежекції та вакууму біля осі вихрової камери вихрового ежектора. Розрахунок конструкції вихрового ежектора зі спіральним відводом показав, що застосування спірального відводу приводить до зниження ККД в 1,5 рази, внаслідок втрат енергії вихідного потоку в спіральному відводі, пов'язаному із закрученням потоку, та його відривом від стінок. Дослідження зроблено шляхом виконання числового експерименту на основі вирішення рівнянь Нав'є-Стокса, осереднених за Рейнольдсом для нестисливої рідини, отриманих з використанням узагальненої гіпотези Бусінеска, що пов'язує напруги Рейнольдса з осередненими параметрами потоку. Для розрахунку течії прийнята модифікована двошарова SST-модель.

Ключові слова: вихровий ежектор, математичне моделювання, спіральний відвід, числові методи, ефективність.

Постановка проблеми. Сучасний рівень розвитку енергетики й технологій висуває високі вимоги до якості процесів процесів енерго- та масообміну, що протікають в них [1]. У багатьох галузях промисловості: харчова, металургійна, енергетика, сільське господарство й транспорт існує проблема підвищення ефективності процесів перетворення енергії, особливо при дотриманні умов економічності, компактності й надійності. Задоволенню багатьох з перерахованих вимог можуть служити газові й рідинні енергообмінні системи, створені на основі струминної техніки [1-4], що володіють високими показниками надійності й довговічності. А використання властивостей закручених потоків - вакууму в приосевій зоні й надлишкового тиску на периферії потоку [1-3, 5-7], дозволяє створювати компактні системи. Нагнітачі, створені на основі струминної техніки володіють високими показниками надійності та довговічності, які в кілька разів перевершують відповідні показники інших нагнітачів, насосів та компресорів лопаткового та об'ємного типів [8-10]. Класичні прямооточні струминні насоси та ежектори мають досить великі повздовжні габаритні розміри,

що не дозволяє їх компонувати в деяких компактных системах [3, 11]. Вирішити цю проблему можливо за рахунок використання вихрових пристроїв таких як вихрові ежектори.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вихровий ежектор при малих габаритах і простоті конструкції одержав поширення в перерахованих вище видах промисловості, однак, незважаючи на накопичені теоретичні й експериментальні дані про його роботу [3, 6, 7, 11, 12], на даний момент залишаються питання енергетичної ефективності використання таких нагнітачів, що вимагають додаткових досліджень. Крім того, ежектори вихрового типу мають низький коефіцієнт корисної дії, що не перевищує 10 % [3, 6, 12]. У публікаціях [3, 6, 7, 11, 12] практично відсутня інформація щодо залежностей ККД вихрового ежектора в залежності від його геометричних розмірів.

Таким чином, удосконалювання енергетичних характеристик струминних нагнітачів є актуальним завданням, рішенням якого може бути поліпшення гідродинаміки вихрової камери та вихідного спірального дифузора, що повинно привести до підвищення ККД таких вихрових пристроїв.

Мета. Метою роботи є підвищення енергетичної ефективності вихрового ежектору за рахунок удосконалення гідродинамічних особливостей течії рідини у вихровій камері та у вихідному спіральному дифузори.

Результати досліджень. Уперше вихровий ежектор був створений групою дослідників на чолі з М.Г. Дубінським [6]. Він (рис. 1) працює в такий спосіб: потік, що ежекує, через сопловий вхід 2 надходить у камеру 1, де утворюється обертовий потік із областю зниженого тиску біля осі вихрової камери. У цю область через трубку 3 всмоктується потік, що перекачується. Суміш, яка утворюється в камері, через втулку 4 надходить у дифузори 6 і спіральний відвід 5, де гальмується з підвищенням тиску. На стінці дифузора розташований регулювальний клапан 7. Вихідний з спірального відводу потік пода-

ється в технологічний трубопровід або скидається в атмосферу (при вакуумуванні замкнутих об'ємів) [6, 12].

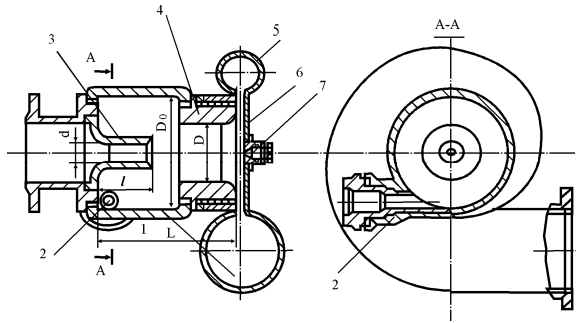


Рис. 1. Вихровий ежектор

Дослідження роботи вихрового ежектору зроблено шляхом виконання числового експерименту на основі вирішення рівнянь Нав'є-Стокса, осереднених за Рейнольдсом для нестисливої рідини, отриманих з використанням узагальненої гіпотези Бусінеска, що пов'язує напруги Рейнольдса з осередненими параметрами потоку [13, 14]. Рідина прийнята нестисливою внаслідок того, що в багатьох задачах перекачування рідин за допомогою струминної макротехніки робочі тиски й швидкості такі, що з достатньою точністю, течію в них можна вважати нестисливою [15]. Для замикання математичної моделі до рівнянь руху додане рівняння нерозривності. Для розрахунку течії прийнята модифікована двошарова SST « $k-\omega$ » модель турбулентності переносу напруж, що зрушують, Ментера, що враховує особливості течії біля твердих стінок і в зовнішньому потоці, і приводить до задовільних результатів для розрахунку обмежених стінками потоків [16]. Математичне моделювання проводилося в програмному комплексі OpenFOAM (OpenCFD Ltd) при наступних значеннях граничних умов: на всіх границях розрахункової області прийняті «жорсткі» граничні умови: на твердій стінці – умова прилипання рідини $\vec{V}|_b = 0$, а у вхідному перетині каналу живлення задавалося значення тиску гальмування $p|_b = p_s$, у вихідних каналах – рівність нулю тиску $p|_b = 0$ [17].

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu_{ef} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + P_k - \beta^* \rho k \omega; \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho \omega)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j \omega) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu_{ef} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) - \rho \beta \omega^2 + Cd_\omega + \alpha \frac{\rho}{\mu_t} P_k, \quad (2)$$

де ρ – густина; k – кінетична енергія турбулентних пульсацій; x_j – декартові координати; u_j – проекції швидкості в декартовій системі координат;

$\mu_{ef} = \mu + \mu_t$ – ефективна в'язкість; μ_t – турбулентна в'язкість; μ – молекулярна в'язкість; ω – питома дисипація; P_k – генераційний член; Cd_ω – перехресний член. Константи й опис рівнянь (1)-(2) можна знайти в роботі [13].

Програмний комплекс OpenFOAM (OpenCFD Ltd) надає можливість використання відкритого коду по ліцензії GPL версії 2 Фонду Вільного Програмного Забезпечення (FSF). Вирішення задач аерогідродинаміки за допомогою даного комплексу та моделі турбулентності SST вказує на досить гарний збіг результатів розрахунку з результатами експериментальних досліджень [18].

Тому що течія у вихровій камері характеризується досить великими кутовими швидкостями, що приводить до значної помилки розрахунку значень тиску біля осі, використане виправлення на кривизну ліній струму та обертання потоку [19, 20], яке в SST-моделі турбулентності реалізується шляхом множення генераційного члена в рівняннях моделі SST на функцію

$$f_{r_i} = \max \{ \min(f_{rotation}, 1.25), 0.0 \}, \quad (3)$$

де

$$f_{rotation} = (1 + c_{r1}) \frac{2r^*}{1 + r^*} \left[1 - c_{r3} \tan^{-1}(c_{r2} \tilde{r}) \right] - c_{r1}. \quad (4)$$

Константи c_{r1} , c_{r2} , c_{r3} рівні 1, 2 й 1 відповідно. r^* і $\tilde{r}$ обчислюються в такий спосіб:

$$r^* = \frac{S}{\Omega},$$

$$\tilde{r} = 2\Omega_{ik} S_{ik} \left[\frac{DS_{ij}}{Dt} + (\epsilon_{imn} S_{jn} + \epsilon_{jmn} S_{in}) \Omega_m^{rot} \right] \frac{1}{\Omega D^3} \quad (5)$$

Тензор швидкостей деформацій:

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right).$$

Тензор завихореності

$$\Omega_{ij} = \frac{1}{2} \left(\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) + 2\epsilon_{mji} \Omega_m^{rot} \right), \text{ де } \epsilon_{mji} - \text{тензор Ле-ві-Чивіті.}$$

$$S^2 = 2S_{ij}S_{ij}; \quad \Omega^2 = 2\Omega_{ij}\Omega_{ij}; \quad D^2 = \max(S^2, 0.09\omega^2).$$

На рис. 3. наведено результати дослідження впливу діаметра сопла пасивного потоку вихрового ежектора ($\bar{d}_{in} = d_{in}/D$, де D – діаметр вихрової камери) на відносний коефіцієнт корисної дії ($\bar{\eta} = \eta/\eta_{max}$; $\eta_{max} = \eta|_{\bar{d}_{in}=0.2}$), коефіцієнт ежекції

($\bar{Q}_{in} = Q_{in} / Q_s$, де Q_{in} – об'ємна витрата середовища, яке перекачується; Q_s – об'ємна витрата активного середовища) і коефіцієнт вакууму ($\bar{p}_{vac} = p_{vac} / p_R$, де p_{vac} – вакуумметричний тиск на осі вихрової камери; p_R – тиск на периферії вихрової камери).

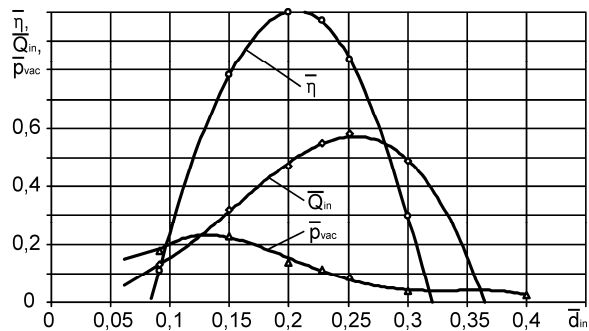


Рис. 2. Вплив відносного діаметра сопла пасивного потоку вихрового ежектора на ККД, коефіцієнт ежекції й розрідження біля осі камери

Залежності ККД, коефіцієнта ежекції й розрідження на осі камери вихрового ежектора (рис. 2) мають максимуми: максимум ККД досягається при $\bar{d}_{in} = 0,2$, максимум коефіцієнта ежекції – $\bar{d}_{in} = 0,25$, максимум вакуумметричного тиску на осі вихрової камери – $\bar{d}_{in} = 0,13$, що погодиться з даними наведеними в [6, 12], але в цих роботах залежності ККД, на жаль, не наведено.

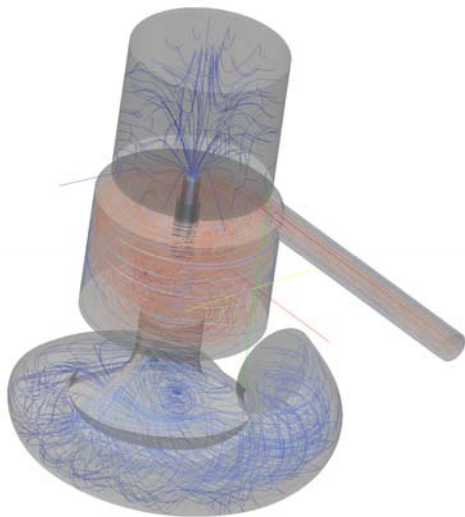


Рис. 3. Розподіл ліній струму у вихровому ежекторі

Розрахунок конструкції вихрового ежектора зі спіральним відводом показав (рис. 4), що застосування спірального відводу приводить до зниження ККД в 1,5 рази, внаслідок втрат енергії вихідного потоку в спіральному відводі, що пов'язано з закрученням потоку, та його відривом від стінок, що підтверджується дослідженнями, проведеними в [11, 12].

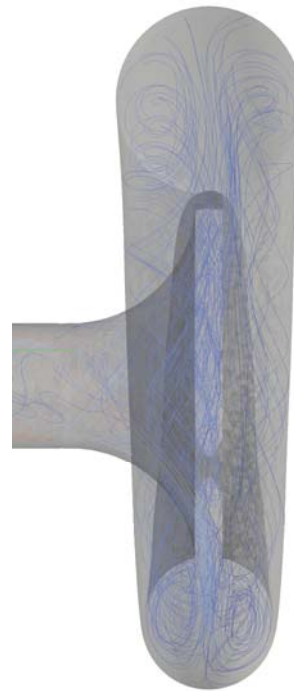


Рис. 4. Розподіл ліній струму у спіральному відводі

Адекватність математичного моделювання течії у вихровому ежекторі перевірялася різними способами, зокрема зіставленням розрахункових картин течії картинам течії, отриманим експериментально [6, 12, 21, 22], за інтегральними параметрами і порівнянням розрахункового розподілу тиску вздовж радіуса вихрової камери з експериментальними [23].

Таким чином, вихровий ежектор, внаслідок створення досить великого розрідження на осі камери може створювати високі розрідження у вакуумованих об'єктах, що дозволяє його використати, у першу чергу, як ежекційний вакуум-насос. Його використання в системах пневматичного транспорту є недоцільним внаслідок низького ККД [24]. В цих випадках більш кращим буде застосування вихорокамерних нагнітачів, в яких тверда частинка переміщується до периферії вихрової камери то потрапляє до тангенціального каналу виходу за допомоги відцентрової сили [1, 3].

Висновки:

1) На основі числового вирішення математичної моделі отримано залежності ККД, коефіцієнта ежекції та вакууму біля осі вихрової камери вихрового ежектора. Знайдено раціональні за діаметром вхідного каналу конструкції: максимум ККД досягається при $\bar{d}_{in} = 0,2$, максимум коефіцієнта ежекції – $\bar{d}_{in} = 0,25$, максимум вакуумметричного тиску на осі вихрової камери – $\bar{d}_{in} = 0,13$.

2) Розрахунок конструкції вихрового ежектора зі спіральним відводом показав, що застосування спірального відводу приводить до зниження ККД в 1,5 рази, внаслідок втрат енергії вихідного потоку в спіральному відводі, пов'язаному із закрученням потоку, та його відривом від стінок.

Література

1. Роговий А. С. Розробка теорії та методів розрахунку вихорокамерних нагнітачів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.05.17 / Андрій Сергійович Роговий ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2017. – 36 с.
2. Сьомін Д.О. Вплив умов входу середовища, що перекачується, на енергетичні характеристики вихрекамерних насосів/ Д.О. Сьомін, А.С. Роговий. // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 3 (1112). – С. 130-136.
3. Rogovyi A.S. Comparative Analysis Of Performance Characteristics Of Jet Vortex Type Superchargers/ A.S. Rogovyi, Ye. Voronova // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / МОН Украины, ХНАДУ. – Харьков, 2016. – Вып. 38. – С. 93–98.
4. Xu J. Numerical and experimental studies on transport properties of powder ejector based on double venturi effect / Xu J, Liu X and Pang M // Vacuum, 2016. – № 134, P. 92-98.
5. Rogovyi A. Application of the similarity theory for vortex chamber superchargers / Rogovyi A., Khovansky S. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Vol. 233. – №. 1. – P. 012011.
6. Вихревые аппараты / А.Д. Сулов, С.В. Иванов, А.В. Мурашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
7. Волон В.Т. Моделирование процессов энергообмена в сильнозакрученных сжимаемых потоках газа и плазмы.: Автореф. дис... докт. физ.-мат. наук: 01.02.05/ Волон В.Т.; ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», – Казань, 2011. – 50 с.
8. Євтушенко А.О. Гідродинамічні машини і передачі: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Євтушенко А.О. – Суми : Вид-во СумДУ, 2005. – 256с.
9. Сьомін Д.О. Підвищення ефективності переміщення вантажів трубопровідним транспортом засобами струминної арматури: Дис...д-ра техн. наук: 05.22.12 / Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля. – Луганськ, 2004. – 381с.
10. Besagni G. Ejector refrigeration: a comprehensive review / Besagni G, Mereu R and Inzoli F // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. – Vol. 53. – P. 373-407
11. Иванов Р.И. Повышение эффективности процесса смесеобразования в горелочных устройствах с использованием особенностей течения в вихревом прямоточном эжекторе.: Автореф. дис...канд. техн. наук: 01.04.14/ Р.И. Иванов; Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева, – Рыбинск, 2012. – 20 с.
12. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. / Меркулов А.П. – М.: Машиностроение, 1969. – 184 с.
13. Smirnov P. E. Sensitization of the SST turbulence model to rotation and curvature by applying the Spalart–Shur correction term / Smirnov P. E., Menter F. R. // Journal of Turbomachinery. – 2009. – Vol. 131. – №. 4. – P. 041010.
14. Rogovyi A. Use of detached-eddy simulation method (DES) in calculations of the swirled flows in vortex apparatuses/A.Rogovyi// Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – Poland. – 2016. – Vol. 16, No. 3. – P. 57-62.
15. Syomin D. Vortex mechanical devices in control systems of fluid mediums /Syomin D., Pavljuchenko V., Maltsev Y., Rogovoy A., Dmitrienko D. // Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – Poland. – 2010. – Vol. 10. – P. 440-445.
16. Menter F. R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications / Menter, F. R. // AIAA Journal – 1994.– Vol. 32. – no 8. – P. 1598-1605.
17. Syomin D. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps/Syomin D., Rogovyi A. // Procedia Engineering. – United Kingdom. – 2012. – Volume 39. – P. 231–237.
18. Jasak H. OpenFOAM: open source CFD in research and industry /Jasak H./International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. – 2009. – Vol. 1. – №. 2. – P. 89-94.
19. Shur M. L. Turbulence modeling in rotating and curved channels: assessing the Spalart–Shur correction /Shur M. L. et al//AIAA journal. – 2000. – Vol. 38. – №. 5. – P. 784-792.
20. Сємин Д.А. Верификация расчетов течений в вихрекамерных устройствах/ Сємин Д.А., Роговой А.С., Левашов А.М., Левашов Я.М. // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Машинобудування., 2016. – № 2 (77). – С. 71-78.
21. Škerlavaj, A. Turbulence model comparison for a surface vortex simulation. / Škerlavaj, A., Lipej, A., Ravnik, J. and Škerget, L // In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2010. – Vol. 12. – No. 1. – P. 012034.
22. Stephens, D. Turbulence model analysis of flow inside a hydrocyclone. / Stephens, D. W. and Mohanaragam, K.// Progress in Computational Fluid Dynamics, an International Journal, 2010. – Vol. 10(5-6). – P. 366-373.
23. 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.
24. Роговой А.С. Энергетическая эффективность пневмотранспортных установок/ Роговой А.С. // Вісник СНУ ім. В.Даля. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В.Даля. – 2016. – №1 (225). – С. 189-196.

References

1. Rogovyi A. S. Rozrobka teorii' ta metodiv rozrahunku vyhorokamernykh nagnitachiv: avtoref. dys. ... d-ra tehn. nauk : spec. 05.05.17 / Andriy Sergijovych Rogoviy ; Nac. tehn. un-t "Harkiv. politehn. in-t". – Harkiv, 2017. – 36 s.
2. Syomin D.O. Vplyv umov vходу seredovyshha, shho perekachujet'sja, na energetychni harakterystyky vyhrekamernykh nasosiv/ D.O. Syomin, A.S. Rogovyi. // Visnyk NTU «HPI». – Harkiv.: NTU «HPI», 2015. – № 3 (1112). – S. 130-136.
3. Rogovyi A.S. Comparative Analysis Of Performance Characteristics Of Jet Vortex Type Superchargers/ A.S. Rogovyi, Ye. Voronova // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / МОН Украины, ХНАДУ. – Харьков, 2016. – Вып. 38. – С. 93–98.
4. Xu J. Numerical and experimental studies on transport properties of powder ejector based on double venturi effect / Xu J, Liu X and Pang M // Vacuum, 2016. – № 134, P. 92-98.
5. Rogovyi A. Application of the similarity theory for vortex chamber superchargers / Rogovyi A., Khovansky S. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Vol. 233. – №. 1. – P. 012011.
6. Vihrevye apparaty / A.D. Suslov, S.V. Ivanov, A.V. Murashkin [i dr.]. – М.: Mashinostroenie, 1985. – 256 s.
7. Volov V.T. Modelirovanie processov jenergoobmena v sil'nozакрученныh szhimaemyh potokah gaza i plaz-my.: Avtoref. dis... dokt. fiz.-mat. nauk: 01.02.05/ Volov V.T;

- FGAOUVPO «Kazanskij (Privolzhskij) federal'nyj universitet», – Kazan', 2011. – 50 s.
8. Jevtushenko A.O. Gidrodinamichni mashyny i peredachi: Navch. posibnyk dlja stud. vyshhyh navch. zakl. / Jevtushenko A.O. – Sumy : Vyd-vo SumDU, 2005. – 256s.
 9. Syomin D.O. Pidvyshhennja efektyvnosti peremishhennja vantazhiv truboprovodnym transportom zasobamy strumynnoi' armatury: Dys...d-ra tehn. nauk: 05.22.12 / Shidnoukrai'ns'kyj nacional'nyj un-t im. Volodymyra Dalja. – Lugans'k, 2004. – 381c.
 10. Besagni G. Ejector refrigeration: a comprehensive review / Besagni G, Mereu R and Inzoli F // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. – Vol. 53. – P. 373-407
 11. Ivanov R.I. Povyshenie jeffektivnosti processa smeseobrazovanija v gorelochnyh ustrojstvah s ispol'zovaniem osobennostej techenija v vihrevom prjamotochnom jezhektore.: Avtoref. dis...kand. tehn. nauk: 01.04.14/ R.I. Ivanov; Rybinskij gosudarstvennyj aviacionnyj tehnikeskij universitet imeni P.A. Solov'eva, – Rybinsk, 2012. – 20 s.
 12. Merkulov A.P. Vihrevoj jeffekt i ego primenenie v tehnike. / Merkulov A.P. – M.: Mashinostroenie, 1969. – 184 s.
 13. Smirnov P. E. Sensitization of the SST turbulence model to rotation and curvature by applying the Spalart-Shur correction term / Smirnov P. E., Menter F. R. // Journal of Turbomachinery. – 2009. – Vol. 131. – №. 4. – P. 041010.
 14. Rogovyi A. Use of detached-eddy simulation method (DES) in calculations of the swirled flows in vortex apparatuses/A.Rogovyi// Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – Poland. – 2016. – Vol. 16, No. 3. – P. 57-62.
 15. Syomin D. Vortex mechanical devices in control systems of fluid mediums /Syomin D., Pavljuchenko V., Maltsev Y., Rogovoy A., Dmitrienko D. // Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – Poland. – 2010. – Vol. 10. – P. 440-445.
 16. Menter F. R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications / Menter, F. R. // AIAA Journal – 1994.– Vol. 32. – no 8. – P. 1598-1605.
 17. Syomin D. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps/Syomin D., Rogovyi A. // Procedia Engineering. – United Kingdom. – 2012. – Volume 39. – P. 231–237.
 18. Jasak H. OpenFOAM: open source CFD in research and industry /Jasak H.//International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. – 2009. – Vol. 1. – №. 2. – P. 89-94.
 19. Shur M. L. Turbulence modeling in rotating and curved channels: assessing the Spalart-Shur correction /Shur M. L. et al.//AIAA journal. – 2000. – Vol. 38. – №. 5. – P. 784-792.
 20. Syomin D.A. Verifikacija raschetov techenij v vihrekamernyh ustrojstvah/ Syomin D.A., Rogovyi A.S., Levashov A.M., Levashov Ja.M. // Visnik NTUU «KPI». Ser. Mashinobuduvannja., 2016. – № 2 (77). – S. 71-78.
 21. Škerlavaj, A. Turbulence model comparison for a surface vortex simulation. / Škerlavaj, A., Lipej, A., Ravnik, J. and Škerget, L // In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2010. – Vol. 12. – No. 1. – P. 012034.
 22. Stephens, D. Turbulence model analysis of flow inside a hydrocyclone. / Stephens, D. W. and Mohanaragam, K.// Progress in Computational Fluid Dynamics, an International Journal, 2010. – Vol. 10(5-6). – P. 366-373.
 23. Spoluchennja vyhrovih vykonavchih prystroi'v iz suchasnymy systemamy upravlinnja / Syomin D.O., Pavljuchenko V.O., Remen V.I., Malcev Ja.I. - Lugans'k: Vyd-vo Shidnoukr. nac. un-tu im. V.Dalja, 2002. – 174 s.
 24. Rogovoj A.S. Jenergeticheskaja jeffektivnost' pnevmo-transportnih ustanovok/ Rogovoj A.S. // Visnyk SNU im. V.Dalja. – Sjevjerodonec'k: vyd-vo SNU im. V.Dalja. – 2016. – №1 (225). – S. 189-196.

Роговой А.С., Ермоленко В.В. Повышение эффективности работы вихревого эжектора.

На основе численного решения математической модели получены зависимости КПД, коэффициента эжекции и вакуума возле оси вихревой камеры вихревого эжектора. Расчет конструкции эжектора со спиральным отводом показал, что применение спирального отвода приводит к снижению КПД в 1,5 раза, вследствие потерь энергии выходного потока в спиральном отводе, связанном с закруткой потока, и его отрывом от стенок. Исследование выполнено путем числового эксперимента на основе решения уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу для несжимаемой жидкости, полученных с использованием обобщенной гипотезы Буссинеска, связывающей напряжения Рейнольдса с осредненными параметрами потока. Для расчета течения принята модифицированная двухслойная SST-модель.

Ключевые слова: вихревой эжектор, математическое моделирование, спиральный отвод, числовые методы, эффективность.

Rogovyi A., Jermolenko V. Effectiveness Increase Of The Vortex Ejector.

On the basis of the numerical solution of the mathematical model, the dependencies of the efficiency, the coefficient of ejection and the vacuum on the vortex chamber of the vortex ejector are obtained. The calculation of the design of a spiral-shaped vortex ejector has shown that use of a spiral drain reduces efficiency by half, due to the loss of energy of the outflow in the spiral drain, due to the swirling of the flow, and its separation from the walls. The research is done by performing a numerical experiment on the basis of the Navier-Stokes equations solution averaged over Reynolds for a incompressible fluid obtained using the generalized Boussinesq hypothesis, which relates Reynolds stress with averaged parameters of the flow. To calculate the fluid flow accepted modified two-layer SST-model. As the fluid flow in the chamber is characterized by fairly large angular velocities, the rotation-curvature correction the streamlines is used.

Keywords: vortex ejector, mathematical modeling, spiral removal, numerical methods, efficiency.

Роговий А.С. – д.т.н., доц., професор кафедри теоретичної механіки та гідравліки, ХНАДУ, м. Харків, Україна, e-mail: asrogovoy@ukr.net

Єрмоленко В.В. – студент гр. ТЛЗ-241 СХУ ім. В.Даля, м. Сєвєродонецьк, Україна.

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

УДК 351.81:159.9:612.821

ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Скляренко І.Ю.

PSYCHOLOGICAL FEATURES OF ROAD SAFETY

Skliarenko I.

Обґрунтовано зв'язки між порушеннями правил дорожнього руху з віком і статтю, досвідом водіння, станом і деформаціями правосвідомості таких водіїв.

У статті досліджується проблематика учасників дорожнього руху в безпеці, що безпосередньо пов'язує з психологічними особливостями.

Вивчено психологічні особливості учасників дорожнього руху як фактор безпеки, що сприяє зниженню дорожньо-транспортних пригод.

Ключові слова: правила дорожнього руху, психологія водія, психологічні особливості, безпеку дорожнього руху, учасники дорожнього руху, психофізіологічний стан.

Вступ. Проблема дорожнього руху, це не тільки водій, то також і пішохід. Досвідчений водій, це, перш за все, вміння володіти своїми емоціями, робота свідомості, вміння виходити зі скрутного становища. Але все-таки головними учасниками є водії, яких можна віднести до різної категорії, це водії схильні до ДТП, нейтральні і надійні водії, це ті, які вміють психологічне мислення, зібрані, володіють емоціями.

Постановка проблеми. Стан безпеки дорожнього руху багато в чому обумовлено психологічними особливостями водіїв, що відрізняються досить високим рівнем активності на дорозі і виступаючих в момент управління транспортним засобом елементом системи «людина - техніка - середовище». Тому важливим завданням є дослідження психології водіїв як однієї з категорій учасників дорожнього руху і характеру її впливу на забезпечення безпеки дорожнього руху.

В останні роки вчені і практики активно обговорюють питання забезпечення безпеки дорожнього руху, пропонують системний і поетапний підхід до їх вирішення, проте аналіз матеріалів конференцій і міжнародних форумів показує, що психолого-педагогічні питання не знаходять належного відображення в цих обговореннях і в конкретній реальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження деяких вчених показали, що водії, які схильні до ДТП 20%, нейтральні 30%, і надійні водії 50% [1, 2].

Фахівцями в області автотранспортної психології, встановлено, що люди досить об'єктивно оцінюють загрозу свого сп'яніння, а ось вплив рівня сп'яніння на їх функціональні можливості вони визначають набагато гірше. М.А. Котик звертає увагу, що значна частина дорожніх пригод виявляється пов'язаною з легким сп'янінням водіїв. В даному стані реальний функціональний потенціал водія дещо знижується, водій же, навпаки, вважає, що за рахунок тонізуючого впливу невеликої дози алкоголю у нього виникає додаткова активізація нервової системи і оцінка його можливостей істотно зростає [3].

Фахівцями зазначено, що ризикована поведінка залежить від ситуації діяльності та особистісних якостей людини. Ризик характеризується можливістю вибору між менш або більш небезпечними варіантами поведінки; при цьому враховується ступінь обґрунтованості (виправданості) або необґрунтованості (невиправданості) прийняття рішення особою про ризиковану поведінку [4].

У науковій літературі питань забезпечення безпеки дорожнього руху приділяється багато уваги. Різні аспекти цієї проблеми отримали висвітлення в роботах вчених-кримінологів і психологів: Ю.М. Антоняна, П.С. Дагель, А.І. Боргова, М.І. Єнікєєва, В.Е. Квашиш, Д. Клебєльсберга, С.Н. Мешалкіна, Д.А. Нікітас, А.Н. Романова, М.А. Шнейдера, В.Є. Емінова і ін.

Мета статті. Вивчення психологічних особливостей забезпечення безпеки дорожнього руху.

Основний зміст. Найбільш часто порушення ПДР скоюють особи у віці 16-29 років [5]. На вказаний період життя 18-35 років потрапляє криза «зрілості», пов'язаний з пошуком себе і свого місця в житті, реалізації своїх здібностей [6]. Вважаємо, що одним з проявів такої кризи у водіїв-

правопорушників стають конфлікти з законом, включаючи конфлікти в сфері дорожнього руху. Вікові характеристики водія, систематично порушує ПДР, є своєрідним індикатором досягнення особистістю соціальної зрілості, засвоєння їм правових норм і приписів в сфері дорожнього руху, а також пов'язані з іншими особистісними особливостями, про які можна судити за віковими критеріями.

Найчастіше систематично порушують ПДР чоловіки (93%). В останні роки питома вага жінок-водіїв в Україні збільшується, і в перспективі буде зростати. Жіноча психологія накладає певний відбиток на управління транспортним засобом. Жінки-водії на відміну від чоловіків-водіїв мають більш позитивні соціальні установки, мають більшу дисциплінованість і акуратність при управлінні транспортним засобом. Тому жінки рідше допускають грубі порушення правил дорожнього руху, рідше створюють небезпечні ситуації, більш обережні і надійні в нормальних умовах, у них рідше наступають тяжкі наслідки в дорожньо-транспортних пригодах. У той же час в силу підвищеної емоційності і меншою фізичної витривалості жінки значно менш адекватно реагують на екстремальні умови і небезпечні дорожні ситуації. Зазначені психологічні особливості жінок, які посилюються в екстремальних умовах дорожнього руху, в поєднанні зі збільшенням кількості транспортних засобів стають причинами скоєння правопорушень.

Певну роль в здійсненні студентами та підприємцями адміністративних правопорушень грає матеріальний фактор. Завдяки забезпеченості батьків студентів і підприємців вони можуть оплатити будь-який штраф, не роблячи належних висновків. В подальшому така категорія громадян продовжує нехтувати ПДР.

Недосвідчений водій (1-3 роки) виявляється не підготовленим до різних дорожніх ситуацій через недостатню автоматизації навичок керування автомобілем ще більш недостатньо сформованих умінь. Наслідком чого можуть стати порушення правил дорожнього руху, а в разі неприйняття належних і своєчасних заходів з боку самого водія і (або) співробітників ДПС такі порушення можуть стати систематичними. Дослідження показують, що «об'єктивним виразом підготовленості водіїв є ступінь автоматизації навичок керування транспортним засобом в різних дорожніх умовах, їх широта, міцність і динамічність. Окремі керівники дії повинні бути об'єднані в один руховий акт, що дозволяє швидко і своєчасно виконувати складні маневри при управлінні автомобілем. У несподіваних аварійних ситуаціях дії досвідченого водія характеризуються швидкістю, точністю і повною відповідністю вимогам безпеки в даній конкретній обстановці» [7]. В умовах дорожнього руху нестандартні ситуації призводять молодих водіїв (і, як правило, недосвідчених) до розгубленості, до не усвідомлення необхідності здійснення тих дій, які повинні відбуватися автоматично.

Варто підкреслити, що зростання інтенсивності руху та підвищення екстремальності водіння в цих умовах, недостатній досвід керування ТЗ і низький рівень культури учасників дорожнього руху є додатковими факторами ризику скоєння повторних правопорушень в першу чергу найбільш вразливими категоріями громадян - жінками, людьми похилого, емоційно нестійкими особами. У осіб похилого віку (понад досвідчених) відзначається поєднання комплексу стійких і сформованих навичок і умінь керування транспортним засобом зі зниженою емоційно-вольовою стійкістю (в силу вікових особливостей особистості). Це може привести до того, що складатиметься екстремальна ситуація може стати для таких емоційно-нестійких осіб, незважаючи на досвід водіння, конфліктної. Конфлікт зводиться до протистояння, з одного боку, стереотипами праці, автоматизованими елементами дії і емоціями, викликаними нестандартної, проблемною ситуацією, а також швидкоплинністю цієї ситуації. Такий конфлікт може дезорганізувати роботу волі і свідомості [8].

Психологічними особливостями учасників дорожнього руху є неувважність, яка призводить до помилок водія, наприклад, водій при наближенні до перехрестя вважає, що включений жовтий сигнал світлофора змінитися на зелений, але включається червоний. [9].

До неувважності відноситься також невірне прийняття рішення, наприклад, замість маневру, єдино необхідного в даній дорожньо-транспортній ситуації, водій застосовує екстремне гальмування. Далі водій не може впоратися зі своїми емоціями і знову припускається помилки, починає застосовувати екстремне гальмування, помилково натискає педаль акселератора, збільшуючи, тим самим, швидкість, виникає ДТП.

Психічні властивості людей неоднакові. На психічні властивості людини впливають фактори навколишнього середовища, які, впливаючи на нервову систему, змінюють глибину і швидкість протікання психічних процесів.

В учасників дорожнього руху повинна в нічний час працювати зорова реакція, як фактор психологічної особливості. Наприклад, в умовах поганої видимості проявляється постійна нестача інформації про дорожньо-транспортної обстановці. Вночі діяльність водія ускладнює брак зорової інформації. Цей фактор і виникають при цьому негативні емоції стомлюють водія. Деякі особливості психології зору необхідні для водія при виборі режиму руху в умовах штучного освітлення дороги.

Однією з істотних психологічних особливостей, що впливають на безпеку дорожнього руху, вважається психофізіологічний стан водія, а найбільш небезпечним станом, в якому відбуваються дорожньо-транспортні пригоди з тяжкими наслідками, - сп'яніння.

Не тільки психофізіологічний стан сп'яніння або похмілля здатне привести до помилок при управлінні транспортним засобом. Зокрема, поєд-

нання психофізіологічного стану сп'яніння з деякими особистісними якостями водія підвищує ймовірність негативних наслідків. Таким особистісною якістю, наприклад, є схильність до необгрунтованого ризику. Це - ситуативна характеристика діяльності, яка полягає у невизначеності її результату і можливі несприятливі наслідки в разі неуспіху. Ризик передбачає вчинення дії, в деякому відношенні загрожуює особистості травмою, шкодою.

Схильність окремих водіїв до необгрунтованого ризику в умовах дорожнього руху лежить в основі їх віктимної поведінки полягає в зневажливому ставленні до правових норм або свідомому їх порушенні.

Аналіз віктимної поведінки жертв дорожньо-транспортних пригод, скоєних водіями приватних легкових автомобілів, здійснений М.П. Чичериной, підтверджує сформульовані припущення. Дослідження показали, що в основі віктимної поведінки лежали (%): прагнення продемонструвати «лиху сміливість» (74), зневажливе ставлення до всякого роду заборон, в тому числі правилами, які забезпечують безпеку дорожнього руху (53), нехтування інтересами інших учасників дорожнього руху (41), прагнення якомога швидше доїхати до пункту призначення (37). Більш ніж 60% водіїв приватних легкових автомобілів характеризує агресивне віктимна поведінка, що супроводжується водійських самовпевненістю [10].

Оцінювати поведінку водіїв, які опинилися в умовах дорожнього руху, і винуватцями і жертвами ДТП одночасно можливо не тільки з точки зору психології та віктимології. З позицій кримінального права слід констатувати прояв однієї з форм злочинної необережності - легковажності, при якій особистість усвідомлювала суспільну небезпеку своїх дій (бездіяльності), передбачала можливість настання суспільно небезпечних наслідків, але самовпевнено розраховувала на їх запобігання.

Однією з найбільш частих причин дорожньо-транспортних пригод є перевищення швидкості. В умовах щільного транспортного потоку на швидкості понад 60 км на годину психофізіологічні можливості людини обмежуються, погіршується увага, не може сприйняття об'єктів, в результаті виникає нервово напруження і керувати автомобілем безпомилково стає неможливо. Тому для попередження ДТП, що виникають в результаті перевищення швидкості, важливі контроль і застосування методів адміністративного і психологічного впливу на таких водіїв.

Фахівцями в галузі юридичної психології підкреслюється, що однією з основних психологічних особливостей досвідченого водія є вміння орієнтуватися в дорожній обстановці, оцінювати ступінь її небезпеки, передбачати маневри інших водіїв і приймати на цій основі превентивні заходи [4].

Важливо на державному рівні здійснювати роботу, спрямовану на підвищення правової грамотності всіх учасників дорожнього руху. Так, істотну роль в цьому відіграє соціальна (дорожня) реклама.

На думку фахівців, вона стримує агресивність і конкурентність водіїв, сприяє дисципліні і формування правової культури, стереотипів правомірної поведінки у водіїв і пішоходів, виходячи при цьому з суспільних цінностей [11].

Матеріали, представлені в засобах масової інформації та інформаційних порталах, доцільно застосовувати співробітникам поліції, наприклад, в роботі по пропаганді безпеки дорожнього руху, а відповідні періодичні видання ширше рекламувати і використовувати в автошколах, освітніх та інших установах, робити їх доступними масовому читачеві.

Важливий достатній ступінь поінформованості учасників дорожнього руху, в тому числі водіїв, про психологічні закономірності, що виявляються в умовах дорожнього руху, зокрема, про закономірності функціонування психічних пізнавальних процесів. Наприклад, корисно знати, що для зниження ймовірних негативних наслідків засліплення водіїв при зустрічному роз'їзді вночі рекомендується волевільним зусиллям не переносити погляд на джерело світла [12].

В умовах туману відбувається ефект зорового обману, який полягає в тому, що фактичне відстань візуально збільшується в 2 рази. Так, якщо до перешкоди фактично 25 метрів, то водієві здається, що 40–50. Часто саме цей обман і призводить до аварій. Крім того, при середній щільності туману з метеорологічним відстанню видимості менше 200 метрів у водія настає емоційне перевантаження, викликана не тільки малою відстанню видимості, а й відсутністю інформації про дорожню обстановку і умови руху [13].

Виділено типи водіїв, які систематично порушують правила дорожнього руху, які зустрічаються як у чистому, так і в змішаному вигляді:

- цинічний водій, у якого закріпився досвід безкарності за вчинені правопорушення, відсутність (або знижений) страх бути покараним;

- провокуючий водій - той, хто своїми діями навмисно створює іншим учасникам дорожнього руху умови для скоєння правопорушень;

- агресивно-ризикований водій в силу легкості виникнення негативних емоцій і прояви ворожості, агресивності як рис характеру створює в спілкуванні з іншими учасників дорожнього руху і співробітниками поліції конфлікти;

- недосвідчений водій, тобто володіє недостатнім досвідом водіння, в т.ч. зниженим рівнем автоматизації дій, не може дотримуватися ПДР в силу обмеженою саморегуляції поведінки і слабким рівнем підготовленості.

- емоційно-нестійкий (тривожний) водій в умовах дорожнього руху легко піддається страху і проявляє тим самим схильність до емоційної реакції на дорожню ситуацію.

Висновок. Невміння управляти психологічними даними учасниками дорожнього руху тягнуть се-

рийозні наслідки, це дорожньо-транспортні пригоди, які можна було б уникнути.

Характеристиками, що впливають на безпеку дорожнього руху, є негативні психофізіологічні стану, окремі психологічні якості - схильність до необґрунтованого ризику, віктимна поведінка, легковажність, прагнення до перевищення встановленого швидкісного режиму. Сучасна система підготовки водіїв в Україні потребує вдосконалення її практичної спрямованості, оптимізації методики навчання в автошколах; слід посилити психологічну складову підготовки водіїв і виховувати культуру поведінки на дорозі.

Забезпечення безпеки дорожнього руху можливо при реалізації комплексного і міжгалузевого підходу, що полягає в:

- розробці трудових програм професійних водіїв, їх типологій і класифікацій;
- глибокому вивченні закономірностей формування індивідуальних стилів управління транспортним засобом;
- науковому обґрунтуванні і впровадженні сучасних методик і технологій навчання водінню, підвищення кваліфікації досвідчених водіїв;
- формуванні комунікативної і правової грамотності всіх учасників дорожнього руху, а також нейтралізації впливів негативних фізичних дорожньо-ситуативних чинників.

Література

1. Бабков, В.Ф. Автомобильные дороги [Текст]: учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – М.: Транспорт 2012. – 280 с.
2. Dahlen, E.R., Martin, R.C., Ragan, K., & Kuhlman, M.M. (2005). Driving anger, sensation seeking, impulsiveness, and boredom proneness in the prediction of unsafe driving. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 341–348.
3. Lucidi, F., Giannini, A.M., Sgalla, R., Mallia, L., Devoto, A., & Reichmann, S. (2010). Young novice driver subtypes: Relationship to driving violation, errors and lapses. *Accident Analyses @ Prevention*, 42, 6, 1689–1696.
4. Watson, B., Watson, A., Siskind, V., Fleiter, J., & Soole, D. (2015). Profiling high-range speeding offenders: Investigating criminal history, personal characteristics, traffic offences, and crash history. *Accident Analysis and Prevention*, 74, 87–96. Získáno z databáze ScienceDirect. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.10.013>
5. Wallis, T., & Horswill, M. S. (2007). Using fuzzy signal detection theory to determine why experienced and trained drivers respond faster than novices in a hazard perception test. *Accident Analysis and Prevention*, 39(6), 1177–1185. Získáno z ScienceDirect databáze. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.003>
6. Зейг Дж. К. Испытание Эриксоном: Личность мастера и его работа / Пер. с англ. В.В. Самойлова. М.: Независимая фирма “Класс”, 1999.
7. Романов А.Н. Автотранспортная психология: Уч. пос. для студ. высш. уч. зав. М.: Издательский центр «Академия», 2002. С. 173–174.
8. Houwing, S., & Twisk, D. (2015). Nothing good ever happens after midnight: Observed exposure and alcohol use during weekend nights among young male drivers carrying passengers in a late licensing country. *Accident*

Analysis and Prevention, 75, 61–68. Získáno z ScienceDirect databáze. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.11.014>

9. Льевский Д.С. Психология безопасного вождения автомобиля. – М.: Норма, 2011 – 289 с.
10. Porter, B. E. (Ed.). (2011). *Handbook of traffic psychology*. London: Academic Press.
11. Безруков Д.А., Войтенков Е.А. Психологические аспекты применения социальной рекламы в сфере повышения безопасности дорожного движения // *Юридическая психология*. 2011. № 2
12. Vlakveld, W., Romoser, M. R. E., Mehranian, H. Diete, F., Pollatsek, A., & Fisher, D.(2011). Do Crashes and Near Crashes in Simulator-Based Training Enhance Novice Drivers' Visual Search for Latent Hazards? *Transportation Research Record*, 2265, 153–160. Získáno z databáze Scopus. <http://dx.doi.org/10.3141/2265-17>
13. Пегин П.А. Новый способ зрительного ориентирования водителя в условиях тумана // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2008. № 1.

References

1. Babkov, V.F. *Avtomobilnye dorogi* [Text]: *uchebnik dlya vuzov* / V. F. Babkov. – M.: Transport 2012. – 280 s.
2. Dahlen, E.R., Martin, R.C., Ragan, K., & Kuhlman, M.M. (2005). Driving anger, sensation seeking, impulsiveness, and boredom proneness in the prediction of unsafe driving. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 341–348.
3. Lucidi, F., Giannini, A.M., Sgalla, R., Mallia, L., Devoto, A., & Reichmann, S. (2010). Young novice driver subtypes: Relationship to driving violation, errors and lapses. *Accident Analyses @ Prevention*, 42, 6, 1689–1696.
4. Watson, B., Watson, A., Siskind, V., Fleiter, J., & Soole, D. (2015). Profiling high-range speeding offenders: Investigating criminal history, personal characteristics, traffic offences, and crash history. *Accident Analysis and Prevention*, 74, 87–96. Získáno z databáze ScienceDirect. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.10.013>
5. Wallis, T., & Horswill, M. S. (2007). Using fuzzy signal detection theory to determine why experienced and trained drivers respond faster than novices in a hazard perception test. *Accident Analysis and Prevention*, 39(6), 1177–1185. Získáno z ScienceDirect databáze. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.003>
6. Zeyg Dzh. K. *Ispytanie Eriksonom: Lichnost mastera i ego rabota* / Per. s angl. V.V. Samoylova. M.: Nezavisimaya firma “Klass”, 1999.
7. Romanov A.N. *Avtotransportnaya psihologiya: Uch. pos. dlya stud. vyssh. uch. zav. M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya»*, 2002. S. 173–174..
8. Houwing, S., & Twisk, D. (2015). Nothing good ever happens after midnight: Observed exposure and alcohol use during weekend nights among young male drivers carrying passengers in a late licensing country. *Accident Analysis and Prevention*, 75, 61–68. Získáno z ScienceDirect databáze. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.11.014>
9. Lnevskiy D.S. *Psihologiya bezopasnogo vozhdeniya avtomobilya*. – M.: Norma, 2011 – 289 s.
10. Porter, B. E. (Ed.). (2011). *Handbook of traffic psychology*. London: Academic Press.
11. Bezrukov D.A., Voytenkov E.A. *Psihologicheskie aspektyi primeneniya sotsialnoy reklamy v sfere povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* // *Yuridicheskaya psihologiya*. 2011. # 2.

12. Vlakveld, W., Romoser, M. R. E., Mehranian, H. Diete, F., Pollatsek, A., & Fisher, D.(2011). Do Crashes and Near Crashes in Simulator-Based Training Enhance Novice Drivers' Visual Search for Latent Hazards? Transportatino Research Record, 2265, 153-160. Ziskáno z databáze Scopus. <http://dx.doi.org/10.3141/2265-17>.
13. Pegin P.A. Novyyi sposob zritel'nogo orientirovaniya voditelya v usloviyah tumana // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2008. # 1.

Скляренко И.Ю. Психологические особенности обеспечения безопасности дорожного движения.

Обоснованы связи между нарушениями правил дорожного движения с возрастом и полом, опытом вождения, состоянием и деформациями правосознания таких водителей.

В статье исследуется проблематика участников дорожного движения в безопасности, что напрямую связывает с психологическими особенностями.

Изучена психологических особенностей участников дорожного движения как фактор безопасности, способствующая снижению дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: правила дорожного движения, психология водителя, психологические особенности, безопасность дорожного движения, участники дорожного движения, психофизиологическое состояние.

Skliarenko I. Psychological features of road safety.

The connections between violations of traffic rules with age and sex, driving experience, condition and deformations of the sense of justice of such drivers are grounded.

The article examines the problems of road users in safety, which directly relates to psychological features.

The psychological characteristics of road users as a safety factor contributing to the reduction of road accidents.

Types of drivers are systematically violated the rules of the road, which are found in both pure and mixed form: a cynical driver, provoking driver, aggressively risky driver, inexperienced driver, emotionally unstable (anxious) driver.

It is established that the modern driver training system in Ukraine needs to improve its practical focus, optimize the training methodology in driving schools; it is necessary to strengthen the psychological component of training drivers and educate the culture of behavior on the road.

Keywords: traffic rules, psychology of the driver, psychological features, road safety, road users, psychophysiological state.

Скляренко І.Ю. – к.п.н., доцент кафедри гуманітарних дисциплін, начальник науково-організаційного відділу Державного університету інфраструктури та технологій, м. Київ, e-mail: innakdvt@ukr.net.

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

Стаття подана 11.03.2018

УДК 338.47:330.341

ФІНАНСОВИЙ АСПЕКТ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Скок П.О.

FINANCIAL ASPECTS OF OPTIMIZATION OF LOGISTIC ACTIVITY OF THE TRANSPORT ENTERPRISE

Skok P.

Виявлено основні сучасні проблеми логістичної діяльності підприємства на сучасному етапі розвитку економіки, що безпосередньо впливають на фінансовий стан підприємства. Запропоновано вирішення зазначених проблем і розроблений формалізований підхід до розрахунку фінансової вигоди підприємства при використанні даних рішень. Проведено аналіз деяких методів оптимізації логістики підприємства з точки зору їх фінансової ефективності. Проаналізовано необхідність автоматизації бізнес-процесів транспортного підприємства.

Ключові слова: ефективність, витрати, товарні потоки, управління транспортом, фінанси транспорту, логістика, логістичні послуги, інноваційні процеси.

Вступ. Логістичне управління в істотній мірі впливає на стан фінансово-економічного, а також законодавчого забезпечення в умовах сучасної ринкової економіки. Дана обставина необхідно, перш за все, віднести до ринку автотранспортних послуг, установи господарства складу, формуванню автотранспортних служб в організаціях-посередниках.

За деякими оцінками, в українській практиці логістичні витрати становлять близько 35–45% загальних витрат організації [1].

Питання необхідності автоматизації різних бізнес-процесів на сьогоднішній день мають особливу актуальність. У сучасній реальності складати гідну конкуренцію можуть тільки компанії, які використовують передові інформаційні технології. Не в меншій мірі це відноситься і до підприємств транспортного комплексу.

Постановка проблеми. Зміни в економіці диктують необхідність переосмислення підходів до організації логістичної діяльності.

Вимоги до автоматизації бізнес-процесів транспортного підприємства базуються на ряді завдань, вирішення яких неможливо без системного підходу. В першу чергу необхідно відзначити високу ресурсомісткість подібних підприємств, в роботі яких,

найчастіше, задіяно чимала кількість співробітників, необхідність чітко дотримуватися графіка перевезень і залежність від цього фінансових показників, а також загальну складність управління і контролю над процесом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У ряді досліджень міжнародного транспортного ринку відзначається тренд до підвищення конкуренції, що, безумовно, призводить до збільшення тиску на ціни, тому міжнародні гравці, приходячи на внутрішній ринок, змушені грати з ціною, а також задіяти додаткові ресурси підвищення ефективності, в числі яких – впровадження сучасних автоматизованих систем управління. Це дозволяє істотно знижувати виробничі витрати, економити час проведення логістичних операцій, підвищувати продуктивність праці і ефективність роботи [2].

Аналіз досвіду діяльності таких підприємств, як, наприклад, Toyota, IBM, Jonson & Jonson, Coca-Cola, Philip Morris, Motors, General Ford Motors і т.д., дозволяє зробити висновок про те, що застосування логістичної концепції дозволяє забезпечити високу ступінь конкурентоспроможності товарів і послуг, вироблених підприємством. При цьому, ефективність діяльності підприємства, яке застосовує принципи логістики у виробничому циклі, може досягатися за рахунок зниження собівартості продукції, підвищення її надійності і якості поставок.

У науковій літературі приділяється достатньо уваги перспективам розвитку логістики та факторів, що сприяють даному розвитку. Багатьма дослідниками відзначається, що на етапі формування нової економіки серйозний вплив на перспективи розвитку логістики та логістичні пріоритети будуть надавати процеси глобалізації та інформатизації суспільства, а також посилення впливу споживачів на логістичну діяльність [3–5].

У деяких роботах особливо наголошується пріоритетне використання лізингу в сфері логістики,

так як в даному випадку виникає можливість почати експлуатацію автомобілів при мінімальних початкових капіталовкладеннях [6].

Мета статті. Виявлення основних проблем логістики підприємства на сучасному етапі розвитку економіки. Обґрунтування фінансової ефективності зазначених рішень.

Основний зміст. Основними сучасними проблемами, які можуть вплинути на логістичну діяльність підприємств, є:

- недостатність фінансових ресурсів;
- старіння фондів основних засобів (і автопарку зокрема);
- зростання соціальної напруги та вартості робочої сили;
- незадовільний стан транспортної системи України;
- зростання транспортних витрат і зростання цін на бензин.

Вибір джерела фінансування оновлення (придбання) об'єктів основних засобів.

Однією з причин (а в деяких випадках, головною причиною) старіння основних фондів є якраз відсутність фінансових ресурсів, необхідних для оновлення основних фондів.

У цих умовах в одному ряду з необхідністю закупівлі нового обладнання / машин перед підприємствами стоїть вибір: використовувати для цього власні ресурси (жертвуючи при цьому прибутком акціонерів або розширенням виробничої діяльності) або вдатися до позикових джерел.

Переваги позикового фінансування в порівнянні з фінансуванням власними коштами:

- вивільнення власного капіталу;
- можливість залучення великих обсягів грошових коштів;
- платежі за позиковими джерелами фінансування зменшують базу оподаткування при розрахунку податку на прибуток (так званий податковий щит);
- фіксована вартість (сума залучених коштів) [7].

Особливо варто звернути увагу на останній вказаний пункт - фіксовану вартість позикових коштів. Це означає, що сума позики і періодичні платежі фіксуються на момент укладення договору позики, при цьому реальна вартість залученої позики знижується пропорційно з ростом інфляції в країні.

Використання позикового капіталу сприяє підвищенню рентабельності капіталу, забезпечує більш високий потенціал розвитку і розширює масштаби фінансово-господарської діяльності підприємства [8].

Фінансові вигоди, що виникають при використанні лізингу персоналу в логістичній діяльності підприємства.

Ефективність діяльності організації, в тому числі фінансова, - це здебільшого результат грамотної інвестиційної політики щодо персоналу. На сучасному етапі розвитку економіки з'явився альтернати-

вний спосіб інвестування в персонал - заміна власного персоналу позиковим, тобто наданих в лізинг.

Саме в сфері логістики найбільш доцільне застосування лізингу персоналу з наступних причин:

- необхідно швидке включення персоналу в робочий процес, часто відсутня або дуже мало час стажування (необхідний спочатку кваліфікований персонал);
- велика чутливість до простоїв;
- більш жорсткі вимоги до виконання режиму праці та відпочинку;
- більш яскраво виражені сезонні коливання (сезонна потреба в більшому / меншій кількості робочої сили).

Оптимізація транспортних витрат з фінансової точки зору.

Транспортні витрати займають значну частину в структурі витрат підприємств, логістична діяльність яких відіграє важливу роль в його операційної діяльності [9].

Виникає необхідність в максимальному скороченні розглянутих транспортних витрат. Найбільш оптимальні способи полягають в наступному:

- скорочення середнього плеча доставки (тобто середньої відстані від торгового об'єкта до найближчого розподільного центру) шляхом відкриття нових розподільчих центрів;
- по можливості - побудова маршрутів доставки в обхід доріг державного значення (якщо при цьому не доводиться жертвувати часом доставки);
- використання транспорту, що має високий екологічний клас (працює на альтернативних джерелах енергії);
- укладання довгострокових контрактів з транспортними компаніями на надання послуг з перевезення вантажів (значного зростання цін на бензин).

Рекомендації по оптимізації логістики, ефективних в тому числі з фінансової точки зору:

- використання лізингу замість банківського кредиту з метою оновлення основних фондів логістичного підрозділу підприємства, що підвищить ліквідність бухгалтерського балансу підприємства, а також позитивно позначиться на його чистих активах;
- використання лізингу персоналу замість штатного виробничого персоналу логістичного підрозділу організації, що призведе до вивільнення фінансових ресурсів підприємства;
- скорочення середнього плеча доставки (відстані від торгового об'єкта до найближчого розподільного центру);
- укладання довгострокових контрактів з транспортними компаніями на надання послуг з перевезення вантажів.

У сучасній практиці функціонування підприємств можна виділити кілька основних шляхів підвищення ефективності логістики на підприємстві.

Перший шлях пов'язаний з посиленням взаємодій між структурно-функціональними елементами підприємства за допомогою підвищення ефективно-

сті та якості різноманітних економічних механізмів, застосування яких, в свою чергу, є засобом забезпечення взаємодії та координації між структурно-функціональними підрозділами на підприємстві.

Другий шлях обумовлений необхідністю формування певного рівня координації у взаємодіях структурно-функціональних підрозділів підприємства за допомогою організаційних змін і перетворень в структурі управління. В результаті досягнення такого рівня функціонування підприємства, кожна сфера логістики дозволить підвищити ефективність діяльності структурно-функціональних підрозділів в сукупності і кожного окремо.

Третій шлях пов'язаний з можливим підвищенням діяльності логістики підприємства за допомогою застосування на підприємстві спеціалізованої електронно-обчислювальної техніки і програмного забезпечення, таких як, наприклад, системи планування потреби в матеріальних ресурсах або системи планування і розподілу ресурсів і матеріалів підприємства.

Однак, на даний момент на сучасних підприємствах класичні функціональні сфери логістики, такі, як, наприклад, управління закупівлями, перевезення і транспортування, виробниче планування, збут продукції і т. д., інтегрувалися на підставі загального програмно-інформаційного підстави і формують платформу організаційної інформаційної системи. Це, в свою чергу, пов'язано з тим, що інформаційні технології в сучасних логістичних системах є ключовий ресурс будь-якого процесу інтеграції.

Серед основних показників, що характеризують ефективність логістичних послуг, можна виділити: показник наявності продукту в місці споживання, час виконання замовлення, повноту і швидкість надання інформації, тобто показники, що характеризують зручності споживача при задоволенні його потреби.

Крім пасивного слідування за зміною споживчих переваг, логістику доцільно використовувати в інноваційних процесах, що протікають при розробці нового продукту і нового підкріплення. Логістику можна застосовувати і в якості системного інтегратора, який зв'язує діяльність окремих підрозділів, і як забезпечує підсистему інновацій, що відповідає за поставку матеріальних ресурсів.

Крім цінності, створюваної організацією, на логістику впливає економічна доцільність існування самої фірми. І тут вже безпосередньо використовуються два основних (альтернативних) підходу до визначення ефективності логістичної діяльності: мінімізація витрат, максимізація доходу (прибутку).

Логістична організація внутрішніх поточкових процесів визначає потужність фірми, її здатність адекватно реагувати на ринковий попит.

Застосування Інтернету в логістиці доцільно тим, що дозволяє вдатися до процедури електронної комерції, а значить, абстрагуватися від просторового параметра угоди, що фіксує місцезнаходження замовника і постачальника в момент її укладення, і

сконцентруватися на тимчасовому параметрі її виконання.

Специфічні завдання транспортних пасажирських підприємств.

Поряд із загальними для всіх транспортних підприємств завданнями, в сфері пасажирських перевезень є своя специфіка, що стосується сервісу і обслуговування пасажирів. Швидко і зручно купити квиток, зробити пересадку, легко зорієнтуватися в незнайомому місці – це вимоги сучасних пасажирів, яким будь-конкурентоспроможне підприємство транспортної галузі має відповідати [10].

Однією з нагальних і специфічних проблем для транспортних підприємств, що працюють в різних сферах міських і приміських пасажирських перевезень, є впровадження автоматизованих систем оплати проїзду (АСОП).

У будь-якому місті існує безліч підприємств, які працюють в сфері пасажирських перевезень. Однак пасажирів, якого цікавить лише комфорт і швидкість пересування, зовсім не цікаво розбиратися в тонкощах їх взаємовідносин [11].

Підвищення ефективності роботи пасажирського транспортного комплексу в цілому, полягає в створенні загальної системи, синхронізуючої і уніфікує квиткове меню, до якої підключаються всі оператори, включаючи комерційних. Подібної системі необхідно враховувати також усі категорії пільгових пасажирів, які повинні отримати можливість пільгового проїзду на будь-якому вигляді муніципального та комерційного транспорту, згідно із законодавством.

В цілому, комплексна автоматизація процесу продажу квитків забезпечує збільшення збору доходів від оплати за проїзд не менше ніж на 15%; можливість часткової, а на окремих транспортних вузлах, - повної заміни касирів на автомати; зниження черг в години пік без збільшення кількості кас; доступність сервісу продажу квитків в цілодобовому режимі сім днів на тиждень без залучення додаткового персоналу.

Інформування пасажирів. Отримання своєчасної інформації дуже важливо для сучасного міста. Це питання не тільки комфорту, але і безпеки в разі виникнення надзвичайних ситуацій та мінімізації їх наслідків за рахунок ефективного оповіщення. Система обов'язково повинна враховувати потреби людей з обмеженими можливостями, а також бути інтегрована з системами екстрених служб. Якісна і доступна система інформування, безсумнівно, підвищує туристичну привабливість окремо взятого регіону.

Існує цілий ряд каналів отримання подібної інформації. Є, наприклад, додатки для мобільних телефонів і смартфонів, які зручні певної категорії пасажирів. Однак при цьому існує досить великий відсоток людей, які з якихось причин не користуються подібними сервісами. Їм потрібно отримувати конкретну інформацію в конкретному місці. А надзвичайний інформування пасажирів у разі екстрених

ситуацій взагалі не повинно залежати від наявності або працездатності конкретного смартфона, а також доступу в інтернет. І тут, очевидно, потрібні додаткові канали отримання інформації.

Висновок. З метою оптимізації логістики, а також для поліпшення фінансового становища підприємства слід:

- використовувати лізинг замість банківського кредиту;
- розширювати використання позикового персоналу;
- скорочувати транспортні витрати шляхом зменшення середнього плеча доставки і укладання довгострокових договорів зі сторонніми автотранспортними підприємствами.

Організаційний і економічний ефект від введення автоматизації бізнес процесів очевидний: організаційний пов'язаний з впровадженням прогресивних методів планування і контролю операцій, підвищенням загальної культури управління, зниженням паперового документообігу, використанням найбільш раціональних схем бізнес-процесів; економічний ефект полягає в підвищенні прибутковості підприємства від використання системи. Впровадження автоматизованих систем керування підвищує дисципліну і відповідальність співробітників, забезпечуючи більший контроль і звільняючи від деяких функцій.

Л і т е р а т у р а

1. Пономаренко Л.В. Значение логистической деятельности в системе управления инновационным развитием экономики // Экономика устойчивого развития. 2015. № 3. С. 366–372.
2. Baumgartner H. Задачи планирования и управления цепями поставок // Loginfo. – 2004. – № 11.
3. Современная логистика / Д. Джонсон, Д. Вуд, Д. А. Вордлоу, П. Р. Мерори. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 624 с.
4. Кент Т., Омар О. Розничная торговля. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 719 с.
5. Чернова Д. В. Стратегическая логистика сетевой экономики. – М.: Изд. дом «МЕЛАН», 2005. – 144 с.
6. Саматоева Ю.В. Сравнительный анализ лизинга и кредита // KANT. 2012. № 3. С. 70–73.
7. Тарасов В.И., Дивин Н.Ф. Сравнительный анализ способов обновления основных фондов предприятий // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». 2009. № 7. С. 18–19.
8. Понкратова К.А., Гребенникова В.А. Источники и методы финансирования инвестиционных проектов в условиях экономической изоляции России // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Современные концепции развития науки». Уфа: Аэтерна, 2015. С. 128–135.
9. D. Banister, "Transport planning," Handbook of Transport Systems and Traffic Control, University of Sydney, George Mason University, 2001, pp. 9-19.
10. M. Rajsman, I. Tolić, and B. Rajsman, "Development of trend model of the passenger demand for public bus transport," Journal of Traffic and Logistics Engineering, vol. 1, no. 2, pp. 218-221, June 2013.
11. M. Rajsman, Technology of road transportation, Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb, Zagreb, 2012, pp. 8-14.

References

1. Ponomarenko L.V. Znachenie logisticheskoy deyatelnosti v sisteme upravleniya innovatsionnyim razvitiem ekonomiki // Ekonomika ustoychivogo razvitiya. 2015. # 3. S. 366–372.
2. Baumgartner H. Zadachi planirovaniya i upravleniya tsepyami postavok // Loginfo. – 2004. – # 11.
3. Sovremennaya logistika / D. Dzhonson, D. Vud, D. A. Vordlou, P. R. Merori. – M.: Izd. dom «Vilyams», 2004. – 624 s.
4. Kent T., Omar O. Roznichnaya trgovlya. – M.: YUNITI-DANA, 2007. – 719 s.
5. Chernova D. V. Strategicheskaya logistika setevoy ekonomiki. – M.: Izd. dom «MELAP», 2005. – 144 s.
6. Samatoeva Yu.V. Sravnitelnyy analiz lizinga i kredita // KANT. 2012. # 3. S. 70–73.
7. Tarasov V.I., Divin N.F. Sravnitelnyy analiz sposobov obnoveniya osnovnykh fondov predpriyatiy // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet im. V.P. Goryachkina». 2009. # 7. S. 18–19.
8. Ponkratova K.A., Grebennikova V.A. Istochniki i metody finansirovaniya investitsionnykh projektov v usloviyakh ekonomicheskoy izolyatsii Rossii // Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye kontseptsii razvitiya nauki». Ufa: Aeterna, 2015. S. 128–135.
9. D. Banister, "Transport planning," Handbook of Transport Systems and Traffic Control, University of Sydney, George Mason University, 2001, pp. 9-19.
10. M. Rajsman, I. Tolić, and B. Rajsman, "Development of trend model of the passenger demand for public bus transport," Journal of Traffic and Logistics Engineering, vol. 1, no. 2, pp. 218-221, June 2013.
11. M. Rajsman, Technology of road transportation, Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb, Zagreb, 2012, pp. 8-14.

Скоп П.О. Финансовый аспект оптимизации логистической деятельности транспортного предприятия.

Выявлены основные современные проблемы логистической деятельности предприятия на современном этапе развития экономики, непосредственно влияющие на финансовое состояние предприятия. Предложено решение указанных проблем и раздельный формализованный подход к расчету финансовой выгоды предприятия при использовании данных решений. Проведен анализ некоторых методов оптимизации логистики предприятия с точки зрения их финансовой эффективности. Проанализированы необходимость автоматизации бизнес-процессов транспортного предприятия.

Ключевые слова: эффективность, затраты, товарные потоки, управление транспортом, финансы транспорта, логистика, логистические услуги, инновационные процессы.

Skok P. Financial aspect of optimization of logistics activity of a transport enterprise.

The main modern problems of logistic activity of the enterprise at the present stage of development of the economy, directly influencing the financial position of the enterprise are revealed. The solutions of the identified problems are offered and a formalized approach to the calculation of the financial benefits of the enterprise is developed when using these solutions.

In this article, one of the most important components of the process of optimizing the logistics of an enterprise is its financial aspect. The analysis of some methods of optimization of logistics of the enterprise from the point of view of their financial efficiency is carried out.

The necessity of automation of business processes of a transport enterprise is analyzed.

Keywords: *efficiency, costs, commodity flows, transport management, transport finance, logistics, logistics services, innovation processes.*

Скок П.О. – кандидат наук з державного управління, доцент кафедри фінанси і кредит, проректор з наукової роботи Державного університету інфраструктури та технологій, м. Київ, e-mail: innakdvt@ukr.net.

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

Стаття подана 13.03.2018

УДК 621.3.087, 654.91

**ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УЗЛОВ ЦИФРО-АНАЛОГОВОЙ АППАРАТУРЫ
УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ППКП****Субботин О.В., Винник А.В.****PECULIARITIES OF IMPLEMENTATION OF NODES OF DIGITAL ANALOGUE
EQUIPMENT FOR CONTROL AND PROCESSING OF SIGNALS ON THE EXAMPLE OF FCP****Subotin O., Vinnik O.**

В статье представлены схемотехнические решения отдельных узлов цифро-аналоговой аппаратуры управления и обработки сигналов датчиков на примере прибора приёмно-контрольного пожарного (ППКП) в контексте реализации экономически выгодной и надёжной конструкции с точки зрения совместного использования возможностей простого микроконтроллера и отечественной элементной базы.

Предложенные идеи схемотехнических и программных решений могут быть успешно применены в различной аппаратуре опроса датчиков, различных устройствах автоматического управления, в специальных промышленных контроллерах, а также в цифровом и аналоговом электроприводе.

Ключевые слова: пожарная безопасность, охранная система, прибор приёмно-контрольный пожарный, извещатель, электрическая схема, программа, контроллер.

Введение. Для обеспечения пожарной безопасности объектов народного хозяйства здания, сооружения, производственные и вспомогательные помещения, транспорт оснащаются установками охранной и пожарной сигнализации [1], работающими в режимах охранной, пожарной, аварийно-предупредительной и тревожной сигнализации. При этом здания, сооружения и помещения (в том числе, депо, гаражи, ангары), а также технологические установки и транспортные средства (прежде всего, с обращением взрывопожароопасных, аварийных химически-опасных и отравляющих веществ и материалов) при применении автоматической охранно-пожарной сигнализации оборудуются различными датчиками, например, дымовыми, дымовыми ионизационными и тепловыми пожарными извещателями, а также пожарными ручными извещателями [2,3].

Постановка проблемы. Угрозу возникновения пожара может нести устройство, сооружение, природа и непосредственно сам человек. Ее не удастся

предугадать, но ее можно предупредить с помощью системы пожарной сигнализации. Однако, даже хорошо спроектированная сигнализация может давать ложные срабатывания или ложные несрабатывания [4]. Такие события могут быть последствием неправильного монтажа и настройки ее составных частей.

Анализ основных исследований и публикаций. Основным законодательным документом, регламентирующим требования пожарной безопасности, является Закон Украины "О пожарной безопасности", принятый 17 декабря 1993 [5]. Настоящий Закон определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности на территории Украины, регулирует отношения государственных органов, юридических и физических лиц в этой области независимо от вида их деятельности и форм собственности.

В частности, для предприятий и организаций автомобильного транспорта Украины разработаны и утверждены «Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций автомобильного транспорта Украины», утвержденные приказом Министерства транспорта Украины от 21.01.2015 №11, зарегистрированные в Министерстве юстиции Украины 12.03.2015 за №279/26724 и внесенный в Реестр НАПБ В.01.054-2015/510 [6].

Приемно-контрольные приборы или пульта охранно-пожарной сигнализации и управления, к которым подключены пожарные извещатели (формирующие сигнал «ПОЖАР» в системах пожарной сигнализации и установках автоматического пожаротушения) и датчики несанкционированного проникновения на объект, работают автономно, а также обеспечивают передачу сигналов (о пожаре или несанкционированном проникновении людей на объект) по радиотелекоммуникационной системе, например, на центральный узел связи «101», на автоматизированное рабочее место службы охраны и подобное [3,7].

Цель статьи. Целью работы является повышение надежности и экономической привлекательности прибора приёмно-контрольного пожарного путем совершенствования его электрической схемы управления и обработки сигналов датчиков и программного обеспечения.

Основное содержание. Автоматические противопожарные системы безопасности сегодня имеют высокую популярность. В любой организации обязательно установлена такая система. Основным устройством является блок ППКП – прибор приёмно-контрольный пожарный. Его задачей является сбор информации (опрос) датчиков температуры, например СПТМ-70, реагирующих на повышение температуры окружающей среды до 70⁰С или, СПД-2.1 – наиболее распространённых датчиков дыма с питанием 12В и релейным выходом [8].

На основании опроса датчиков и тестирования информационных линий связи с этими датчиками ППКП принимает решение об активации извещателя (оповещателя) светозвукового выносного ОСЗВ - сирены, устанавливаемой снаружи здания.

Нормы, которым должна соответствовать система противопожарной безопасности сведены в документе ДСТУ-EN 54-2 [9].

Основными проблемами, присущими всем существующим конструкциям являются трудности монтажа шлейфов и датчиков, замедляющие сроки сдачи объекта в эксплуатацию, низкая долговременная надёжность (обусловленная, например, применением электролитов в ответственных информационных цепях), неизменно ведущие к снижению прибыли фирм, занимающихся проектированием и монтажом систем. Желательным при производстве ППКП является применение схмотехнических решений блоков устройства, позволяющих применить более дешёвую и простую элементную базу с целью снижения себестоимости.

Конструкция прибора, являющаяся альтернативой существующим на рынке, представлена ниже. В результате применения некоторых технических решений, конструкция имеет ряд отличительных особенностей, как, например, применение в 6-ти шлейфом приборе контроллера с 18 выводами. Это необычно для прибора высокой информационной ёмкости и информативности.

Прибор соответствует требованиям технических условий и ДСТУ EN – 54.2 [9], которые вступили в силу с 2006 года.

Все существующие на рынке приборы имеют линию питания активных датчиков, как показано на рис. 1 [10].

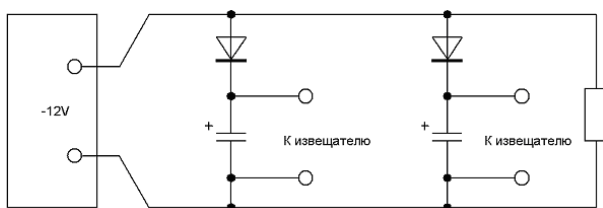


Рис. 1. Схема питания активных извещателей

Принцип работы такой схемы основан на следующем. Прибор ППКП для тестирования линии питания активных извещателей с определённой длительностью и периодом кратковременно изменяет полярность выходного питающего напряжения. Проходя по исправной линии питания через оконечное сопротивление обычно около 2 кОм, ток обратного направления создаёт на последнем падение напряжения. Обратное напряжение тестируется ППКП и принимается решение об исправности линии. Так как при коротком замыкании или обрыве линии в пути прохождения обратного тока оконечное сопротивление участвовать не будет, то тестируемое напряжение будет отличаться от нормального. Следовательно, в линии присутствует аварийный режим.

Во время изменения полярности напряжения на линии питания, датчики, подключённые через диод, получают питание от параллельно подключённых ёмкостей.

Такое стандартное для многих ППКП решение имеет ряд недостатков.

1. Монтаж датчика сопровождается подключением 2-х внешних элементов, что усложняет работу монтажника, которому таких датчиков необходимо укрепить и подключить, порой на высоте до 5м в количестве более 100 на одном объекте.

2. При отсутствии напряжения питания от сети переменного тока, питание ППКП осуществляется от АКБ 12В. По мере разрядки важны каждые полвольта напряжения. А падение на кремниевых диодах составляет до 1В.

Логика позволяет использовать диоды Шотки или германиевые, но производитель, например, известная фирма “Датчик”, не регламентирует в паспорте по эксплуатации применение иных диодов, кроме кремниевых. И многие фирмы, занимающиеся монтажом систем, не возьмут на себя ответственность за нарушение требований паспорта по монтажу и подключению ППКП.

3. Многие типы датчиков не допускают изменения полярности напряжения питания. А при пробое диода такое возможно;

4. Конденсаторы со временем теряют свою ёмкость, что может повлечь за собой ложную сработку сигнализации.

5. При сработке датчика, ток, потребляемый им, увеличивается в полсотни раз. Ёмкость 50 мкФ уже неэффективна при этом и линия питания не опрашивается при тревоге на неисправность.

Однако, в распространённом приборе “Датчик - 2”, например, не нормируется соответствие одной линии питания одному информационному шлейфу (зоне).

Следовательно, питание датчиков не может автоматически отключаться при принятии сигнала от какого либо датчика. А это налагает ограничение на количество датчиков, подключаемых к ППКП цифрой 4. Это недостаточно даже для небольших объёмов.

ектов. Значит, требуется отдельный источник питания датчиков.

Перечисленные проблемы имеют решение. На рис. 2 приведена альтернативная схема питания активных извещателей. На рис. 3. показана схема ИПД - извещателя.

Прийти к такой схеме (рис. 2) позволила идея тестирования в области малых напряжений с применением резистивно-диодного делителя напряжения. На схеме рис. 3 – это цепи X1, Rk, X2, R1, VD1.

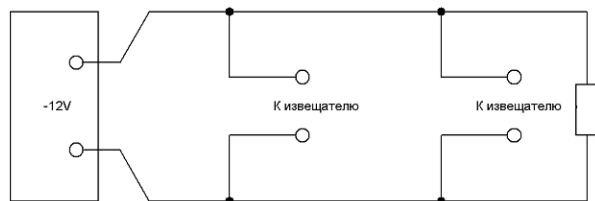


Рис. 2. Альтернативная схема питания активных извещателей

При коротком замыкании шлейфа питания перегорает вставка плавкая FU1 (современная элементная база позволяет использовать недорогие восстанавливающиеся предохранители). Напряжение на R1 снизится до 0, что оценит контроллер. При обрыве произойдет то же самое. Нормы ДСТУ EN 54.2 позволяют и обрыв линии, и короткое замыкание идентифицировать как неисправность линии без уточнения конкретной причины.

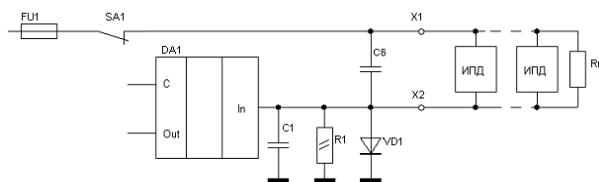


Рис. 3. Линия питания активных датчиков.
Схема функциональная электрическая

В дежурном режиме, в зависимости от количества датчиков на шлейфе напряжение составляет от 0,25В до 0,67В. Диод, включенный параллельно R1 служит для того, чтобы при коротком замыкании шлейфа ток составил значение, определяемое практически только резистором R1 из делителя R1Rk. Кроме того, учитывается и нормируется максимальное сопротивление проводов линии питания.

Одна линия питания логически сопоставлена с одним информационным шлейфом, что позволяет отключить питание автоматически при сработке хотя бы одного датчика. Тем самым количество датчиков на один шлейф питания составляет не более 32, регламентируемых нормами ДСТУ EN 54.2 п. 5.3.1. Это значительно удобнее, чем 4 датчика максимум, регламентируемые прочими производителями ППКП [10].

Линии устройств оповещения о тревоге. Тестирование линии требует применения конечного элемента нагрузки. Но ток при сработке сирены столь

значителен, что пойти по пути, представленному выше, не представляется возможным.

Основное инновационное решение - в качестве конечного элемента использовать исполнительный элемент порогового типа срабатывания – электромагнитное реле. В дежурном режиме на его обмотку подается напряжение до 5В, что недостаточно для сработки, но достаточно для тестирования линии – ведь обмотка реле обладает сопротивлением. А сопротивление обмотки реле одновременно является конечным резистором, позволяющим оценить целостность линии по факту прохождения через эту обмотку тока и соответственно, вполне определенного, падения напряжения в дежурном режиме.

Информационные шлейфы. Опрос информационных шлейфов осуществляется на принципе баланса плеч резистивного делителя напряжения. Сопротивления подобраны так, что обеспечивается надежная работа при колебании сопротивления проводов шлейфа от 0 до 100 Ом, которое тоже входит в состав шлейфа [10].

Обычно для детектирования сработки датчика применяются кремниевые диоды, короткозамкнутые в нормальном состоянии контактами датчиков. Но это неудобно. Дело в том, что диоды необходимо включать в определенной полярности и монтажнику легко ошибиться. При данной ошибке возникает необходимость проверять все датчики, а они могут находиться, например, на высоте потолка здания цеха. Это приводит к увеличению стоимости монтажа системы примерно на 30%.

Применение сопротивлений значительно ускоряет процесс монтажа, повышает надежность и, как следствие, дает экономический эффект.

При этом сопротивления выбраны так, что и обеспечивают работу при изменении распределенного по длине линии сопротивления до 100 Ом и не слишком малый ток шлейфа в дежурном режиме, что способствует помехозащите.

Опрос шлейфов и индикация. Поиск идеи опроса шлейфов осуществлялся в свете решения основной проблемы: не выделять для каждого шлейфа отдельную линию ввода-вывода контроллера, как это сделано в аналогичных конструкциях [10].

Идея заключается в опросе и индикации в динамическом режиме. Это позволяет за счет усложнения логики работы контроллера упростить аппаратную реализацию.

Каждая из подпрограмм PRG_OLL_1... PRG_OLL_10 производит компарирование напряжения при помощи подпрограммы PRG_COMPARING, работающей с модулем настраиваемого опорного напряжения контроллера PIC16F628A. Результаты обрабатываются логическими функциями, и помещаются в регистры R_FIER_1... R_FIER_10; R_OFF_1... R_OFF_10; R_BAD_LINE_1... R_BAD_LINE_10 соответственно. В конце каждой подпрограммы PRG_OLL_1... PRG_OLL_10 происходит запись результатов в вышеозначенные регистры, подача импульса переключе-

чения счётчика для опроса последующего шлейфа, сброс сторожевого таймера WDT. Все шлейфы, линии питания и выходы опрашиваются независимо и одинаково, то есть в ситуации, если счётчик по какой либо причине не отработает переключение, это не отразится на работе ППКП.

Подпрограммы PRG_AB, PRG_ERR_POWER, PRG_COUNT_ZUMMER служат соответственно для опроса аккумулятора на разряд, проверки информации об общей неисправности модуля питания ППКП, выполнения циклического счёта флагов инициации включения встроенного зуммера для корректного управления последним.

Возможность применения простого контроллера PIC16F628A, обеспечена алгоритмом обработки и индикации. Ёмкости памяти программ контроллера и тактовой частоты оказалось достаточно для реализации алгоритма.

Техническое обеспечение идеи тестирования линий питания и выходных линий оповещения в области низких напряжений от 0,15В до 0,8В обеспечено применением микросхемы КМОП двунаправленных ключей, позволяющих без искажения передавать со входа на выход напряжения в этом диапазоне.

Применение германиевых транзисторов не представилось возможным по причине отсутствия элементной базы на напряжения коллектор-эмиттер хотя бы более 16В.

Применение кремниевых транзисторных ключей, обусловлено дешевизной транзисторов КТ315. Как показала практика, даже при микротоках падение напряжения на переходе коллектор-эмиттер этих транзисторов далеко от нуля, что соответствует технической документации [11].

Цифровая фильтрация помех. Наводки электромагнитного происхождения в диапазоне частот от 100 кГц до 10 ГГц напряженностью поля 10В/м в соответствии с ДСТУ EN 54-2 не должны влиять на работу прибора. Защита от наводок может быть выполнена в соответствии при помощи алгоритма цифровой фильтрации. В основу положен принцип: если за 1000 циклов проверки произошла хотя-бы одна ошибка, необходимо инициировать повторный цикл проверок из 1000 циклов. При пересчёте и на практике выяснилось, что тактовое время контроллера вполне достаточно для обеспечения требований ДСТУ EN 54-2 о максимальном времени принятия решения о тревоге – 2с.

Итак, идеи усовершенствования применительно к ППКП касаются метода съёма информации с информационных шлейфов (применение сопротивлений вместо диодов), - с линий оповещения (применение двух отдельных линий с тестированием посредством вынесения в качестве оконечного элемента исполнительного реле), - с линий питания активных датчиков (отсутствие изменения полярности питания, как следствие, отсутствие конденсаторов); динамический метод опроса шлейфов и вывода информации о работе ППКП на панель индикации,

вследствие чего усложнилась программа контроллера, позволяет снизить требуемое количество линий ввода/вывода, удешевить конструкцию. Кроме этого, в устройстве выполнена цифровая фильтрация помех от наводок на шлейфы.

Выводы. Прибор был разработан мелкой партией для сертификационных испытаний, экономически выгоден вследствие низкой себестоимости, что обеспечено применением такой элементной базы, которая бы надёжно и достаточно производительной работала, но не удорожала конструкцию неоправданно, например, ввиду следования современным радиотехническим традициям – применению новой дорогой элементной базы. Однако, контроллер, применённый в устройстве, запрограммирован из принципа явного усложнения программы ради упрощения и удешевления аппаратной реализации.

Вышеозначенные идеи схемотехнических и программных решений могут быть успешно применены в различной аппаратуре опроса датчиков, различных устройствах автоматического управления, в специальных промышленных контроллерах, цифровом и аналоговом электроприводе.

Л и т е р а т у р а

1. Жидецкий В.И. Основы охраны труда / В.Ц. Жидецкий – Л.: Афиша, 2005. - 349 с.
2. Жилин О.И. Пожарная безопасность / О.И. Жилин // Автоматические установки пожарной сигнализации. - № 6 (118). 2007, с.29-37.
3. Козубовский В.Р. Сравнительный анализ датчиков газовых извещателей для раннего обнаружения пожара / В.Р. Козубовский, И.З. Мисевич, М.М. Иванчук // ТЕХНИКА І TECHNOLOGIA. - БіТР Vol. 40 Issue 4, 2015, pp. 107–122 (DOI:10.12845/bitp.40.4.2015.8)
4. Гон Хасон. Современные меры по минимизации ложных срабатываний оборудования автоматической пожарной сигнализации в Корее // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). - Т.6. № 2. 2015, с. 60–63.
5. Закон Украины "О пожарной безопасности" от 17.12.93 №3747-ХП.
6. НАПБ В.01.054-2015/510 " Правила пожежної безпеки для підприємств і організацій автомобільного транспорту України".
7. Borysewicz J. Wymagania, metody badań i kryteria oceny właściwości sygnalizatorów optycznych (VAD) / Jarosław Borysewicz, Paweł Stępień, Łukasz Chołuj // ТЕХНИКА І TECHNOLOGIA. - БіТР Vol. 44 Issue 4, 2016, pp. 159–164 (DOI:10.12845/bitp.44.4.2016.13).
8. Лущик А.П. Повышение эффективности работы современных точечных оптических дымовых извещателей / А.П. Лущик, Д.Л. Есипович, И.В. Кавальчук // ТЕХНИКА І TECHNOLOGIA. - БіТР Vol. 36 Issue 4, 2014, pp. 125-130 (DOI:10.12845/bitp.36.4.2014.13).
9. ДСТУ EN 54-2:2003 (EN 54-2:1997, IDT) Системи пожежної сигналізації. Частина 2. Прилади приймально-контрольні пожежні.
10. Степанов К.Н. Пожарная техника. Справочник / К.Н. Степанов, Я.С. Повзик, И.В. Рыбкин. - М.: ЗАО "Спецтехника", 2003. - 400 с.
11. Терещук Р.М., Терещук К.М., Седов С.А. Полупроводниковые приёмно-усилительные

устройства. Справочник радиолюбителя / Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. – Киев: Наук. думка, 4-е изд., стер., 1989. – 800 с.

References

1. Zhidets'kiy V.I. Osnovy okhrany truda / V.TS. Zhidets'kiy – L.: Afisha, 2005. – 349 s.
2. Zhilin O.I. Pozharnaya bezopasnost' / O.I. Zhilin // Avtomaticheskoye ustanovki pozharnoy signalizatsii. - № 6 (118). 2007, c.29-37.
3. Kozubovskiy V.R. Sravnitel'nyy analiz datchikov gazovykh izveshchateley dlya rannego obnaruzheniya pozhara / V.R. Kozubovskiy, I.Z. Misevich, M.M. Ivan-chuk // *TECHNIKA I TECHNOLOGIA*. - BiTP Vol. 40 Issue 4, 2015, pp. 107–122 (DOI:10.12845/bitp.40.4.2015.8)
4. Gon Khason. Sovremennyye mery po minimizatsii lozhnykh sрабатыvaniy oborudovaniya avtomaticheskoy pozharnoy signalizatsii v Koreye // *MIR (Mo-dernizatsiya. Innovatsii. Razvitiye)*. - T.6. № 2. 2015, s. 60–63.
5. Zakon Ukrainy "O pozharnoy bezopasnosti" ot 17.12.93 №3747-KHP.
6. NAPB V.01.054-2015/510 " Pravila pozhezhnoї bezpeki dlya pidpriemstv i organizatsiy avtomobil'nogo transportu Ukraini".
7. Borysewicz J. Wymagania, metody badań i kryteria oceny właściwości sygnalizatorów optycznych (VAD) / Jarosław Borysewicz, Paweł Stepień, Łukasz Chołuj // *TECHNIKA I TECHNOLOGIA*. - BiTP Vol. 44 Issue 4, 2016, pp. 159–164 (DOI:10.12845/bitp.44.4.2016.13).
8. Lushchik A.P. Povysheniye effektivnosti raboty so-vremennykh tochechnykh opticheskikh dymovykh izveshcha-teley / A.P. Lushchik, D.L. Yesipovich, I.V. Kaval'chuk // *TECHNIKA I TECHNOLOGIA*. - BiTP Vol. 36 Issue 4, 2014, pp. 125-130 (DOI:10.12845/bitp.36.4.2014.13).
9. DSTU EN 54-2:2003 (EN 54-2:1997,IDT) Sistemi pozhezhnoї signalizatsii. Chastina 2. Priladi priyma-l'no-kontrol'ni pozhezni.
10. Stepanov K.N. Pozharnaya tekhnika. Spravochnik / K.N. Stepanov, YA.S. Povzik, I.V. Rybkin. - M.: ZAO "Spetsstekhnika", 2003. - 400 s.
11. Tereshchuk R.M., Tereshchuk K.M., Sedov S.A. Poluprovodnikovyye priyomno-usilitel'nyye ustroystva. Spravochnik radiolyubitelya / R.M. Tereshchuk, K.M. Tereshchuk, S.A. Sedov. – Kiyev: Nauk. dumka, 4-ye izd., ster., 1989. – 800 s.

Суботін О.В., Винник О.В. Особливості реалізації вузлів цифро-аналогової апаратури управління та обробки сигналів на прикладі ППКП.

У статті представлені схемотехнічні рішення окремих вузлів цифро-аналогової апаратури управління і обробки сигналів датчиків на прикладі приладу приймально-контрольного пожежного (ППКП) в контексті реалізації економічно вигідної і надійної конструкції з точки зору спільного використання можливостей простого мікроконтролера і вітчизняної елементної бази.

Запропоновані ідеї схемотехнічних і програмних рішень можуть бути успішно застосовані в різній апаратурі опитування датчиків, різних пристроях автоматичного управління, в спеціальних промислових контролерах, а також в цифровому і аналоговому електроприводі.

Ключові слова: пожежна безпека, охоронна система, прилад приймально-контрольний пожежний, сповісвач, електрична схема, програма, контролер.

Subotin O., Vinnik O. Peculiarities of implementation of nodes of digital analogue equipment for control and processing of signals on the example of FCP.

The circuit-engineering solutions of separate units of digital-analog equipment for control and signal processing of sensors are presented on the example of the fire control panel in the context of implementing an economically viable and reliable design in terms of sharing the capabilities of a simple microcontroller and domestic element base.

The proposed ideas of circuit and software solutions can be successfully applied in various sensors interrogation equipment, various automatic control devices, in special industrial controllers, as well as in digital and analog electric drives.

Keywords: fire safety, security system, fire alarm control device, detector, electric circuit, program, controller.

Суботін Олег Володимирович – к.т.н., доц. кафедри «Автоматизація виробничих процесів» Донбаської державної машинобудівної академії, м. Краматорськ, e-mail: o.v.subotin@ukr.net

Винник Олексій Вікторович – інж., голова Асоціації таксистів, перевізників та автолюбителів, м. Краматорськ, e-mail: atpa@i.ua

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

Стаття подана 22.03.2018

УДК 656.13

АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТУРИСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Труніна І.М., Молоштан Д.В., Черниш Р.О.

ANALYSIS OF THE TRANSPORT SUPPLY OF TOURIST INFRASTRUCTURE OF UKRAINE

Trunina I., Moloshtan D., Chernysh R.

У статті досліджені елементи туристичної інфраструктури, що входять до основного комплексу послуг та проведено аналіз транспортного забезпечення туристичної галузі. Також наведено аналіз показників ефективності транспортних послуг в туризмі, запропонована розробка оптимізованої схеми транспортних послуг певного регіону України.

Ключові слова: залізничні перевезення, транспортні послуги, транспортна система, пасажирські перевезення, економічний розвиток, туризм.

Вступ. Транспортні перевезення є найважливішим елементом туристичної інфраструктури і входять в основний комплекс послуг, що включаються до складу туристичного продукту.

Перевезення туристів здійснюються різними видами транспорту: наземним, повітряним, водним. Популярність або затребуваність різних видів транспорту для туристських перевезень залежить від географічного положення і кліматичних умов країни, її економічного розвитку, національних традицій, соціального положення і життєвого рівня людей і від інших факторів. У кожного виду транспорту є свої переваги і недоліки, обумовлені історичним розвитком, технічними, економічними та екологічними характеристиками, і щоб відпочинок дійсно вдався, потрібно ретельно проаналізувати як свого часу, так і свої можливості, для того, щоб зробити правильний вибір маршруту і типу транспорту, за допомогою якого здійснюватиметься пересування [1].

Туристична транспортна подорож, як правило, реалізується декількома видами транспорту: залізничний + автобусний (легковий автомобіль), авіаційний + автобусний і т.д.

Сучасний туризм досяг значного рівня розвитку багатого в чому за рахунок використання транспорту і переваг кожного з сучасних видів транспортних засобів. Послуги перевезень туристів, як складова частина індустрії туризму, займають одне з провідних місць у складі туристичного продукту. Це пов'я-

зано з тим, що всі туристські маршрути (крім пішохідних) припускають, наявність транспорту для доставки подорожуючих до місця відпочинку чи екскурсії та повернення на постійне місце проживання.

Постановка проблеми. Транспортне забезпечення невід'ємна частина подорожей, тому в статті висвітлено основні проблеми розвитку транспортно-обслуговування на основі методів сервісної логістики транспорту. Розглядаються проблеми та шляхи вдосконалення транспортної системи України на прикладі маршруту Кременчук - Львів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми функціонування транспортної системи та її значення у налагодженні зовнішньоекономічних та внутрішньоекономічних зв'язків України досліджувались багатьма зарубіжними та вітчизняними авторами, серед яких: Н.О Іксарова, В.С. Кравченко [2], С.Ю. Максимова, О. Є. Соколова, О.Б. Пікулик, М.А. Потєєва, Д.К. Прейгер, Н.Ю. Ткаченко, О.О. Фастовець, О.І. Шестак [3].

Мета статті. Полягає в аналізі та вирішенні проблем транспортної системи України з точки зору її розвитку з допомогою застосування методики розрахунку маршруту.

Основний зміст. В даний час транспорт є одним з найважливіших компонентів економіки держави, що розвивається з високорозвиненою економічною та соціальною базою. Транспорт забезпечує нормальне функціонування економіки країни, підвищення ефективності суспільного виробництва, створює умови для раціонального розміщення виробничих сил по території країни.

Історично на формування транспортних систем різних держав впливало їх географічне розташування, природний потенціал, а нерідко і кліматичні і ландшафтні характеристики. Це призвело до формування тих транспортно-технічних баз, які найбільш раціонально використовуються в умовах конкретного регіону і держави [4].

Актуальною проблемою транспортного комплексу України є незадовільний стан його виробничої бази. Тому у перспективі пріоритетним напрямом технічної політики щодо транспорту має бути оновлення його рухомого складу на основі розвитку вітчизняного транспортного машинобудування. Поряд з цим для створення системи інтермодальних перевезень передбачається налагодження виробництва спеціалізованих технічних засобів — контейнерів, змінних кузовів, платформ для перевезення автопоїздів.

Однією з найважливіших проблем України, у плані її інтеграції у європейську єдину залізничну систему, є приведення ширини української залізничної колії (1524 мм.) до європейського зразка (1435 мм.) як у Польщі, Словаччині, Угорщині, Румунії та ін. Зараз на кордоні з цими державами існують складні системи переведення локомотивів і рухомого складу поїздів з колії на колію, що значно знижує ефективність роботи залізничного транспорту, зокрема в часі. Необхідно також включити в європейську програму будівництва швидкісних залізничних магістралей (швидкість 200-300 км/год). Значну частину інфраструктурних об'єктів залізниці необхідно визнати застарілими, вони не відповідають сучасним вимогам по виконанню своїх основних функцій. Насамперед, це стосується залізничних вокзалів, станцій, готелів, засобів зв'язку і керування рухом потягів. Техніко-економічні й експлуатаційні характеристики залізниці знижуються також через те, що ширина колії відрізняється від західноєвропейської, що особливо негативно відбивається на закордонних і транзитних перевезеннях. Це вимагає змісту на західних границях країни 14 спеціально обладнаних станцій, 11 станцій, де здійснюється перевантаження імпортованих вантажів, і 8 пунктів перестановки вагонів на візки західноєвропейської колії. Як міри по підвищенню ефективності залізничного транспорту необхідні реконструкція і переоснащення, часткове перепрофілювання, поступове згортання надлишкових і будівництво нових потужностей.

Велика увага приділяється електрифікації залізниць, протяжність яких у 1997 р. досягла майже 8 тис. км. Внаслідок цього зросла швидкість рухомого складу, пропускна спроможність найважливіших залізниць та ефективність їх використання. Електрифікованими є магістральні та найбільш вантажонапружені залізниці: Москва -- Київ -- Львів -- Чоп, Донбас -- Кривий Ріг, Харків -- Запоріжжя -- Севастополь, Харків -- Лозова -- Микитівка, Київ -- Миронівка -- Дніпропетровськ, Хирівка -- Помошна -- Одеса -- Іллічівськ, Харків -- Красний Лиман -- Дебальцево. Електрифіковано приміські зони Києва, Харкова, Дніпропетровська, Донецька, Львова та ряду інших великих міст (Рис 1). [5]

З входженням України до європейського економічного простору збільшилися обсяги вантажних і пасажирських перевезень. У зв'язку з цим значення залізничного транспорту постійно зростає.

Відносні недоліки залізничного транспорту:

- обмежена маневреність через «прив'язку» до колії;

- висока початкова вартість основних фондів: вартість будівництва 1 км одноколіїної лінії - приблизно 10 млн грн., двоколіїної -- на 40 % більше; рухомий склад дорожче автомобілів (але дешевше в 3-4 рази, чим літаки та морські кораблі);

- висока металоємність, трудомісткість, низька продуктивність праці. Так, у середньому на 1 км експлуатаційної довжини залізниць України приходить майже 14 чоловік (у США -- 1,5 чоловік при тих же обсягах транспортної роботи).



Рис. 1. Залізничні транспортні коридори, що проходять територією України

Розглянемо один із маршрутів в межах України – Кременчук – Львів, який не має прямого рейсу. Відстань між містами становить 785 км, час в дорозі з Кременчука до Львова 9 год 40 хв за умови дотримання правил дорожнього руху, та відсутності перешкод та заторів. Подорожуючи автобусним туром, можна розрахувати кількість палива і вартість поїздки.

Якщо витрата палива автобусу на 100 км становить 6,5 літрів, а ціна палива складає приблизно 22 грн за літр, то:

$$22 \cdot 6,5 \cdot 785 = 1122, 55 \text{ грн (собівартість поїздки)};$$

$$\frac{785 \cdot 6,5}{100} = 51,02 \text{ л (палива на поїздку)}$$

На даний час з міста Кременчук до Львова можна проїхати лише через місто Київ.

Відстань Кременчук – Київ становить 291 км, час в дорозі з Кременчука до Києва 4 год 23 хв. Подорожуючи автобусним туром, можна розрахувати кількість палива і вартість поїздки:

$$22 \cdot 6,5 \cdot 291 = 416,13 \text{ грн (собівартість поїздки)};$$

$$\frac{291 \cdot 6,5}{100} = 18,91 \text{ л (палива на поїздку)}.$$

Відстань Київ – Львів становить 541 км, час в дорозі - 7 годин 43 хвилин. Подорожуючи автобусним туром, можна розрахувати кількість палива і вартість поїздки:

$$22 \cdot 6,5 \cdot 541 = 773, 63 \text{ грн (собівартість поїздки)};$$

$$\frac{541 \cdot 6,5}{100} = 35,16 \text{ л (палива на поїздку)}.$$

Тобто, можемо зробити висновок, що собівартість прямого маршруту з Кременчука до Львова складає 1122 грн, а непрямого Кременчук – Київ – Львів складає:

$$416,13 + 773,63 = 1189,76 \text{ грн.}$$

Що є дорожчим на 67 грн, аніж прямого, тому доцільніше було б використовувати маршрут Кременчук – Львів, який беззаперечно користувався б популярністю серед туристів.

Щодо забезпеченості України автотранспортними мережами, то загальна довжина автодоріг в Україні становить близько 170 тис. км, у тому числі, з твердим покриттям - понад 97 %. Найбільшу довжину автодоріг мають Харківська, Вінницька, Дніпропетровська, Полтавська та Житомирська області. Найменшу - Чернівецька, Закарпатська та Івано-Франківська. Найвищою щільністю автодоріг вирізняються Донецька, Луганська, Дніпропетровська, Львівська, Івано-Франківська, Київська області. Помітно меншими є ці показники на півночі України.

Із загальної довжини автодоріг загального користування 5% припадає на міжнародні дороги, що входять до Європейської мережі, 3% - на національні (обслуговують зв'язок столиці та адміністративних центрів областей, великих промислових і культурних центрів з міжнародними автодорогами та входять до складу національних транспортних коридорів), 4% - на регіональні (з'єднують столицю з обласними центрами, а також з'єднують основні міжнародні прикордонні пункти пропуску автомобільного транспорту, морські та авіаційні порти міжнародного значення, найважливіші об'єкти національного культурного надбання, курортні зони та великі промислові і культурні центри країни з магістральними дорогами). Разом довжина доріг державного значення становить 20,2 тис. км. Саме вони відіграють важливу роль у розвитку в'їзного туризму. Територію України перетинають такі міжнародні автомагістралі як Київ - Москва, Одеса - Київ - Санкт-Петербург, Москва - Харків - Сімферополь, Київ - Донецьк - Ростов, Київ - Львів - Польща, Київ - Одеса - Кишинів. Головними внутрішньодержавними магістралями є Київ - Одеса, Київ - Львів, Київ - Дніпропетровськ - Сімферополь, Київ - Харків, Київ - Донецьк [6].

Проте, ці дороги не відповідають європейським стандартам по багатьом критеріям: можливою швидкістю пересування, необхідною кількістю пунктів технічної та медичної допомоги, харчування та відпочинку, заправки паливом, телефонного зв'язку, туалетів. Лише 2,5 тис. км доріг державного значення побудовані за параметрами 1 категорії [3], яка передбачає наявність 4 і більше смуг руху та пересування на високій швидкості. Найбільше доріг 1 категорії в Київській області - 404 км, значно поступаються їй Дніпропетровська - 277 км, Донецька - 246 км, Житомирська - 232 км області. А деякі регіони практично не мають доріг такої якості: в Кіровоградській області їх довжина становить 1 км, в Сумській - 4 км, Чернівецькій - 16 км і Закарпатській - 17 км.

Для розвитку в'їзного туризму значення мають

також територіальні та районні дороги. Вони з'єднують між собою обласні та районні центри, а також основні аеропорти, морські та річкові порти, залізничні вузли, курорти, об'єкти національного культурного надбання та природно-заповідного фонду, прикордонні автомобільні пункти пропуску міжнародного та міждержавного значення. Їх довжина становить, відповідно, 30,6 тис. км (18% довжини усіх автодоріг України) та 86 тис. км (50,6% українських автодоріг). Їх стан теж залишає бажати кращого.

Наявність на території України міжнародних транспортних коридорів накладає свій відбиток на функціонуванні всієї мережі транспорту держави. Необхідно зазначити, що реалізація проектів, пов'язаних із транспортними коридорами, вимагає серйозних інвестицій. Тільки в межах України дані проекти потребують уже на початковому етапі понад 2 млрд. доларів. Про масштабність цих завдань свідчить і той факт, що лише на труби зазначеного з'єднувального нафтопроводу необхідно більше 0,4 млн. тонн металу (Рис 2).



Рис. 2. Автомобільні транспортні коридори, що проходять територією України

Це мають бути швидкісні магістралі міжнародного класу. Їх створення повинно суттєво поліпшити транспортне обслуговування, сприяти соціально-економічному розвитку прилеглих територій і, разом з тим, відіграти значну роль у подальшому розвитку туризму. Планується вздовж транспортних коридорів, а особливо в місцях перетинання магістралей та поблизу великих населених пунктів, створити обслуговуючі комплекси, які б забезпечували ночівлю, відпочинок, технічне обслуговування подорожуючих. За даними уряду, безпосередньому впливу транспортних коридорів підлягають смуги територій завширшки 150 - 200 кілометрів. А це, за умови будівництва намічених магістралей, практично вся територія України. Отже, реалізація цієї програми дозволила б прив'язати до транспортних магістралей до 90% туристичних об'єктів.

Сучасний же стан транспортної інфраструктури в Україні рядом експертів визнається незадовільним. Щоб не бути голослівними, порівняймо основні показники транспортної забезпеченості декількох європейських держав з українськими (табл. 1).

Таблиця 1
Порівняння транспортної забезпеченості деяких
країн Європи

Країна	Площа, тис. км	Дов- жина автош- ляхів, тис. км	Щіль- ність автош- ляхів, км/тис. км ²	Дов- жина заліз- ниць, тис. км	Щіль- ність заліз- ниць, км/тис. км ²
Україна	603,7	169,4	280,6	21,7	35,9
Польща	312,6	424,0	1355,9	22,3	71,4
Франція	551,6	951,5	1749,1	29,2	53,7
Німеч- чина	357,0	644,5	1805,3	41,9	117,4
Іспанія	307,6	681,2	1349,5	15,3	30,3
Італія	301,2	487,7	1618,7	19,7	65,5

Отже, на основі отриманих даних, побудуємо графік (Рис. 3)

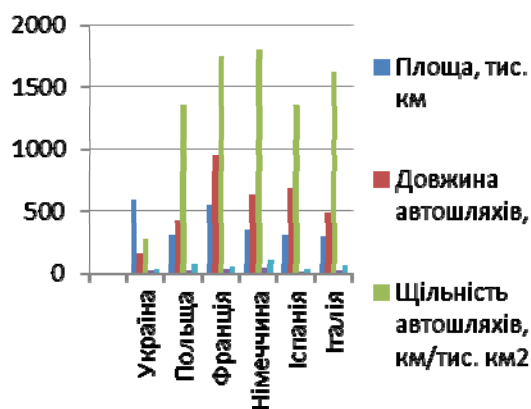


Рис. 3. Графік порівняння транспортної забезпеченості деяких країн Європи.

Комплексно поставити проблеми, пов'язані з розвитком транспортної системи, визначити завдання і шляхи їх розв'язання, дати їм належне забезпечення (фінансове, матеріально-технічне, ресурсне, організаційне, правове тощо), організувати і здійснити процес виконання завдань і заходів можна лише за умови розробки та реалізації Державної програми розвитку транспортної системи України.

Таким чином, для забезпечення зовнішньоторговельних зв'язків України, збереження та зміцнення позицій вітчизняних транспортних підприємств і підприємств на міжнародних транспортних ринках, поетапної інтеграції транспортно-дорожнього комплексу України в Європейську та світову транспортні системи необхідно виконати ряд вище поставлених завдань.

Проте, незважаючи на ряд несприятливих чинників, Туристична галузь динамічно розвивається. Аналіз туристичних потоків в Україні показує динамічний розвиток в'їзного туризму на протязі останніх 10 років (середньорічний приріст становив 12,6 %), відносно стабільний розвиток виїзного туризму (середньорічний приріст – 3,8 %), та стабільну динаміку внутрішніх потоків (2,7 %), що може свідчити про підвищення рівня конкурентоздатності України на міжнародній арені.

За даними Державної служби статистики України кількість туристів-громадян України, які виїжджа-

ли за кордон у 2012 році, збільшилася на 98% - до 2,76 млн осіб з 1,39 млн осіб у 2011 році. Згідно з повідомленням, кількість іноземних туристів, що відвідали Україну в 2012 році, скоротилася на 21,4% - до 269 тис. осіб з 343 тис. осіб у 2011 році, а кількість внутрішніх туристів України збільшилася у 2012 році порівняно з 2011 роком на 33,5% - до 807 тис. осіб з 604 тис. осіб. У 2013 році нашу країну відвідали понад 26 млн. туристів, що на 1,5 млн. більше, ніж у 2012.

На державному рівні проводиться адаптація вітчизняного туристичного законодавства до міжнародних норм, реструктуризується договірна база. На сьогодні укладено близько 40 міжнародних угод про співробітництво в галузі культури та туризму. Розвиваються міжнародні туристичні відносини через укладання двосторонніх договорів та співпрацю з провідними міжнародними інституціональними установами. За ініціативи низки міжнародних організацій на території України реалізуються спільні міжнародні проекти з метою збереження довкілля, поглиблення співробітництва, покращення економіко-соціального розвитку потенційно привабливих у туристичному плані регіонів.

В цілому формування і розвиток національної транспортної системи України потребує ефективного державного регулювання, діяльності транспортних підприємств за такими напрямками: створення ринку транспортних послуг; забезпечення технологічної та екологічної безпеки транспорту; активізація міжнародної діяльності транспортних підприємств. Проте, специфічні особливості організації та використання таких інструментів для реалізації туристичних послуг в умовах глобалізації є актуальними [7]. Процес реформування транспортного комплексу України передбачає посилення з боку держави за використанням вантажної бази вітчизняного морського флоту країни як галузі транспортного комплексу з певним валютним ресурсом. Надзвичайно важливим для активізації діяльності транспортних підприємств України є створення власної інформаційної бази щодо кон'юнктури світового ринку [8].

Не дивлячись на велику кількість глобальних, здавалося б неосяжних проблем, в Україні є дуже великі перспективи і переваги. За оцінками експертів коефіцієнт транзитності України є одним з найвищих в світі. Геостратегічне положення між країнами Європи, Азії та Близького Сходу дозволяє їй бути вигідним транзитним мостом для перевезень товарів та пасажирів. Прикладом того, яку вагу можуть мати доходи від транзиту є той факт, що біля ¼ ВВП Латвії становлять саме доходи від транзиту.

У перспективі планується здійснити поступовий перехід на нові принципи організації та управління транспортним процесом на основі новітніх інформаційних технологій та сучасного маркетингу, запровадження автоматизованих центрів управління доставкою вантажів.

В цілому формування і розвиток національної транспортної системи України потребує ефективного державного регулювання діяльності транспортних підприємств за такими напрямками:

- створення ринку транспортних послуг;
- забезпечення технологічної та екологічної безпеки транспорту;
- активізація міжнародної діяльності транспортних підприємств.

Процес реформування транспортного комплексу України передбачає посилення контролю з боку держави за використанням вантажної бази вітчизняного морського флоту країни як галузі транспортного комплексу з певним валютним ресурсом. Надзвичайно важливим для активізації діяльності транспортних підприємств України є створення власної інформаційної бази щодо кон'юнктури світового фрахтового ринку.

Висновок. Отже, однією з визначальних систем, що забезпечують пасажирські перевезення на території України, є транспортна система, до якої в ринкових умовах пред'являються високі вимоги у відношенні якості, регулярності і надійності транспортних зв'язків, схоронності вантажів і безпеки перевезення пасажирів, термінів і вартості доставки. Відповідно до цього стан транспортних комунікацій України повинний відповідати вимогам європейської інтеграції.

Таким чином, подальший розвиток туризму в Україні потребує застосування нетрадиційних інноваційних підходів до організації управління галуззю як на державному рівні, так і на рівні підприємства. Для забезпечення сталого розвитку туристичної галузі України в умовах посилення конкуренції, збільшення попиту як на міжнародні, так й на внутрішні туристичні продукти, зростання вимог споживачів до наповнення, різноманітності та якості туристично-рекреаційних послуг дедалі більшого значення для суб'єктів туристичної діяльності набуває необхідність розробки науково-обґрунтованої маркетингової стратегії.

Л і т е р а т у р а

1. Биржаков М.Б., Никифоров В.И. Индустрия туризма: ПЕРЕВОЗКИ. Издание третье, переработанное и дополненное. — СПб.: Издательский дом Герда, 2007. — 528 с.
2. Кравченко В.С. Економічні проблеми розвитку транспорту України К.: 2010. — 67 с.
3. Транспортна інфраструктура України: стан і проблеми посткризового розвитку / Д. Прейгер // Економіка України — 2011. — №6. — С.50-58.
4. Соціально-економічна географія України: Навчальний посібник / за ред. Шаблія О. І. — Львів: "Світ", 2009. — 608 с. 3.
5. Пашенко Ю. Є., Давиденко А. М./ Розвиток міжнародного транспортного сполучення України // Економіка України. — 1999. — № 5. — С. 47—55.
6. Пашенко Ю. Є., Давиденко А. М., Чернюк Л. Г. Перспективи розвитку транспортного комплексу. — К.: Либідь, 1998. — 40 с.
7. Ринок туристичних послуг в умовах глобалізаційних процесів: стаття / Труніна І. М., Ліхоносова Г. С. — Вісник КрНУ.
8. Економічні проблеми розвитку транспорту / А. А. Митаишвили. — М.: Транспорт, 1982. — 231 с.

References

1. Birzhakov MB, Nikiforov V.I. Tourism industry: TRANSPORTATION. The third edition, revised and supplemented. - St. Petersburg .: Gerda Publishing House, 2007. - 528 p.
2. Kravchenko V.S. Ekonomichni problemi rozvitku transportu UkraYini K.: 2010. — 67 s.
3. Transportna Infrastruktura UkraYini: stan i problemi postkriзового rozvitku / D. Preyger // Ekonomika UkraYini — 2011. — #6. — S.50-58.
4. Sotsialno-ekonomichna geografiya UkraYini: Navchalniy posibnik / za red. Shabllya O. I. — Lviv: "Svit", 2009. — 608 s. 3.
5. Paschenko Yu. E., Davidenko A. M./ Rozvitok mlzhnarodnogo transportnogo spoluchennya UkraYini // Ekonomika UkraYini. — 1999. — # 5. — S. 47—55.
6. Paschenko Yu. E., Davidenko A. M., Chernyuk L. G. Perspektivi rozvitku transportnogo kompleksu. — K.: LibId, 1998. — 40 s.
7. Rinok turistichnih poslug v umovah globalizatsiyinih protsesiv: statiya / Trunina I. M., Lihonosova G.S. — Visnik KrNU.
8. Ekonomichni problemi rozvitku transportu / A.A. Mitaishvili. — M.: Transport, 1982. — 231 s.

Труніна І.М., Молоштан Д.В., Черниш Р.О.
Анализ транспортного обеспечения туристической инфраструктуры Украины.

В статье исследованы элементы туристической инфраструктуры, входящих в основной комплекс услуг и проведен анализ транспортного обеспечения туристической отрасли. Также проведен анализ показателей эффективности транспортных услуг в туризме, предложена разработка оптимизированной схемы транспортных услуг определенного региона Украины.

Ключевые слова: железнодорожные перевозки, транспортные услуги, транспортная система, пассажирские перевозки, экономическое развитие, туризм.

Trunina I., Moloshtan D., Chernysh R. Analysis of transport supply of the tourist infrastructure of Ukraine.

The article explores the elements of the tourist infrastructure, which are part of the main complex of services, and analyzes the transport sector of the tourism industry. Also the analysis of indicators of efficiency of transport services in tourism is presented, the development of an optimized scheme of transport services in a certain region of Ukraine is proposed.

Keywords: railway transportation, transport services, transport system, passenger transportation, economic development, tourism.

Труніна І.М. — д.е.н., професор, зав. кафедри «Туризм» КрНУ ім. М. Остроградського, м. Кременчук.

Молоштан Д.В. — ст. вик. кафедри транспортних технологій КрНУ ім. М. Остроградського, м. Кременчук.

Черниш Р.О. — магістрант кафедри «Туризм» КрНУ ім.

М. Остроградського, м. Кременчук,
e-mail: ruslana.chernysh21@gmail.com

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

Стаття подана 23.03.2018

УДК 656.13.02

РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ЕМПІРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУХУ ТРАНСПОРТУ

Трушевський В. Е., Турпак С. М., Грицай С. В.

CALCULATION OF TRAFFIC LIGHT SIGNALIZATION REGIMES CONSIDERING TRAFFIC EMPIRICAL CHARACTERISTICS

Trushevsky V., Turpak S., Gritcay S.

Досліджено процес руху транспорту на під'їздах до регульованих перехресть. Встановлено фактичні параметри гальмування транспортних засобів під час зміни світлофорного сигналу із дозволяючого на заборонний. Уточнено розрахункові формули основного та додаткового тактів світлофорного регулювання. Відповідно до проведених розрахунків, час початку гальмування після появи зеленого миготливого сигналу 3,5 с, величина сповільнення 85 % забезпечення становить $3,43 \text{ м/с}^2$, що не перевищує максимально припустимого значення 4 м/с^2 . Результати можуть бути використані для визначення оптимальних режимів регулювання на перехрестях.

Ключові слова: світлофорне регулювання, мінімальний часовий проміжок, основний такт фази регулювання, безпека дорожнього руху.

Постановка проблеми. Перехрестя є одним із найбільш складних об'єктів транспортної інфраструктури в системі дорожнього руху. Організація безпечного для водіїв та пішоходів світлофорного регулювання на них є важливою науковою задачею. Теоретичні методи розрахунку елементів світлофорного циклу були створені за часів порівняно невисокої інтенсивності руху транспорту, тому потребують постійного удосконалення з огляду на існуючі фактичні зміни параметрів транспортного потоку.

Актуальним є дослідження фактичних параметрів руху транспортних засобів при гальмуванні для зупинки перед заборонним сигналом світлофора на перехрестях. Це дозволить удосконалити метод визначення елементів світлофорного циклу в залежності від встановлених параметрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначення оптимальних з точки зору мінімізації затримок учасників дорожнього руху структур і параметрів циклів світлофорного регулювання за умови забезпечення необхідного рівня безпеки дорожнього руху є складною задачею [1]. Для розв'язання слід врахувати як характеристики руху транспортних за-

собів, так і специфічну поведінку водіїв у певних дорожніх умовах.

Оптимізація параметрів світлофорного регулювання не лише збільшує пропускну здатність перехресть та зменшує транспортні затримки, а й зменшує рівні конфліктності потоків [2]. За результатами досліджень [3] встановлено, що на поведінку водія при зміні світлофорного сигналу впливає тривалість циклу регулювання. Заміри, проведені у різних областях, у містах та у сільській місцевості, дали суттєво різні результати. Так, у сільській місцевості водії довше реагують на появу заборонного сигналу. Зміна часу реакції водія впливає на пропускну здатність ділянки вулично-дорожньої мережі при світлофорному регулюванні [4]. Для точного визначення параметрів світлофорного регулювання необхідно оцінити реакцію водіїв на зміну світлофорних сигналів у конкретних умовах. Дослідження [5] підтверджує, що врахування моделі поведінки водія при появі жовтого світлофорного сигналу можуть зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Для наближення моделі до реальної обстановки слід враховувати тип транспортного засобу та стан дорожнього покриття.

За інформацією Управління безпеки дорожнього руху МВС України [6], протягом 2016-го року на вулично-дорожній мережі сталося 25547 ДТП, у яких завдано шкоди життю і здоров'ю людей. У цих пригодах загинули 3187 та поранено 32079 осіб. Показовим є те, що серед причин ДТП з постраждалими частка порушень правил проїзду перехресть складає 6 %, а порушень світлофорних сигналів – 0,6 %. В той-же час, перевищення безпечної швидкості стало причиною 18 % ДТП. Зважаючи на [4, 5], можна припустити, що воно також було першопричиною частини ДТП на регульованих перехрестях.

Для імітації поведінки водіїв в момент появи жовтого сигналу розроблено сучасну багатокомпо-

нентну математичну модель [7]. Функціонування моделі базується на статистичних даних, зібраних у ході експериментів. Однак, слід зауважити, що структура режиму світлофорного регулювання у США не передбачає зеленого миготливого сигналу, тому результати потребують адаптації для умов України.

Вплив початкової швидкості та відстані до стоп-лінії як вирішальних факторів для вибору між зупинкою та продовженням руху проаналізовано у статті [8]. Врахування реального часу реакції водіїв на появу заборонного сигналу, а також параметрів руху транспортних засобів, що наближаються до стоп-лінії регульованого перехрестя під час появи заборонного сигналу, дозволить зменшити аварійність на цих перехрестях. Результати подібних експериментів, проведених у США, призвели до позитивного ефекту. В зоні контрольних перехрестів аварійність зменшено на 8 %, травматизм – на 12 %, а кількість ДТП за участю пішоходів та велосипедистів – на 37 % [9].

На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що поведінка водіїв, які наближаються до стоп-лінії регульованого перехрестя в момент появи заборонного сигналу визначається не лише Правилами дорожнього руху [10], але й суб'єктивною оцінкою водіями дорожніх умов, адекватність якої залежить від фізичного та емоційного стану водія. Рішення про зупинку чи проїзд стоп-лінії ухвалюється на основі багатьох факторів, оцінка яких водіями має суб'єктивний характер. Під час визначення параметрів світлофорної сигналізації слід врахувати фактичну реакцію водіїв на зміну сигналу, аби керуючий вплив світлофорної сигналізації відповідав реальним характеристикам дорожнього руху.

Мета статті. Метою досліджень є експериментальна перевірка відповідності існуючих теоретичних методів розрахунку параметрів світлофорного регулювання вимогам безпеки дорожнього руху на перехрестях та удосконалення в частині розрахунку мінімального часового проміжку та тривалості основного такту фази регулювання.

Основний зміст. Дослідження проводились на 15 світлофорних об'єктах міста Запоріжжя, що характеризуються високою аварійністю. До основних причин ДТП на цих перехрестях належить порушення водіями сигналів регулювання. В якості прикладу розглянуто 3 об'єкти: вул. Набережна – вул. Фортенна, вул. Набережна – вул. Немировича-Данченка, вул. Космічна – вул. Столярна, міста Запоріжжя. Вони є типовими представниками усієї дослідженої групи. Перший об'єкт є регульованим пішохідним переходом. Інші – перехрестями з відповідно високою та низькою інтенсивністю руху з поперечних напрямів.

На цих перехрестях, починаючи від стоп-лінії були встановлені маячки з інтервалом 5 метрів один від одного. Ці маячки використовувались в якості орієнтирів при визначенні місцезнаходження автомобілів на початку гальмування. Момент початку гальмування фіксувався візуально по ввімкненню задніх стоп-сигналів автомобілів при перегляді відеозапису.

Миттєва швидкість транспортних засобів в момент початку гальмування фіксувалася радарним вимірювачем «Іскра-1» (Україна).

Час початку вимоги на гальмування транспортних засобів фіксувався по сигналам світлофора [11], при цьому за першу секунду була прийнята перша секунда зеленого миготливого сигналу. У якості вихідних даних для подальшого аналізу прийнято результати 48 вимірювань. Визначали момент початку гальмування, фактичну миттєву швидкість автомобіля в цей момент, відстань від точки початку гальмування до стоп-лінії. В якості об'єктів спостереження обиралися лише ті автомобілі, які не проїхали перехрестя без зупинки.

Типова схема розміщення технічних засобів організації дорожнього руху на перехресті, приладів та обладнання при проведенні експериментальних досліджень зображена на рис. 1.

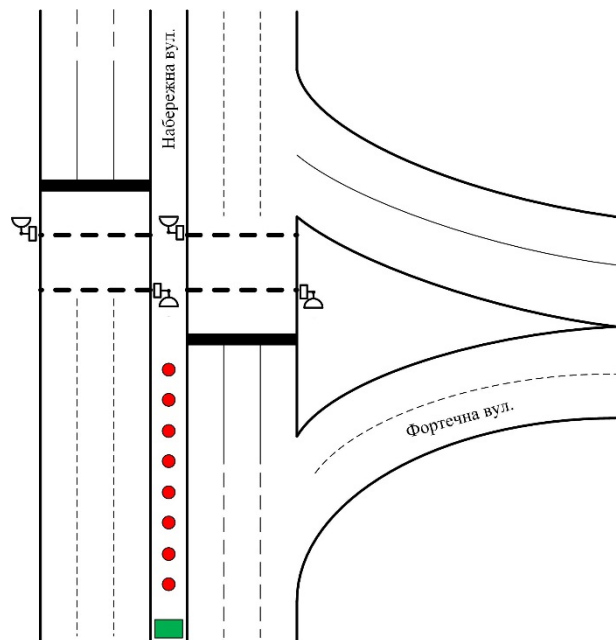


Рис. 1. Схема проведення експериментальних досліджень на перехресті вул. Набережна – вул. Фортенна:

- маячки, що знаходяться на відстані 5 м один від одного;
- місце розташування приладів (радар та відеокамера)

Знаючи швидкість автомобіля в момент початку гальмування і відстань від місця початку гальмування до стоп-лінії світлофора, можна вирахувати, чи встигне автомобіль з комфортним сповільненням зупинитися перед стоп-лінією. Значення сповільнення приймається $2,75 \text{ м/с}^2$ (середнє з діапазону $2,5 \dots 3,0 \text{ м/с}^2$), що рекомендується для розрахунку тривалості проміжних тактів при введенні світлофорного регулювання [12].

По результатам досліджень були побудовані графіки теоретичної залежності відстаней від стоп-лінії (рис. 2, а, рис. 4, а) та швидкостей руху автомобілів (рис. 2, б, рис. 4, б) від часу. На них по осі абсцис показується час та паралельно їй на координатній області кольором – відповідні світлофорні сигнали.

По графікам на рис. 2, а – рис. 4, а можна спостерігати зміну положення автомобіля відносно стоп-лінії від початку гальмування до його зупинки та відповідний цьому положенню світлофорний сигнал. На цих графіках вісь абсцис відповідає стоп-лінії на шляху прямування автомобілів. По графікам на рис. 2, б – 4, б можна аналізувати зміну швидкості тих самих автомобілів та визначити початкову швидкість, час від моменту початку гальмування до зупинки.

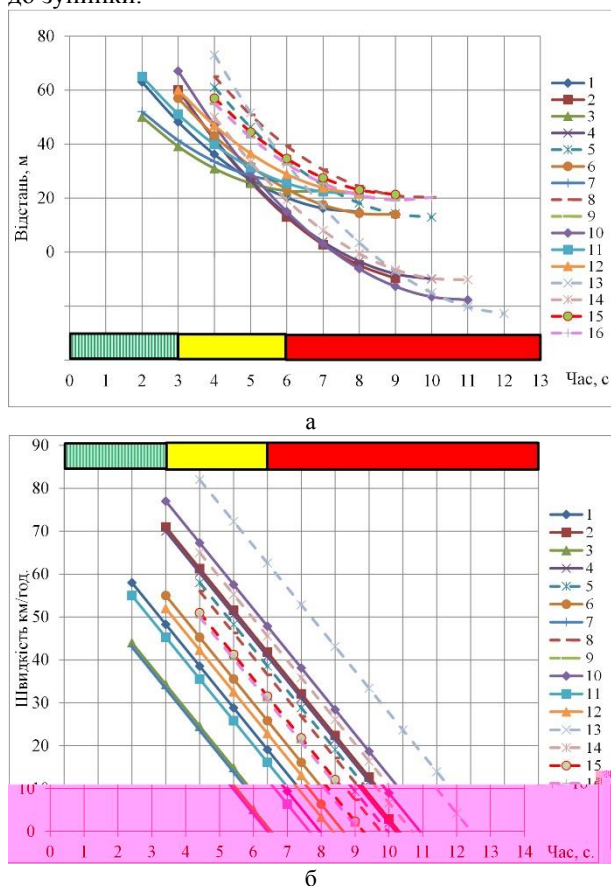


Рис. 2. Результати дослідження вул. Космічна – вул. Столярна: а – графік залежності відстані від часу; б – графік залежності швидкості від часу

Проаналізувавши отримані графіки (рис. 2–4), можна стверджувати, що більшість водіїв починає гальмування на такій відстані від світлофора, яка дає їм можливість загальмувати із комфортним сповільненням, не проїхавши стоп-лінію. Однак, в потоках, що досліджувалися, наявні водії, які мають більш небезпечну манеру керування. Так, наприклад, на рис. 2, а, автомобілі 5, 7, 10 розпочали гальмування на відстанях, які виключають зупинку перед стоп-лінією за умови гальмування із комфортним сповільненням. Транспортні засоби, графіки руху яких на рис. 2, а, рис. 3, а перетнули вісь абсцис, зупинилися із більшим сповільненням та (або) за стоп-лінією. Якщо крива руху певного автомобіля на рис. 2, а – рис. 4, а, а не перетинається з віссю абсцис, значить він зупинився перед стоп-лінією або гальмував із меншим сповільненням чи проїхав частину шляху накатом.

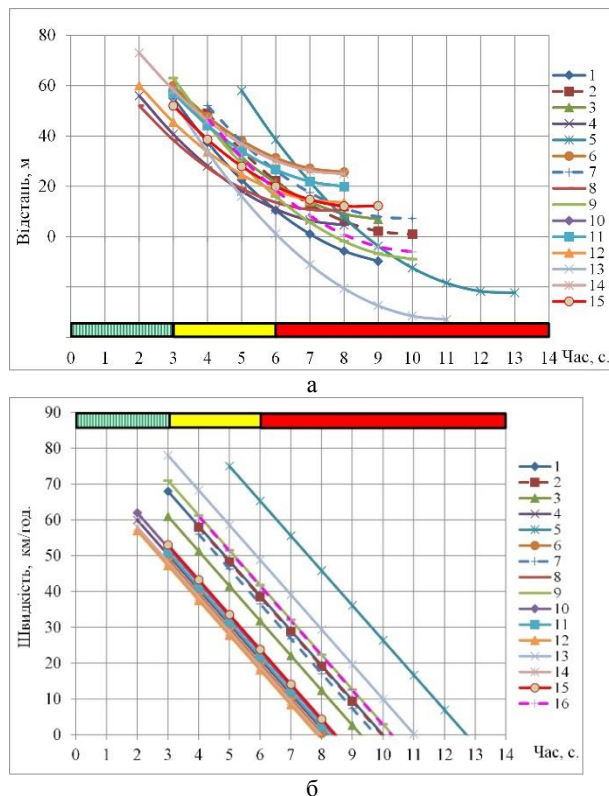


Рис. 3. Результати досліджень вул. Набережна – вул. Немировича-Данченка: а – графік залежності відстані від часу; б – графік залежності швидкості від часу

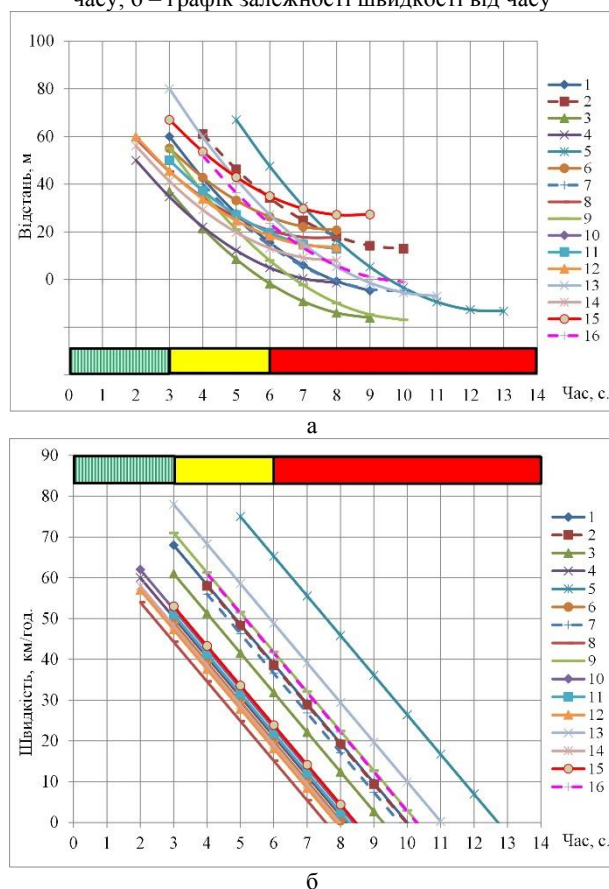


Рис. 4. Результати досліджень вул. Набережна – вул. Фортечна: а – графік залежності відстані від часу; б – графік залежності швидкості від часу

З огляду на доволі поширене перевищення дозволеної швидкості руху (рис. 2, б – рис. 4, б), гальмування із більшим сповільненням негативно впливає на ризик попутного зіткнення: водій, що рухається позаду, не встигає зреагувати на початок гальмування.

Також можна встановити, що більше 30 % водіїв починають гальмувати на четвертій секунді (тобто на першій секунді жовтого сигналу), і менше 5 % водіїв починають гальмування на п'ятій секунді. Водіїв, які починали б гальмування на останній секунді жовтого сигналу, не виявлено.

Проміжок часу від початку зеленого миготливого сигналу, за який 85 % водіїв розпочали гальмування склав 3,5 с (рис. 5).

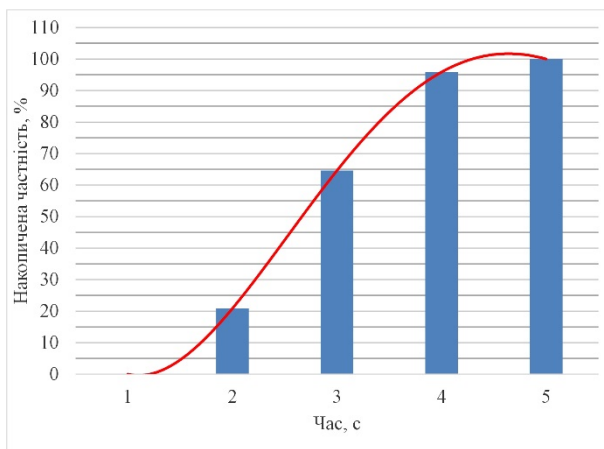


Рис. 5. Час початку гальмування 85 % забезпечення

Для того, аби з'ясувати, якому закону розподілу відповідає сповільнення транспортних засобів та визначити сповільнення 85 % забезпечення користується програмою Statistica. За допомогою програми проводимо перевірку гіпотез про закони розподілу, що виконується з використанням критерію згоди Пірсона чи критерію згоди Колмогорова-Смирнова.

Висновок про відповідність емпіричного розподілу обраному теоретичному задаються рівнем значущості, який зазвичай дорівнює 0,05 чи 0,1. Гіпотезу про те, що даний емпіричний розподіл відповідає обраному теоретичному закону розподілу можна прийняти:

- за критерієм Колмогорова-Смирнова – у випадку, коли гранична імовірність прийняття гіпотези перевищує заданий рівень значущості, або є несуттєвою (n.s.);
- за критерієм Пірсона – у випадку, коли гранична імовірність прийняття гіпотези перевищує заданий рівень значущості.

Отримані результати вказують на те, що сповільнення транспортних засобів відповідає гамма-розподілу (табл. 1).

По отриманих в програмі Statistica результатам, за допомогою цієї ж програми будуємо гістограму (рис. 6) та кумуляту накопичених частот (рис. 7) на якій визначаємо величину сповільнення 85 % забезпечення.

Таблиця 1

Результати тесту відповідності законів розподілу

Діапазон	Кількість спостережень	Кумулята	Очікувана кількість	Відсоток
<= 1,98286	14	14	13,59891	19,70856
2,65571	21	35	22,42782	32,50409
3,32857	23	58	18,74578	27,16779
4,00143	8	66	9,51144	13,7847
4,67429	0	66	3,44511	4,99291
5,34714	2	68	0,97994	1,4202
< безкін.	1	69	0,29101	0,42175

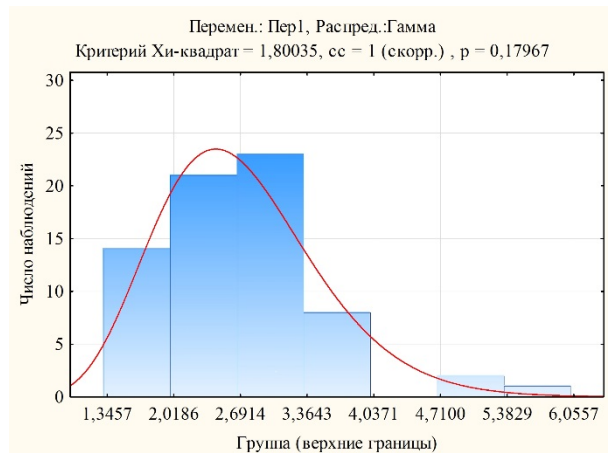


Рис. 6. Вікно з гістограмою розподілу

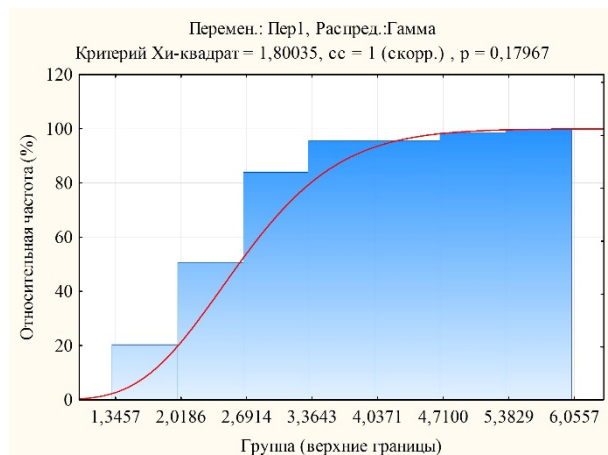


Рис. 7. Сповільнення 85 % забезпечення

Величина сповільнення 85 % забезпечення дорівнює 3,43 м/с², що, однак, не перевищує максимального значення прискорення, рекомендованого для практичних розрахунків (4 м/с² [13]). У зв'язку з цим пропонується внести деякі уточнення до формул, по яким розраховується тривалість додаткового такту.

Формула для розрахунку мінімальної тривалості додаткового такту має вигляд [12]:

$$t_n = \delta_1 + \frac{V}{2a} + \frac{B + l_a}{V}, \quad (1)$$

де δ_1 – час реакції водія, с;

V – швидкість руху 85 % забезпечення, м/с;
 a – сповільнення автомобіля, м/с²;
 B – ширина перехрестя, м;
 l_a – довжина автомобіля, м.

Замість величини δ_1 запропоновано підставити величину t_2 – час 85 % забезпечення початку гальмування, яка за результатами розрахунків становить 3,5 с. Величину a пропонується прийняти 3,43 м/с².

Якщо використовувати таку формулу, то величина додаткового такту значно збільшиться, просте частка ефективного часу (до початку гальмування) перейде з основного такту в додатковий. Аби компенсувати цю різницю, слід змінити формулу для розрахунку тривалості основного такту [12], виклавши її таким чином:

$$t_{oi} = \frac{y_i}{Y} (T_o - L) - t_e, \quad (2)$$

де y_i – фазовий коефіцієнт i -ої фази регулювання;

Y – сумарний фазовий коефіцієнт перехрестя;

T_o – тривалість циклу регулювання, с;

L – втрачений в циклі час, с.

Таким чином, в результаті проведеного дослідження визначені залежності елементів світлофорного циклу від фактичних параметрів руху транспортних засобів при гальмуванні для зупинки перед заборонним сигналом. На їх основі уточнено формули для розрахунку основних і додаткових тактів.

У відомій формулі для розрахунку тривалості додаткового такту не враховувалася наявність у режимі роботи світлофора зеленого миготливого сигналу. З його введенням відповідно до [11], поява жовтого сигналу не є несподіваною для водіїв, отже момент, коли вони розпочинають гальмування, змінюється. Тому можна перерозподілити ефективний та втрачений час світлофорного циклу між основним та додатковим тактами, зважаючи на фактичну поведінку водіїв.

Висновок. Встановлено, що фактичні значення уповільнення транспортних засобів при гальмуванні перед заборонним сигналом відрізняються від розрахункових. За допомогою програми Statistica визначено сповільнення 85 % забезпечення, яке склало 3,43 м/с². Запропоновано уточнений вид формул основного та додаткового тактів регулювання з урахуванням моменту початку гальмування 3,5 с.

Література

1. Трушевський В.Е. Особливості розрахунку режимів світлофорного регулювання при здійсненні управління за сигнальними групами / В.І. Єресов, В.Е. Трушевський // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – №4/3. – С. 9–13.
2. Wong S. C., Sze N. N., Li Y. C. Contributory factors to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong // Accident Analysis & Prevention. – 2007. – Т. 39. – №. 6. – С. 1107-1113.

References

3. Empirical analysis and modeling of stop-line crossing time and speed at signalized intersections / K. Tang, F. Wang, J. Yao, J. Sun // International journal of environmental research and public health. – 2016. – Т. 14. – №. 1. – С. 9.
4. Боровской А.Е. Влияние времени реакции водителя на пропускную способность автомобильной дороги / А.Е. Боровской, А.Г. Шевцова // Вестник развития науки и образования. – 2014. – №. 2. – С. 24-30.
5. Elhenawy M. Classification of driver stop/run behavior at the onset of a yellow indication for different vehicles and roadway surface conditions using historical behavior / M. Elhenawy, A. Jahangiri, H. A. Rakha, I. El-Shawarby // Procedia Manufacturing. – 2015. – Т. 3. – С. 858-865.
6. Сайт Управління безпеки дорожнього руху МВС України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua>.
7. Amer A. M. M. A behavioral modeling framework of driver behavior at onset of yellow a indication at signalized intersections / A. M. M. Amer, H.A. Rakha, I. El-Shawarby // Transportation Research Board 89th Annual Meeting. – 2010. – №. 10-3794
8. Liu C. A review of the yellow interval dilemma / C. Liu, R. Herman, D.C. Gazis // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 1996. – Т. 30. – №. 5. – С. 333-348.
9. Retting R.A. Changes in crash risk following re-timing of traffic signal change intervals / R.A. Retting, J.F. Chapline, A.F. Williams // Accident Analysis & Prevention. – 2002. – Т. 34. – №. 2. – С. 215-220.
10. Правила дорожнього руху України: офіц. текст. – Введ. 2001–10–10. – К.: Моноліт, 2017. – 57 с.
11. Державний стандарт України ДСТУ 4092–2002 "Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосовування та вимоги безпеки". – Введ. 2002–06–03. – К.: Держстандарт України, 2002. – 27 с.
12. Кременец Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения: Учебник для автомобильно-дорожных вузов и факультетов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский. – М.: Транспорт, 1981. – 252 с.
13. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. Учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с. Сервис на транспорте : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / [В.М.Николашин, Н.А.Зудилин, А.С.Синицына и др.] ; под ред. В.М. Николашина. — 4-е изд., перераб. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 304 с.
1. Yeresov, V. I., & Trushevskiy, V. E. (2014). Osoblyvosti rozrakhunku rezhymiv svitlofornoho rehuliuвання pry zdiisnenni upravlinnia za syhnalnymy hrupamy. Vostochno-Evropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohiy, 4(3 (70)).
2. Wong, S. C., Sze, N. N., & Li, Y. C. (2007). Contributory factors to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong. Accident Analysis & Prevention, 39(6), 1107-1113.
3. Tang, K., Wang, F., Yao, J., & Sun, J. (2016). Empirical analysis and modeling of stop-line crossing time and speed

- at signalized intersections. International journal of environmental research and public health, 14(1), 9.
4. Borovskoi, A. E., & Shevtsova, A. H. (2014). Vliyanye vremeny reaktsyy vodyтеля na propusknuyu sposobnost avtomobylnoi dorozh. Vestnyk razvytiya nauky y obrazovaniya, (2), 24-30.
 5. Elhenawy, M., Jahangiri, A., Rakha, H. A., & El-Shawarby, I. (2015). Classification of driver stop/run behavior at the onset of a yellow indication for different vehicles and roadway surface conditions using historical behavior. Procedia Manufacturing, 3, 858-865.
 6. Road safety department of the Ministry of Police [Virtual Resource]. – Available at: <http://www.sai.gov.ua>.
 7. Amer, A. M. M., Rakha, H. A., & El-Shawarby, I. (2010). A behavioral modeling framework of driver behavior at onset of yellow a indication at signalized intersections. In Transportation Research Board 89th Annual Meeting (No. 10-3794).
 8. Liu, C., Herman, R., & Gazis, D. C. (1996). A review of the yellow interval dilemma. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 30(5), 333-348.
 9. Retting, R. A., Chapline, J. F., & Williams, A. F. (2002). Changes in crash risk following re-timing of traffic signal change intervals. Accident Analysis & Prevention, 34(2), 215-220.
 10. Pravyla dorozhnoho rukhu Ukrainy. (2017). Monolit.
 11. Derzhavnyi standart Ukrainy DSTU 4092–2002 "Svitlofory dorozhni. Zahalni tekhnichni vymohy, pravyla zasto-suvannia ta vymohy bezpeky". (2002). Derzhstandart Ukrayiny.
 12. Kremenets Yu. A. (1981) Tekhnicheskyye sredstva re-hulyrovaniya dorozhnoho dyvzheniya. Transport.
 13. Kremenets, Yu. A., Pecherskyi, M. P., & Afanasev, M. B. (2005). Tekhnicheskyye sredstva orhanyzatsyy dorozhnoho dyvzheniya. Akademknya.

Трушевский В. Э., Турпак С. Н., Грицай С. В. Расчет режимов светофорного регулирования с учетом эмпирических характеристик движения транспорта.

Исследован процесс движения транспорта на подъездах к регулируемым перекресткам. Определены фактические параметры торможения транспортных средств при смене светофорного сигнала с разрешающего на запрещающий. Уточнены расчетные формулы основного и дополнительного тактов светофорного регулирования. Согласно проведенным расчетам, время начала торможения после появления зеленого мигающего сигнала 3,5 с, величина замедления 85 % обеспечения составляет 3,43 м/с² и не превышает максимально допустимого значения 4 м/с². Результаты могут быть использованы для определения оптимальных режимов регулирования на перекрестках.

Ключевые слова: светофорное регулирование, минимальный временной промежуток, основной такт фазы регулирования, безопасность дорожного движения.

Trushevsky V., Turpak S., Gritcay S. Calculation of traffic light regulation regimes, taking into account empirical characteristics of transport motion.

Theoretical methods for calculating elements of the traffic light cycle were created at relatively low traffic intensity levels, therefore, they require constant improvement because of actual changes in the parameters of the traffic flow. Taking into account the real time drivers' reaction to the forbidden signal, as well as the initial speed at the time of the forbidden signal, will reduce the accident rate at these intersections. In the course of the research, an experimental verification of the conformity of existing theoretical methods for the calculation of the parameters of traffic light control to the requirements of road safety at intersections has been carried out. The actual parameters of the traffic of vehicles during braking for the stop before the traffic light signal are determined. The experiment was conducted at intersections by visualizing the distance from the start of braking to the stop-line and measuring the initial speed of vehicles. Using graph-analytical and statistical analysis of experimental data on changes in the speed of movement and time of braking of cars, clarification of the calculated formulas of the parameters of the traffic-light control was performed.

According to the calculations, the start time of braking after the appearance of the green flashing signal is 3.5 s, the value of the deceleration of 85 % of the guarantee is 3.43 m/s², which does not exceed the maximum permissible value of 4 m/s². The corresponding refinement of formulas for calculating the duration of the main step and the transition interval of the adjustment phase is proposed.

Keywords: traffic control, minimum time interval, main control phase, traffic safety.

Трушевський Вячеслав Едуардович – канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних технологій ЗНТУ, м. Запоріжжя, e-mail: aspirerzp@gmail.com.

Турпак Сергій Миколайович – д-р техн. наук, проф., професор кафедри транспортних технологій ЗНТУ, м. Запоріжжя, e-mail: turpak@i.ua

Грицай Сергій Васильович – старший викладач кафедри транспортних технологій ЗНТУ, м. Запоріжжя, e-mail: sergaua@hotmail.com

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

Стаття подана 02.03.2018

УДК 629.423

**ФОРМАЛІЗОВАНІ ОПИСАННЯ КОНСТРУКЦІЙ
КРИШОК ЛЮКІВ НАПІВВАГОНІВ (ЧАСТИНА 2)****Фомін О. В., Горбунов М. І., Коваленко В. В., Флярковська В.О.****FORMALIZED DESCRIPTION OF STRUCTURES
OF THE SEMICONDUCTOR FLOOR CRISP (PART 2)****Fomin O., Gorbunov M., Kovalenko V., Flyakovska V.**

На теперішній час більшість вантажного парку вагонів складається з універсальних напіввагонів. Однак переважна більшість цих вагонів характеризується моральною та фізичною застарілістю. При цьому затребуваність в перевезенні сипучих та навалочних вантажів, що не потребують захисту від атмосферних опадів є стало великою. Тому оновлення парку напіввагонів їх зразками з покращеними технічними і економічними показниками є важливим та актуальним науково-прикладним завданням. Однією з постійно затребуваних у виробництві та ремонтах складових напіввагонів є кришка люка. Рівень технічної та економічної досконалості кришки люка безпосередньо впливає на об'єми фінансових витрат, використання напіввагонів. У зв'язку з вище сказаним удосконалення кришки люка є важливою науково-технічною задачею. Особливу роль при генеруванні нових та модернізації існуючих конструкцій транспортного машинобудування на сучасному рівні відіграють відповідно формалізовані описання.

В статті представлено особливості та результати конструктивних досліджень кришок люків з реалізацією попереднього напруження та полотна з привареними кутниками.

Ключові слова: транспортна механіка, вантажні вагони, напіввагони, кришка люка; формалізовані описання; конструктивні «І»-деревя.

Вступ. На теперішній час більшість вантажного парку вагонів складається з універсальних напіввагонів. Однак переважна більшість цих вагонів характеризується моральною та фізичною застарілістю. При цьому затребуваність в перевезенні сипучих та навалочних вантажів, що не потребують захисту від атмосферних опадів є стало великою. Тому оновлення парку напіввагонів їх зразками з покращеними технічними і економічними показниками є важливим та актуальним науково-прикладним завданням.

Однією з постійно затребуваних у виробництві та ремонтах складових напіввагонів є кришка люка.

Рівень технічної та економічної досконалості кришки люка безпосередньо впливає на об'єми фінансових витрат, використання напіввагонів. У зв'язку з вище сказаним удосконалення кришки люка є важливою науково-технічною задачею. Особливу роль при генеруванні нових та модернізації існуючих конструкцій транспортного машинобудування на сучасному рівні відіграють відповідні формалізовані описання.

Проте на сьогоднішній день не розроблені формалізовані описання для кришок люків напіввагонів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Поряд з інтенсивністю експлуатації напіввагонів можна відзначити важкість їх використання [1]. Сказане пояснюється не захищеністю конструктивних елементів [1,3] від атмосферного впливу, важкістю завантажувально-розвантажувальних робіт (падіння важкогазових шматків вантажу застосовування вібро-розвантажувальних пристроїв, корозійний вплив та образивне зношення). Зазначене особливо гостро відноситься до кришок люків напіввагонів. Які зазначають суттєвих навантажень [2-5] при завантаженнях, перевезеннях і розвантаження вантажів. Тому цей вузол можна охарактеризувати як знаючий суттєвого експлуатаційного впливу та безпосередньо пов'язаний з безпекою руху.

Все вище описане дозволяє зробити висновки про те, що дослідження шляхів удосконалення кришок люків напіввагонів є актуальним.

Метою статті – є представлення особливостей та результатів конструктивних досліджень базових (полотно з привареними кутниками, попередньо напружений каркас, мономатеріальне виконання) виконань кришок люків напіввагонів. При цьому були обрані для другої частини досліджень конструкції кришок люків стрінгерного виконання та з плоским полотном з привареними кутниками.

Об'єкт дослідження – процеси структурного та параметричного аналізу кришок люків залізничних напіввагонів.

Предмет дослідження – базові (класичні) конструкції кришок люків напіввагонів, проекти КЛ14.05, 115-1.00 та 115-100.

Викладення основного матеріалу статті. Для досягнення поставленої у дослідженні мети було визначено та вирішено наступні задачі:

1. Проаналізовані креслення обраних для дослідження (КЛ14.05, 115-1.00 та 115-100.) конструктивних виконань кришок люків.
2. Розроблені у вигляді «І» - дерев'яно-блочно-ієрархічні описання конструкцій.
3. Створено текстовий опис розроблених формалізованих описань кришок люків.
4. Перевірена адекватність створених описань та наведено перспективні шляхи їх застосування.

На сьогоднішній день для інформаційно-випередного аналізу (в тому числі морфологічного) [6,7] різних конструкцій машинобудування доцільно використовувати їх формалізовані описання. При цьому для окремих об'єктів одиничного конструктивного виконання найбільш ефективним формалізованим описання є представлення у вигляді блочно-ієрархічної схеми (структурне «І» - дерево). Зазначене описання ґрунтується на використанні принципів блочності та ієрархічності.

Принцип блочності – забезпечує розділення відповідних описань кришок люків вантажних вагонів на кожному ієрархічному рівні на ряд блоків (конс-

структивних складових) з можливостями їхнього роздільного проектування та дослідження.

Принцип ієрархічності – передбачає структурування описання конструкції кришок люків вантажних вагонів за ступенем детальності з виділенням окремих ієрархічних рівнів.

Проект кришки люка номер К14.05.

Кришка люка проекту К14.05, розробником якої є Проектно-конструкторське технологічне бюро Укрзалізниці, зараз структурний підрозділ НДКТІ, розрахована для габариту 1-ВМ і має масу 200,7 кг.

Кришка люка піввагона даного проекту (рис. 1 та 2) містить полотно з елементами жорсткості від вертикальних навантажень, якими є поперечні і поздовжні обв'язки, до яких прикріплені посилені лист з петлями та запірні кронштейни. Полотно виконане гладким, до якого з боку обв'язок нерознімно прикріплено попередньо навантажені стрингери.

Кришка люка напіввагона стрингерна з гладким полотном (рис. 1 та 2) містить полотно 1, поздовжню обв'язку 2, середню обв'язку 3, посилений лист 4, поперечну обв'язку 5, запірні кронштейни 6, петлі 7 і стрингери 8.

При встановленні кришки люка на раму напіввагона, та навантаження полотна 1 вантажем, стрингери 8, з попереднім корисним навантаженням, нероз'ємно з'єднують поздовжню обв'язку з посиленим листом та охоплюючи середню обв'язку, створюють двосхилу ферму між полотном, середньою обв'язку та стрингером кришки люка, чим посилюють її динамічну жорсткість від вертикальних навантажень.

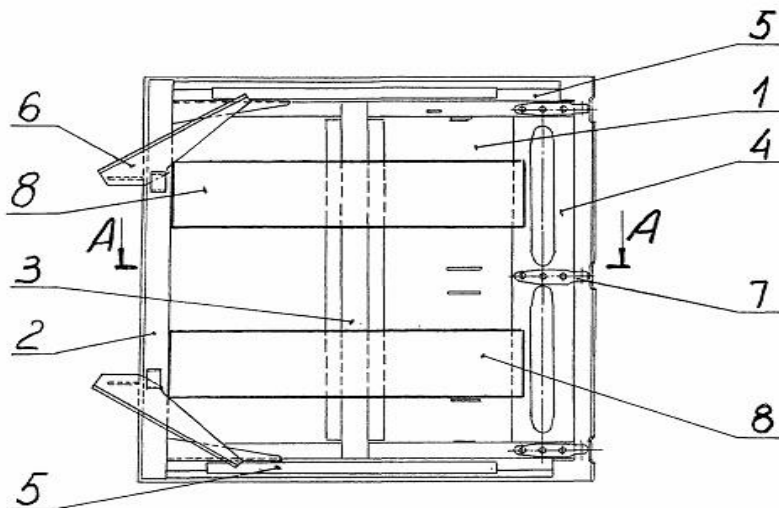


Рис. 1. Кришка люка напіввагона проекту К14.05, вид знизу

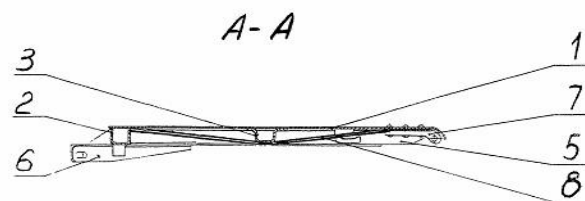


Рис. 2. Переріз кришки люка напіввагона у робочому стані

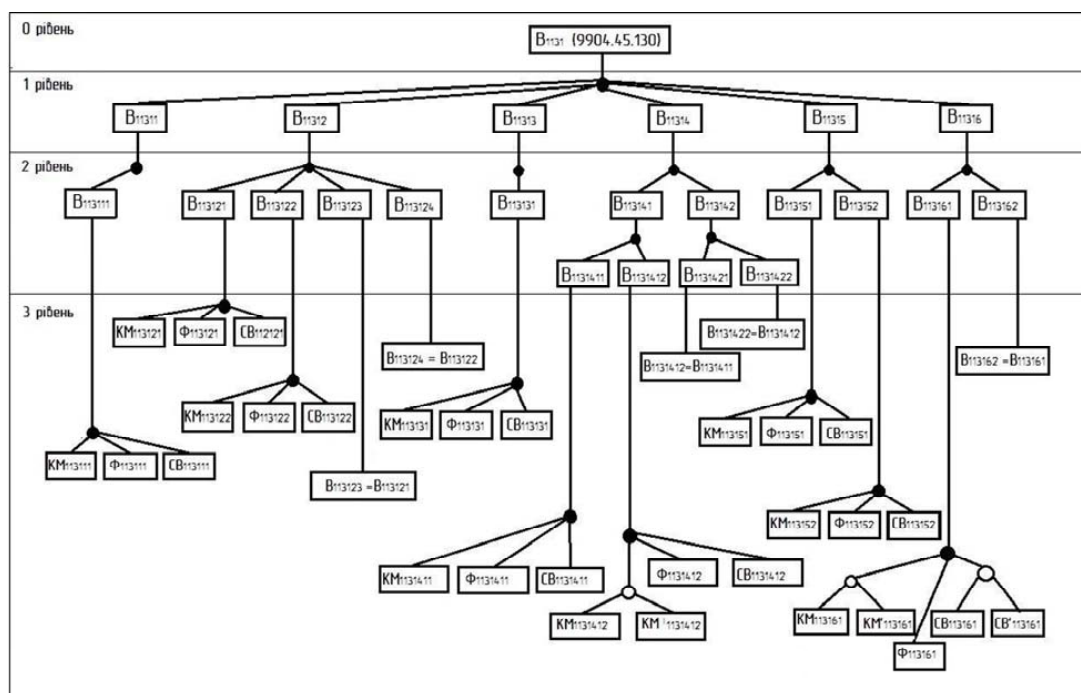


Рис. 3. Блочно-ієрархічне описання (І-дерево) кришки люка проект K14.05

Конструкційне виконання даного проекту кришки люка напіввагона схематично можна представити у вигляді блочно-ієрархічного описання (І-дерева), яке наведено на рис. 3.

З рис. 3 видно, що на нульовому рівні «І-дерева» виділено елемент універсального напіввагона – кришку люка (V_{1131}). Яка на 1 рівні розділена на основні блоки: лист кришки люка (V_{11311}), каркас (V_{11312}), блок кріплення кришки люка до хребтової балки (V_{11313}), блок кріплення кришки люка до нижньої обв'язки напіввагона (V_{11314}), блок взаємозкріплення та посилення (V_{11315}), блок кріплення торсіонного пристрою (V_{11316}).

На 2 рівні кожен з основних блоків розділений на вузли. Так лист кришки люка (V_{11311}) має лише один вузол – полотно (V_{113111}). Каркас (V_{11312}) поділяється на: повздовжню передню обв'язку (V_{113121}), повздовжню середню обв'язку (V_{113122}), повздовжню задню обв'язку (V_{113123}) та поперечні бічні обв'язки (V_{113124}). Блок кріплення кришки люка до хребтової балки (V_{11313}) має такі вузли: петлі (V_{113131}) та заклепки (V_{113132}). Блок кріплення кришки люка до нижньої обв'язки напіввагона (V_{11314}) поділяється на правий кронштейн (V_{113141}) та лівий кронштейн (V_{113142}). Блок взаємозкріплення та посилення (V_{11315}) включає в себе посилюючу накладку (V_{113151}), з'єднувально-посилюючу косинку (V_{113152}) та стрингер (V_{113153}). Блок кріплення торсіонного пристрою (V_{11316}) складається з задньої планки (V_{113161}) та передньої планки (V_{113162}).

На 3 рівні – «Деталі», правий кронштейн (V_{113141}) поділяється на кутик ($V_{1131411}$) та скобу ($V_{1131412}$) правого виконання, а лівий кронштейн (V_{113142}) – на кутик ($V_{1131421}$) та скобу ($V_{1131422}$) лівого виконання.

На 4 рівні основні вузли та їх деталі кришки люка даного проекту характеризується такими властивостями: КМ – конструкційний матеріал, Ф – форма та СВ – спосіб виготовлення. Так полотно (V_{113111}) виготовлено із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₁₁), має форму гладкого листа (Ф₁₁₃₁₁₁), який утворюється за допомогою різання (СВ₁₁₃₁₁₁).

Повздовжню передню обв'язку (V_{113121}) виготовлено із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₂₁), має швелероподібну форму (Ф₁₁₃₁₂₁), яка утворюється за допомогою гнбки (СВ₁₁₃₁₂₁). Повздовжню середню обв'язку (V_{113122}) виготовлено із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₂₂) має омегаподібний профіль (Ф₁₁₃₁₂₂), який утворюється за допомогою гнбки та вирізання (СВ₁₁₃₁₂₂). Повздовжню задню обв'язку (V_{113123}) виготовлено із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₂₃), має форму гофрованого листа (Ф₁₁₃₁₂₃), який утворюється за допомогою штампування (СВ₁₁₃₁₂₃). Поперечні бічні обв'язки (V_{113124}) характеризуються такими ж властивостями, що і повздовжня середня обв'язка (V_{113122}). Тому на рівні властивостей – ($V_{113124} = V_{113122}$).

Петлі (V_{113131}) виготовлено із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₃₁) по формі виконані під заклепки (Ф₁₁₃₁₃₁) за допомогою штампування (СВ₁₁₃₁₃₁). Заклепки (V_{113132}) виготовлені із Ст20 (КМ₁₁₃₁₃₂), мають грибоподібну форму (Ф₁₁₃₁₃₂), яка утворюється за допомогою штамповки (СВ₁₁₃₁₃₂).

Кутник ($V_{1131411}$) правого кронштейна виготовлено із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₄₁₁), має трикутну форму (Ф₁₁₃₁₄₁₁), яка утворюється за допомогою різання (СВ₁₁₃₁₄₁₁). Скоба ($V_{1131412}$) правого кронштейна може бути виготовлена із вуглецевої сталі (КМ₁₁₃₁₄₁₂) або низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₄₁₂), має тороїдну форму (Ф₁₁₃₁₄₁₂), яка утворюється за

допомогою гнбки з прута (СВ₁₁₃₁₄₁₂). Кутник (В₁₁₃₁₄₂₁) та скоба (В₁₁₃₁₄₂₂) лівого кронштейна мають ті ж властивості, що і кутник (В₁₁₃₁₄₁₁) та скоба (В₁₁₃₁₄₁₂) правого кронштейна відповідно. Тому на рівні властивостей – (В₁₁₃₁₄₂₁ = В₁₁₃₁₄₁₁), (В₁₁₃₁₄₂₂ = В₁₁₃₁₄₁₂).

Посилуюча накладка (В₁₁₃₁₅₁) виготовляється із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₅₁), має форму кутника (Ф₁₁₃₁₅₁), який утворюється за допомогою гнбки (СВ₁₁₃₁₅₁). З'єднувально-посилуюча косинка (В₁₁₃₁₅₂) виготовлена із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₅₂), має форму трикутного листа (Ф₁₁₃₁₅₂), який утворюється за допомогою різання (СВ₁₁₃₁₅₂). Стрінгер (В₁₁₃₁₅₃) виготовлений із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₅₃), має прямокутну форму (Ф₁₁₃₁₅₃), яка утворюється за допомогою різання (СВ₁₁₃₁₅₃).

Задня планка (В₁₁₃₁₆₁) може виготовлятися із вуглецевої сталі (КМ₁₁₃₁₆₁) або із низьколегованої сталі (КМ'₁₁₃₁₆₁), має форму листа з вирізом, а за способом виготовлення буває одиничного вирізання (СВ₁₁₃₁₆₁) або штампування (СВ'₁₁₃₁₆₁). Передня планка (В₁₁₃₁₆₂) має такі ж властивості, що і задня планка (В₁₁₃₁₆₁). Тому на рівні властивостей – (В₁₁₃₁₆₂ = В₁₁₃₁₆₁).

Проекти кришки люка номер 115-1.00 та 115-100. Кришка люка проект 115-1.00 та кришка люка проект 115-100, виробником яких є Філія Панютинський вагоноремонтний завод (раніше «Укрспец вагон», відрізняються масою та габаритом, але конструкція у них ідентична.

Таблиця 1

Технічні характеристики кришок люків

Номер проекту	Габарит	Маса
115-1.00	0-ВМ	189
115-100	1-ВМ	199

Кришки люків даних проектів (рис. 4 та 5) складаються із суцільнометалевого каркасу, обшивки 1 (гладкого листа кришки люка з привареними кутиками) (рис. 5), петель 6 для кріплення кришки люка на хребтовій балці напіввагона, запірних кронштейнів 7 для фіксації кришки люка у закритому положенні, скоб для фіксації закидок і елементів для кріплення одного або двох торс іонів.

Каркас кришки люка містить систему повздовжніх та поперечних обв'язок. Повздовжня передня обв'язка 5 (рис. 5) виконана з гнутого швелера, посиленого ребрами; поздовжня середня обв'язка 2 виконана з омега подібного профілю; поздовжня задня обв'язка 4 являє собою гофрований лист з періодичним профілем. Поперечні обв'язки 3 виготовлені з гнутого швелера, посиленого кутиками.

З'єднання поперечних обв'язок з передньою обв'язкою посилені косинками 8.

Кришка люка кріпиться до хребтової балки (рис. 6) за допомогою петель 9 та заклепок 10.

Конструкційне виконання даного проекту кришки люка напіввагона схематично можна представити у вигляді блочно-ієрархічного описання (І-дерева), яке наведено на рисунку 7.

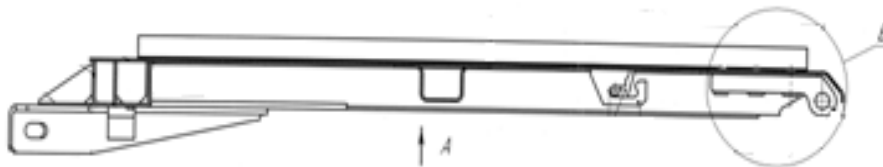


Рис. 4. Загальний вигляд кришки люка проект 115-100 (115-1.00)

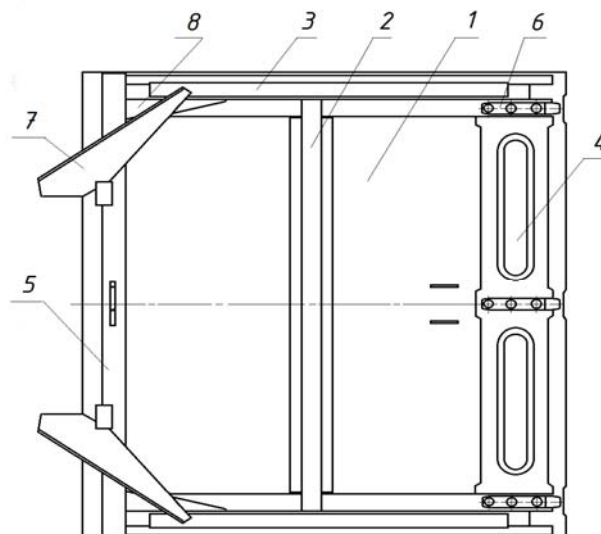


Рис. 5. Кришка люка проект 115-100 (115-1.00), вигляд А з рисунку 4

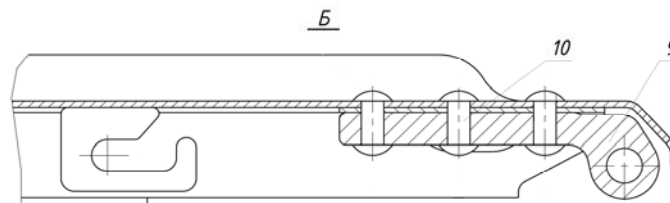


Рис. 6. Кріплення кришки люка до хребтової балки, вигляд Б з рис. 4

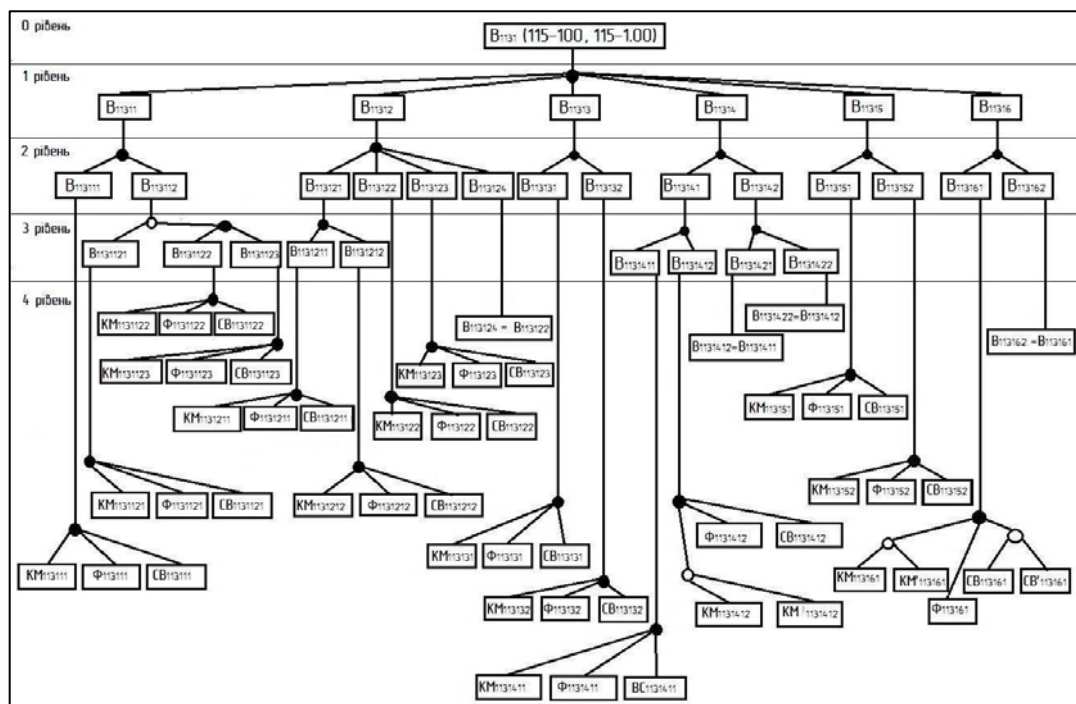


Рис. 7. Блочно-ієрархічне описання (І-дерево) кришки люка проект 115-100 (115-1.00)

З рис. 7 видно, що на нульовому рівні «І-дерева» виділено елемент універсального напіввагона – кришку люка (V_{1131}). Яка на 1 рівні розділена на основні блоки: лист кришки люка (V_{11311}), каркас (V_{11312}), блок кріплення кришки люка до хребтової балки (V_{11313}), блок кріплення кришки люка до нижньої обв'язки напіввагона (V_{11314}), блок взаємокріплення та посилення (V_{11315}), блок кріплення торсіонного пристрою (один торсіон або два торсіона) (V_{11316}).

На 2 рівні кожен з основних блоків розділений на вузли. Так лист кришки люка (V_{11311}) включає такі вузли – полотно (V_{113111}) та кутики (V_{113112}). Каркас (V_{11312}) поділяється на: повздовжню передню обв'язку (V_{113121}), повздовжню середню обв'язку (V_{113122}), повздовжню задню обв'язку (V_{113123}) та поперечні бічні обв'язки (V_{113124}). Блок кріплення кришки люка до хребтової балки (V_{11313}) має такі вузли: петлі (V_{113131}) та заклепки (V_{113132}). Блок кріплення кришки люка до нижньої обв'язки напіввагона (V_{11314}) поділяється на правий кронштейн (V_{113141}) та лівий кронштейн (V_{113142}). Блок взаємокріплення та посилення (V_{11315}) включає в себе посилюючу накладку (V_{113151}) та з'єднувально-посилюючу косинку

(V_{113152}). Блок кріплення торсіонного пристрою (V_{11316}) складається з задньої планки (V_{113161}) та передньої планки (V_{113162}).

На 3 рівні – «Деталі», кутики (V_{113112}), що приварюються на лист (V_{113111}) можуть поділятися на кутики ($V_{1131121}$) та на кутики ($V_{1131122}$) з ребром посилення ($V_{1131123}$). Повздовжня передня обв'язка (V_{113121}) поділяється на повздовжню передню обв'язку ($V_{1131211}$) та ребро посилення повздовжньої передньої обв'язки ($V_{1131212}$). Правий кронштейн (V_{113141}) поділяється на кутик ($V_{1131411}$) та скобу ($V_{1131412}$) правого виконання, а лівий кронштейн (V_{113142}) – на кутик ($V_{1131421}$) та скобу ($V_{1131422}$) лівого виконання.

На 4 рівні основні вузли та їх деталі кришки люка даного проекту характеризується такими властивостями: КМ – конструкційний матеріал, Ф – форма та СВ – спосіб виготовлення. Так гладке полотно (V_{113111}) виготовлено із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₁₁), має форму плоского листа (Ф₁₁₃₁₁₁), який утворюється за допомогою гибки та різання (СВ₁₁₃₁₁₁). Кутики ($V_{1131121}$) виготовлені із низьколегованої сталі (КМ₁₁₃₁₁₂₁), мають форму кутиків (Ф₁₁₃₁₁₂₁), яка утворюється за допомогою гибки та

різання ($CB_{1131121}$). Кутики ($B_{1131121}$) мають ті ж властивості, що і кутики ($B_{1131121}$), тому на рівні властивостей – ($B_{1131122} = B_{1131121}$). Ребро посилення кутиків ($B_{1131123}$) виготовлено із низьколегованої сталі ($KM_{1131123}$), має трапецієподібну форму ($\Phi_{1131123}$), яка утворюється за допомогою гнбки та різання ($CB_{1131123}$).

Повздовжню передню обв'язку ($B_{1131211}$) виготовлено із низьколегованої сталі ($KM_{1131211}$), має швелероподібну форму ($\Phi_{1131211}$), яка утворюється за допомогою гнбки ($CB_{1131211}$). Ребро посилення передньої обв'язки ($B_{1131212}$) виготовлено із низьколегованої сталі ($KM_{1131212}$), має трапецієвидну форму ($\Phi_{1131212}$), яка утворюється за допомогою гнбки та різання ($CB_{1131212}$). Повздовжню середню обв'язку (B_{113122}) виготовлено із низьколегованої сталі (KM_{113122}) має омегаподібний профіль (Φ_{113122}), який утворюється за допомогою гнбки та різання (CB_{113122}). Повздовжню задню обв'язку (B_{113123}) виготовлено із низьколегованої сталі (KM_{113123}), має форму гофрованого листа (Φ_{113123}), який утворюється за допомогою штампування (CB_{113123}). Поперечні бічні обв'язки (B_{113124}) характеризуються такими ж властивостями, що і повздовжня передня обв'язка ($B_{1131211}$). Тому на рівні властивостей – ($B_{113124} = B_{1131211}$).

Петлі (B_{113131}) виготовлено із низьколегованої сталі (KM_{113131}) по формі виконанні під заклепки (Φ_{113131}) за допомогою штампування (CB_{113131}). Заклепки (B_{113132}) виготовлені із Ст20 (KM_{113132}), мають грибоподібну форму (Φ_{113132}), яка утворюється за допомогою штамповки (CB_{113132}).

Кутник ($B_{1131411}$) правого кронштейна виготовлено із низьколегованої сталі ($KM_{1131411}$), має трикутну форму ($\Phi_{1131411}$), яка утворюється за допомогою різання ($CB_{1131411}$). Скоба ($B_{1131412}$) правого кронштейна може бути виготовлена із вуглецевої сталі ($KM_{1131412}$) або низьколегованої сталі ($KM_{1131412}$), має тороїдну форму ($\Phi_{1131412}$), яка утворюється за допомогою гнбки з прута ($CB_{1131412}$). Кутник ($B_{1131421}$) та скоба ($B_{1131422}$) лівого кронштейна мають ті ж властивості, що і кутник ($B_{1131411}$) та скоба ($B_{1131412}$) правого кронштейна відповідно. Тому на рівні властивостей – ($B_{1131421} = B_{1131411}$), ($B_{1131422} = B_{1131412}$).

Посилуюча накладка (B_{113151}) виготовляється із низьколегованої сталі (KM_{113151}), має форму кутника (Φ_{113151}), який утворюється за допомогою гнбки (CB_{113151}). З'єднувально-посилуюча косинка (B_{113152}) виготовлена із низьколегованої сталі (KM_{113152}), має форму трикутного листа (Φ_{113152}), який утворюється за допомогою різання (CB_{113152}).

Задня планка (B_{113161}) може виготовлятися із вуглецевої сталі (KM_{113161}) або із низьколегованої сталі (KM_{113161}), має форму листа з вирізом, а за способом виготовлення буває одиничного вирізання (CB_{113161}) або штампування (CB_{113161}). Передня планка (B_{113162}) має такі ж властивості, що і задня планка (B_{113161}). Тому на рівні властивостей – ($B_{113162} = B_{113161}$).

Розробленні та представленні варіаційні описання кришок люків (проекти КЛ14.05.115-1.00 та 115-100) у вигляді «І»-дерев доцільно використовувати при застосуванні сучасних наукових та інженерних підходів, творчих і пошукових методів для дослідження існуючих та створення перспективних їх зразків, в тому числі і при проектуванні контактуючих вузлів і модулів розроблені блочно-ієрархічні схеми можуть бути використанні у якості основних для створення системи функціонально-параметричних обмежень при оптимізаційному проектуванні. Така система стане ґрунтовною основою (наприклад для застосування теорії графів) для дослідження процесів функціонування кришок люків в загальній конструкції напіввагонів, а також розв'язання трудомістких задач з визначення принципів побудови їх зразків нового покоління та ступеня значимості їх робочих органів, оцінки очікуваних техніко-економічних показників дослідження роботи по сприйняттю та перерозподілу різних видів навантажень, таксономії підвищення ступеня їх ідеальності, ідентифікації об'єктів, що розглядаються у процесах проектування аналізу ремонтів. Наприклад розроблені описання можуть бути використанні при розробленні інноваційної кришки люка з перспективних порожнистих профілів [10].

Висновки. В результаті комплексних (частина 1 та частина 2) дослідження та аналізу конструктивних виконань базових сучасних проектів кришок люків, зокрема, таких проектів: 9904.45.60, 9904.45.130, К14.05, 115-100, 115-1.00.963.15.40 та УМ0042, з'ясовано, що вони спроектовані для габаритів 1-ВМ, 0-ВМ та характеризуються масою від 165 кг до 201 кг. В загальній ієрархічній побудові («І»-дерев) на блочному рівні вони мають однаковий конструктив, який включає такі блоки: лист кришки люка, каркас, блок кріплення кришки люка до хребтової балки, блок кріплення кришки люка до нижньої обв'язки напіввагона, блок взаємокріплення та посилення, блок кріплення торсійного пристрою. При цьому конструктивні відмінності існуючих кришок люків можливо виділити починаючи з вузлового ієрархічного рівня.

В якості основних конструктивних відмінностей сучасних кришок люків можна виділити:

- зварювальне чи заклепкове виконання блоку кріплення кришки люка до хребтової балки;
- виконання листа кришки люка плоского виду з відповідним посиленням – стрингером, гофрованого (найбільш поширений) виду та як зварювальної збірки з плоского листа та кутиків, геометрично виконаних методом накладання контурів;
- існуюча можливість виконання елементів методом згинань чи виконання відповідних прокатних (характеризується збільшеною собівартістю) профілів;
- блок кріплення торсійного пристрою адаптується до конструктивної можливості встановлення (загального) торсіону чи двохторсійного виконання.

Розроблені блочно-ієрархічні описання існуючих кришок люків у вигляді «І»-дерева доцільно використовувати при проведенні відповідних інженерних та наукових досліджень. Наприклад, зазначені структурні описання можна використовувати при складанні загального варіаційного описання у вигляді «І» – дерева та структурно-функціональних описань.

Література

- Fomin, O. Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model / O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, No. 1 – P.45-48.
- Мямлін С. В., Барановський Д. Н., Кебал І. Ю. Крышка люка универсального полувагона / С. В. Мямлин, Д. Н. Барановский, И. Ю. Кебал // Транспорт и транспортная логистика. – 2014. – 22 декабря. – с. 45 – 48.
- Мороз, В.І. Визначення перспективних напрямків удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» / В.І. Мороз, В.В.Фомін, О.В.Фомін // Зб. наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2008.- Вип. 99.- С. 72-81.
- 4.Конструирование и расчет вагонов : учебник для вузов ж.-д. трансп./ В.В. Лукин, Л.А. Шадур, В.Н. Котуранов, А.А. Хохлов, П.С. Анисимов.; под общ. ред. В.В.Лукина. - М.: УМК МПС России, 2000. 731с.
- Кебал І. Ю., Мямлін С. С. Совершенствование конструкции крышки люка полувагона / И. Ю. Кебал, С. С. Мямлин // Вагоний парк. – 2016. – №7-8 – с. 41 – 43.
- Кельріх, М.Б. Структурно-функціональне описання конструкції модуля кузова сучасних універсальних напіввагонів [Текст]/ М.Б. Кельріх, В.І.Мороз, О.В.Фомін // Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: СХУ ім. В.Даля, 2014. – № 2(210). – С. 94-103.
- Половинкин А. И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов втузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
- ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних)
- ГОСТ 26725-97 Полувагоны четырехосные универсальные магистральных железных дорог колеи 1520мм. Общие технические условия.
- Фомін, О.В. Аналіз доцільності застосування шестигранних порожнистих профілів в якості складових елементів несучих систем напіввагонів/ О.В. Фомін //Наука та прогрес транспорту.Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна: науковий журнал. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, 2014. – Вип. 6(54) – С. 146-153
- Мороз,В.І. Vznachenja perspektivnih naprjavkiv udoskonalenja konstrukcii napivvagoniv virobництва DP «Ukrspetsvagon»/ V.I. Moroz, V. V. Fomin,O.V. Fomin // Zb. nauk. prac.- Kharkiv: UkrDAZT, 2008.- Vip. 99.- P. 72-81.
- Konstruirovaniye i raschet vagonov : uchenik dlya vuzov zh.-d. transp./ V.V. Lukin, L.A. Shadur, V.N. Koturanov, A.A. Hohlov, P.S. Anisimov.; pod obsch. red. V.V.Lukina. - M.: UMC MPS Rossii, 2000. 731s.
- Кебал І. Ю., Мямлін С. С. Sovershenstvovanie konstruktsii kryishki lyuka poluvagona / I. Yu. Keбал, S. S. Myamlin // Vagoniy park. – 2016. – #7-8 –s. 41 – 43.
- Kelrikh, M. B., Moroz, V. I., Fomin, O. V. (2014). Struktorno-funktsionalne opysannia konstruktsii modulia kuzova suchasnykh universalnykh napivvagoniv. Visnyk Shkhdnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia, 2 (210), 94–103.
- Polovinkin A. I. Osnovy inzhenernogo tvorchestva: Ucheb. posobie dlya studentov vtuzov. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 368 s.
- DSTU 7598:2014 Vagoni vantazhni. Zagalni vimogi do rozrahunkiv ta proektuvannya novih i modernizovanih vagoniv kolii 1520 mm (nesamohidnih)
- GOST 26725-97 Poluvagonyi chetyrehosnyie universalnyie magistralnyih zheleznyih dorog kolei 1520mm. Obshchie tehnicheckie usloviya.
- Fomin O. V. Analiz dotsilnosti zastosuvannya shestigrannykh porozhnistykh profiliv v yakosti skladovykh elementiv nesuchykh sistem napivvagoniv //Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu im. akademika V. Lazariana, Nauka ta prohresh transportu, 6 (54). – 2014. – С. 146-153.

Фомин О.В., Горбунов Н.И., Коваленко В.В., Флярковская В.О. Формализованные описания конструкций крышек полувагонов (часть 2).

В настоящее время большинство грузового парка вагонов состоит из универсальных полувагонов. Однако подавляющее большинство этих вагонов характеризуется моральной и физической устарелостью. При этом востребованность в перевозке сыпучих и навалочных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков является стало большей. Поэтому обновление парка полувагонов их образцами с улучшенными техническими и экономическими показателями является важным и актуальным научно-прикладным задачам.

Одной из постоянно востребованных в производстве и ремонте составляющих полувагонов является крышка люка. Уровень технической и экономической совершенства крышки люка непосредственно влияет на объемы финансовых затрат, использование напіввагонів. В связи с выше сказанным усовершенствования крышки люка является важной научно-технической задачей. Особую роль при генерировании новых и модернизации существующих конструкций транспортного машиностроения на современном уровне играют соответственно формализованные описания.

В статье представлены особенности и результаты конструктивных исследований крышек люков с реализацией предварительного напряжения и полотна с приваренными уголками.

Ключевые слова: транспортная механика, грузовые вагоны, полувагоны, крышка люка; формализованные описания; конструктивные «И» - дерева.

Fomin O., Gorbunov M., Kovalenko V., Flyakovska V. Formalized description of the basic execution of constructions of the basket christmas structures (part 2).

To date, the vast majority of rolling stock of railways is formed by universal gondolas, which is explained by the corresponding level of demand. In this case, more than 90% of these cars is characterized by physical and moral obsolete. The above justifies the need to replenish their park with samples with improved technical and economic indicators. The development of such samples is due to the creation of their respective components. One of the most demanded in the manufacture and repair of gondola cars is the hatch, the said argues the importance and relevance of the deployment of research and development work to improve the design of the hatch itself.

For the formation of exhaustive information on the design and operational features of the hatch cover, it is expedient to use its formalized descriptions which have not been created before. The paper presents the features and results in the form of "I" - trees of constructive research of basic (corrugated sheet, non-elastic pre-frame, monomaterial execution) of manhole covers of gondolas. As the basic designs of manhole

covers, their projects were selected 14.05.115-1.00 and 115-100 domestic production.

Keywords: *transport mechanics, freight wagons, gondola cars, hatch cover; formalized descriptions; constructive "I" - trees.*

Фомін О.В. – д.т.н., доц., професор каф. «Вагони та вагонне господарство», Державний університет інфраструктури та технологій

Горбунов М.І. – д.т.н., проф., завідувач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, Східноукраїнський національний університет імені В. Даля.

Коваленко В.В. – аспірант кафедри «Залізничний, автомобільний транспорт та підйомно-транспортні машини», Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

Флярковська В.О. – студентка кафедри «Вагони та вагонне господарство», Державний університет інфраструктури та технологій.

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

Стаття подана 27.03.2018

УДК 629.4.02.001

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ВАГОНІВ-ТЕРМОСІВ
МОДЕЛІ ТН 4-201 ПОБУДОВИ ЗАВОДУ «ДЕСАУ» НІМЕЧЧИНА****Фомін О.В., Іщенко В.М., Брайковська Н.С., Цимбалюк А.В.****RESEARCH OF OPERATING DAMAGES OF WAGON-THERMOS MODELS
TN 4-201 BUILDINGS OF THE «DEZAU» GERMANY****Fomin A., Ishchenko V., Braikovskaya N., Tsymbaliuk A.**

На даний час в Україні та країнах СНД збільшилися об'єми перевезення швидкопсувних продовольчих ітучних, тарно-штучних та пакетованих вантажів. Умови перевезення цих вантажів потребують формування парку ізотермічних вагонів. Для створення і поставки на залізницю України та інших країн СНД даного типу вагонів проводиться їх розробка, виробництво та випробування. При цьому недостатнє фінансування закупівель нового ізотермічного рухомого складу вимагає підтримання у належному технічному стані існуючого їх парку. Для того щоб визначити сучасний стан вагонів-термосів та проблеми визвані експлуатацією необхідно комплексно дослідити їх конструктивний стан. В даній статті наведено результати та особливості проведеного комплексного дослідження експлуатаційних пошкоджень вагонів-термосів моделі ТН 4-201 побудови заводу «Десау» Німеччина.

Ключові слова: транспортна механіка, вагони-термоси, вібраційне навантаження, експлуатаційні пошкодження, тріщини.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день для перевезення швидкопсувних вантажів, територією України, а також сусідніх країн широко використовуються вагони-термоси моделі ТН 4-201 (рис.1).



Рис. 1. Вагон-термос моделі ТН 4-201 побудови заводу «Десау» Німеччина

При цьому такі вагони вже характеризуються значним терміном експлуатації (понад 20 років). Суттєва частина їх парку виключена з експлуатації у зв'язку з відсутністю конструктивної можливостей і належним чином виконувати відповідні функції.

Однією з основних причин такого їх виключення є виникнення масштабних тріщин на їх дахах (рис. 2).



Рис. 2. Тріщини на вагонах-термосах моделі ТН 4-201 побудови заводу «Десау» Німеччина

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз існуючих публікацій [1-5, 9-14] з даної тематики засвідчили відсутність ґрунтовного розгляду проблеми виникнення вище зазначених тріщин та визначення рекомендацій з протидії ним за рахунок надання можливості будь-якої компанії залізничної галузі отримати загальне визнання рівня якості його продукції та діяльності.

Мета статті. Дослідження експлуатаційних пошкоджень несучих систем вагонів-термосів моделі ТН 4-201 [14] побудови заводу «Десау» Німеччина.

Об'єкт дослідження – несуча здатність конструкції вагонів-термосів моделі ТН 4-201 побудови заводу «Десау» Німеччина.

Предмет дослідження – закономірності виникнення та розвитку експлуатаційних пошкоджень в

несучих системах вагонів-термосів моделі ТН 4-201 побудови заводу «Десау» Німеччина та методу протидії ним, наукове обґрунтування появи, причин виникнення та наслідків пошкоджень.

Основний зміст. При проведенні дослідження причин появи тріщин в дахах вагонів – термосів було запропоновано декілька гіпотез стосовно їх виникнення:

- 1) корозійне наскрізне руйнування;
- 2) наявність зварного шва, як концентратора напружень, в місці, що постійно піддається впливу зовнішніх знакозмінних температур;
- 3) понад нормоване статичне навантаження, в тому числі нерівномірний розподіл вантажу;
- 4) динамічні віброприскорення.

У поєднанні, зазначені чинники призводять до значного ризику появи мікротріщин з швидким розповсюдженням, утворенням макротріщин, і безпосереднім руйнуванням металу [6, 7, 9, 12], появою корозійних явищ, втраті герметичності кузова.

Найбільш висока концентрація напружень в реальних конструкціях спостерігається в деяких вузлах зварних конструкцій в місцях різкої зміни форми, створюваної у кінцях окремих прикріплених елементів. Як характерною моделлю найбільш небезпечних ділянок таких вузлів може бути прийнятий хрестовий зразок, що складається з центральної пластини і приварених до неї по краях двох смуг. Ці смуги розташовуються в площині, перпендикулярній площині центральної пластини, по її поздовжньої осі на деякій відстані один від одного [2, 8, 10]. При передачі через них розтягуючого зусилля в середній ділянці центральної пластини створюється значна концентрація напружень (рис. 3).

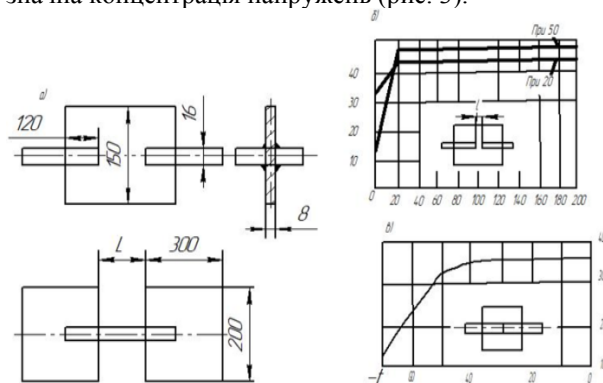


Рис. 3. Зварений хрестовий зразок з високою концентрацією напружень (а) і зміна його межі міцності в залежності від відстані між ребрами (б) і від температури (в)

Умови роботи середньої ділянки центральної пластини хрестового зразка можуть змінюватися в досить широких межах в залежності від відстані між прикріпленими кінцевими смугами. При зменшенні цієї відстані концентрація напружень в центральній пластині підвищується. Крім того, при цьому зменшуються розміри ділянки, на якому при навантаженні можливий розвиток пластичних деформацій, що створює умови і для концентрації деформацій.

Дослідження міцності зварних хрестових зразків показало, що особливо висока концентрація напружень може привести до значного зниження несучої здатності і при статичному навантаженні. В умовах зниженої температури таке зниження міцності відбувається в більш сильному ступені.

Найбільш сильний вплив форми зварних з'єднань на міцність проявляється при дії вібраційного навантаження і воно позначається навіть при застосуванні сполук встик, які серед всіх інших зварних з'єднань характеризуються найменш значними змінами своєї форми.

Міцність зварних стикових з'єднань залежить головним чином [3, 5, 12] від форми переходу шва до основного металу. На форму переходу впливають конструктивні і технологічні чинники, з яких найбільш істотними є: форма підготовки кромок, чистота поверхні металу в районі формування шва і режим зварювання. Змінюючи ці фактори, можна забезпечити отримання стикових з'єднань з формою поверхні, при якій досягаються умови рівномірності зварного з'єднання з основним металом при вібраційному навантаженні.

Можливість отримання стикових швів з необхідною плавністю переходів не пов'язана з якими-небудь особливими труднощами і може бути забезпечена при виконанні звичайних технологічних рекомендацій.

Розрахункова умова рівномірності при вібраційному навантаженні відрізняється від умови рівномірності, прийнятого для статичного навантаження. Якщо для статичного навантаження умова рівномірності забезпечується при відношенні катета кутового шва а до товщини б прикріплюваного елемента $u = 1$, то для вібраційного навантаження це відношення у відповідності з різними значеннями ефективних коефіцієнтів концентрації напружень дорівнюватиме.

$$\frac{a}{b} = \frac{K_{сф}^{II}}{K_{сф}^I}$$

$K_{сф}^{II}$ - значення ефективного коефіцієнта концентрації напружень для з'єднання впритул в перерізі по основному металу;

$K_{сф}^I$ - для перетину по зварних кутовим швам.

На підставі експериментальних даних, наведених в табл. 1, це відношення дорівнюватиме.

$$\frac{a}{b} = \frac{2,8}{2,2} = 1,27$$

Розвиток площі робочого перерізу зварних кутових швів при збільшенні глибини провару є більш ефективним, ніж при збільшенні катета кутового шва.

Таблиця 1

Значення ефективних коефіцієнтів концентрації напружень для зварних з'єднань

Назва з'єднання	Ескіз	$K_{эф}$
Стиковий шов з плавним переходом		1
Стиковий шов з різким переходом		1,6
Стиковий шов з виправленим верхнім переходом місцевої обробки		1
З'єднання впритик без розділення кромок		1,2
З'єднання впритик в перерізі по швам		2,8
З'єднання впритик з розділкою кромок		1,6
З'єднання впритик з розділкою кромок із забезпеченням плавних переходів		1
Зразок з парними ребрами жорсткості, при кріпленні двостороннім швом		1,5
Зразок з парними ребрами жорсткості, при кріпленні двостороннім швом з місцевої обробки переходів у шов		1
Зразок з парними ребрами жорсткості, при кріпленні одностороннім швом		2
Зразок з одиночними ребрами жорсткості, при кріпленні двостороннім швом		1,3
Зразок з одиночними ребрами жорсткості, при кріпленні одностороннім швом		1,9

Відомо, що при вібраційному навантаженні, межа витривалості плоских зразків з поздовжніми швами з маловуглецевої і низьколегованої сталей, при наявності залишкових напруг, що розтягують в зоні шва, не нижче, ніж межа витривалості подібного зразка з основного металу. Це пояснюється тим, що метал в районі зварного шва зміцнюється в результаті відбуваються при зварюванні пластичних деформацій і ступінь цього зміцнення виявляється достатньою для компенсації дії залишкових напруг, що розтягують.

Відпал таких зразків частіше призводить до зниження їх межі витривалості, так як, знімаючи в них напруження, він одночасно знищує і позитивну дію наклепу, створеного зварюванням і прокаткою.

Вібраційні випробування зварних зразків з різкими концентраторами напружень показали, що зняття залишкових напруг відпалом і в цьому випадку не дає позитивного результату. Значне підви-

щення межі витривалості зразків з різкими концентраторами може бути досягнуто в результаті застосування попереднього розтягування. При дослідженні причин такого підвищення міцності було встановлено, що попереднє розтягнення зразків з різкими концентраторами напружень слід розглядати не тільки як міру зняття напружень, а головним чином як метод зміцнення, пов'язаний з появою місцевих пластичних деформацій.

Вплив залишкових напружень в даному випадку проявилось досить виразно. Розтягують залишкові напруги привели до зниження межі витривалості, тоді як стискають залишкові напруги - до його підвищення.

Зміна межі витривалості в залежності від залишкових напруг представлено на (рис. 4).

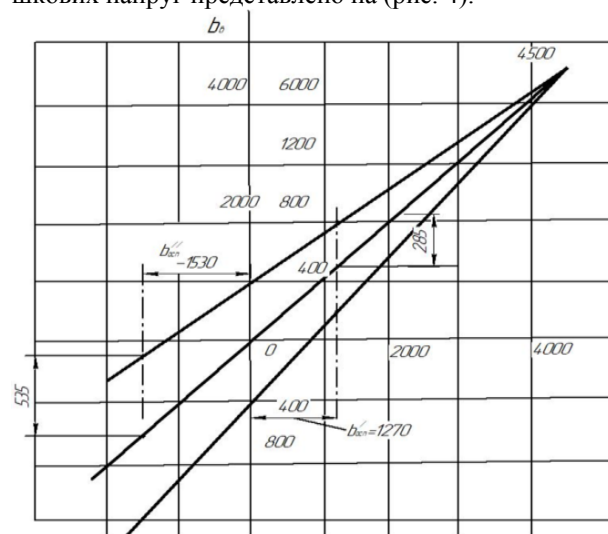


Рис. 4. Спрощена діаграма витривалості для обліку впливу залишкових напружень

На (рис. 5) наведені дані щодо розподілу напружень в моделях стикового з'єднання. З малюнка видно, що в стиковому з'єднанні розподіл напрузи не є рівномірним. Найбільш значна концентрація напружень спостерігається в місцях переходів від шва до основного металу, розташованих у виступів шва.

Ці ділянки стикового з'єднання є найбільш небезпечними. Наявність виступів у стикового шва викликає концентрацію напруг.

Місцеве потовщення стикового шва викликано необхідністю мати деякий технологічний допуск по товщині шва для обліку нерівномірності процесу перенесення металу з електрода в шов. Технологічний допуск забезпечує необхідну товщину зварного шва по всій його довжині, яка не повинна бути менше товщини приєднується елемента.

Високотемпературна область (I) - зона максимальних температур від T_l до T_c . У високотемпературній області в процесі нагрівання поряд з процесами аустенізації і зростання зерна на завершальній стадії нагріву, спостерігається плавлення металу як по межах зерен, так і в обсязі зерен.

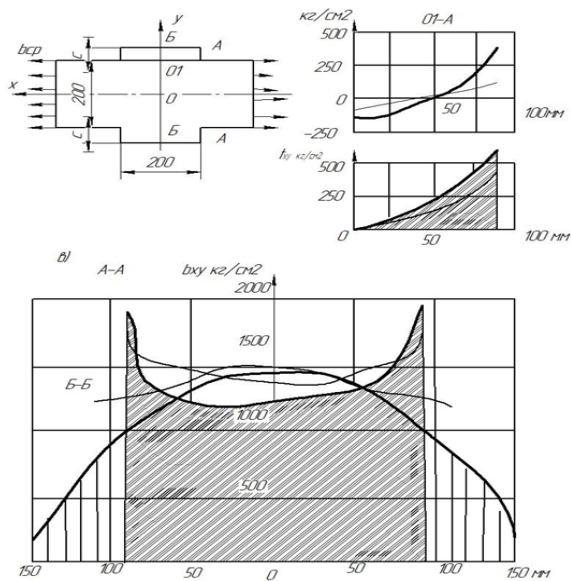


Рис. 5. Епюри напружень в моделі зварного з'єднання вистик: а модель з прямокутними виступами; б - напруги в перетині по підшві виступів; про напруження в поперечних перетинах; •• - сх - 50 мм; Про - Про - з * = 1, 'мм

Відомо, що зварні з'єднання мають чотири зони термічного впливу (рис. 6).

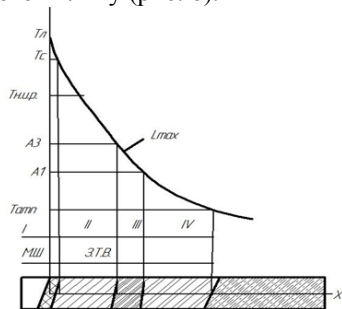


Рис. 6. Зони термічного впливу по розподілу максимальних температур по критичних точках; м. ш. — метал зварного шва; з. т. в — зона термічного впливу

Область аустенізації (II) - зона максимальних температур від T_c до A_{c3} . У даній області, як і в першій, в процесі нагрівання протікає фазове перетворення перліту в аустеніт, відбувається зростання зерна аустеніту, його гомогенізація. При цьому на ділянці, де температура нижче $T_{п.и.р}$ (температура початку інтенсивного росту зерна), зерно аустеніту більш дрібне, але менш однорідне, ніж на ділянці, де температура вище $T_{п.и.р}$. Різниця у властивостях аустенітного зерна в межах області аустенізації позначається надалі на кінетиці перетворення аустеніту на стадії охолодження. Крупнозернистий більш однорідний аустеніт в порівнянні з дрібнозернистим і менш однорідним більш схильний до переохолодження.

Область неповної перекристалізації (III) - зона максимальних температур від A_{c3} до A_{c1} . На ділянці неповної перекристалізації в процесі нагрівання спостерігається часткове перетворення фериту (перліту) в аустеніт. При подальшому охолодженні в залежності від швидкості охолодження

можливо перетворення аустеніту в перлітні структури або в мартенсит. Неоднорідність механічних властивостей в III зоні може бути значною, оскільки аустеніт, що формується в діапазоні температур $A_{c3} - A_{c1}$ характеризується великою хімічною неоднорідністю.

Найбільшу небезпеку становить саме (IV) зона - зона максимальних температур от A_{c1} до $T_{отп}$. Саме тут відбувається втрата міцності метала за рахунок структурної неоднорідності зерен. При зварюванні метала відбувається коагуляція цементиту. Відповідно до сучасних уявлень про фізичну природу міжзеренного руйнування граничний стан досягається коли локальне напруження σ_d в місці зародження або вершини мікротріщини стане рівним або більшим напруги теоретичної міцності $\sigma_{теор}$. У той же час існує інтервал σ_d , при якому розрив міжатомних зв'язків здійснюється за рахунок дії локальної теплової флуктуації. Однак для цього потрібно чимало часу очікування. Величина цього часу і подальша динаміка міжзеренного руйнування істотно залежать від дислокаційної структури, наявності розвинених ділянок структурної та хімічної мікронеоднорідності, типу і розміру виділень вторинних фаз, швидкості зниження σ_d , пов'язаної з релаксаційної здатністю границь і приграничних обсягів зерен та інших факторів що сприяють зниженню величини. Тому в умовах високотемпературного міжзеренного зародження мікротріщин відбувається при локальних напруженнях, порівнянних за розміром з локальним межею тривалої міцності. Таким чином, міжзернове руйнування може бути досягнуто при виконанні умови.

Механізм окрихнення метала зони термічного впливу зварних з'єднань обумовлений розвитком двох процесів: прямого (за рахунок утворення надлишкових фаз і збагачення кордонів зерен домішковими і сегрегуючими елементами) і відносного (за рахунок зменшення тіла зерна) втратою міцності кордонів зерен.

За допомогою комп'ютерної моделі кузова вагона-термоса, побудованої в програмному комплексі SolidWorks за оригінальними кресленнями конструкторської документації (КД), проведено дослідження розподілу напружень, що передаються на дах кузова вагона (рис. 7). В розрахунку врахований термічний вплив від наявності зварного шва.

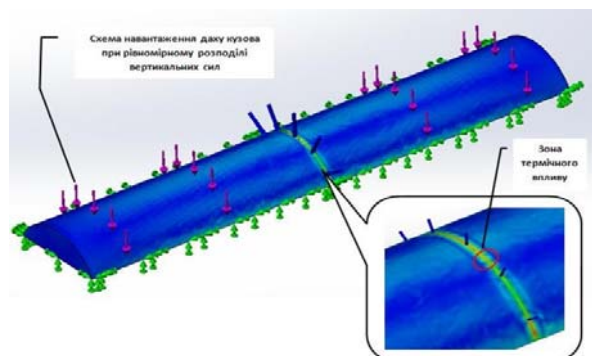


Рис. 7. Епюра еквівалентних напружень поверхні даху вагона-термоса

Таким чином, якість роботи персоналу, його кваліфікація, стиль обслуговування може впливати на загальний рівень сервісного обслуговування у вокзальному комплексі.

Висновок. В результаті дослідження було встановлено характеристики виникнення тріщин:

- тріщини мають систематичний характер;
- тріщини мають розвиток по дузі де знаходиться середина дверного про йому;
- тріщини розвиваються на однаковій відстані з однієї чи з двох сторін дугоподібного середнього арочного швелера;

- тріщини утворюються в корозійних місцях у вигляді лінії яка повторює дугоподібний швелер;

В якості загальних рекомендацій з протидії експлуатаційним пошкодженням для вагонів-термосів моделі ТН 4-201 побудови заводу «Десау» Німеччина можна виділити:

- проведення заходів з поліпшення якостей цих вагонів шляхом застосування більш ефективних систем демпфірування;
- впровадження інноваційних рішень з поліпшення несучої здатності конструкцій, наприклад принципів рівномірності чи компенсаційного напруженого і/або деформованого стану;
- системного підсилення найбільш відповідних ділянок несучих вузлів та елементів;
- недопущення експлуатації таких вагонів в непередбачених керівництвом з експлуатації режимах наприклад розпусків з сортувальних гірок;
- застосування матеріалів з особливими властивостями у найбільш відповідальних (таких, що впливають на безпеку руху) ділянках.

Література

1. Воробьев А. З. Сопротивление усталости элементов конструкций [Текст] / [А. З. Воробьев, Б. И. Олькин и др.] - М.: Машиностроение, 1990. - 240 с.
2. Мороз, В. І. Визначення перспективних напрямків удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» / В. І. Мороз, В. В. Фомін, О. В. Фомін // Зб. наук. праць. – Харків : УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 99. – С. 72–81.
3. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises / S. V. Panchenko, T. V. Butko, A. V. Prokhorchenko, L. O. Parkhomenko // *Наук. вісн. націон. гірн. ун-ту.* – 2016. – № 2. – С. 93–99.
4. Tartakovskiy, E. Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems / E. Tartakovskiy, O. Gorobchenko, A. Antonovych // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2016. – Vol. 5. – Iss. 3 (83). – P. 4–11. doi: 10.15587/1729-4061.2016.80198.
5. Гарг В. К. Динамика подвижного состава [Текст] / В. К. Гарг, Р. В. Дуккипати. — М.: Транспорт, 1988. — 391 с.
6. Акуленко А. Прогноз обсягів вантажних і пасажирських перевезень на перспективу до 2020 року [Текст] / А. Акуленко, П. Яновський // *Залізничний транспорт України.* — 2009. № 6. С. 41—43.
7. Fomin, O. Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model / O.V. Fomin / *Scientific*

and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, No. 1 – P.45–48.

8. Hauser V., Nozhenko O.S., Kravchenko K.O., Loulova M., Gerlici J., Lack T. Impact of wheelset steering and wheel profile geometry to the vehicle behavior when passing curved track. «*Manufacturing Technology*». June 2017, Vol. 17, No. 3, p. 306-312.
9. Фомін, О.В. Використання профілю з перерізом у вигляді прямокутної труби в якості елементів каркасів кузовів залізничних напіввагонів / О.В. Фомін, В.В. Фомін // Зб. наук. праць. – Луганськ: ЧНУ ім. В.Далі, 2012. – Вип. №3(174)- С.244-250.
10. Lovska, A. A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge / A. A. Lovska. – *Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry».* – 2015. - №1. – p. 49 – 54.
11. Фомін, О.В. Варіаційне описання конструктивних виконань вантажних вагонів/ О.В. Фомін, А.В. Гостра // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Київ: ДЕТУТ, 2015. – Вип.26-27. – С.137-147.
12. Danchenko, Yu. Research of the intermolecular interactions and structure in epoxyamine composites with dispersed oxides [Text] / Yu. Danchenko, V. Andronov, E. Barabash, T. Obigenko, E. Rybka, R. Meleshenko, A. Romin // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2017. – Vol. 6, Issue 12 (89). – P.4–12
13. Kelrykh, M. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas/ M. Kelrykh, O. Fomin / *Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry».* 2014, No. 6 – P.64-67.
14. Іщенко, В.М. Теплотехнічна модель конструкції огородження кузова критого вагона з теплоізоляцією [Текст]/ В.М. Іщенко, О.В. Фомін, В.С. Осьмак// Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 157.– С. 143–149.

References

1. Vorobyev A.Z. (1990) Resistance to fatigue of structural elements [Resistance to fatigue of structural elements]. Moscow : Mechanical Engineering, [in Russia]
2. Moroz, V.I. Vyznachenja perspektivnih naprjavkiv udoskonalenja konstrukcii napivvagoniv virobnictva DP «Ukrspetsvagon»/ V.I. Moroz, V. V. Fomin, O.V. Fomin // *Zb. nauk. prac.- Kharkiv: UkrDAZT, 2008.- Vip. 99.- P. 72-81.*
3. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises / S. V. Panchenko, T. V. Butko, A. V. Prokhorchenko, L. O. Parkhomenko // *Наук. вісн. націон. гірн. ун-ту.* – 2016. – № 2. – С. 93–99.
4. Tartakovskiy, E., Gorobchenko, O., & Antonovych, A. (2016). Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5, 3(83), 4-11. doi: 10.15587/1729-4061.2016.80198
5. Garg, V.K., Dukkpati. R.V., (1988) Dynamics of the rolling stock [Dynamics of the rolling stock] Moscow : Transport, [in Russia]
6. Akulenko A., Yanovsky. P., (2009) The forecast of volumes of cargo and passenger transportations for the future up to 2020 [The forecast of volumes of cargo and

- passenger transportations for the future up to 2020], Railway transport of Ukraine. 6. 41-43. [in Ukrainian]
7. Fomin, O., (2015) Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model [Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model]. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 1.45-48. [in Ukrainian]
 8. Hauser V., Nozhenko O.S., Kravchenko K.O., Loulová M., Gerlici J., Lack T. (2017). Impact of wheelset steering and wheel profile geometry to the vehicle behavior when passing curved track. Manufacturing Technology, June 2017, Vol. 17, 3, 306-312.
 9. Fomin, O.V., Fomin, V.V. (2012), Using of rectangle profiles by elements of gondola bodies [Using of rectangle profiles by elements of gondola bodies]. National University SNU them V.Dala. (3(174)) – 244-250. [in Ukrainian]
 10. Lovska, A. A. (2015) Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge / A. A. Lovska / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry», 1, 49-54.
 11. Fomin, O.V., Gostra. A.V. (2015), Variacijne opisannja konstruktivnih vikonan' vantazhnih vagoniv [Variations describe the structural designs of freight cars]. Proceedings of the State Economic and Technological University of Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine series "Transport systems and technologies." - Kyiv.:26-27. - S.137-147. [in Ukrainian]
 12. Danchenko, Yu., Andronov, V., Kariev, A., Lebedev, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Yavorska, D. (2017). Investigation of surface properties of dispersive fillers based on plant raw materials. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5, 12(89), 20-26.
 13. Kelrykh, M.B., Fomin, O.V., (2014), Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 6 – 64-67. [in Ukrainian]
 14. Ishchenko. V.M., Fomin O.V., Osmak V.E., (2015) Thermotechnical model of the design of the fence of the body of the covered wagon with thermal insulation [Thermotechnical model of the design of the fence of the body of the covered wagon with thermal insulation] Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport. - Kharkiv: UkrDUZT, 157.- P. 143-149. [in Ukrainian]

Фомин А.В., Ищенко В.Н. Брайковская Н.С. Цымбалюк А.В. Исследования эксплуатационных повреждений вагонов-термосов модели ТН 4-201 строительства завода «Де-сау» Германия.

В настоящее время в Украине и странах СНГ увеличились объемы перевозки скоропортящихся продовольственных искусственных, тарно-штучных и пакетирован-

ных грузов. Условия перевозки этих грузов требуют формирования парка изотермических вагонов.

Для создания и поставки на железной дороге Украины и других стран СНГ данного типа вагонов проводится их разработка, производство и испытания. При этом недостаточное финансирование закупок нового изотермического подвижного состава требует поддержания в надлежащем техническом состоянии существующего их парка.

Для того чтобы определить современное состояние вагонов-термосов и проблемы вызваны эксплуатацией необходимо комплексно исследовать их конструктивный состояние. В данной статье приведены результаты и особенности проведенного комплексного исследования эксплуатационных повреждений вагонов-термосов модели ТН 4-201 строительства завода «Десау» Германия.

Ключевые слова: транспортная механика, вагоны-термосы, вибрационная нагрузка, эксплуатационные повреждения, трещины.

Fomin A., Ishchenko V., Braikovskaya N., Tsybaliuk A. Research of operational damages of thermos cars model TH 4-201 for the construction of the plant "Desaus" Germany.

At present, the volumes of transportation of perishable food artificial, packaged-piece and packaged cargo have increased in Ukraine and CIS countries. Conditions for the carriage of these cargoes require the formation of a fleet of isothermal wagons. To create and supply railroad of Ukraine and other CIS countries of this type of wagons, their development, production and testing are carried out. At the same time, insufficient financing of purchases of new isothermal rolling stock requires maintenance of the existing fleet in a properly technical condition. In order to determine the current state of the thermos wagons and the problems caused by the operation, it is necessary to comprehensively investigate their constructive state. This article presents the results and peculiarities of the comprehensive investigation of operational damages of the thermos wagons model TH 4-201 of the construction of the Desai factory Germany

Keywords: transport mechanics, wagons-thermoses, vibration load, operational damage, cracks.

Ищенко В.М. - к.т.н., доцент завідувач кафедри «Вагони та вагонне господарство», ДУІТ, м. Київ.

Брайковська Н.С. – к.т.н., професор, директор ДУІТ, м.Київ

Цимбалюк А.В. – аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДУІТ, м. Київ, e-mail: gostra93@ukr.net

Фомін О.В. – д.т.н., доцент, кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДУІТ, м. Київ.

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

Стаття подана 28.03.2017

УДК 621.924.93

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОСТОРОВОЇ ТРИВИМІРНОЇ ТЕЧІЇ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА

Чернецька-Білецька Н.Б., Роговий А.С., Баранов І.О., Мірошникова М.В.

MATHEMATICAL MODEL SPATIAL THREE-DIMENSIONAL COURSE OF WATER-COAL FUELS

Chernetska-Biletska N., Rogovyi A., Baranov I., Miroshnykova M.

В статті була розроблена математична модель просторової тривимірної течії водовугільного палива (ВВП), що дозволяє на відміну від існуючих моделей турбулентності SST визначити гідрравлічні параметри транспортування ВВП в промислових гідротранспортних системах з урахуванням реологічних властивостей, режимів течії і гранулометричного складу. Для рішення поставленої задачі використано методи обчислювальної гідродинаміки – метод кінцевих об'ємів (FVM). Для виконання розрахунків гідрравлічних параметрів транспортування ВВП була побудована тривимірна модель експериментальної установки. Виконано порівняння точності визначення втрат тиску за різними моделями. Встановлено, що найбільшу помилку має розрахунок течії без урахування реологічного закону, тобто течії ньютонівської рідини з тією ж в'язкістю. Встановлено, що найменшу помилку має ламінарна модель та SST-модель, з урахуванням реологічного закону. Результати числових розрахунків якісно добре збігаються з аналітичним описом бінгамівської течії та з результатами експериментальних досліджень.

Ключові слова: водовугільне паливо, транспортування, моделювання, гранулометричний склад, реологічні властивості, втрати тиску.

Вступ. Розширення сфери використання водовугільного палива (ВВП) як ефективної вугільної технології викликає необхідність удосконалення технологій його приготування для зменшення енерговитрат в розрахунку одиницю продукту і транспортування для зменшення витрат на перекачування по трубопроводу і спрощення насосного обладнання.

Найбільш перспективним напрямком розвитку вугільних технологій в Україні, є використання ВВП в якості альтернативного виду палива для потреб теплоенергетичного комплексу України. Низька ефективність попередніх впроваджених заходів практичної спрямованості пояснюється не тільки їх недостатньою організаційно-управлінською компонентою, а й необхідністю більш поглиблених до-

сліджень ВВП як теоретичного так і емпіричного характеру [1].

Постановка проблеми. Виконані теоретичні та експериментальні дослідження транспортування ВВП показали, що на параметри транспортування впливають досить багато чинників, з яких один з основних є гранулометричний склад палива. Дослідження впливу гранулометричного складу на енергоефективність транспортування потребує значної кількості експериментальних досліджень та постійного змінювання складу, який впливає на реологічні показники. Широке розповсюдження отримало числове вирішення задач руху ВВП при розумних витратах часу на розрахунок. Таким чином, з'явилася можливість зменшити кількість експериментальних досліджень за рахунок заміни частини найбільш коштовних експериментальних досліджень теоретичними числовими. Для цього необхідно провести валідацію математичних моделей з метою отримання якнайменшого розходження між результатами математичного моделювання та експериментальних досліджень [1, 2]. Після отримання найменших похибок розрахунку моделей течій необхідно вказати діапазон, в якому ці моделі мають достатню точність, та підкреслити в якому діапазоні параметрів отримані результати та висновки будуть мати чинність.

Для ньютонівських рідин за останні роки проведено велику кількість різноманітних досліджень щодо визначення найкращих, за помилками, моделей практично для усіх параметрів та геометрії течії, та ці роботи безупинно проводяться в даний час [3]. На відміну від ньютонівських рідин для неньютонівських, визначення моделей значно більш складне за рахунок впливу додаткового чинника, такого як змінення в'язкості за реологічним законом [4]. Для цих рідин проводиться значно менша кількість досліджень із допомогою програмних комплексів CFD, та наявність досить великої кількості реологічних

моделей призводить до того, що для конкретної реологічної моделі та конкретних параметрів гранулометричного складу практично не проводилося досліджень числового вирішення рівнянь руху [5, 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час накопичено великий досвід, створена наукова база і розроблені методи для визначення енерговитрат при транспортуванні ВВП. Значний внесок у створення науково-методичного забезпечення та вирішення зазначених завдань внесли роботи зарубіжних вчених EERC у США, Cape Breton Development Corporation в Канаді, Snamprogetti в Італії, Salzgitter у Німеччині, AB Carbogel у Швеції, Elfsolaize у Франції, Japan COM, JGC та Nissho Iwai Coal Corp. в Японії, Janri CWM Corp. у Китаї, ФГАОУ ВПО, ЗАО НПП «Сибзкотехника», СФУ у Росії. Вагомий внесок у розвиток ВУТ-технологій в Україні внесли вчені ІГТМ НАН України, ДНТУ, НВО «Хаймек», СЧУ ім. В. Даля, ІВЕ НАН України, УкрНДДГідровугілля, ІНФОУ НАН України та ІК-ХіХВ НАН України та інші.

Вирішенню питань зниження гідравлічного опору при транспортуванні ВВП промисловим гідротранспортом присвячені роботи вчених Білецького В.С., Брагіна Б.Ф., Власова Ю.Ф., Крутя О.А., Мурко В.І., Світлого Ю.Г., Семененко Є.В., Сергєєва П.В. та інших. Основи сучасних методів розрахунку параметрів транспортування неньютоновських рідин трубопроводами закладені Алієвим Р.А., Бібіком Е.Е., Губіним В.С., Дмитрієвим Г.П., Лойцяньський Л.Г., Рабіновичем Е.З., Смолдиревим А.Е., Трайніс В.В., Урєєвим Н.Б., Яхно О.М. та іншими.

Мета статті. В роботі набула подальший розвиток математична модель просторової тривимірної течії ВВП, що дозволяє на відміну від існуючих моделей турбулентності SST визначити гідравлічні параметри транспортування ВВП в промислових гідротранспортних системах з урахуванням реологічних властивостей, режимів течії і гранулометричного складу.

Основний зміст. Для рішення поставленої задачі використано методи обчислювальної гідродинаміки – метод кінцевих об'ємів (FVM). Сутність метода складається з наступного: обирається деяка замкнута область течії рідини, для якої виробляється пошук полів макроскопічних величин (наприклад, швидкості, тиску), що описують стан середовища в часі й задовольняючих певним законам, сформульованим математично [7, 8]. Найбільш використовуваними є закони збереження в ейлерових змінних: для будь-якої величини ϕ , у кожній точці $O(x, y, z, t)$ простору, оточеного деяким замкнутим кінцевим об'ємом, у момент часу t існує наступна залежність: загальна кількість величини ϕ в об'ємі може змінюватися за рахунок наступних факторів:

- транспорт кількості цієї величини через поверхню, що обмежує контрольний об'єм – потік;

- генерація (знищення) деякої кількості величини ϕ усередині контрольного об'єму – джерело (стік).

Під контрольним об'ємом розуміється деякий замкнутий елементарний об'єм dW , обмежений поверхнею dS .

У свою чергу, потік величини ϕ через границю dS може бути розбитий на дві складові:

- конвекційна – рух разом із середовищем;
- дифузійна – обумовлена хаотичним рухом у середовищі (наприклад, турбулентним).

Математично це може бути представлено в такий спосіб:

$$\underbrace{\frac{\partial \rho \phi}{\partial t}}_{\text{похідна за часом}} + \underbrace{\bar{\nabla} \cdot (\rho \bar{V} \phi)}_{\text{конвекційний член}} - \underbrace{\bar{\nabla} \cdot (\Gamma_{\phi} \bar{\nabla} \phi)}_{\text{дифузійний член}} = \underbrace{S_{\phi}(\phi)}_{\text{джерело}}$$

Оскільки одержати точне рішення рівнянь гідромеханіки не завжди можливо, то використовується процедура дискретизації. Метою дискретизації є трансформація системи диференціальних рівнянь у частинних похідних у відповідну систему алгебраїчних рівнянь [9, 10]. Результатом рішення алгебраїчної системи є множина значень, що відповідає точному решению системи в деяких, наперед заданих, точках у просторі й часі. У результаті дискретизації розрахункової області виходить числовий опис простору, що моделюється – розрахункова сітка. Розрахункова сітка містить у собі точки, в яких виробляється пошук рішення та опис границь. У випадку нестационарних задач, часова вісь також розбивається на кінцеве число інтервалів. Під час використання методу кінцевих об'ємів розкладання основного рівняння виробляється на складові, що впливають на сумарний баланс деякої величини. Метод кінцевих об'ємів є найбільш поширеним та найбільш популярним внаслідок того, що він дозволяє суворо дотримуватися законів збереження та основні поняття методу прямо відповідають фізичним величинам.

Крім дискретизації розрахункової області необхідно також розглянути загальну методику дискретизації основних рівнянь. Тому що при побудові диференціального рівняння будь-якої величини використовується єдина форма, то розглянемо процес дискретизації методом контрольних об'ємів на прикладі деякої величини ϕ в інтегральному виді:

$$\int_t^{t+\Delta t} \left[\int_{W_p} \frac{\partial \rho \phi}{\partial t} dW + \int_{W_p} \bar{\nabla} \cdot (\rho \bar{V} \phi) dW - \int_{W_p} \bar{\nabla} \cdot (\Gamma_{\phi} \bar{\nabla} \phi) dW \right] = \int_t^{t+\Delta t} \left[\int_{W_p} S_{\phi}(\phi) dW \right]$$

Дискретизація даного рівняння має другий порядок. Відповідно до теореми Гауса,

$$\int_{W_p} \bar{\nabla} \cdot \phi dW = \int_S \bar{dS} \cdot \phi,$$

де $*$ - будь-який тензорний добуток (наприклад, скалярний або векторний). Конвекційний член

$$\int_{W_p} \bar{\nabla} \cdot (\rho \bar{V} \phi) dW = \sum_f F \phi_f,$$

де

$$F = (\bar{S}) \cdot (\rho \cdot \bar{V})_f;$$

дифузійний член

$$\int_{W_p} \bar{\nabla} \cdot (\Gamma \phi \bar{\nabla} \phi) dW = \sum_f \Gamma_f \bar{S}_f \cdot (\bar{\nabla} \phi)_f,$$

джерело

$$\int_{W_p} S_\phi(\phi) dW = SuW_p + SpW_p \phi_p.$$

Похідна за часом: 1-й порядок точності

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{W_p} \rho \phi dW = \frac{(\rho_p \phi_p W)^n - (\rho_p \phi_p W)^0}{\Delta t}.$$

Таким чином:

$$\sum_f F \phi_f - \sum_f \Gamma (S_f) \cdot (\nabla \phi)_f = SuW_p + SpW_p \phi_p.$$

У випадку одновимірної стаціонарної задачі транспорту деякої скалярної величини рівняння перетворюється до виду:

$$\frac{d}{dx} (\rho u A \phi) - \frac{d}{dx} \left(\Gamma A \frac{d}{dx} \phi \right) = S,$$

де u - швидкість; A - площа перетину контрольного об'єму в напрямку x (для одновимірного випадку $A=1$), Γ - коефіцієнт дифузії.

Конвекційний член:

$$\frac{d}{dx} (\phi) = C_e \phi_e - C_w \phi_w,$$

де $C_e = (\rho u A)_e$ - вихідний потік, $C_w = (\rho u A)_w$ - вхідний потік.

Дифузійний член:

$$-\frac{d}{dx} \Gamma \frac{d}{dx} \phi = -[D_e (\phi_e - \phi_p) - D_w (\phi_p - \phi_w)],$$

де $D_e = \left(\frac{\Gamma A}{\Delta x} \right)_e$ та $D_w = \left(\frac{\Gamma A}{\Delta x} \right)_w$ - дифузійні коефіцієнти переносу.

Джерело розбивається на дві складові:

$$S = SuW_p + SpW_p \phi_p = b_p + s_p \phi_p.$$

Для спрощення розглянемо систему рівнянь для нестисливої ньютонівської рідини. Для неньютонівської - змінюється визначення кінематичної в'язкості.

$$\bar{\nabla} \cdot (\bar{V}) = 0,$$

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \bar{\nabla} \cdot (\bar{V} \bar{V}) - \bar{\nabla} \cdot (\nu \bar{\nabla} \bar{V}) = -\bar{\nabla} p$$

$$a_p \bar{V}_p = \bar{H}(\bar{V}) - \bar{\nabla} p.$$

$$\bar{V}_p = \frac{\bar{H}(\bar{V})}{A} - \frac{1}{A} \bar{\nabla} p$$

при інтерполяції величин $\bar{V}$ і p на границях осередків рівняння здобуває вид:

$$\bar{V}_f = \left(\frac{\bar{H}(\bar{V})}{A} \right)_f - \left(\frac{1}{A} \bar{\nabla} p \right)_f$$

$$\bar{\nabla} \cdot (\bar{V}_f) = \bar{\nabla} \cdot \left(\frac{\bar{H}(\bar{V})}{A} \right)_f - \bar{\nabla} \cdot \left(\frac{1}{A} \bar{\nabla} p \right)_f = 0$$

Одержуємо, що

$$\bar{\nabla} \cdot \left(\frac{\bar{H}(\bar{V})}{A} \right)_f = \bar{\nabla} \cdot \left(\frac{1}{A} \bar{\nabla} p \right)_f$$

Рішення рівняння забезпечує виконання закону збереження маси. Зробивши стандартну процедуру дискретизації рівнянь, одержуємо дискретний аналог системи Нав'є-Стокса:

$$A \bar{V}_p = \bar{H}(\bar{V}) - \sum_f S(p)_f;$$

$$\sum_f S \left[\left(\frac{1}{A} \right) (\bar{\nabla} p)_f \right] = \sum_f S \left(\frac{\bar{H}(\bar{V})}{A} \right)_f.$$

Система рівнянь може бути вирішена одночасно або ітераційно. У більшості програмних продуктів використовуються ітеративні методи, в основному

– це SIMPLE (Semi-Implicit for Pressure-Linked Equations) для стаціонарних задач та PISO (Pressure Implicit with Splitting of Operators) для нестационарних. Суть всіх методів полягає в тому, що спочатку вирішують рівняння збереження імпульсу, користуючись старими значеннями тиску, вирішують рівняння для тиску та потім роблять корекцію поля швидкості відповідно до нових значень поля тиску [11, 12].

Використання вищенаведеної математичної моделі та числових засобів розрахунку можливе лише в спеціалізованому програмному забезпеченні внаслідок складності обчислювальних процедур виключно комп'ютерними засобами. На сьогоднішній день існують досить велика кількість програмних продуктів, що дають можливість розраховувати течії рідин та газів: OpenFoam, Ansys Fluent, Cosmos FlowWorks, Ansys CFX, FlowVision та багато інших. Деякі з цих пакетів є виключно комерційними, деякі такі як OpenFoam є некомерційними з можливістю роботи за ліцензією GPL, що дозволяє вносити в них необхідні зміни (коректування математичних моделей) без втрати ліцензії, а значить і прав на використання (у тому числі, комерційне). Наприклад, програмний пакет Ansys дозволяє не комерційне використання програмних засобів CFX та Fluent при розрахунках течії рідин з обмеженням на число елементів (до 512 000). Тому що, Ansys є програмним продуктом, який використовують більшість підприємств світу та, внаслідок використання нами гексагональних сіток розміром до 500000 елементів в наших розрахунках течії водовугільного палива, в якості програмного продукту обрано – Ansys CFX з використанням безкоштовної ліцензії Student, чого було достатньо для отримання адекватних результатів.

Для верифікації числових розрахунків були зроблені експериментальні дослідження течії водовугільного палива прямим трубопроводом та знайдено витрати тиску для реалізації заданої витрати або швидкості суміші. Установка для фізичного дослідження включає вимірювальну апаратуру з точністю достатньою для проведення верифікації розрахунків, а потім і для перевірки адекватності. Для числових розрахунків було побудовано тривимірну модель дослідного стенду із дотриманням усіх розмірів (рис.1.).

На рис. 2. наведено результати розрахунку течії ВВП з наступними параметрами: $V = 0,5$ м/с, $\eta = 0,69$ Па·с, $\tau_0 = 4,63$ Па, $Re = 30$.

Як видно з рис. 2. біля осі труби є зона приблизно однакової швидкості, що якісно співпадає з результатами експериментальних досліджень. Ця зона є стрижневою течією, яка характерна для течії бінгамівських рідин. Таким чином, можна заключити, що результати числових розрахунків якісно добре збігаються з аналітичним описом бінгамівської течії та з результатами експериментальних досліджень. Тому що лінії струму є прямі лінії, а також при перевірці чисел Рейнольдса, можна прийти висновку, що течія є ламінарною. Тому було проведено розра-

хунки та порівняння з експериментальними даними різних моделей: ламінарна, $k-\varepsilon$ та SST-модель.

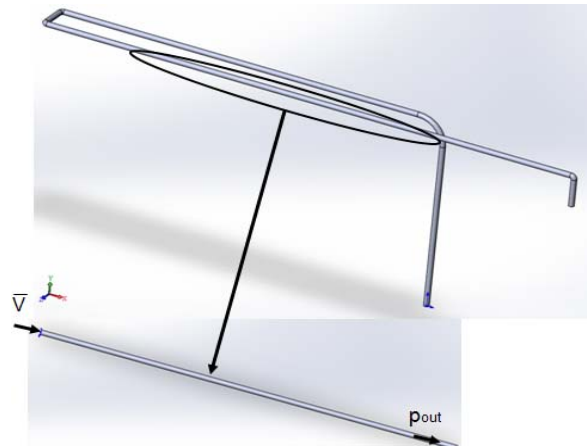


Рис. 1. Тривимірний модель експериментальної установки

Результати розрахунків наведено на рис. 3. На рисунку показано похибку розрахунку втрат тиску у відсотках. Як видно з рисунку найбільшу помилку має розрахунок течії без урахування реологічного закону, тобто течії ньютонівської рідини з тією ж в'язкістю. Найменшу помилку мають ламінарна модель та SST-модель, з урахуванням реологічного закону.

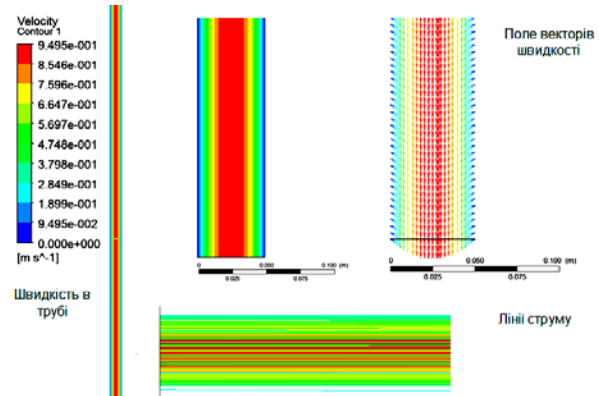


Рис. 2. Результати розрахунку течії водовугільного палива в трубі



Рис. 3. Порівняння точності визначення втрат тиску за різними моделями

Згідно порівняння точності розрахунку особливого значення не має яку саме модель обрати для розрахунку ламінарну чи модель Мендера, але щодо універсальності використання моделі, модель SST є більш універсальною та її можна використати для любых видів течій.

Висновок. В роботі була розроблена математична модель просторової тривимірної течії ВВП, що дозволяє на відміну від існуючих моделей турбулентності SST визначити гідрравлічні параметри транспортування ВВП в промислових гідротранспортних системах з урахуванням реологічних властивостей, режимів течії і гранулометричного складу. Для рішення поставленої задачі використано методи обчислювальної гідродинаміки – метод кінцевих об'ємів (FVM). Для виконання розрахунків гідрравлічних параметрів транспортування ВВП була побудована тривимірна модель експериментальної установки. Виконано порівняння точності визначення втрат тиску за різними моделями. Встановлено, що найбільшу помилку має розрахунок течії без урахування реологічного закону, тобто течії ньютонівської рідини з тією ж в'язкістю. Найменшу помилку мають ламінарна модель та SST-модель, з урахуванням реологічного закону. Результати числових розрахунків якісно добре збігаються з аналітичним описом бінгамівської течії та з результатами експериментальних досліджень.

Л і т е р а т у р а

- Rogovyi A.S. Verification of Fluid Flow Calculation in Vortex Chamber Superchargers/ A.S. Rogovyi // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / МОН Украины, ХНАДУ. – Харьков, 2016. – Вып. 39. – С. 39-46.
- Сємин Д.А. Верификация расчетов течений в вихрекамерных устройствах. / Сємин Д.А., Роговой А.С., Левашов А.М., Левашов Я.М. // Вісник НТУУ "КПІ". Сер. Машинобудування, 2016. – № 2 (77). – С. 71-78.
- Роуч П. Вычислительная гидродинамика: Пер. с англ. /П. Роуч. – М.: Мир, 1981. – 612 с.
- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. /Л.Г. Лойцянский. – М.:Наука, 1978. – 736 с.
- Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. /Б.Т. Емцев. – М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.
- Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: В 2-х т. Т. 1: Пер. с англ. / Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. – М.: Мир, 1990. – 384 с.
- Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учебное пособие / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.
- Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с англ. /С. Патанкар. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
- Shur, M. L. A hybrid RANS-LES approach with delayed-DES and wall-modelled LES capabilities /Shur, M. L., Spalart, P. R., Strelets, M. K., & Travin, A. K.// International Journal of Heat and Fluid Flow, 2008. – 29(6), – P. 1638-1649.
- Rogovyi A. Use of detached-eddy simulation method (DES) in calculations of the swirled flows in vortex apparatuses /A.Rogovyi// Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – 2016. – Vol. 16, No. 3. – P. 57-62.
- Stephens D.W. Turbulence model analysis of flow inside a hydrocyclone /Stephens D. W., Mohanarangam K.//Progress in Computational Fluid Dynamics, an International Journal. – 2010. – Vol. 10. – №. 5-6. – P. 366-373.
- Nazukin V. A. CFD Analysis of Swirling Flows in Premixers /V. Nazukin, V.Avgustinovich//ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition. – American Society of Mechanical Engineers, 2014. – P. V04AT04A051-V04AT04A051.

References

- Rogovyi A.S. Verification of Fluid Flow Calculation in Vortex Chamber Superchargers/ A.S. Rogovyi // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / МОН Украины, ХНАДУ. – Харьков, 2016. – Вып. 39. – С. 39-46.
- Sjomin D.A. Verifikacija raschetov techenij v vikhrekamernyh ustroystvakh. / Sjomin D.A., Rogovoj A.S., Levashov A.M., Levashov Ja.M. // Visnik NTUU "KPI". Ser. Mashinobuduvannya, 2016. – № 2 (77). – S. 71-78.
- Rouch P. Vychislitel'naja gidrodinamika: Per. s angl. /P. Rouch. – M.: Mir, 1981. – 612 s.
- Lojczanskij L.G. Mehanika zhidkosti i gaza. /L.G. Lojczanskij. – M.:Nauka, 1978. – 736 s.
- Emcev B.T. Tehnicheskaja gidromehanika. /B.T. Emcev. – M.: Mashinostroenie, 1987. – 440 s.
- Anderson D. Vychislitel'naja gidromehanika i teploobmen: V 2-h t. T. 1: Per. s angl. / D. Anderson, Dzh. Tannehill, R. Pletcher. – M.: Mir, 1990. – 384 s.
- Garbaruk A.V. Modelirovanie turbulentnosti v ras-chetah slozhnyh techenij: uchebnoe posobie / A.V. Gar-baruk, M.H. Strelec, M.L. Shur – SPb: Izd-vo Poli-tehn. un-ta, 2012. – 88 s.
- Patankar S. Chislennyye metody resheniya zadach teploobmena i dinamiki zhidkosti: Per. s angl. /S. Patankar. – M.: Jenergoatomizdat, 1984. – 152 s.
- Shur, M. L. A hybrid RANS-LES approach with delayed-DES and wall-modelled LES capabilities /Shur, M. L., Spalart, P. R., Strelets, M. K., & Travin, A. K.// International Journal of Heat and Fluid Flow, 2008. – 29(6), – P. 1638-1649.
- Rogovyi A. Use of detached-eddy simulation method (DES) in calculations of the swirled flows in vortex apparatuses /A.Rogovyi// Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – 2016. – Vol. 16, No. 3. – P. 57-62.
- Stephens D.W. Turbulence model analysis of flow inside a hydrocyclone /Stephens D. W., Mohanarangam K.//Progress in Computational Fluid Dynamics, an International Journal. – 2010. – Vol. 10. – №. 5-6. – P. 366-373.
- Nazukin V. A. CFD Analysis of Swirling Flows in Premixers /V. Nazukin, V.Avgustinovich//ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition. – American Society of Mechanical Engineers, 2014. – P. V04AT04A051-V04AT04A051.

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Роговой А.С., Баранов И.О., Мирошникова М.В. Математическая модель пространственного трехмерного течения водоугольного топлива.

В статье была разработана математическая модель пространственного трехмерного течения водоугольного топлива (ВУТ), что позволяет в отличие от существующих моделей турбулентности SST определить гидравлические параметры транспортировки ВУТ в промыш-

иленных гидротранспортных системах с учетом реологических свойств, режимов течения и гранулометрического состава. Для решения поставленной задачи использованы методы вычислительной гидродинамики - метод конечных объемов (FVM). Для выполнения расчетов гидравлических параметров транспортировки ВУТ была построена трехмерная модель экспериментальной установки. Выполнено сравнение точности определения потерь давления по разным моделям. Установлено, что самую большую погрешность имеет расчет течения без учета реологического закона, то есть течения ньютоновской жидкости с той же вязкостью. Установлено, что малейшую погрешность имеет ламинарная модель и SST-модель, с учетом реологического закона. Результаты численных расчетов качественно совпадают с аналитическим описанием бингамовского течения и результатами экспериментальных исследований.

Ключевые слова: водоугольное топливо, транспортирование, моделирование, гранулометрический состав, реологические свойства, потери давления.

Chernetska-Biletska N., Rogovyi A., Baranov I., Miroshnykova M. Mathematical model spatial three-dimensional course of water-coal fuels.

In the article mathematical model three-dimensional spatial flow of water-coal fuel (WCF) was developed, which, unlike existing models SST turbulence, can determine hydraulic parameters transportation WCF in industrial hydrotransport systems, taking into account rheological properties, flow regimes and granulometric composition. To solve this problem, we used methods computational hydrodynamics - the finite volume method (FVM). A three-dimensional model experimental setup was constructed to perform calculations hydraulic transport parameters WCF. A comparison is made between

accuracy determination pressure losses by different models. It has been established that greatest error in calculating flow without taking into account rheological law, that is flow Newtonian fluid with same viscosity. It is established that slightest error is laminar model and SST-model, taking into account rheological law. The results numerical calculations qualitatively coincide with analytical description of Bingham current and results experimental studies. The use above mathematical model and numerical means calculation is possible only specialized software due complexity computational procedures exclusively by computer means. To date quite number software products that allow to calculate flow fluids and gases: OpenFoam, Ansys Fluent, Cosmos FlowWorks, Ansys CFX, FlowVision and many more.

Keywords: water-coal fuel, transportation, modeling, granulometric composition, rheological property, pressure loss.

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

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

Роговий А.С. – д.т.н., проф. 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.

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

Стаття подана 05.03.2018

УДК 005.932:005.83

ДОСЛІДЖЕННЯ АСПЕКТІВ ВИКОРИСТАННЯ АУТСОРСИНГУ В УПРАВЛІННІ ЛОГІСТИЧНИМИ ПРОЕКТАМИ

Шворнікова Г.М.

INVESTIGATION ASPECTS OF USING OUTSOURCING IN THE MANAGEMENT OF LOGISTICS PROJECTS

Shvornikova A.

У статті виконано дослідження питань, пов'язаних з проектуванням логістичних систем. Розглянуто принципи, методи і стадії проектування. Також розглянуто питання управління проектами в логістиці з урахуванням їх специфіки, обґрунтована актуальність досліджень в галузі управління проектами в логістичних системах. Розглянуто переваги та недоліки використання аутсорсингу при управлінні проектами в логістичних системах на сучасному етапі розвитку економіки країни. Проаналізовано форми забезпечення процесу управління проектами, причини передачі функцій з управління проектами на аутсорсинг і розглянуті види аутсорсингових послуг в сфері управління проектами.

Ключові слова: проект, логістика, принцип, метод, управління, аутсорсинг.

Вступ. Практичне використання логістики в умовах ринкової економіки виступає як найважливіший фактор розвитку підприємництва.

Проектування логістичних систем на перших етапах на рівні макроекономіки відбувалося спонтанно, методом спроб та помилок. Для полегшення цього процесу в подальшому на базі наявного досвіду були розроблені методики формування організаційних структур логістики.

Шляхом розробки альтернативних варіантів моделей і порівняння між собою їх характеристик відбувався пошук найбільш ефективних логістичних рішень.

На основі відповідності максимально ефективного досягнення логістичних цілей здійснюється вибір найкращого варіанту.

Постановка проблеми. Логістичний менеджмент підприємства вирішує комплексні задачі проектування та створення логістичних систем. Тому логістика є ще одною сферою використання методів управління проектами. Управління проектами в логістиці спрямовано на створення нових або перетворення існуючих логістичних систем. Проектний ме-

неджмент у даному випадку використовується як інструмент реалізації стратегічних логістичних рішень підприємства, а управління логістичними проектами здійснюється з позицій системного та логістичного підходів одночасно [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Найбільш вагомими працями щодо питань проектування логістичних систем та їх управління у сучасному науковому просторі є публікації І. Чумаченка, Л. Ноздріної, Г. Тарасюка, Д. Трелфала, Г. Дітхлема, І. Кендалла, К. Роллінза та багатьох інших. Так, І. Чумаченко стверджує, що "... повернення до сталого розвитку підприємств можливе лише за рахунок використання сучасних ефективних технологій управління, де інструментом, що суттєво покращує ефективність таких заходів, на сьогодні є управління проектами" [2, 3]. Але слід зазначити, що спектр сучасних проблем у сфері управління проектами вимагає формування нових методів та підходів до управління проектами, зокрема логістичними проектами, які б ґрунтувалися на світовому досвіді, враховували специфіку сфери діяльності.

Метою статті є дослідження та аналіз сучасних методів управління проектами в логістичних системах, що враховують специфіку їх функціонування.

Основний зміст. Методологія проектування логістичних систем базується на сукупності принципів і методів системного підходу, системного аналізу, проектування і моделювання.

Принципи проектування логістичних систем збігаються із загальними принципами логістики [4]:

1) принцип системного підходу, згідно з яким всі елементи логістичної системи повинні розглядатися у взаємозв'язку і взаємодії для досягнення глобальної мети функціонування системи;

2) принцип логістичної координації і інтеграції, суть якого полягає в узгодженні взаємодії всіх учасників логістичної системи для досягнення її головної мети;

3) організаційні принципи логістики «в очікуванні попиту» і «у відповідь на попит» (реалізація концепцій відстрочки операцій і консолідації відправок);

4) принципи логістичного реінжинірингу;

5) принцип орієнтації на індивідуалізацію вимог споживачів, тобто відмова від універсальності на користь більш повної відповідності конкретним умовам;

6) принцип гуманізації функцій і технологічних процесів, створення сучасних умов праці і виключення несприятливого впливу на зовнішнє середовище;

7) принцип мінімізації сукупних витрат на всьому логістичному ланцюгу;

8) принцип загального управління якістю (TQM);

9) принцип надійності та адаптивності логістичної системи, згідно з яким система повинна стійко функціонувати в умовах швидко мінливого середовища.

Системне проектування великих і складних систем, до яких відносяться логістичні системи, включає дві стадії проектування:

1) *макропроектування (зовнішнє)*, що припускає рішення функціонально-структурних питань, визначення зовнішніх і внутрішніх чинників, що впливають на систему, вибір критеріїв оцінки ефективності функціонування системи;

2) *мікропроектування (внутрішнє)*, що пов'язане з розбивкою ланок і елементів логістичної системи з урахуванням їх взаємозв'язку і взаємодії, специфічних властивостей і особливостей виконання основних функцій.

Методи проектування логістичних систем поділяють на три класи: аналітичні, імітаційні та оптимізаційні.

Аналітичні методи застосовуються для оцінки та аналізу існуючих логістичних систем. Вони базуються на стандартних процедурах обчислення і розглядають протікання логістичних процесів і операцій в умовах визначеності і ризику.

Імітаційні методи знаходять широке застосування при проектуванні в умовах невизначеності для прийняття управлінських рішень при наявності декількох альтернатив. Імітаційне моделювання найбільш ефективно за умови, коли параметри логістичної системи є випадковими величинами, що підпорядковуються різним законам розподілу, а матеріальні та супутні потоки являють собою випадкові стаціонарні та нестаціонарні процеси.

Оптимізаційні методи спираються на різні види програмування (лінійне, нелінійне, цілочисельне і т.д.). При проектуванні логістичних систем оптимізаційні методи застосовуються при вирішенні завдань конфігурації ланцюгів поставок (розміщення об'єктів інфраструктури, виробництв, терміналів, складів і т.п.); при виборі раціональних схем транспортування, тобто вирішенні так званих виробничо-транспортно-складських завдань; формуванні стра-

тегій управління запасами в багаторівневих логістичних системах. [5]

Будь-який проект і процес його реалізації, здійснення є складною системою, де сам проект виступає як керована підсистема, а підсистемою, що управляє, є управління проектом.

Проектний логістичний менеджмент розглядається як системно організований процес управління матеріальними, сервісними, інформаційними та фінансовими потоками. Процес управління реалізується послідовно на усіх фазах життєвого циклу проекту шляхом побудови ланцюгів взаємодії зацікавлених сторін проекту [1].

З іншого боку управління проектами в логістиці це методичний підхід до керування інвестиціями в інфраструктурі підприємства з урахуванням змін у зовнішньому середовищі. Тим самим логістичний проект спрямовано на розв'язок тактичних та стратегічних задач управління підприємством.

Управління проектами в логістиці базується на використанні методів управління проектами та програмами в процесі створення або перетворення логістичних інтегрованих систем, що забезпечують високу якість виробництва та постачання готової продукції до кінцевого споживача.

Поєднання прийомів та методів логістичного менеджменту з методами управління проектами забезпечують досягнення підприємством максимального прибутку, розширення ринкового сегменту, отримання конкурентних переваг за умов оптимального використання наявних у підприємства ресурсів та пристосування до змін навколишнього середовища. [1, 10]

До керованих параметрів проекту належать: обсяг і види робіт; вартість і витрати проекту; терміни, тривалість виконання робіт, етапів, фаз проекту, а також взаємозв'язок робіт; ресурси, необхідні для здійснення проекту, зокрема: трудові, фінансові, матеріально-технічні, а також їх нестача; якість проектних рішень, використаних ресурсів, компонентів проекту [3, 10].

Важливість процесу управління проектами підтверджують статистичні дослідження, які проводили багато іноземних науково-дослідних та інших організацій, серед яких Gallup Business Journal, Harvard Business Review, Spikes Cavell, KPMG Canada та інші. За їх висновками статистика така [3, 6]:

– лише 2,5 % компаній успішно завершують 100 % своїх проектів;

– в середньому перевитрати усіх проектів встановлюються на рівні 27 %;

– 57 % проектів не реалізуються через проблеми комунікації між працівниками та керівником;

– 39 % проектів не реалізуються через відсутність планування та ресурсів;

– 77 % високоуспішних компаній розуміють цінність ефективного управління проектами, а серед малоефективних компаній такий показник досягає рівня 40 %;

– тривалість 60 % невдалих проектів менше від одного року;

– 90 % світових керівників та фахівців вважають ефективне управління проектами ключем до одержання успішних результатів та досягнення успіху в конкурентній боротьбі.

Підвищення ролі логістичного управління – закономірне явище, якщо розглядати його з урахуванням стратегічних пріоритетів економічного розвитку України.

Досвід свідчить, що логістика має високий потенціал економічної ефективності. Відносно нетривала історія розвитку практичної логістики підтверджує таку думку. Економічний ефект логістики проявляється у високому рівні організації виробництва і, як наслідок, – в економії матеріальних і грошових ресурсів. Розмір ефекту, в свою чергу, залежить від масштабів поширення логістики.

Широкі можливості для використання організаційних методів логістичного управління обумовлені зміною господарських зв'язків, які складаються зараз за ініціативою та безпосередньо підприємствами.

Зростаючі можливості для розвитку взаємодії підприємств різних галузей, можливості використання організаційних методів управління, розвиток засобів та систем інформації, необхідних для забезпечення логістичного управління дають можливість використання сучасних методів організації та обслуговування процесу просування матеріальних та інформаційних потоків.

Аналіз досліджень у цій галузі дозволив зробити висновок, що у сучасних умовах одним з найбільш ефективних методів управління логістичними системами є застосування аутсорсингу.

Аутсорсинг - передача в управління спеціалізованим фірмам всього процесу бізнесу або його окремих функцій.

Передавши функції управління логістичним проектом зовнішнім структурам, підприємства можуть зосередитись на основних задачах, позбавитися проблем підбору спеціалістів з управління проектами та логістики, знизити витрати [7].

Залежно від потреб компанії-замовника виділяють два види аутсорсингових послуг проектного управління: аутсорсинг фахівців та аутсорсинг функцій.

За аутсорсингу фахівців аутсорсер бере на себе відповідальність за надання необхідної кількості фахівців з необхідними компетенціями замовникові, при цьому замовник самостійно забезпечує їхнє ефективне застосування на завданнях проекту.

Завдяки такому підходу можливо передавати різні функції проектного управління на аутсорсинг: загальне управління проектом – аутсорсинг менеджерів проектів; адміністративне, методичне й технологічне забезпечення проекту аутсорсинг фахівців проектного офісу / адміністрування проектів. Він дозволяє замовникові гнучко коригувати склад ро-

біт, до яких залучаються фахівці аутсорсера, перерозподіляючи завдання між фахівцями.

За аутсорсингу функцій аутсорсер бере на себе відповідальність до виконання конкретних функцій управління проектами замовника. Замовник, своєю чергою, забезпечує дотримання залежних від нього умов виконання цих функцій та їхню інтеграцію в інтересах проекту/програми [7, 8].

Функції, які найчастіше передаються на аутсорсинг: складання й контроль виконання календарного плану проекту; моніторинг та контроль виконання проекту; загальне адміністрування проекту (протоколи нарад, контроль виконання доручень, контроль виконання планів, ведення архіву документів щодо проекту).

Залежно від характеру діяльності замовників, її інтенсивності, документообігу, потреби в консультативному супроводженні аутсорсингові послуги можуть надаватися на умовах повного чи часткового аутсорсингу.

Основні переваги для організації-замовника аутсорсингових послуг в сфері управління проектами такі: ефективніше використання власних ресурсів; підвищення якості управління, дотримання бюджету і термінів виконання робіт, зниження витрат; досягнення стратегічних цілей; забезпечує підвищення рівня конкурентоспроможності організації; праця залучених співробітників винагороджується з розрахунку фактично витраченого часу; для проектів можна планувати та змінювати параметри якості управління.

Отже, аутсорсинг управління проектами суттєво підвищує результативність реалізації проекту в межах часового та фінансового бюджетів, що дозволяє компанії швидше скористатися новими конкурентними перевагами, і з більшою ефективністю досягти поставленої бізнес-мети.

Але поряд з перевагами аутсорсингу існує ряд ризиків та недоліків, які виникають, коли підприємства передають логістичні функції третій стороні, як самостійному суб'єкту господарювання [9, 12]:

– передача важливої інформації про підприємство в «чужі руки». Позитивний ефект від використання аутсорсингу залежить від надійності та сумлінності партнерів по аутсорсингу при виконанні контрактних умов. Пошук таких партнерів, особливо в українських умовах, є проблематичним, що суттєво ускладнює та обмежує поширення аутсорсингу;

– існує ризик зниження ефективності праці власного персоналу та втрати ним необхідних знань та досвіду надання функцій, що передається на аутсорсинг. Відновлення виконання даної функції власними силами буде в цих умовах проблематичним; – у випадку недобросовісності аутсорсера, виникнення форс-мажорних обставин або його банкрутства можливі суттєві втрати, пов'язані з необхідністю термінового пошуку іншого аутсорсера або налагодження виконання даної функції власними силами. Персонал підприємства розцінює звільнення частини персоналу та впровадження аутсорсингу як певну

«зраду» або сигнал неблагополуччя, що може спровокувати конфліктні ситуації, втрату іміджу керівництва тощо;

– існує також вірогідність монополізації ринку відповідних послуг окремими аутсорсерами та використання ними переваг свого монопольного становища при взаємодії із замовником послуг;

– недотримання прийнятих зобов'язань щодо рівня обслуговування;

– складність у досягненні зниження витрат (великі тарифні ставки); – зниження можливості впливу та контролю за функціями, переданими аутсорсеру;

– при замовленні значної кількості аутсорсингових послуг в одного аутсорсера існує ризик появи конкурента, який використовуватиме знання та досвід замовника аутсорсингових послуг.

Висновок. На сучасному етапі становлення вітчизняної економіки все частіше виникає потреба у грамотній організації логістичної діяльності підприємств. Тому управління логістичними проектами наразі є вельми актуальною галуззю.

У забезпеченні успішної реалізації логістичних проектів важливу роль відіграють сучасні технології та методи управління проектами, а саме: системний підхід до оцінки та організації проекту; функції управління проектами; схеми комунікації та взаємодії між проектною командою і зовнішніми організаціями; використання інформаційних технологій; заходні підходи до тендерних процедур; урахування специфіки сфери реалізації проекту тощо.

Використовуються дві форми забезпечення процесу управління проектами: власними силами або спеціалізованими компаніями, що передбачає передачу управління проектами на аутсорсинг.

Дослідження показало, що використання аутсорсингу є перспективним напрямком, що може забезпечити ефективне функціонування суб'єктів господарювання.

Л і т е р а т у р а

1. Проектний підхід до створення логістичних систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://eprints.kname.edu.ua/45615/1/ilovepdf_com-49-49.pdf
2. Управління проектами: процеси планування проектних дій [Текст]: підручник / І. В. Чумаченко, В. В. Морозов, Н. В. Доценко, А. М. Черендіченко. – К.: Університет економіки та права «КРОК», 2014. – 673 с.
3. Деякі аспекти управління проектами в логістичній сфері [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/29392/1/033_215_220.pdf
4. Логистика: Учеб. пособие / Под ред. проф. Б. А. Анкина. М.: ИНФРА-М, 2002. – С. 192 (220 с.) - (Серия «Вопрос - ответ»).
5. Проектування логістичних систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://stud.com.ua/41432/logistika/proektuvannya_logistichnih_sistem
6. Threlfall D. Seven Shocking Project Management Statistics and Lessons We Should Learn / D. Threlfall // TeamGantt [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://teamgantt.com/blog/2014/07/21/seven-shocking-project-management-statistics-and-lessons-we-should-learn/#sthash.h16BNvWs.dpuf>.

7. Ткаченко А.М. Управління проектами логістизації підприємств машинобудування / А.М. Ткаченко, А.В. Бакута // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. – 2016 - № 3 (39). – С. 171-178
8. Ноздріна Л. В. Управління проектами [Текст]: підручник / Л. В. Ноздріна, В. І. Ящук, О. І. Полотай. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 432 с.
9. Глушевський В.В. Методологічні основи концепції управління ризиками підприємницької діяльності / В. В. Глушевський // Фінанси України. – 2009. – № 10 (167). – С.116–124.
10. Яшин А.А. Логистика. Основы планирования и оценки эффективности логистических систем [Текст]: учеб. пособие / А. А. Яшин, М. Л. Ряшко. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 52 с.
11. Матвій І.Є. Аутсорсинг логістичних бізнес-функцій машинобудівного підприємства: автореф. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец.08.00.04. «Економіка та управління підприємствами (машинобудування та приладобудування)» / І.Є.Матвій. – Львів, 2009. – 22с.

References

1. Proektnij pidhid do stvorennya logistichnih sistem [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: http://eprints.kname.edu.ua/45615/1/ilovepdf_com-49-49.pdf
2. Upravlinnja proektami: procesi planuvannja proektnih dij [Tekst]: pidruchnik / I. V. Chumachenko, V. V. Morozov, N. V. Docenko, A. M. Cherednichenko. – K.: Universitet ekonomiki ta prava «KROK», 2014. – 673 s.
3. Dejaki aspekti upravlinnja proektami v logistichnij sferi [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/29392/1/033_215_220.pdf
4. Logistika: Ucheb. posobie / Pod red. prof. B. A. Anikina. M.: INFRA-M, 2002. – S. 192 (220 s.) - (Serija «Vopros - otvet»).
5. Proektuvannja logistichnih sistem [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: http://stud.com.ua/41432/logistika/proektuvannya_logistichnih_sistem
6. Threlfall D. Seven Shocking Project Management Statistics and Lessons We Should Learn / D. Threlfall // TeamGantt [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://teamgantt.com/blog/2014/07/21/seven-shocking-project-management-statistics-and-lessons-we-should-learn/#sthash.h16BNvWs.dpuf>.
7. Tkachenko A.M. Upravlinnja proektami logistizacii pidpriemstv mashinobuduvannja / A.M. Tkachenko, A.V. Bakuta // VISNIK Donbas'koï derzhavnoï mashinobudivnoï akademii. – 2016 - № 3 (39). – S. 171-178
8. Nozdrina L. V. Upravlinnja proektami [Tekst]: pidruchnik / L. V. Nozdrina, V. I. Jashhuk, O. I. Polotaj. – K.: Centr uchbovoi literatury, 2010. – 432 s.
9. Glushhevs'kij V.V. Metodologichni osnovi koncepcii upravlinnja rizikami pidpriemnic'koï dijal'nosti / V. V. Glushhevs'kij // Finansy Ukraïni. – 2009. – № 10 (167). – S.116–124.
10. Jashin A.A. Logistika. Osnovy planirovanija i ocenki jeffektivnosti logisticheskijh sistem [Tekst]: ucheb. posobie / A. A. Jashin, M. L. Rjashko. – Ekaterinburg : Izd-vo Ural. un-ta, 2014. – 52 s.

11. Matvij I.С. Outsourcing logistichnih biznes-funkcij mashinobudivnogo pidpriemstva: avtoref. na zdobuttja nauk. stupenja kond. ekon. nauk: spec.08.00.04. «Ekonomika ta upravlinnja pidpriemstvami (mashinobuduvannja ta priladobuduvannja)» / I.С. Matvij. – L'viv, 2009. – 22s.

Шворникова А.М. Исследование аспектов использования аутсорсинга в управлении логистическими проектами.

В статье выполнено исследование вопросов, связанных с проектированием логистических систем. Рассмотрены принципы, методы и стадии проектирования. Также рассмотрены вопросы управления проектами в логистике с учетом их специфики, обоснована актуальность исследований в области управления проектами в логистических системах. Рассмотрены преимущества и недостатки использования аутсорсинга при управлении проектами в логистических системах на современном этапе развития экономики страны. Проанализированы формы обеспечения процесса управления проектами, причины передачи функций по управлению проектами на аутсорсинг и рассмотрены виды аутсорсинговых услуг в сфере управления проектами.

Ключевые слова: проект, логистика, принцип, метод, управление, аутсорсинг.

Shvornikova A. Investigation aspects of using outsourcing in the management of logistics projects.

The article deals with the issues related to the design of logistics systems. Principles, methods and stages of designing are considered. As a result, it was noted that the methodology of designing logistics systems completely coincides with the basic principles of logistics and is based on a set of principles and methods of the systems approach, system analysis, design and modeling. The issues of project management in logistics taking into account their specifics are also considered, the relevance of research in the field of project management in logistics systems is grounded. Taking into account the results of management methods analysis for logistics projects, it was found that one of the more relevant methods is the use of outsourcing (external management). The advantages and disadvantages of using outsourcing in project management in logistics systems at the present stage of the country's economic development are considered. The forms of providing the project management process, the reasons for transferring the functions of project management to outsourcing, and the types of outsourcing services in the field of project management were analyzed.

Keywords: project, logistics, principle, method, management, outsourcing.

Шворнікова Г.М. – к.т.н., доц. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» ЧНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк., e-mail: shvorni@gmail.com

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

Стаття подана 03.04.2018

УДК 629.4.018

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ МАНЕВРОВИХ РОБОТАХ

Яровий Р.О., Чернецька-Білецька Н.Б.

ENERGY EFFICIENCY OF THE USE OF ELECTRICAL ENERGY STORAGE DURING SHUNTING OPERATIONS

Yarovoy R., Chernetska-Biletska N.

Метою дослідження є оцінка енергоефективності технічних і технологічних рішень в проектах модернізації маневрових локомотивів. З використанням методів математичного моделювання досліджується робота маневрового тепловозу з накопичувачем енергії та без нього визначається обсяг споживання дизельного палива. На основі економіко-математичного аналізу проводиться оцінка економічної ефективності і доцільності реалізації модернізації. Для зниження енергетичних витрат на маневрову роботу розглянуто питання ефективності застосування накопичувачів енергії на маневрових локомотивах типу ЧМЕЗ. Визначено залежність між параметрами накопичувача енергії та споживанням паливно-енергетичних ресурсів на здійснення перевізного процесу. Запропонована модернізація ЧМЕЗ дозволить істотно знизити енерговитрати на маневрову роботу і отримати економічний ефект.

Ключові слова: рухомий склад, тяговий розрахунок, модернізація маневрових локомотивів, електродинамічне гальмування, накопичення енергії, гібридний привід.

Вступ. В даний час питанням підвищення енергоефективності перевізного процесу на залізничному транспорті приділяється значна увага як на Україні, так і за її межами. В першу чергу, це пояснюється тим, що витрати на паливно-енергетичні ресурси складають значну частку в структурі витрат залізничного транспорту, і зниження цієї величини дозволяє підвищити економічну ефективність його діяльності і конкурентоспроможність з іншими видами транспорту. По друге, в силу того, що основна частка енергоресурсів в даний час імпортується на Україну, зниження рівня їх потреби тяговим рухомим складом, дозволяє знизити рівень залежності залізничного транспорту від зовнішніх факторів.

Аналіз структури витрат паливно-енергетичних ресурсів за всіма технічними засобами і технологіями здійснення перевізного процесу на залізничному транспорті дозволяє визначити основні напрямки підвищення енергетичної ефективності і енергозбереження. Основним заходом, спрямованим на зни-

ження рівня споживання паливно-енергетичних ресурсів тяговим рухомим складом, є його модернізація з пониженням питомої витрати палива на одиницю виконаної роботи і підвищенням ККД, а також його заміна на більш сучасний і енергоефективний рухомий склад, [2].

Одним з інноваційних енергозберігаючих напрямків є застосування енергоємних накопичувачів енергії на маневрових локомотивах. Режими роботи з постійно змінним навантаженням і періодичним поєднанням тяги і гальмування в значній мірі схильні до високоефективного використання накопичувачів. Їх застосування покращує проходження перехідних процесів одночасно в перетворювачах і приводі локомотивів. Вони також дозволяють в найбільш повній мірі використовувати енергію рекуперативного гальмування.

Постановка проблеми. Основна проблема визначення ефективності використання накопичувачів енергії у маневрових тепловозах полягає у встановленні зв'язку між параметрами накопичувача енергії та споживанням палива маневровим локомотивом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі С. О. Нікіпелого [4] вирішував задачу підвищення якості робочого процесу дизеля в несталих режимах за рахунок використання накопичувача енергії у силовій мережі тепловозу. Також було теоретично обґрунтовано спосіб керування силовою установкою тепловоза з накопичувачем з метою зменшення необхідної розрахованої енергоємності накопичувача. В роботах Є.П. Лосева [5] розглянуто спосіб вибору необхідних параметрів комбінованих силових установок локомотивів на основі завантаження силових установок локомотивів при їх роботі на конкретних ділянках. Тепловий двигун забезпечує деяку середню потужність тепловозу, необхідну в експлуатації, а перевищення або дефіцит тягової потужності покривається накопичувачем, необхідна енергоємність якого визначається за тривалістю режимів зарядження і розрядження, а також за част-

кою потужності, яку має реалізувати накопичувач в цих режимах. Недоліком цього підходу є те, що вони не враховуються багато факторів які впливають на параметри споживання паливно-енергетичних ресурсів маневрових локомотивів з накопичувачем енергії.

Мета. Метою дослідження є оцінка енергоефективності технічних рішень в проектах використання накопичувачів енергії при модернізації маневрових локомотивів.

Результати досліджень. Для визначення параметрів найбільш енергоефективного комбінованого накопичувача енергії проводиться моделювання маневрових пересувань, в результаті якого визначаються величини витрачаємо енергії і витрати палива на маневрову роботу. При нормуванні енергетичних витрат на маневрову роботи повинні враховувати різні режими роботи маневрових локомотивів і способи виконання маневрів.

Оцінка енергетичних витрат на маневрові операції є найбільш складним і важливим моментом при виборі накопичувача енергії, так як при цьому необхідно мати математичну модель руху складу, максимально відповідну реальним умовам з урахуванням безупинно мінливих плану і профілю колії, метеорологічних умов. Наприклад, «розгін - рух за інерцією - гальмування» відповідає реальним умовам маневрів і дозволяє більш повно оцінити залежність між силою тяги і продуктивністю маневрового локомотива. В основу даної моделі покладено диференціальне рівняння руху поїзда (маневрового складу):

$$f(v) - w_0(v) - w_{TP} - w_{KP}(v) - w_i(v) - b_T(v) - \frac{1}{\psi} \frac{d^2}{dt^2} = 0$$

де $f(v)$ - питома сила тяги локомотива, Н/кН;

$w_0(v)$ - основний питомий опір руху рухомого складу, Н/кН;

w_{TP} - додаткове питомий опір при рушанні з місця, Н/кН;

$w_{KP}(v)$ - додатковий питомий опір, що виникає при русі в кривих, Н/кН;

$w_i(v)$ - додаткове питомий опір, що виникає при русі по одному або кількох елементів профілю різного ухилу, Н/кН;

$b_T(v)$ - питома значення гальмівних зусиль, Н/кН.

Основним фактором, що визначає на прискорення руху маневрового складу, є питома сила тяги маневрового локомотива.

Тягові характеристики локомотивів задаються таблично і змінюються в залежності від розрахункової швидкості руху.

Основне питомий опір руху поїзда визначається за формулою:

$$w_0 = \frac{Pw'_0 + Qw''_0}{P + Q}$$

де Q - вага вагонів, т;

P - вага локомотива, т;

w'_0 - основний питомий опір локомотива, Н/кН,

Для локомотива ЧМЕЗТ при русі в режимі тяги розрахункова залежність має вид:

$$w'_0 = 1.9 + 0.01v + 0.0003v^2$$

де v - швидкість поїзда, км/ч;

В режимі холостого ходу та гальмування розрахункова залежність має вид:

$$w'_0 = 2.4 + 0.011v + 0.00035v^2$$

w''_0 - основний питомий середньозважений опір руху складу при розрахунковій швидкості, Н/кН,

$$w_{TP} = \frac{28}{q_0 + 7}$$

де q_0 - питома навантаження на вісь, т

Додатковий питомий опір руху від ухилу (підйому або спуску) для всіх видів рухомого складу приймати пропорційно підйому або спуску.

$$w_i = \frac{l_0 l_i}{l_i}$$

Додаткове питомий опір руху від кривої на експлуатованих залізницях для всіх видів рухомого складу приймати за формулами:

а) при довжині поїзда менш або дорівнює довжині кривої

$$w_{KP} = \frac{700}{R}$$

де R - радіус криволінійної ділянки шляху, м.

б) при довжині поїзда більше довжини кривої

$$w_{KP} = \frac{700S}{Rl}$$

де S - довжина криволінійної ділянки шляху, м;

l - довжина поїзда, м

Аналітичне інтегрування рівняння руху поїзда проводиться по етапах в межах невеликих ділянок шляху, на яких збільшення швидкості складає не більше 2км/год, що забезпечує високу точність розрахунків. У міру збільшення швидкості цей крок збільшується від 0,1 до 25 м.

Швидкість руху маневрового складу в будь-якій точці визначається за формулою:

$$v_i = \sqrt{v_{i-1}^2 \pm 2\Delta l \gamma \zeta}$$

де γ - питома прискорює або уповільнююча сила, Н/кН;

ζ - прискорення (уповільнення) поїзда при дії прискорює (сповільнює) сили в 1Н/кН;

Δl - крок інтегрування, в розрахунках приймається рівним 10 м;

v_{i-1} - швидкість руху маневрового ставу при попередньому кроці, м/с

Гальмівний шлях поїзда визначається за формулою:

$$S_T = S_{\Pi} + S_D$$

де S_{Π} - шлях підготовки гальм, м;

S_D - шлях дійсного гальмування, м.

Загальний час гальмування визначається за формулою:

$$t_T = t_{\Pi} + t_D$$

де t_{Π} - час підготовки гальм, с;

t_D - час дійсного гальмування, с.

Визначимо питому гальмівну силу поїзда при механічному гальмуванні за такою формулою:

$$b_T = 1000 \cdot \varphi_{kp} \cdot g_p$$

де g_p - розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда,

$$g_p = \frac{\sum n_{0j} \cdot K_{pj} + n_{0л} \cdot K_{pl}}{Q + P}$$

де n_{0j} - кількість осей вагонів j-го типу в складі, шт.;

K_{pj} - розрахункове натиснення колодок на гальмівну вісь даного типу вагона (див. ПТР)

$n_{0л}$ - кількість осей локомотива, шт.;

K_{pl} - розрахункове натиснення колодок на вісь локомотива (див. ПТР), тс.

Ця формула розраховується для кожного інтервалу швидкостей.

Визначимо питому гальмівну силу локомотива при електродинамічному гальмуванні за такою формулою:

$$b_T = m(0,367C\Phi \cdot I_T + \Delta b_T)$$

де Δb_T - складова гальмівної сили викликана магнітними і механічними втратами;

$C\Phi$ - навантажувальна характеристика;

m - кількість тягових двигунів;

I_T - гальмовий струм.

Складова гальмівної сили визначається:

$$\Delta b_T = 0.367 \frac{\Delta P_{mag} + \Delta P_{mex} + \Delta P_n}{v}$$

Струм гальмування пов'язаний зі швидкістю руху поїзда:

$$I_T = \frac{vC\Phi}{R_T + R_D}$$

де R_T - опір гальмівної системи;

R_D - опір двигунів.

Навантажувальна характеристика пов'язана зі швидкістю руху і залежить від конструктивних особливостей тягового двигуна:

$$C = \frac{1}{3.6\pi} \frac{\mu \cdot p \cdot N}{D \cdot a},$$

де p - число пар полюсів в двигуні $p = 2$;

N - число провідників в обмотці якоря $N = 6$;

μ - передавальне число $\mu = 5.6$;

D - діаметр колеса $D = 1.05$;

a - число пар паралельних ланцюгів в обмотці якоря $a = 2$;

Витрата дизельного палива локомотивом на пересування поїзда по ділянці (повний і питома) відноситься до основних техніко-економічних показниками локомотивного парку депо.

Витрата палива тепловозом на заданій ділянці визначається за формулою, кг:

$$E = \sum_1^n G \cdot t_T + g_X \cdot t_X$$

де G - витрата дизельного палива тепловозом в режимі тяги на i-й позиції контролера машиніста, кг/хв;

t_T - час роботи тепловоза в режимі тяги на i-й позиції контролера машиніста хв;

g_X - витрата палива тепловозом при вимкненому струмі (режими холостого ходу і гальмування), кг/хв;

t_X - сумарний час руху тепловоза в режимах холостого ходу і гальмування, хв.

Час роботи тепловоза в режимі тяги і в режимах холостого ходу і гальмування визначається по кривій часу та відмітками про зміну режиму роботи тепловоза на кривій швидкості.

Питома витрата палива на вимірювач виконаної роботи визначається за формулою:

$$e = \frac{E}{Q \cdot L} \cdot 10^4$$

де Q - маса складу, т;

L - довжина ділянки, для якого виконані тягові розрахунки (відстань між осями граничних станцій заданої ділянки), км.

В результаті розрахунків визначається варіант конструкції накопичувача, який дозволяє забезпечити проведення маневрових робіт з мінімальними втратами палива.

З наведеного аналізу видно, що різниця питомих витрат палива при веденні поїзда з накопичувачем та без нього складають від 0,5% до 8,5%, така велика різниця повоза з тим, що маневрова робота, яка виконується тепловозами, носить різнобічний характер і неоднакова, а також залежить від профілю колії.

Слід зазначити, що параметри комбінованого накопичувача також залежать від типу маневрової роботи.

Висновок. Запропоновано схема використання енергії електродинамічного гальмування для живлення силових конденсаторів. У результаті енергія, яка отримана при гальмуванні, може повторно використовуватися при подальшому розгоні.

Л і т е р а т у р а

1. Краснянская С.Н. Исследование электрического тормоза с целью повышения экономичности и эксплуатационной надежности тепловозов: Автореферат дис. ... канд. техн. наук./ С.Н. Краснянская – М.:МИИТ, 1979. – 26 с.
2. Казанцев В.П. Выбор оптимальной мощности маневрового локомотива для работы на вытяжке в текущих эксплуатационных условиях и на перспективу [Текст]: дис. к. т. н. / В.П. Казанцев. – М.:1966. – 156с.
3. Гончаров Н.Е. Маневровая работа на железнодорожном транспорте [Текст] / Н.Е. Гончаров, В.П. Казанцев – М.: Транспорт, 1978. – 183 с.
4. Никпелый, С.О. Повышение эффективности работы тепловозов при применении накопителя энергии в силовой цепи [Текст]: дис. ... к. т. н.: спец. 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация / С.О. Никпелый. – М.: МГУПС, 2011. – 167 с.
5. Лосев, Е.П. Эффективность применения накопителей энергии в силовых установках автономных локомотивов [Текст] : дис. ... к. т. н. : спец. 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог и тяга поездов / Е.П. Лосев. – М.: МГУПС, 2000. – 211с.
6. Коссов Е.Е. Влияние эффективности накопителя энергии на топливную экономичность локомотива Е.Е. Коссов, В.А. Азаренко, А.Н. Корнев, М.М. Комарицкий // Локомотивинформ. – Харьков:Техностандарт. - №3, 2008. – С. 44 – 45.
7. Golubenko A. Energy of diesel locomotive's electrodynamic braking for increase of efficiency of diesel locomotive engines / A. Golubenko, V. Mogila, H. Nozhenko // Coll. of scientific labours. - 2007. – Issue 69. – P. 147 - 153
8. Liudvinavičius L. Lingaitis L. P. 2010. New locomotive energy management systems. / Maintenance and reliability = Eksploatacja i niezawodność / Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. Warszawa. ISSN 1507-2711. No 1, 2010, p. 35-41
9. P. Barrade, Series connexion of Supercapacitors : comparative study of solutions for the active equalization of the voltage, École de Technologie Supérieure (ETS), Montréal, Canada, 2001
10. J. D. Boyes and H. H. Clark, Technologies for energy storage flywheels and super conducting magnetic energy storage, IEEE, 2000.

References

1. Krasnyanskaya S. N. Investigation of electric brakes with the aim of increasing efficiency and of exploitation of operational reliability of locomotives: author's abstract of dis. kand. tech. Sciences./ S. N. Krasnyanskaya, M.:engineering, 1979. – 26 S.
2. Kazantsev V. P. the Choice of optimum capacity shunting locomotive to work on the hood in ongoing operating conditions and future prospects [Text]: dis. ... Ph. D. / V. P. Kazantsev. – M.:1966. – 156s anchor.
3. Goncharov N. E. Shunting work on railway transport [Text] / N. E. Goncharov, V. P. Kазantsev – M.: Transport, 1978. – 183 S.
4. Nicely S. O. Improving the efficiency of the locomotives in the application of energy storage in the power circuit [Text]: dis. ... Ph. D.: spec. 05.22.07 – dvojnjoj of Railways, traction of trains and electrification of the S. O. Nicely. – M.: Moscow state railway University, 2011. – 167 p
5. Losev E. P. Efficiency of use of energy storage in power plants of Autonomous Loco-motives [Text] : dis. ... Ph. D. : spec. 05.22.07 – dvojnjoj of Railways and deadlifts train / E. P. Lo-SEV. – M.: Moscow state railway University, 2000. – 211c.
6. Kossov, E. E. influence of the effectiveness of energy storage to fuel efficiency of locomotive E. E. Kossov, V. A. Azarenko, A. N. Kornev, M. Komarnicki // Locomotivity. – Kharkiv:Tekhnostandart. No. 3, 2008. – S. 44 – 45.
7. Golubenko A. Energy of diesel locomotive's electrodynamic braking for increase of efficiency of diesel locomotive engines / A. Golubenko, V. Mogila, Nozhenko H. // Coll. of scientific labours. - 2007. – Issue 69. – P. 147 – 153
8. Liudvinavičius L. Lingaitis L. P. 2010. New locomotive energy management systems. / Maintenance and reliability = Eksploatacja i niezawodność / Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. Warszawa. ISSN 1507-2711. No 1, 2010, p. 35-41
9. P. Barrade, Series connexion of Supercapacitors: comparative study of solutions for the active equalization of the voltage, École de Technologie Supérieure (ETS), Montréal, Canada, 2001
10. J. D. Boyes and H. H. Clark, Technologies for energy storage flywheels and super conducting magnetic energy storage, IEEE, 2000.

Яровой Р.А., Чернецкая-Белецкая Н.Б. Энергоэффективность применения накопителей электрической энергии при маневровой работе.

Целью исследования является оценка энергоэффективности технических и технологических решений в проектах модернизации маневровых локомотивов. С использованием методов математического моделирования исследуется работа маневрового тепловоза с накопителем энергии и без него определяется объем потребления дизельного топлива. На основе экономико-математического анализа проводится оценка экономической эффективности и целесообразности реализации модернизации. Для снижения энергетических затрат на маневровую работу рассмотрен вопрос эффективности применения накопителей энергии на маневровых локомотивах типа ЧМЭЗ. Определена зависимость между параметрами накопителя энергии и потреблением топливно-энергетических ресурсов при осуществлении перевозочного процесса. Предложенная модернизация ЧМЭЗ

позволит существенно снизить энергозатраты на маневровую работу и получить экономический эффект.

Одним из инновационных энергосберегающих направлений применение энергоемких накопителей энергии на маневровых локомотивах. Режимы работы с постоянно меняющимися нагрузками и периодическим сочетанием тяги и торможения в значительной степени способствуют к высокоэффективному использования накопителей. Их применение улучшает прохождение переходных процессов одновременно в преобразователях и приводе локомотивов. Они также позволят в наиболее полной мере использовать энергию рекуперативного торможения

Ключевые слова: подвижной состав, тяговый расчет, модернизация маневровых локомотивов, электродинамическое торможение, накопления энергии, гибридный привод.

Yarovoy R., Chernetska-Biletska N. Energy efficiency of the use of electrical energy storage during shunting operations.

The purpose of the study is to assess the energy efficiency of technical and technological solutions in the projects of modernization of shunting locomotives. Using the methods of mathematical modeling, the work of a shunting locomotive with an energy storage device is investigated and without it the volume of consumption of diesel fuel is determined. Based on the economic and mathematical analysis, the economic efficiency and expediency of modernization implementation is assessed. To reduce the energy costs for maneuver work, the

question of the efficiency of the use of energy storage devices on shunting locomotives of the ChME3 type was considered. The dependence between the parameters of the energy storage device and the consumption of fuel and energy resources during the transportation process is determined. The proposed modernization of ChME3 will significantly reduce energy costs for maneuvering work and get an economic effect.

One of the innovative energy-saving applications is the use of energy-intensive energy storage devices on shunting locomotives. Modes of work with constantly changing loads and a periodic combination of traction and braking contribute significantly to the highly efficient use of drives. Their application improves the passage of transient processes simultaneously in converters and drive locomotives. They will also make it possible to use the energy of regenerative inhibition to the fullest extent

Keywords: rolling stock, traction calculation, modernization of shunting locomotives, electrodynamic braking, energy storage, hybrid drive.

Яровой Р.О. – ст. викладач кафедри "Обчислювальної техніки та систем управління", УкрДУЗТ, м. Харків, Україна, e-mail: kzf_limani@bigmir.net.

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

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

Стаття подана 11.03.2018

УДК 620.92

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR CONTROL AND MANAGEMENT OF AUTONOMOUS APARTMENT ENERGY SUPPLY COMBINED SYSTEMS

Asmankina A., Korolevskiy S., Loria M., Tselishchev O., Zhydkov A.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ПОЄДНАНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ АВТОНОМНОГО ПРИМІЩЕННЯ

Асманкіна А.А., Королевський С.І., Лорія М.Г., Целіщев О.Б., Жидков А.Б.

The all modern developments purpose is production inputs an improvement and diminishing. Tariffs increase is one of main modern Ukraine problems, therefore there is a necessity for the energy independent, autonomous systems creation which will be controlled and managed remotely. The combined systems creation, able to work remotely and regardless of direct energy resources, will result in the considerable protected level increase from temperature overfalls and overfalls in the electric system instability. Sensors presence in this system allows to control, regulate and signal about its state, and similarly, enables to set necessary parameters. The mathematical model creation will allow remote control and management of all room systems.

Keywords: combined, system, control, economical, independent, mathematical model, system, heat pump, temperature

Introduction. All types basic energy and power users mediums are enterprises, and necessary part of any enterprise is its energy economy. It is an aggregate of the generating, transforming, transmitter and consuming power settings by means which providing all necessary enterprise types of energy and use it to carry out in the production process. In addition, an energy economy plugs in itself devices and automatic control systems with their informative providing, not power settings, buildings and resources, providing reliable and economical enterprise energy work, and also lighting, heating and fuel supply. An enterprise energy economy is not only an auxiliary and attendant production but also basis, providing the normal enterprise functioning. [1]

Problem raising. Users presence (small cities, settlements), being in districts, isolated from existent grids, or provided with electric power, for diverse reasons, with interruptions, require autonomous energy supply organization. [2,3] Development actuality and creation of electric power autonomous users energy supply perspective sources is a long ago acknowledged in many industrial-developed countries. Fossil energy sources

supplies narrow-mindedness, and also situation folded presently with a price advance on a hydrocarbon fuel, along with ecological situation intensifying, are factors, by a stimulant introduction and renewable use of natural resources in the electric energy production field. [4] Autonomous energy problems actuality in our country and its developed abroad determine the research-and-developments necessity in regard to the systems, providing an independent energy supply with the receipt effective facilities use, electric power accumulation and transformation. [5] In addition to the users in remote districts, business enterprises and some private communal structures, nevertheless, having connection with general grid, interested in the cheap sources use reserve energy feeds which will provide by it more flexible dependence on the energy supply existent system. To save resources, we need remote control and adjustment of the system's indicators, what is why we need to create a mathematical model.

Analysis of recent research and publications.

The actuality of the problems of the autonomous energy security in our region and in the future is rooted beyond the cordon, it is important to maintain the safety and security of the schodosystems, to ensure that the emergency services are not withdrawn from the emergency services, the funds are collected, the money is saved and the electricity is removed.

A known invention relates to equipment for the residential and industrial buildings heating. Compressive heat pump contains evaporator, compressor, condenser, throttle valve and liquid separator. [6] The evaporator and the condenser are made in the form of shell-vortex heat exchangers containing the supply and discharge pipes of the working agent and the supply and discharge pipes, respectively, the low-potential coolant and the high-capacity coolant, the collector with the guide apparatus and end walls, on the inner and outer

surfaces of which the channels are executed, and the casing is mounted on the outside.

Different techniques are used to improve the thermal energy transformation efficiency. For example, in the method of achieving the maximum heating heat pump coefficient according to the patent [7], the heat pump refrigerant agent is chosen to be liquid so that its critical temperature is close or equal to the cooled medium temperature. A well-known heat supply method, which includes the water supply for heating in a heat pump installation system, heating water with its help and delivery of heated water to consumers. The heat pump installation consists of heat pumps, each of which is used as a successive level water heating. [8]

A known device [9], in which the insert, made in the form of a perforated partition, installed in the injection nozzle, is additionally used to raise the temperature of the liquid. When the liquid passes through the channels of the septum in the fluid, toroidal cavities (cavitation bubbles), pulsating at the outlet of the jets along their periphery, are formed. In cavities with a high frequency there are electrical discharges, the energy of "collapse" cavern goes into heat, due to which the heat generation in the liquid occurs. Lack is the absence of cavitation in the entire volume.

Works purpose. The purpose of the article, the solution of which is directed to the invention, is to develop a mathematical model of the heat exchange unit with a heat pump, which provides an increased thermal coefficient by reducing the power consumption for compressing the working fluid in the heat pump working cavities, as well as by using the second level of the hydrodynamic device.

Main content. The cavitation efficiency and degree increase coolant is arrived at by process intensification on the phases section border due to liquid stream co-operation kinetic energy and cumulative effect slam of strings. In the bubble disappearance moment (in the moment of his slamming) kinetic energy will be transformed in elementary particles collision energy. Energy, selected at bubble slamming on a few orders exceeds elementary particles (nucleons) connection energy in a kernel. As a declared method kernels collision result energy, selected between elementary particles, will be transformed in thermal energy in a liquid and it is taken from an area by treatments of hydrodynamic kvitation reactor.

On fig.1 a hydrodynamic cavitation reactor is schematically represented.

A reactor contains: union coupling of input 1 second coolant stream; lid 2; running chamber 3; cylinder 4; reverse cut cones 5; cavities slam 6; nozzle 7; dissecting 8; dividing perforated partition 9, which sinews for dissecting; diffuzor 10; union total coolant stream conclusion coupling 11, consisting of the first and second streams; union coupling of input the first collant stream 12. Now about streams: heated coolant on a tube 8 circulation pump 5 gives on a delimiter 9, in which the first stream is sent in the union coupling 12, and the second stream is sent in the union coupling 1.

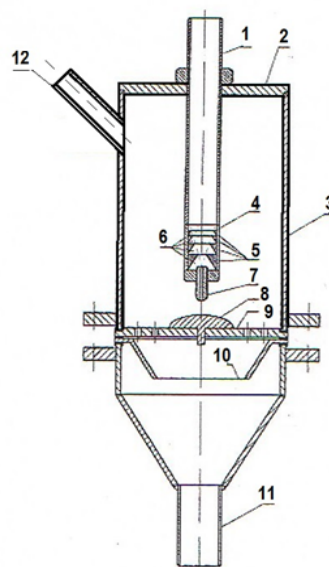


Fig. 1. Hydrodynamic cavitation reactor

A hydrodynamic cavitation reactor works as follows. First stream on the union coupling 1 given in a cylinder 4, where the reverse are set cut cones 5, which the horizontal and sloping surfaces are form slam «cavities» 6. The horizontal surfaces of the cut cones execute the brake element role as circular ledges, at flowing around of which n cavitation cavities appear (cavities). The heated stream is given forcedly in «cavities» and, getting in the closing them areas due to the turbulization of flow and cumulativ microstructures e plenty presence, appearing at slamcavitative bubbles, exposed to enhanceable temperatures formation.

Thus, formed conical surfaces, attachments are provided by the nozzle «second» high-speed stream appearance terms 7.

At some distance from the butt-end nozzle surface 7, hollow cone liquid stream shell at a speed of v_0 slams and the second high-speed stream appears by a radius r_0 . In slamming moment working stream environment the second high-speed stream speed v_c increases approximately on an order in relation to speed v_0 , that follows from the hydrodynamic stream theory. [10]

Further the second high-speed stream heads for dissecting 8. It was paid regard to streams hitting place flat-back and appearance so-called «wings» - structures, reminding the arrow plumage is set. Power more expedient is hitting realization with a curvilinear surface and achievement high navigation level. In addition got coolant mixture the first and second streams pass a dividing partition 9, pass diffuzor 10 and hatch through the union coupling 11. Heat-exchange efficiency ability on-the-spot shallow drops increases yet and the Tomp-sons effect— surface-tension forces influence.

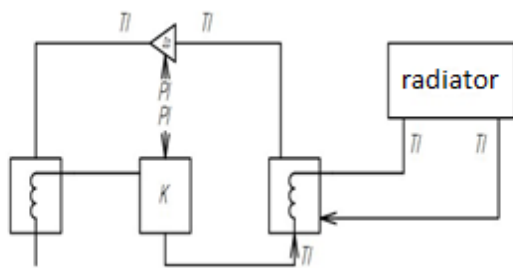


Fig. 2. Trial laboratory setting

For the leadthrough of alpha tests setting which consists of compressor K, batteries, was developed, throttle Dr, temperature sensors systems Ti and pressductors PI. For liquid motion on pipes a pump is foreseen on the laboratory setting entrance. Water, entering setting passing through a compressor, where a compression and coolant steams moving is, as in the refrigeration settings. At the steams compression there is not only pressure increase but also temperature. After a compressor the compressed refrigeration agent enters condenser, where the compressed gas cools down and grows into a liquid, a liquid after through a choke device enters vaporizer (its pressure and temperature goes down thus), where it boils, passes to the gas state, the same taking away warmly from surrounding space. After it the coolant pair enter again compressor for the cycle reiteration. Thus, on an output water will have a temperature much higher, than on an entrance, what provides radiator heating. The liquid further used and reducing a temperature passes through a throttle, for hydraulic resistance creation the liquid stream. Additional hydraulic resistance is created due to the liquid stream communicating section change. The hydraulic resistance change is create the necessary pressures overfall, that results in the yet greater stream temperature decline.

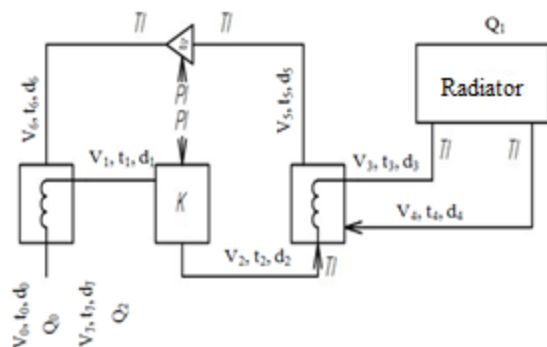


Fig. 3. Parameters for constructing a mathematical model, where V is the volume of the liquid, t is the temperature indicator, d is the diameter of the hole, Q is the amount of heat

Modern European and Scandinavian countries have advanced very far in the development and application of alternative energy sources. The expansion of heat supply systems use in Ukraine based on heat pumps with ground heat exchangers is not sufficiently high, however, in the face of a sharper deficit and rising

energy prices, the energy saving issue for the Ukrainian economy as a whole and for its housing and communal sector in particular becomes very relevant.

Conclusion. The strong side of this research is the positive effect obtained from reducing the energy load on the compressor. The same decrease in the throttle losses of working heat in the heat pump circuits is achieved at medium condensation temperatures. The increase in the thermal coefficient of the whole installation takes place in the hydrodynamic cavitation reactor, which is considered by the second power plant, which is very important for heating houses, cottages and, in particular, for preheating and improving the rheological properties of oil and petroleum products [11]. The weak side of the research is the collection of results for the further development of the mathematical model of the heating installation. To assess the adequacy of a mathematical model, the collection of readings from sensors is performed depending on the temperature characteristics of the external environment, which requires more detailed observations depending on the time of year and the desired temperature in the room.

Література

1. Фролов В.Я. Графики активной и реактивной нагрузки бытовых потребителей/ В.Я. Фролов, А.В. Коротков// Вестник ИГЭУ. – 2011. — № 5.
2. Е.А. Блинов Энергоснабжение. Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ/ Блинов Е.А., Джаншиев С.И., Зайцев Г.З., Можаяева С.В. – 117с.
3. Поппель О.С. Комбинированные энергоустановки на основе ВИЭ [Электронный ресурс]: ООО «ГРЦ-Вертикаль». – Электрон. текстовые дан. – М., [200-]. – URL: www.src-vertical.com/files/misc/maps.pdf – Загл. с экрана.
4. патрф №2345295
5. РФ №2083932 F25B 30/00, 1997г
6. Авторское свидетельство СССР № 1283272
7. Chem Nayar. Innovative Remote Micro-Grid Systems // International Journal of Environment and Sustainability. — Vol. 1 No. 3, pp. 53-65. – 2012.
8. Andreas, A. (2012). MTBE-Degradation by Hydrodynamic Induced Cavitation. Proceedings of the 8th International Symposium on Cavitation. doi: 10.3850/978-981-07-2826-7_025.
9. Wei, J., Kawaguchi, Y., Hirano, S., & Takeuchi, H. (2004). Study on a PCM Heat Storage System for Rapid Heat Supply. Heat Transfer, Volume 1, 267–274. doi: 10.1115/imece2004-61025
10. CHEN, Y., DING, G., SHI, Y. (2009). C303 A new technology coupling with heat pump water heat, dehumidification and refrigeration (Heat Pump-1). The Proceedings of the International Conference on Power Engineering (ICOPE), 2009.3, 3-151–3-156. doi: 10.1299/jsmeicope.2009.3_3-151
11. Glatzmaier, G. A. (2017). Magnetic Field. Princeton University Press. doi: 10.23943/princeton/9780691141725.003.0011

References

1. Frolov V.Ya. Grafiki aktivnoy i reaktivnoy nagruzki byitovyih potrebiteley/ V.Ya. Frolov, A.V. Korotkov// Vestnik IGEU. – 2011. — # 5.

2. E.A. Blinov Energосnabzhenie. Ucheb. posobie. – Spb.: SZTU/ Blinov E.A., Dzhanshiev S.I., Zaytsev G.Z., Mozhaeva S.V. – 117s.
3. Poppel O.S. Kombinirovannyye energoustanovki na osnove VIE [Elektronnyy resurs]: ООО «GRTs-Vertikal». – Elektron. tekstovyye dan. – M., [200-]. – URL: www.src-vertical.com/files/misc/maps.pdf zagl. s ekrana.
4. patrf #2345295
5. RF#2083932 F25B 30/00, 1997g
6. Avtorskoe svidetelstvo SSSR # 1283272
7. Chem Nayar. Innovative Remote Micro-Grid Systems // International Journal of Environment and Sustainability. — Vol. 1 No. 3, pp. 53 -65. – 2012.
8. Andreas, A. (2012). MTBE-Degradation by Hydrodynamic Induced Cavitation. Proceedings of the 8th International Symposium on Cavitation. doi: 10.3850/978-981-07-2826-7_025.
9. Wei, J., Kawaguchi, Y., Hirano, S., & Takeuchi, H. (2004). Study on a PCM Heat Storage System for Rapid Heat Supply. Heat Transfer, Volume 1, 267–274. doi: 10.1115/imece2004-61025
10. CHEN, Y., DING, G., SHI, Y. (2009). C303 A new technology coupling with heat pump water heat, dehumidification and refrigeration (Heat Pump-1). The Proceedings of the International Conference on Power Engineering (ICOPE), 2009.3, 3-151–3-156. doi: 10.1299/jsmeicope.2009.3_3-151_
11. Glatzmaier, G. A. (2017). Magnetic Field. Princeton University Press. doi: 10.23943/princeton/9780691141725.003.0011

Асманкіна А.А., Королівський С.І., Лорія М.Г., Целищев А.Б., Жидков А.Б. Розробка математичної моделі для контролю та управління об'єднаних сістем автономного енергозабезпечення приміщення.

Актуальність розробки і створення перспективних джерел енергопостачання автономних споживачів електроенергії давно визнана в багатьох промислово розвинених країнах. Обмеженість запасів викопних джерел енергії, а також що склалася в даний час ситуація з ростом цін на вуглеводневе паливо, поряд із загостренням екологічної обстановки, є факторами, що стимулюють впровадження і використання поновлюваних природних ресурсів в сфері виробництва електричної енергії. Створення комбінованих систем, здатних працювати дистанційно і незалежно від прямих енергоресурсів, призведе до значного підвищення рівня захищеності від нестабільності температурних перепадів і перепадів в електричній мережі. Наявність датчиків в цій системі дозволяє контролювати, регулювати і сигналізувати про її стан, а також дозволяє встановлювати необхідні параметри для побудови математичної моделі.

Ключові слова: система управління, економічна, незалежна, математична модель, система, тепловий насос, температура

Асманкіна А.А., Королевский С.И., Лория М.Г., Целищев А.Б., Жидков А.Б. Разработка математической модели для контроля и управления объединенных систем автономного энергоснабжения помещения.

Актуальность разработки и создания перспективных источников энергоснабжения автономных потребителей электроэнергии давно признана во многих промышленно-развитых странах. Ограниченность запасов ископаемых источников энергии, а также сложившаяся в настоящее время ситуация с ростом цен на углеводородное топливо, наряду с обострением экологической обстановки, являются факторами, стимулирующими внедрение и использование возобновляемых природных ресурсов в сфере производства электрической энергии. Создание комбинированных систем, способных работать дистанционно и независимо от прямых энергоресурсов, приведет к значительному повышению уровня защищенности от нестабильности температурных перепадов и перепадов в электрической сети. Наличие датчиков в этой системе позволяет контролировать, регулировать и сигнализировать о ее состоянии, а также позволяет устанавливать необходимые параметры для построения математической модели.

Ключевые слова: система управления, экономичная, независимая, математическая модель, система, тепловой насос, температура

Лорія Марина Генадіївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри електронних апаратів, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк).

Асманкіна Анастасія Анатоліївна – аспірант кафедри електронних апаратів, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк).

Королевський Сергій Ігорович – аспірант кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк).

Целищев Олексій Борисович - к.т.н., доц., директор Інституту міжнародних відносин, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк).

Жидков Андрій Борисович - к.т.н., доц., директор відокремленого підрозділу. «Науково-дослідний інститут «Іскра» Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк).

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

Стаття подана 20.03.2018

УДК 681.5.015

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ГАЗОВОГО РЕАКТОРУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Лорія М. Г.

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF GAS REACTOR FOR OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS

Loriia M.

У роботі розглядається питання розробки математичної моделі, яку можна застосовувати як для оптимізації технологічного процесу, так і для автоматизованої системи регулювання. Адаптація моделі буде забезпечувати ефективність обох стратегій керування. Отримана динамічна модель дозволяє адекватно описати характер зміни параметрів у діапазоні, якої значно перевищує регламентні границі. Це особливо важливо при застосуванні її в системах контролю безпеки реактора й технологічних тренажерів.

Ключові слова: Математична модель, адаптація моделі, реактор, автоматизована система регулювання, оптимізація.

Вступ

Синтез метанолу – один із широко застосовуваних у промисловості способів переробки вуглеводневої сировини й зокрема природного газу. Щорічно зростає попит на метанол як сировину для одержання формальдегіду, амінів, оцтової кислоти, розчинників і т.ін. Каталітичний синтез метанолу з оксиду вуглецю й водню в цей час є практично єдиним промисловим методом одержання метанолу, а всі використовувані в цей час процеси відрізняються друг від друга варіантами технологічних схем, метою яких є досягнення максимальної ефективності використання ресурсів. Проблема підвищення ефективності даного процесу багаторазово досліджувалася [1].

Важливою проблемою промислового виробництва метанолу із синтез-газу є підвищення технологічної та економічної ефективності цього процесу. Поряд з методами розв'язання цієї проблеми за рахунок впровадження нових каталізаторів та вдосконалення конструкцій реакторного обладнання, широко застосовується оптимізація технологічних параметрів процесу синтезу метанолу.

Окреме місце займає задача ефективного регулювання процесом та вироблення оптимальної стратегії зміни технологічних параметрів. Розв'язання

цієї задачі вимагає розробку математичної моделі, яка відображає динаміку процесу з високою ступеню адекватності в широкому діапазоні зміни параметрів.

Основна частина

Процес синтезу метанолу проводиться за циркуляційною схемою, що дозволяє досягати значної ступені конверсії синтез-газу. Основою технологічної схеми є реактор поличного типу з байпасом «холодного» газу. На рис. 1 наведена схема такого реактора.

Виробництво метанолу відрізняється відносно високою складністю й різноманітням параметрів, що впливають на хід процесу, складною кінетикою хімічних реакцій, розподіленістю і нелінійністю параметрів процесу як об'єкта моделювання. Існуюче виробництво є високо автоматизованим, однак керування процесом ведеться за алгоритмами, які не враховують зміни параметрів реактора у часі.

У зв'язку із цим постає питання розробки математичної моделі (ММ), яка була би застосовуваною як для оптимізації технологічного процесу, так і для автоматизованої системи регулювання. У цьому випадку адаптація моделі буде забезпечувати ефективність обох стратегій управління. Крім того, динамічну модель можна застосовувати у системи навчання і тренування обслуговуючого персоналу, а також підвищення безпеки роботи реактора. [2-4]

Наявність великої кількості складного хіміко-технологічних обладнання і різноманітних процесів суттєво ускладнює моделювання всього комплексу в цілому. Тому логічно почати з формування динамічної моделі газового реактора, у якому й відбуваються основні процеси синтезу метанолу. Хімічні процеси, що відбуваються в реакторі, також характеризуються великим ступенем складності, тому задача розробки математичної моделі всіх основних процесів з урахуванням їх динаміки є суттєво нетривіальною.

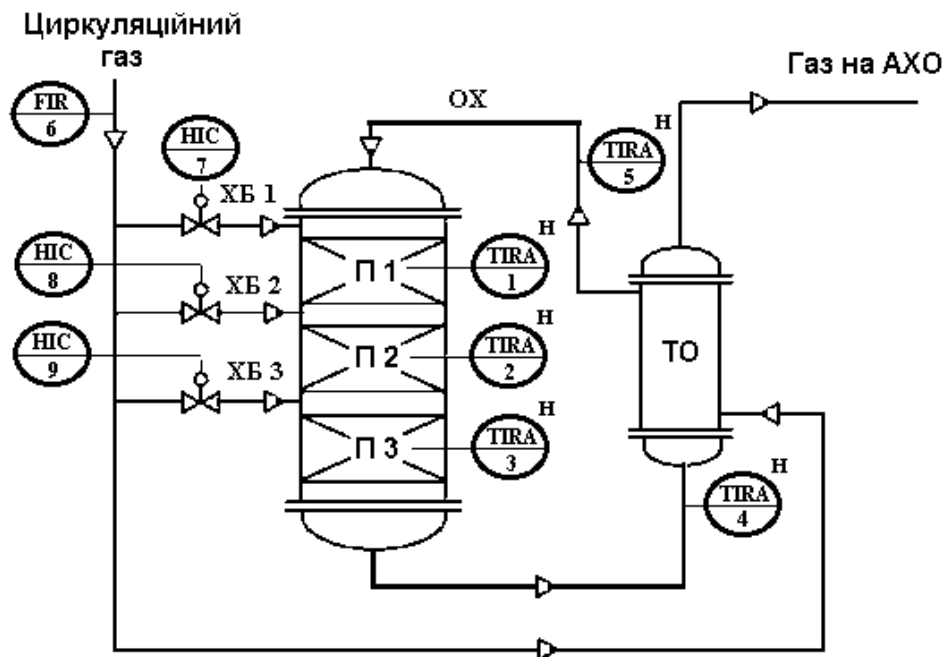


Рис. 1. Схема багатополичного газового реактора із вбудованим теплообмінником:

ТО – теплообмінник; П1, П2, П3 – перша, друга і третя полиці із каталізатором; ОХ – потік основного ходу синтезу газу; ХБ1, ХБ2, ХБ3 – потоки «холодних» байпасів синтезу газу на відповідні полиці реактора; АХО – аміачно-холодильне відділення; TIRA 1-6 – прилади контролю температури; FIR 7 – прилад контролю витрати синтезу газу; НІС 8-10 – панелі дистанційного керування електричними засувками

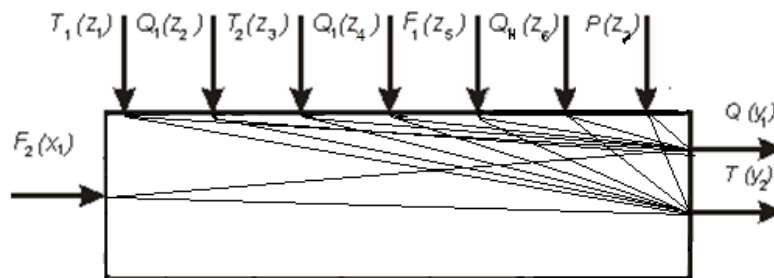


Рис. 2. Інформаційно-логічна схема полиці колони синтезу метанолу

Створення моделі складного фізико-хімічного процесу є, як правило, ітераційним процесом, коли функціонування розроблюваної математичної моделі постійно зрівнюється з параметрами реального процесу й відповідно корегується. [5,6]

При цьому необхідне застосування знань із різних наукових областей, зокрема, необхідно враховувати:

- фізичні закони збереження речовини, енергії і імпульсу;
- термодинамічні властивості речовин;
- хімічні механізми і кінетику реакцій.

У реакторі, що розглядається, тиск стабілізується роботою компресора синтезу газу. Тому, тиск не є регульованою величиною, а може бути віднесений до збурюючого фактору. При керуванні газовими реакторами достатньо регулювати температуру, а концентрацію можна оцінити використовуючи математичну модель процесу. Регулюючим параметром для кожної полиці є витрата синтезу газу за «холодним» байпасом.

Всі інші параметри процесу є збурюючими координатами. До них слід віднести температури вхідних потоків T_1 та T_2 та концентрації Q_1 та Q_2 у них цільового компонента. Інформаційно-логічна схема газового реактора наведена на рис. 2.

Також слід відмітити, що вихідні координати газового реактора є взаємопов'язаними. Так, наприклад, зміна температури T в реакторі з одного боку відповідно до закону Ле Шательє змінить кількість речовини, що утворюється, тобто викличе зміну концентрації Q . З цього випливає, що зміна будь-якої з вхідних координат (регулюючої або збурюючої) викличе зміну відразу всіх вихідних координат.

Для визначення ММ газового реактора слід скласти дві часткові моделі: за концентрацією Q цільового компонента та за температурою T . Складемо ці часткові ММ.

Розглянемо складання часткової ММ за концентрацією Q метанолу, що утворюється в реакції (цільового компонента). Складемо рівняння матеріаль-

ного балансу за цільовим компонентом (компонентом, що утворюється в реакції). Цільовий компонент надходить в реактор із першим та з другим потоком (наприклад, у технологічних схемах із рециклом), утворюється в реакторі в наслідок реакції, накопичується в реакторі та відводиться з потоком, який виходить, із реактора.

Рівняння матеріального балансу за цільовим компонентом має вигляд.

$$dm_1 + dm_2 + dm_p = dm_v + dm, \quad (1)$$

де $dm_1 = F_1 Q_1 dt$ – маса цільового компоненту, що потрапляє в реактор із першим потоком; $dm_2 = F_2 Q_2 dt$ – маса цільового компоненту, що потрапляє в реактор із другим потоком; $dm_p = \rho V K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)(Q - Q_n) \frac{P}{P_0} dt$ – маса цільового компоненту, що утворюється в реакції; $dm_v = \rho V dQ$ – маса цільового компоненту, яка накопичується в реакторі об'ємом V ; $dm = (F_1 + F_2) Q dt$ – маса цільового компоненту, що відводиться з реактора.

В рівнянні (1) F_1 – витрата потоку першого реагенту, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$; F_2 – витрата потоку другого реагенту, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$; ρ – густина газової суміші в реакторі (визнача-

ється з рівняння Менделєєва-Клапейрона), $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; V – вільний об'єм газового реактора, м^3 ; K – швидкість хімічної реакції, $\frac{1}{\text{с}}$; Q_1 , Q_2 , та Q – концентрація цільового компоненту на входах та на виході з реактора відповідно, мас. частка ; T – температура у реакторі, К ; R – універсальна газова стала, $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$; E – енергія активації, $\frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$.

Рівняння матеріального балансу в технологічних змінних набуде вигляду

$$F_1 Q_1 dt + F_2 Q_2 dt + \rho V K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)(Q - Q_n) \frac{P}{P_0} dt = \rho V dQ + (F_1 + F_2) Q dt \quad (2)$$

Після лінеаризації, вилучення рівняння статистики та переходу до безрозмірних координат

$$\left(\frac{\Delta Q}{Q_0} = y_1; \quad \frac{\Delta T}{T_0} = y_2; \quad \frac{\Delta P}{P_0} = y_3; \quad \frac{\Delta F_1}{F_{10}} = x_1; \quad \frac{\Delta F}{F_0} = \frac{\Delta S}{S_0} = x_2; \quad \frac{\Delta T_1}{T_{10}} = z_1; \quad \frac{\Delta Q_1}{Q_{10}} = z_2; \quad \frac{\Delta T_2}{T_{20}} = z_3; \right)$$

$$\frac{\Delta Q_2}{Q_{20}} = z_4; \quad \frac{\Delta F_2}{F_{20}} = z_5; \quad \frac{\Delta Q_n}{Q_{n0}} = z_6; \quad \frac{\Delta P}{P_0} = z_7 \quad),$$

отримуємо рівняння:

$$\tau_1 \frac{dy_1}{dt} + y_1 = K_{11} x_1 + K_{12} z_2 + K_{13} z_4 + K_{14} z_5 + K_{15} z_6 + K_{16} y_2, \quad (3)$$

де $\tau_1 = \frac{\rho V Q_0}{\Pi_1}$ – стала часу, с ;

$$\Pi_1 = Q_1 \left[F_1 + F_2 - \rho V K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)(Q - Q_n) \frac{P}{P_0} \right];$$

$$K_{11} = \frac{(Q - Q_2) F_{20}}{\Pi_1} \quad \text{– коефіцієнт}; \quad K_{12} = -\frac{Q_1 F_1}{\Pi_1};$$

$$K_{13} = -K_{14} = -\frac{Q_2 F_2}{\Pi_1}; \quad K_{15} = \frac{\rho V K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right) Q_n}{\Pi_1} \frac{P}{P_0}$$

– коефіцієнт;

$$K_{16} = \frac{\frac{E}{RT_0} \rho V K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right)(Q - Q_n) \frac{P}{P_0}}{\Pi_1} \quad \text{– коефіцієнт.}$$

Рівняння (3) є частковою динамічною ММ газового реактора за концентрацією цільового компоненту без урахування часу запізнення. [7,8]

Для того щоб розробити часткову математичну модель газового реактора за температурою, слід скласти рівняння теплового балансу. Тепло в реактор надходить із потоками реагентів, виділяється у процесі реакції. Це тепло накопичується в об'ємі реактора та виходить із нього з потоком $F_1 + F_2$. При розрахунку ММ вважатимемо, що втрата тепла у навколишнє середовище незначна та нею можна нехтувати. Отже рівняння теплового балансу матиме вигляд

$$dq_1 + dq_2 + dq_p = dq_v + dq, \quad (4)$$

де $dq_1 = F_1 c_1 T_1 dt$ – кількість тепла, що надходить із першим потоком; $dq_2 = F_2 c_2 T_2 dt$ – кількість тепла, що надходить із другим потоком; $dq_p = r \rho V K(Q - Q_n) \frac{P}{P_0} dt$ – кількість тепла, що

виділяється в наслідок реакції; $dq_v = \rho V c dT$ – кількість тепла, що накопичується у реакторі; $dq = (F_1 + F_2) c T dt$ – кількість тепла, що виходить із реактора.

В рівнянні (4): c_1 , c_2 , c – теплоємність вхідних та вихідного потоку, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; T_1 , T_2 , T – температура вхідних та вихідного потоку, К ; r – питома теп-

лота реакції, $\frac{D_{жс}}{K_2}$; dT – зміна температури у реакторі, K .

Після лінеаризації, вилучення рівняння статистики та переходу до безрозмірного вигляду маємо:

$$\tau_2 \frac{dy_2}{dt} + y_2 = K_{21}x_1 + K_{22}z_1 + K_{23}z_3 + K_{24}z_5 + K_{25}z_6 + K_{26}z_7 + K_{27}y_1, \quad (5)$$

де $\tau_2 = \frac{\rho V c T_0}{\Pi_2}$ – стала часу, с;

$$\Pi_2 = \left[(F_{10} + F_{20}) c T_0 - \frac{E}{RT_0} r \rho V K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right) (Q_0 - Q_{n0}) \frac{P}{P_0} \right];$$

$$K_{21} = \frac{(c_2 T_{20} - c T_0) F_{20}}{\Pi_2} - \text{коефіцієнт};$$

$$K_{22} = \frac{F_{10} c_1 T_{10}}{\Pi_2} - \text{коефіцієнт}; \quad K_{23} = \frac{F_{20} c_2 T_{20}}{\Pi_2} - \text{коефіцієнт};$$

$$K_{24} = \frac{F_{10} (c_1 T_{10} - c T_0)}{\Pi_2} - \text{коефіцієнт};$$

$$K_{25} = - \frac{r \rho V K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right) Q_{n0} \frac{P}{P_0}}{\Pi_2} - \text{коефіцієнт};$$

$$K_{26} = \frac{r \rho V K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right) (Q_0 - Q_{n0}) \frac{P}{P_0}}{\Pi_2} - \text{коефіцієнт};$$

$$K_{27} = \frac{r \rho V K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right) Q_0 \frac{P}{P_0}}{\Pi_2} - \text{коефіцієнт}.$$

Рівняння (5) є частковою динамічною математичною моделлю газового реактора за температурою.

Аналізуючи отримані часткові ММ газового реактора, слід зробити висновок, що вихідні координати є взаємозалежними. Рівняння (3) та (5) утворюють систему рівнянь. Для того, щоб виключити залежність однієї вихідної координати від інших, слід розв'язати систему рівнянь (6).

$$\begin{cases} \tau_1 \frac{dy_1}{dt} + y_1 = K_{11}x_1 + K_{12}z_2 + K_{13}z_4 + K_{14}z_5 + K_{15}z_6 + K_{16}y_2 \\ \tau_2 \frac{dy_2}{dt} + y_2 = K_{21}x_1 + K_{22}z_1 + K_{23}z_3 + K_{24}z_5 + K_{25}z_6 + K_{26}z_7 + K_{27}y_1 \end{cases} \quad (6)$$

Система рівнянь (6) може бути розв'язана будь-яким методом. Це можна зробити використовуючи, наприклад, матричний метод розв'язання системи рівнянь, як це було показано раніше.

Аналогічним чином складаються системи рівнянь для другої та третьої полиць реактора. Ці три системи рівнянь сумісно з математичною моделлю внутрішнього теплообмінника, який являє собою кожухотрубчастий теплообмінник (вивід динамічної

математичної моделі наведений в [5]), складають математичну модель колони синтезу метанолу у виробництві метанолу.

Висновки

Отримана динамічна модель дозволяє адекватно описати характер зміни параметрів у діапазоні, який значно перевищує регламентні межі. Це особливо важливо при застосуванні її у системах контролю безпеки реактора та технологічних тренажерах. Урахування в моделі процесу хімічної реакції дозволяє контролювати такий складний параметр як зміна активності каталізатора. Цей показник є дуже важливим при визначенні необхідності адаптації моделі. Адаптація моделі одночасно забезпечує її адекватність як у системі оптимізації, так і у автоматизованій системі регулювання.

Література

1. Амелин А.Г. Общая химическая технология [Текст] / А.Г.Амелин, А.М.Кутепов – М.: Химия, 1977. – 324 с.
2. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв: Підручник [Текст] / Й.І. Стенцель, О.В. Поркуян - Луганськ: вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2010. – 300 с.
3. Математичне моделювання технологічних об'єктів [Текст] : Підручник / О.Б.Целіщев, П.Й.Елісєєв, М.Г.Лорія, І.І.Захаров – Луганськ. Вид-во Східноукр. нац. унів. ім. В. Даля, 2011. – 421 с.
4. Принципы математического моделирования химико-технологических систем [Текст] / В.В.Кафаров, В.Л.Перов, В.П.Мешалкин и др. – М.: Химия, 1974. – 344 с.
5. Spatial Self-Organization in One Process of Chemical Technology [Text] : International Conference on Differential Equations and Dynamical Systems., 1-4 August 1997. Canada. Waterloo : 1997. - P. 166.
6. Thermal Spots in an Industrial Packed Bed Catalytic Reactor [Text] : Year 2000 International Conference on Dynamical Systems and Differential Equations (ICDSDE) Abstracts Book. USA, Kennesaw, 2000. - P.81.
7. Абдалхамид, Д. Система екстремального управління многополочным реактором с моделью [Текст] / Д.Абдалхамид, М.Г.Лорія, А.Б.Целищев, П.И.Елисеев // Вісник СНУ. - 2012. - №15(186). - ч.2. - С.152-156.

References

1. Amelin A.G., General chemical technology. (1977). Moscow, USSR: Higher school, 448c.
2. Stentsel Y.I., (2010). *Avtomatyzatsiia tekhnologichnykh protsesiv khimichnykh vyrobnytstv, Pidruchnyk* [Automation of technological processes of chemical production, Textbook], Luhansk, vyd-vo Skhidnoukr. nats. uh-tu im. V. Dalia, , 300 p.
3. Tselishchev O.B. (2011), *Matematychnye modelyuvannia tekhnologichnykh obektiv* [Mathematical modeling of technological objects], Luhansk. Vyd-vo Skhidnoukr. nats. uh-tu im. V. Dalia, 421 p.
4. Kafarov V.V., (1974). Principles of mathematical design of the chemical-technological systems. Moscow, USSR: Chemistry, 344 p.
5. Spatial Self-Organization in One Process of Chemical Technology [Text] : International Conference on Differential Equations and Dynamical Systems., 1-4 August 1997. Canada. Waterloo : 1997. - P. 166.

6. Thermal Spots in an Industrial Packed Bed Catalytic Reactor [Text] : Year 2000 International Conference on Dynamical Systems and Differential Equations (ICDSDE) Abstracts Book. USA, Kennesaw, 2000. - P.81.
7. D.Abdalhamid, (2012).System extreme management by a multishelf of Reactor with the model / D.Abdalhamid, Loria M.G., Tselishchev O.B., Yelisieiev P.Y., // Visnik SNU. - №15(186). - p.2. p.152-156p.

Лорія М.Г. Разработка математической модели газового реактора для оптимизации технологического процесса

В работе рассматривается вопрос разработки математической модели, которую можно применять как для оптимизации технологического процесса, так и для автоматизированной системы регулирования. Адаптация модели будет обеспечивать эффективность обеих стратегий управления. Полученная динамическая модель позволяет адекватно описать характер изменения параметров в диапазоне, которой значительно превышает регламентные границы. Это особенно важно при применении ее в системах контроля безопасности реактора и технологических тренажерах.

Ключевые слова: Математическая модель, адаптация модели, реактор, автоматизированная система регулирования, оптимизация.

Loriia M. Development of mathematical model of gas reactor for optimization of technological process

In this article examined questions of development of mathematical model, that can be applied both for optimization of technological process and for the automatic system of adjusting.

Adaptation of model will provide efficiency of both strategies of management. Presence of generous amount difficult chemical-technological equipment and various processes substantially complicates the design of all complex on the whole. Therefore logically to begin with forming of dynamic model of gas reactor which basic processes of synthesis of methanol are in. Chemical processes which take place in a reactor are also characterized the large degree of complication, that is why a task of development of mathematical model of all basic processes taking into account their dynamics is substantially non-trivial. Creation of model of difficult physical and chemical process is, as a rule, by an iteration process, when functioning of mathematical model is constantly evened with the parameters of the real process and accordingly adjusted.

The result dynamic model allows adequately to describe character of change of parameters in a range, considerably exceeds regulation borders that. It is special it is important at application of her in the checking of safety of reactor systems and technological trainers.

Keywords: Mathematical model, adaptation of model, reactor, automatic system of adjusting, optimization.

Лорія Маринна Геннадіївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри електронних апаратів, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк).

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

Стаття подана 24.03.2018

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 1 (242) 2018**

Науковий журнал

Відповідальний за випуск

Чернецька-Білецька Н.Б.

Оригінал-макет

Шворнікова Г.М.

Статті надруковано в авторській редакції

Підписано до друку 21.04.2018 р.
Формат 60 x 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 21,4. Обл.-вид. арк. 22,9.
Наклад 300 прим. Вид. № 3169. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: просп. Центральний 59-А
м. Сєвєродонецьк, 93400, Україна
E-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com

Надруковано:
Відділ технічного обслуговування СНУ ім. В. Даля
Адреса: просп. Центральний, 59-а
м. Сєвєродонецьк, 93400