

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

ЗБІРНИК
наукових праць
Дніпровського
національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
«ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА
ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

Засновано в 2011 році

Випуск 19

Дніпро
2020

УДК 626.2

ББК 39.2

Д 54

ЗАСНОВНИК ТА ВИДАВЕЦЬ:
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

Затверджено до друку рішенням вченої ради Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна від 02.07.2020 р., протокол № 10

Збірник наукових праць «Транспортні системи та технології перевезень», наказом Міністерства освіти і науки України №409 від 17.03.2020 р. внесено до Категорії Б «Переліку наукових фахових видань України».

Редакційна колегія:

головний редактор – доктор технічних наук *В. І. Бобровський*;
відповідальний секретар – кандидат технічних наук *М. І. Березовий*.

Члени редакційної колегії:

доктори технічних наук *Т. В. Бутько, І. В. Жуковицький, Д. М. Козаченко, Д. В. Ломотько, Є. В. Нагорний, В. В. Скалозуб*, доктор фізико-математичних наук *В. І. Гаврилюк (Україна)*, доктор технічних наук *Маріанна Яцина (Польща)*.

Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпро: Вид-во Дніпров. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2020. – Вип. 19. – 103 с.

ISSN 2222-419X

Д 54 В статтях висвітлені результати наукових досліджень, виконаних авторами в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та інших організаціях у сфері формування та забезпечення ефективної роботи складових елементів транспортного комплексу, розвитку його матеріально-технічної бази, удосконалення технологій експлуатаційної, вантажної та комерційної роботи транспорту.

Збірник становить інтерес для співробітників науково-дослідних організацій, наукових та науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів, магістрантів, студентів вищих навчальних закладів, інженерно-технічних працівників установ, організацій та підприємств транспортної галузі.

УДК 626.2

ББК 39.2

В статьях отражены результаты научных исследований, выполненных авторами в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна и других организациях в сфере формирования и обеспечения эффективной работы составных элементов транспортного комплекса, развития его материально-технической базы, усовершенствования технологии эксплуатационной, грузовой и коммерческой работы транспорта.

Сборник представляет интерес для работников научно-исследовательских организаций, научных и научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, магистрантов, студентов высших учебных заведений, инженерно-технических работников организаций и предприятий транспортной отрасли.

UDK 626.2

Results of researches, which are made in the Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan and other organizations in the fields of formation and effective operation of the constituent elements of the transport sector, its material and technical base development, freight and commercial operation improvement are presented in the articles.

The collection is intended for the research organizations employees, research and educational personnel, as well as for the doctoral candidates, postgraduates and for the higher school students, engineering employees of organizations and enterprises of transport industry.

© Дніпров. нац. ун-т залізн.
трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2020

ЗМІСТ

Б. І. ТОРОПОВ (Державний університет інфраструктури і технологій), **Т. В. БОЛВАНОВСЬКА** (Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

РОЗВИТОК І ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНИХ ПІДХОДІВ АКАДЕМІКА В. М. ОБРАЗЦОВА В ПРОЕКТУВАННІ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ВУЗЛІВ УКРАЇНСЬКИМИ ФАХІВЦЯМИ5

С. В. ВОЙТКІВ (ТзОВ «Науково-технічний центр «Автополіпром»)

НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ СПАЛЬНИХ ПЛАЦКАРТНИХ ВАГОНІВ ПІДВИЩЕНОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ 14

Е. А. ФИЛАТОВ (Белорусский государственный университет транспорта)

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ГОРЛОВИН ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА25

N. O. LUZHANSKA (National Transport University)

SIMULATION AND OPTIMIZATION OF FREIGHT CUSTOMS COMPLEXES' BASED ON QUEUEING SYSTEMS 37

Р. В. ВЕРНИГОРА, А. М. ОКороков, О. О. ЗОЛОТАРЕВСЬКА (Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ПО ОНОВЛЕННЮ РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ43

И. В. ЖУКОВИЦКИЙ, А. Б. УСТЕНКО (Днепровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ХОДОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТЦЕПОВ.....55

О. О. ЖИЛНКОВ (Приазовський державний технічний університет)

ДО ПИТАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО АВТОТРАНСПОРТУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ 60

В. Е. ПАРУНАКЯН, Г. В. МАСЛАК (Приазовський державний технічний університет)

РОЗРОБКА МЕТОДУ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ МАТЕРІАЛОРУХУ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ВИРОБНИЦТВА І ТРАНСПОРТУ В МЕТАЛУРГІЙНИХ ПЕРЕДІЛАХ 68

Г. С. ПРОКУДИН, В. П. КУЗЬМИЧ, Н. В. КОП'ЯК (Національний транспортний університет)

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ ПРИМІСЬКИХ ЗОН76

О. О. МАЗУРЕНКО, А. В. КУДРЯШОВ, В. В. ЛЕБІДЬ (Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ЗАСТОСУВАННЯ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРАХ83

В. В. СКАЛОЗУБ, Л. О. ПАНІК, Б. Б. БІЛИЙ (Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна), **М. В. СКАЛОЗУБ** (HiQ AB Stockholm)

МОДЕЛІ ТА ПРОЦЕДУРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ І УПОРЯДКУВАННЯ НЕОДНОРІДНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ЗАМОВЛЕНЬ89

А. М. ПАСІЧНИК (Університет митної справи та фінансів), **Є. С. КУЩЕНКО** (ПАТ «Одеський припортовий завод»)

ДО ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ КОНТЕЙНЕРНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ98

УДК 93/94:656.21

Б. І. ТОРОПОВ^{1*}, Т. В. БОЛВАНОВСЬКА^{2*}

^{1*} Каф. «Управління комерційною діяльністю залізниць», Державний університет інфраструктури і технологій, вул. Кирилівська, 9 м. Київ, Україна, 04071, тел. +38 (068) 567-30-55, ел. пошта toropovbi@gmail.com, ORCID 0000-0002-9946-8708

^{2*} Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 793-19-13, ел. пошта valentinovna.upp@gmail.com, ORCID 0000-0001-6462-8524

РОЗВИТОК І ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНИХ ПІДХОДІВ АКАДЕМІКА В. М. ОБРАЗЦОВА В ПРОЕКТУВАННІ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ВУЗЛІВ УКРАЇНСЬКИМИ ФАХІВЦЯМИ

Мета. Метою роботи є висвітлення наукової спадщини академіка В. М. Образцова, яка пов'язана з системними уявленнями розбудови залізничних станцій і вузлів та їх подальшим використанням. **Методи дослідження.** Основу методологічних підходів досліджуваної теми склали проблемний та історико-хронологічний методи. В дослідженні використовувалися наступні методи: емпіричний аналіз; метод систематизації; метод періодизації. **Результати.** На початку 1900 р. Образцовим В. М. опубліковані наукові праці, які поклали початок розробленню проблем наукової експлуатації залізничного транспорту. Важливим етапом наукової роботи академіка Образцова є написання фундаментальних робіт і реалізація на практиці комплексних проектів розвитку транспортних вузлів (1923-1933 рр.). Проекти об'єднання вузлів були спрямовані на зосередження управління вузлами з одного центру та мали комплексний характер: у них вирішувалися питання плану формування поїздів, розміщення сортувальних станцій і питання взаємодії всіх видів транспорту. Теоретичні нароби Образцова, досвід розроблення проектів стали підґрунтям для написання фундаментальної праці «Основы построения транспортных узлов» Інститутом комплексних транспортних проблем (1959 р.). Наведено етапи становлення та розвитку інституту «Київдипротранс» та його внесок у розроблення нормативних документів. Київдипротрансом у 1960 р. розроблено «Указания по разработке генеральных схем развития железнодорожных узлов и станций», основні положення яких зводилися до комплексного розвитку всіх видів транспорту, порядку розроблення, складу та погодження проектних матеріалів всіх розділів генеральної схеми розвитку залізничних вузлів і станцій, що мало велике значення для проектувальників, органів експертизи, місцевих органів влади, керівників залізниць, портів та промисловості. Інститут «Київдипротранс», використовуючи теоретичні нароби, власний досвід проектування та досвід аналогічних проектних інститутів, розробляв методичні рекомендації для проектувальників. Методичні рекомендації відіграли значну роль у покращенні системи проектування залізничних станцій та вузлів, підвищенні якості проектів і, в результаті, підвищенні ефективності залізничної галузі. При розробці методичних вказівок використовувалися праці Образцова та передбачався комплексний підхід до питань проектування і реконструкції вузлів. **Практична значимість.** Висвітлено внесок академіка Образцова в розвиток транспортної науки та розроблення нормативних документів для проектування залізничних вузлів і станцій з позицій комплексності та наукової єдності транспортної науки.

Ключові слова: Образцов В. М.; залізничні станції та вузли; системність досліджень; нормативні документи

Вступ

У червні 2019 року виповнилося 145 років від дня народження видатного вченого, одного з основоположників експлуатаційної науки залізничного транспорту та науки про залізничні станції та вузли, доктора технічних наук, професора, заслуженого діяча науки та техніки, генерал-директора 1-го рангу, дійсного члена академії наук *Володимира Миколайовича Образцова*.

Немає на теренах України та пострадянського простору залізничника в галузі організації

перевезень і управління, не кажучи про проектувальників залізничних станцій та вузлів, який би не знав праць В. М. Образцова. За його підручниками зросло не одне покоління залізничників і проектувальників, його фундаментальні положення в галузі проектування є актуальними і сьогодні, а підручники – зразок повноти і логіки представлення навчального матеріалу.

Енциклопедичність знань та висока ерудиція Образцова, наукова обґрунтованість та практична значимість його робіт залишили далеко позаду відомі на той час роботи таких авторів, як

Блум, Дродж, Одер. Його роботи зберігали свою значимість протягом довгого періоду як при розв'язанні наукових проблем транспорту, так і при вирішенні практичних задач під час розроблення проектів [1].

Актуальність статті зумовлена необхідністю більш повного оприлюднення для широкого загалу здобутків академіка Образцова В. М. у сфері експлуатаційної науки, системного підходу до вирішення проблем транспорту та подальшого їх розвитку українськими проектними організаціями в сфері проектування залізничних вузлів і станцій з позицій *єдності техніки, технології, економіки*.

Аналіз останніх досліджень

Стислі відомості про діяльність академіка В. М. Образцова у відповідні періоди були висвітлені в енциклопедичних виданнях, зокрема в таких: «Краткая энциклопедия железнодорожного дела» (1923 г.), «Наука в России: Справочник» (1923 р.), «Українська загальна енциклопедія» (1932 р.), «Большая советская энциклопедия» (1954 р.). У 1968 році внесок Образцова В. М. у теорію та практику розвитку залізничних вузлів і станцій дослідили Каретніков О. Д. та інші. До 125 річчя народження академіка вийшла серія статей, опублікованих у журналі «Транспорт. Наука. Техника. Управление». № 5 ВИНТИ, 1999 р., де висвітлювалася наукова, організаторська та викладацька діяльність В. М. Образцова [1-4].

До початку 2000-х років практично були відсутні системні дослідження спадщини В. М. Образцова. В 2005 р. були опубліковані статті Б. Торопова «Основні етапи розвитку науки про залізничні станції та вузли» [5] та «Розвиток наукових уявлень щодо розміщення сортувальних станцій на мережі залізниць» [6], в яких розглядався внесок академіка за темою дослідження.

У 2010 році вітчизняний дослідник Довганюк С. С. (ДНУЗТ) за результатами багаторічної праці опублікував монографію «Володимир Миколайович Образцов (1874-1949)», у якій висвітлено життєвий і творчий шлях академіка в контексті розвитку залізничного транспорту та виконано ґрунтовний аналіз його наукової діяльності [7].

У 2015 році О. Г. Стрелко (ДУІТ) видав монографію «Нариси з історії науки про залізничні станції та вузли (друга половина XIX – перша половина XX століть)» [8]. Предметом дослідження даної монографії є становлення та розвиток науки про залізничні станції та вузли, зокрема концептуально-теоретичний і

фактологічний внесок вітчизняних вчених залізничників, у тому числі і Образцова В. М., у розбудову залізничного транспорту.

До 75-ої річниці заснування інституту «Київдіпротранс» у журналі «Залізничний транспорт України» № 5-6 за 2005 рік видана стаття «Мистецтво прийняття неординарних рішень», де висвітлювалися питання суто організаційного та виробничого характеру та основні етапи становлення інституту.

Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є висвітлення наукової спадщини академіка В. М. Образцова, яка пов'язана з системними уявленнями розбудови залізничних станцій та вузлів, їх подальшим використанням, а також розвитком вітчизняними фахівцями проектувальниками, зокрема Науково-дослідним та проектно-вишукувальним інститутом транспортного будівництва «Київдіпротранс», при розробленні проектів нового будівництва, реконструкції, розвитку крупних залізничних станцій та вузлів і методичних рекомендацій, які відіграли значну роль в підвищенні якості проектів і, в кінцевому результаті, ефективності галузі.

Матеріали та методи дослідження

Основу методологічних підходів досліджуваної теми склали проблемний та історико-хронологічний методи. Усі події та явища розглядаються в єдності (наука, техніка, технологія, проектування, ефективність), що є загальнонауковим принципом пізнання.

У дослідженні використовувалися методи: *емпіричний* аналіз – виявлення складових за напрямками дослідження; *систематизації* – впорядкування та логічного викладення матеріалу; метод *періодизації* – виділення основних етапів наукової та практичної діяльності академіка та розвиток його наробок проектними організаціями.

Джерельну базу дослідження становлять праці В. М. Образцова, опубліковані праці науковців та залізничників, які розкривали сутність та значимість наробок академіка; архівні матеріали інституту «Київдіпротранс».

Основна частина

Наукова діяльність академіка являє собою вирішення широкого кола взаємопов'язаних актуальних проблем, таких як колійне господарство, пропускна спроможність залізничних напрямків, промислового та міського транспорту.

Значне місце в наукових наробках академіка посідають задачі, які пов'язані з розвитком залізничних станцій та вузлів.

В. М. Образцов народився в м. Миколаїв Херсонської губернії, де в 1892 році закінчив гімназію з золотою медаллю і в цьому ж році за конкурсом вступив до Петербурзького інституту шляхів сполучення, який закінчив у 1897 році. Можна з впевненістю припустити, що вже під час навчання в гімназії, а потім і в інституті у Володимира Образцова сформувалася думка про необхідність системного підходу до транспортних процесів, яка в майбутньому стала стрижнем його професійної діяльності – *системність у вирішенні транспортних проблем*.

У своїх працях В. М. Образцов переконливо доводив необхідність комплексного підходу до вирішення транспортних проблем і стверджував єдність науки про транспорт, яка об'єднує техніку, технологію, економіку і взаємодію всіх видів транспорту.

На підставі накопиченого власного досвіду та критичного опрацювання вітчизняних та закордонних наукових нарбок та досвіду експлуатації В. М. Образцов у 1938 році сформулював комплекс транспортних задач, які склали наукову тематику Академії наук (АН) СРСР в галузі транспорту. Взявши до уваги представлену Образцовим тематику, Президія АН прийняла рішення про створення в системі Академії наук Секції з наукових розробок проблем транспорту, яку й очолив В. М. Образцов [1].

В основу керівництва секцією Образцовим було покладено комплексний підхід до вирішення транспортних проблем розвитку залізничної мережі та роботи всіх видів транспорту [2]. Образцов казав: «... не можна розглядати, вивчати і використовувати транспорт інакше, як в його комплексі, тому що переплітаються між собою і впливають одне на одне всі види транспорту.» [3].

Важливо відмітити, що Образцов всі свої теоретичні нароби перевіряв на практиці, цим він значною мірою відрізнявся від своїх сучасників, які, здебільшого, могли обмежитися лише теоретичними дослідженнями [4].

У всі часи питання ефективності функціонування транспортного комплексу були актуальними та будуть такими і в майбутньому. В. М. Образцов підкреслював, що для підвищення ефективності транспортного комплексу необхідно широко впроваджувати науково-технічні досягнення при розробці проектів як нового будівництва, так і розвитку існуючих об'єктів транспортної інфраструктури.

Формування системності уявлень, як пряму наукового підходу майбутнього академіка, можна віднести до початку 1900-х років, коли з'явилися його перші праці з питань сортувальної роботи на станціях, які поклали початок розробці складових наукового підходу до експлуатації залізниць, і зокрема, розробленню принципів організації сортувальної роботи [5].

У цей же період розпочалася наукова діяльність майбутнього академіка в сфері проектування залізничних вузлів і станцій, що згодом призвело до створення нової галузі транспортної науки – науки про залізничні станції та вузли, сутністю якої є принципи побудови, функціонування, розвитку, з притаманними їй особливостями, методиками розрахунків, проектування та етапністю будівництва цих масштабних транспортних об'єктів [6].

У 1901 році В. М. Образцов за дорученням Московсько-Ярославсько-Архангельської залізниці розробив проект реконструкції станції Іваново. На той період була відсутня теорія проектування станцій і практично відсутня відповідна технічна література, проект розроблявся на підставі власних знань [1].

Це був перший проект не тільки в Росії, а й у світі, в якому були розроблені і сформульовані основні наукові принципи проектування залізничних станцій, що в подальшому стали основою для розроблення проектів залізничних станцій [7].

Інженерну та наукову діяльність Образцов розпочав в ті часи, коли відбувалося інтенсивне будівництво залізниць. За межами його уваги не могли залишитися такі явища негативного впливу на економічні показники залізниць, як низький та нерівномірний рівень їх завантаження. Йому вже приходилося вирішувати локальні питання, які були пов'язані з вибором раціонального місця примикання нової залізничної лінії. По відношенню до мережі питання такого характеру неможливо вирішити не визначивши конфігурацію майбутньої мережі поряд з місцем заданого примикання.

Дана проблематика об'єктивно зумовила необхідність теоретичних досліджень в даному напрямку, і в 1916 році були опубліковані «Принципы русской железнодорожной сети» [9]. З цього приводу професор А. Н. Фролов писав «Ми вітаємо цю нову спробу пролити світло аналізу на темну до цього часу сторону інженерної творчості» [2].

Усю свою наступну інженерну та наукову діяльність В. М. Образцов дотримувався такої методологічної доктрини – вирішувати

спочатку загальні проблеми, а вже потім переходити до вирішення локальних.

З початком будівництва з'єднувальних ліній між окремими станціями різних залізниць (друга половина XIX сторіччя) почали виникати вузли в сучасному розумінні цього поняття. У кожному вузлі продовжувалося спорудження «власних» станцій (пасажирських, вантажних, сортувальних) різних залізниць різних власників. За таких умов не забезпечувалося «пряме слідування» транзитних поїздів з одного напрямку залізничної мережі на інший. Для цього було необхідно змінити «голови» составів поїздів.

У 1922-1923 роках Образцовим була висловлена ідея щодо об'єднання вузлів, розташованих на стиках залізниць, та передачі їх в підпорядкування одній залізниці. Ідея була підтримана керівництвом галузі і почалася практична її реалізація [10].

Серед значимих наукових праць цього періоду, пов'язаних з проблемами організації роботи і проектування залізничних вузлів, слід виділити «Проект распределения узлов на русской железнодорожной сети и сортировочной работы узлов с целью сокращения маневровой работы и простоя вагонов» (1922 р.), «Московский узел и проблемы его переустройства» (1926 р.), «Техника проектирования узлов» (1927 р.), «Железнодорожные узлы» (1933 р.). Окремо слід зазначити, що остання названа робота була покладена в основу більш пізнього видання підручників «Железнодорожные станции и узлы» (1938 та 1949 рр.), співавторами яких були В. Д. Нікітін, С. П. Бузанов, М. В. Сеньковський та Микола Романович Ющенко (завідувач кафедри «Станції та вузли» 1937-1972 рр., 1958-1971 рр. – ректор Дніпропетровського інституту залізничного транспорту).

Перераховані вище праці В. М. Образцова цікаві тим, що в них вперше по-новому він ставив і пропонував вирішення питань роботи транспортних вузлів з врахуванням розвитку всіх видів транспорту. При цьому передбачався комплексний підхід до проектування розвитку вузлів, заснований, як висловлюються сьогодні, на принципах логістики.

Образцову належить один із перших проектів Смоленського вузла (1922 р.), за зразком якого почали розроблятися проекти об'єднання інших вузлів. *(В даному проекті активну участь прийняв інженер (згодом д.т.н., професор) С. В. Зембінов. Їх спільна творча діяльність стала запорукою створення вітчизняної науки про залізничні станції та вузли).* За участю Образцова були

розроблені проекти реконструкції Московського та низки інших залізничних вузлів, в тому числі Запорізького та вузлів Донбасу. Об'єднання вузлів, що супроводжувалося зміною схем колійного розвитку, було розпочато в 1923 році і практично завершено на всіх визначальних вузлах мережі в 1927 році, за винятком Московського, Ленінградського і Харківського [1].

У статті «Проект распределения узлов на русской железнодорожной сети...» В. М. Образцов виклав основні положення розробленого їм проекту стосовно розміщення сортувальних станцій на мережі залізниць Європейської частини Росії, ґрунтовно дослідив питання розміщення сортувальних станцій на Донбасі, де на той час існувало значне «напруження» залізничної мережі. Образцов висловив пропозицію, яка полягала в концентрації роботи станцій Комишуваха, Слов'янськ і Красний Лиман в одному, Куп'янському вузлі.

Образцов розглядав розвиток вузлів Донбасу системно, з позицій розвитку економіки та міжрегіональних зв'язків з їх подальшим аналізом та розробленням пропозицій щодо раціонального розподілу роботи між вузлами та будівництва нових з'єднувальних ліній та розміщенням на них технічних станцій. [10].

Визначенні і сформульовані положення щодо об'єднання роботи у вузлах в теоретичному плані набули конкретного вираження в терміні «*принципи концентрації*» і практичної реалізації в залізничних вузлах України [6]. У 1986 році науковцями та проектувальниками галузі було підготовлено наукове дослідження «Розміщення і розвиток сортувальних станцій на перспективу до 2000 р.» Інститут «Київдіпротранс» у рамках даного дослідження виконав розділ, який відносився до мережі залізниць України. При розробленні вказаного дослідження були в повній мірі використані теоретичні нароби академіка з даної проблематики.

Значна частина наукових розробок та практичних робіт академіка була використана та покладена в основу багатьох положень фундаментальної праці Інституту комплексних транспортних проблем «*Основы построения транспортных узлов*» [13].

У передмові до *Основ* відмічено, що створення нових промислових центрів і населених пунктів, а також прогрес техніки вимагають раціональних рішень в галузі розвитку транспортних вузлів. Це змусило Інститут комплексних транспортних проблем АН приступити до наукової розробки питань устрою нових та розвитку існуючих вузлів.

В *Основах* наведено вимоги, які висуваються до вузлів, враховуючи ув'язку з роботою промисловості і плануванням міст, головним чином з позицій їх взаємодії, що в своїх працях і доводив Образцов.

Державний комітет у справах будівництва при Раді Міністрів СРСР у листі до Міністерства шляхів сполучення та Транспортного будівництва від 10 грудня 1959 року відзначив, що за підсумками розгляду низки генеральних схем розвитку залізничних вузлів встановлено, що їх розбудова, як правило, відставала від проектних розробок і будівництва промислових підприємств та міст.

Внаслідок цього проектні рішення, які передбачалися в генеральних схемах розвитку залізничних вузлів і крупних станцій, носять *вимушений характер* і виходять з необхідності *приспосовування* до вже існуючої ситуації, що склалася в промисловій та міській забудові. Крім того, при розробленні цих схем виявлені тенденції відходу від комплексного вирішення питань розвитку залізничних вузлів і станцій сумісно з транспортом промислових підприємств.

Головне Управління проектних організацій (Главтранспроект) на підставі виявлених недоліків у організації і методиці проектування генеральних схем розвитку залізничних вузлів і станцій доручило Державному проекту – вишукувальному інституту транспортного будівництва «Київдіпротранс» розробити «*Указання по разработке генеральных схем развития железнодорожных узлов и станций*» [14]. (Довідка. Інститут «Київдіпротранс» до 90-х років у системі Міністерства транспортного будівництва був провідним інститутом у галузі проектування залізничних станцій та вузлів. Цей факт та наявність високого інженерного потенціалу зумовило «Главтранспроект» доручити виконання «*Указаний...*» саме інституту «Київдіпротранс» (сучасна назва інституту).

«*Указання...*» перенесли в практичну площину запропоновані академіком наукові підходи щодо системності побудови та розвитку транспортних вузлів та залізничних станцій.

У розроблених інститутом «Київдіпротранс» *Указаннях* викладені положення, якими необхідно керуватися проектним організаціям при розробленні генеральних схем розвитку залізничних вузлів і станцій. Ці положення зводилися до комплексного розвитку всіх видів транспорту, порядку розроблення, складу та погодження проектних матеріалів всіх розділів генеральної схеми розвитку залізничних вузлів і станцій, що мало велике значення для проектувальників,

органів експертизи, місцевих органів влади, керівників залізниць, портів та промисловості.

Загальні положення *Указаний* зводяться до наступного:

– генеральна схема розвитку залізничного вузла або станції є основним проектним документом, який встановлює раціональне розміщення та взаємодію всіх видів транспорту, промислових підприємств та міста;

– генеральна схема повинна визначати правильний напрям першочергового розвитку і віддаленої перспективи;

– розробка генеральної схеми розвитку залізничного вузла повинна передувати розробленню проектів промислових підприємств і виконуватися разом з генеральним планом міста, промислового району;

Указання містили обов'язкові для розроблення проектів залізничних вузлів і станцій (нове будівництво, розвиток) вимоги і рекомендації щодо:

– комплексного розвитку залізничних вузлів і станцій сумісно з розвитком всіх видів транспорту, промислових підприємств та плануванням міст;

– порядку розроблення, складу, змісту, оформлення і затвердження генеральних схем розвитку залізничних вузлів і станцій;

– проектні рішення повинні ґрунтуватися на досягненнях науки, техніки з використанням накопиченого прогресивного досвіду проектування;

– кооперації різних видів транспорту з промисловими підприємствами;

– забезпечення поточності операцій і скорочення обсягів маневрової роботи.

В якості нормативної вимоги *Указання* закріплювали, що *вибір проектних рішень* в генеральній схемі за всім комплексом будівництва різних видів транспорту, планування промислових підприємств та міських агломерацій *повинен здійснюватися* на підставі техніко-економічних розрахунків для вибору найбільш ефективного варіанту. При виборі варіанту повинні враховуватися умови експлуатації всіх видів транспорту (в тому числі наявність резервів пропускної і переробної спроможностей) та можливості подальшого розвитку.

Указання розроблялися інститутом Київдіпротранс на підставі опрацювання теоретичних наробок, відомих на той період, та власного досвіду розроблення проектів розвитку залізничних вузлів. В період 1928-1933 рр. Київським відділенням Діпротрансу було запроєктовано розвиток таких залізничних вузлів, як Київський,

Ліски, Валуйки, Лозова, Фастів, Козятин, Шепетівка, ім. Т. Шевченка, Ворожба, Конотоп, Коростень, Куп'янськ, а також проекти розвитку станцій Москва-Київська-Сортувальна і Москва-Київська-Пасажирська.

До досвіду проектування нових залізничних ліній з крупними вузлами та станціями слід віднести проектування залізничної магістралі Москва–Донбас – одного з найбільших залізничних об'єктів другої п'ятирічки. Слід відзначити, що на початковій стадії проектування і будівництва, яке велося вже два роки, не було цілісного проекту. У залізничних вузлах окремі пристрої проектувалися багатьма проектними організаціями без комплексної ув'язки проектних рішень. Об'єктивно і логічно виникла потреба забезпечити будівництво комплексною проектною документацією, розробленою на засадах системного підходу.

У 1933 році (23 листопада) Київське відділення Діпротрансу було підпорядковано начальнику будівництва магістралі Москва–Донбас під назвою «Мосдонстройпроект» і стало складовою проектного відділу будівництва. Протягом півтора року «Мосдонстройпроект», у склад якого входило і Київське відділення Діпротрансу, здійснював розроблення проектів розвитку вузлів і станцій на Уралі та в Сибіру, в тому числі Челябінська, Кургану, Іссик-Куля, Макушина, Петропавловська, а також у Середній Азії – Ташкента, Кагана, Бухари та ін.

З 1 липня 1935 р. за розпорядженням Центрального управління з будівництва залізниць НКШС від 14.06.35 р. за № 86 «Мосдонстройпроект» було реорганізовано в Київське відділення Союзтранспроект з значним доповненням кадрами з проектною організацією «Запжелдорстрой» і Ростовської проектно-вишукувальної експедиції НКШС.

У наступному 1936 р. після об'єднання проектного відділу Південно-Західної залізниці з Київтранспроектом організація отримала назву *Київська контора Союзтранспроект - Київтранспроект*.

Київтранспроекту, починаючи з 1935 р., доручається виконання крупних комплексних проектів нових ліній, других колій, розвитку вузлів на мережі залізниць, а також забезпечення проектами найбільш складних об'єктів будівництва Південно-Західної, Одеської і Білоруської залізниць.

В період другої п'ятирічки Київтранспроектом розроблялися проекти будівництва багатьох нових залізничних ліній: Жашків – Цвіткове, Колосівка – Мішкове (колишня станція

Водопій), Гомельський обхід, Лепенсовка – Старокостянтинів, Золотоноша – Новомосковськ, Персіановка – Тихорецька, друга колія Навля – Конотоп. Виконані проектні роботи є запорукою накопичення досвіду проектування та підґрунтям для його узагальнення й розроблення методичних рекомендацій для проектувальників транспортної галузі.

Значні резерви щодо зниження експлуатаційних та капітальних витрат лежать в площині узгодженості технічної складової станцій (у першу чергу сортувальних) та технології виконання окремих операцій. В значній мірі як капітальні, так і експлуатаційні витрати залежать від якості розроблення проектів залізничних вузлів і станцій. Недоліки та прорахунки в проектах *«дорого обходяться»* як при будівництві, так і під час експлуатації. В роки першого післявоєнного десятиріччя інститут «Київтрансузолпроект», продовжуючи традиції комплексного вирішення задач академіка Образцова В. М., почав видавати *Інформаційні листи*, де відображався передовий досвід (як власний, так і інших організацій) у галузі проектування. З 1948 р. інститутом почалася періодично випускатися *«Коротка інформація»*, яка надавала вагому допомогу проектувальникам.

У 1959 р. постановою Ради Міністрів СРСР від 20 лютого № 166 була створена мережа *головних проектних інститутів* для проведення єдиної і специфічної технічної політики в кожній із основних галузей господарства. В зв'язку з тим, що освоєння зростаючих обсягів залізничних перевезень значною мірою залежить від переробних спроможностей вузлів і станцій, і що питаннями її збільшення займається значна кількість проектних та науково-дослідних інститутів та відповідних підрозділів залізниць, виникла нагальна потреба реалізації в сфері проектування і будівництва залізничного транспорту *єдиної технічної політики*.

Виходячи з того, що Київдіпротранс ще з довоєнних років був спеціалізованою організацією з проектування залізничних вузлів і станцій («Київтрансузолпроект») та з переважним обсягом робіт таким і залишився, рішенням Держбуду, Держплану та Міністерства фінансів від 16 травня 1959 р. на нього було покладено функції головного інституту з проектування нових і реконструкції існуючих залізничних вузлів і крупних станцій.

Висновки

Станції є основною виробничою одиницею залізничного транспорту. Їх оснащення,

організація роботи та розміщення на мережі мають вирішальний вплив на систему організації та ефективність перевізного процесу. Саме цими питаннями займався видатний вчений, талановитий інженер В. М. Образцов.

Викладене вище характеризує В. М. Образцова як видатного вченого залізничника та інженера-практика, який багато зробив для становлення вітчизняної транспортної науки і техніки, зокрема був одним із засновником науки про залізничні станції та вузли.

Його наукова спадщина та практична діяльність знайшли свій подальший розвиток у працях науковців та фахівців у сфері комплексного проектування лінійних та локальних об'єктів залізничного транспорту.

Інститут «Київдіпротранс», як базова організація з проектування крупних залізничних станцій та вузлів, перевів у практичну площину теоретичні нароби Образцова – безпосереднє використання в проєктах та розроблення методичних вказівок з проектування залізничних станцій та вузлів, які відіграли вагомий роль в підвищенні якості розроблюваних проєктів проєктними організаціями, і, як підсумок, підвищення функціонування залізничної галузі.

При розробленні проєктів та методичних вказівок «Київдіпротранс» використовував праці Образцова, в яких по-новому ставилися і пропонувалися вирішення питань транспортних вузлів з урахуванням розвитку всіх видів транспорту, передбачався комплексний підхід до питань проектування і реконструкції вузлів, заснований на логістичних засадах.

Протягом останнього часу перед залізницями стоїть актуальна задача приведення технічного стану галузі у відповідність обсягам робіт. Тепер, на відміну від періоду інтенсивного зростання обсягів перевезень, коли Образцов займався питаннями збільшення пропускної спроможності та об'єднання вузлів, акцент перенесено на раціональне виведення виробничих потужностей із експлуатації з метою зменшення витрат на основну діяльність залізниць.

Актуальним продовжує залишатися питання вдосконалення схем організації вагонопотоків і концентрації сортувальної роботи. Зі зміною виробничої ситуації незмінним залишається підхід до вирішення задач: *єдність техніки, технології і економіки, на якому наголошував свого часу В. М. Образцов.*

За ємним висловом С. С. Довганюка «Він (Образцов) віддзеркалював наступництво кращих традицій вітчизняної і зарубіжної прогресивної науки й високі якості видатного вченого

та інженера залізничника. Величезна практична інженерна діяльність і значний внесок у розвиток залізничної науки зробили ім'я В. М. Образцова відомим не тільки у нас, але і за кордоном. ... найціннішим є те, що пам'ять про цього видатного науковця, освітянина, талановитого інженера продовжує жити у нових дослідженнях з історії вітчизняного транспорту».

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Шаров, В. А. Продолжение идей основоположника теории развития железнодорожных станций и узлов [Текст] / В. А. Шаров // ВИНТИ. Транспорт: наука, техника, управление – 1999. – № 5. – С. 12-15.
2. Комаров, А. В. Совершенствование сферы обращения [Текст] / А. В. Комаров // ВИНТИ. Транспорт: наука, техника, управление. – 1999. – № 5. – С. 8-12.
3. Шубко, В. Г. Научная и организаторская деятельность В.Н. Образцова [Текст] / В. Г. Шубко // ВИНТИ. Транспорт: наука, техника, управление. – 1999. – № 5. – С. 4-5.
4. Резер, С. М. Проблемы взаимодействия железных дорог с другими видами транспорта в узлах в трудах академика В.Н. Образцова [Текст] / С. М. Резер // ВИНТИ. Транспорт: наука, техника, управление. – 1999. – № 5. – С. 7-8.
5. Торопов, Б. І Основні етапи розвитку науки про залізничні станції та вузли [Текст] / Б. І. Торопов // Залізничний транспорт України. – 2005. – № 5-6 (52-53). – С. 22-25.
6. Торопов, Б. І. Розвиток наукових уявлень щодо розміщення сортувальних станцій на мережі залізниць [Текст] / Б. І. Торопов // Вісник ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна. – 2005. – № 9. – С. 109-114.
7. Довганюк, С. С. Володимир Миколайович Образцов (1874-1949) [Текст] / С. С. Довганюк. – К.: НВП Поліграфсервіс, 2010 – 327 с.
8. Стрелко, О. Г. Нариси з історії науки про залізничні станції та вузли (друга половина XIX – перша половина XX століть) [Текст]. / О. Г. Стрелко. – Полтава. «АСМІ», 2015 – 303 с.
9. Образцов, В. Н. Принципы русской железнодорожной сети [Текст] / В. Н. Образцов // Производительные силы России. – 1916. – № 1. – С.32-35.
10. Образцов, В. Н. Проект распределения узлов на русской железнодорожной сети и сортировочной работы узлов с целью сокращения маневровой работы и пропуска вагонов. [Текст] / В. Н. Образцов // Техника и технология путей сообщения. – 1922. – № 12. – С. 445-466.
11. Образцов, В. Н. К вопросу о комплексной теории транспорта [Текст] / В. Н. Образцов // Известия АН СССР. – 1945. – № 10-11.
12. Образцов, В. Н. Теоретические исследования по обороту вагонов [Текст] / В. Н. Образцов // Изв. Моск. инж. училища. – 1909. – Вып. 3, Ч. 2. – С. 21-64.

13. Основы построения транспортных узлов. Под ред. д.т.н., проф. С.В. Земблинова [Текст]. – М. : Государственное транспортное издательство, 1959 – 447 с.

14. Указания по разработке генеральных схем развития железнодорожных узлов и станций. Минтрансстрой. Главтранспроект. Киевгипротранс. (1-ая редакция) [Текст]. – К.: Киевгипротранс, 1960 г. – 70с. (архив Київдипротрансу).

15. Проектно-исследовательский институт транспортного строительства «Киевгипротранс» История

института 1930-2005 гг. [Текст]. – К.: «Логос», 2005 – 565 с.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Озарем О. М. (Україна)

Надійшла до редколегії 06.04.2020 р.

Прийнята до друку 15.06.2020 р.

Б. И. ТОРОПОВ, Т. В. БОЛВАНОВСКАЯ

РАЗВИТИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМНЫХ ПОДХОДОВ АКАДЕМИКА В. Н. ОБРАЗЦОВА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И УЗЛОВ УКРАИНСКИМИ СПЕЦИАЛИСТАМИ

Цель. Целью работы является освещение научного наследия академика В. Н. Образцова, которое связано с системными представлениями развития железнодорожных станций и узлов и их дальнейшим использованием. **Методы исследования.** Основу методологических подходов исследуемой темы составили проблемный и историко-хронологический методы. В исследовании использовались следующие методы: эмпирический анализ; метод систематизации; метод периодизации. **Результаты.** В начале 1900 г. Образцовым В. Н. опубликованы научные работы, которые стали началом разработки проблем научной эксплуатации железнодорожного транспорта. Важным этапом научной работы академика Образцова является написание фундаментальных работ и реализация на практике комплексных проектов развития транспортных узлов (1923-1933 гг.). Проекты объединения узлов были нацелены сосредоточить управление ими из одного центра и имели комплексный характер: в них решались вопросы плана формирования поездов, размещения сортировочных станций и вопросы взаимодействия всех видов транспорта. Теоретические наработки Образцова, опыт разработки проектов стали основой для написания фундаментальной работы «Основы построения транспортных узлов» Институтом комплексных транспортных проблем (1959 г.). Приведены этапы становления и развития института «Киевгипротранс» и его вклад в разработку нормативных документов. Киевгипротранс в 1960 разработал «Указания по разработке генеральных схем развития железнодорожных узлов и станций», основные положения которых сводились к комплексному развитию всех видов транспорта, порядку разработки, составу и согласованию проектных материалов всех разделов генеральной схемы развития железнодорожных узлов и станций, что имело большое значение для проектировщиков, органов экспертизы, местных органов власти, руководителей железных дорог, портов и промышленности. Институт «Киевгипротранс», используя теоретические наработки, свой опыт проектирования и опыт аналогичных проектных институтов, разрабатывал методические рекомендации для проектировщиков. Методические рекомендации сыграли значительную роль в улучшении системы проектирования железнодорожных станций и узлов, повышении качества проектов и, в результате, повышении эффективности железнодорожной отрасли. При разработке методических указаний использовались труды Образцова и предусматривался комплексный подход к вопросам проектирования и реконструкции узлов. **Практическая значимость.** Освещен вклад академика Образцова в развитие транспортной науки и разработки нормативных документов для проектирования железнодорожных узлов и станций с позиций комплексности и научного единства транспортной науки.

Ключевые слова: Образцов В. Н.; железнодорожные станции и узлы; системность исследований; нормативные документы

B. TOROPOV, T. BOLVANOVSKA

DEVELOPMENT AND USE OF SYSTEM APPLICATIONS ACADEMICIAN V. M. OBRAZTSOV OF DESIGNING RAILWAY STATIONS OF UKRAINIAN SPECIALISTS

Purpose. The aim of the work is to highlight the scientific heritage of Academician V. M. Obraztsov, which is associated with systemic representations of the railway stations and hubs development and their further use. **Research Methods.** The problematic and historical-chronological methods were the basis of the methodological approaches of

the study. The following methods were used in the study: empirical analysis; systematization method; periodization method. **Results.** At the beginning of 1900, Obratsov V. M. published scientific works, which became the beginning of the development of problems in the scientific operation of railway transport. An important stage in the scientific work of Academician Obratsov was the writing of fundamental works and the implementation in practice of complex projects for the development of transport hubs (1923-1933). The projects of uniting the hubs were aimed at concentrating their management from one center. These projects had a comprehensive nature: there were solved the problems of train formation plan, placement of marshalling yards and interaction of all transport types. The theoretical achievements of Obratsov and his experience of developing projects became the basis for writing the fundamental work «Basics of the transport hubs designing» by the Institute of Complex Transport Problems (1959). The stages of the formation and development of the Kyivdiprotrans Institute and its contribution to the development of regulatory documents are given. In 1960, Kyivdiprotrans developed the «Guidelines for the designing of master schemes for the development of railway hubs and stations», the main provisions of which were reduced to the integrated development of all types of transport, the procedure for the development, composition and coordination of design materials for all chapters of the master plan of the railway hubs and stations development, which had a great importance for designers, examiners, local governments, railway, port and industry managers. Institute «Kyivdiprotrans», using theoretical developments, its design experience and the experience of similar design institutes, developed guidelines for designers. The guidelines played a significant role in improving the design system of railway stations and hubs, improving the quality of projects and, as a result, improving the efficiency of the railway industry. In developing the guidelines, Obratsov's works were used and an integrated approach to the design and reconstruction of hubs was provided. **Practical significance.** The contribution of academician Obratsov to the development of transport science and the development of regulatory documents for the design of railway hubs and stations from the standpoint of the complexity and scientific unity of transport science was highlighted.

Keywords: Obratsov V. M.; railway stations and junctions; systematic research; regulations

УДК 625.141.1:656.212.5

С. В. ВОЙТКІВ^{1*}

^{1*} ТзОВ «Науково-технічний центр «Автополіпром», вул. Зубрівська, 32/24, Львів, Україна, 79066, тел. +38 (067) 447 04 90, ел. пошта voytkivsv@ukr.net, ORCID 0000-0002-7789-2081

НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ СПАЛЬНИХ ПЛАЦКАРТНИХ ВАГОНІВ ПІДВИЩЕНОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ

Мета. Метою роботи являється дослідження напрямків створення перспективних конкурентоспроможних спальних плацкартних вагонів для забезпечення підвищення якості та комфортабельності перевезень пасажирів. **Методика.** Дослідження виконано на основі аналізу літературних джерел і нормативних документів та на основі методів математичного аналізу основних технічних параметрів спальних плацкартних вагонів. **Результати.** У процесі виконання досліджень встановлено, що покращення якості та підвищення комфортабельності перевезень пасажирів у спальних плацкартних вагонах можливе за рахунок збільшення ширини вагонів до регламентованої габаритами 1-Т або 1-ВМ, тобто до 3,4 м, та проектування вагонів за новими компоновальними схемами, розробленими на основі застосування двох або одного тамбура, розміщеного в одному із кінців вагонів або у середній частині їх кузовів. Пропоновані компоновальні схеми передбачають збільшення ширини поздовжніх проходів по пасажирських приміщеннях, обладнання вагонів трьома санітарними приміщеннями та рівноцінними за розмірними параметрами спальними місцями. Компоновальна схема плацкартних вагонів з одним тамбуром, розміщеним у середній частині їх кузовів, забезпечує більш вищий рівень комфортабельності перевезень пасажирів за рахунок поділу пасажирських приміщень на дві окремі частини вмістністю по 30 чол., що суттєво зменшує рівень шуму у кожній частині приміщень. Безпечність перевезень пасажирів у плацкартних вагонах, обладнаних одним тамбуром, забезпечується двома запасними виходами. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає у тому, що вперше, на основі вибраних критеріїв, запропоновані показники та їх математичні вирази для об'єктивного визначення рівнів комфортабельності спальних плацкартних вагонів. **Практична значимість.** Розроблені компоновальні схеми спальних плацкартних вагонів забезпечують суттєве підвищення рівнів їх комфортабельності за умов збереження загальної пасажиромістимості, покращення якості та безпечності перевезень пасажирів.

Ключові слова: спальний плацкартний вагон; критерії комфортабельності; компоновальна схема; рівень комфортабельності вагона

Вступ

Пасажирські перевезення залізничним транспортом складають понад 50 % загального обсягу перевезень пасажирів усіма видами громадського транспорту. Вони здійснюються потягами, обладнаними вагонами різного призначення та комфортабельності. Значну частину у парку пасажирських вагонів займають спальні плацкартні вагони, більшість з яких майже повністю зношені і потребують заміни. Адже рівень зносу рухомого складу пасажирського залізничного транспорту з 86 % станом на початок 2016 року [1] зріс до 92 % станом на 1-ше січня 2019 року [2]. Крім того, існуючі спальні плацкартні вагони не відповідають, на нинішньому етапі розвитку суспільства, сучасним вимогам пасажирів до зручності користування ними та якості перевезень.

Зрозуміло, що одним із основних завдань вітчизняного пасажирського вагонобудування

являється створення і освоєння виробництва нових перспективних і, що дуже важливо, конкурентоспроможних спальних плацкартних вагонів суттєво вищого рівня комфортабельності.

Мета

Метою роботи являється дослідження напрямків створення перспективних конкурентоспроможних на внутрішньому і зовнішніх ринках збуту спальних плацкартних вагонів для забезпечення підвищення якості та комфортабельності перевезень пасажирів залізничним транспортом і збільшення їх обсягів.

Методика

Дослідження виконані на основі аналізу конструкцій, комплектацій і планувань існуючих спальних плацкартних вагонів та літературних джерел і нормативних документів, які регламентують вимоги до їх технічних параметрів, та на

основі застосування методів математичного аналізу основних технічних параметрів вагонів цього класу.

Забезпечення конкурентоспроможності та підвищення рівня комфортабельності перспективних спальних плацкартних вагонів можливе шляхом застосування нової концепції їх проектування. Пропонована концепція базується, перш за все, на створенні усім пасажиром максимально рівних умов перебування у вагонах під час здійснення поїздок на основі забезпечення рівноцінних за розмірними параметрами спальних місць. Підвищення рівня комфортабельності перспективних спальних плацкартних вагонів та забезпечення їх конкурентоспроможності як на вітчизняному, внутрішньому, так і на зовнішніх ринках збуту базується на двох напрямках:

- на збільшенні ширини вагонів по кузову до максимально допустимого габаритами рухомого складу 1-Т або 1-ВМ, тобто до 3,4 м;
- на розробленні нових компоновальних схем вагонів на основі застосування різної кількості тамбурів – двох, розміщених у кінцях вагонів, або одного, розміщеного в одному із кінців вагонів або у середній частині їх кузовів.

Підвищення рівня комфортабельності вагонів пропонується за рахунок часткового відокремлення та однакових розмірних параметрів усіх спальних полиць, збільшення ширини проходу по пасажирському приміщенню та обладнання вагонів трьома туалетними приміщеннями загального користування.

Результати

Переважаюча більшість спальних плацкартних вагонів, які нині застосовуються для перевезень пасажирів, спроектовані, щонайменше, ще у середині минулого століття. Конструкції плацкартних вагонів різних виробників практично мало різняться. Наприклад, на рис. 1 наведені компоновальні схеми спальних плацкартних вагонів моделі 908А [3], який виготовлявся на вагонобудівному заводі ім. Г. Цегельського (м. Познань, Польща) у 1955-1957 роках, та моделі 61-779П, який у теперішній час виготовляє ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» [4]. Загальна пасажиромісткість вагонів, обладнаних двома тамбурами у кінцях їх кузовів та двома туалетними приміщеннями, становить 56 чол. (908А) та 58 чол. (61-779П).

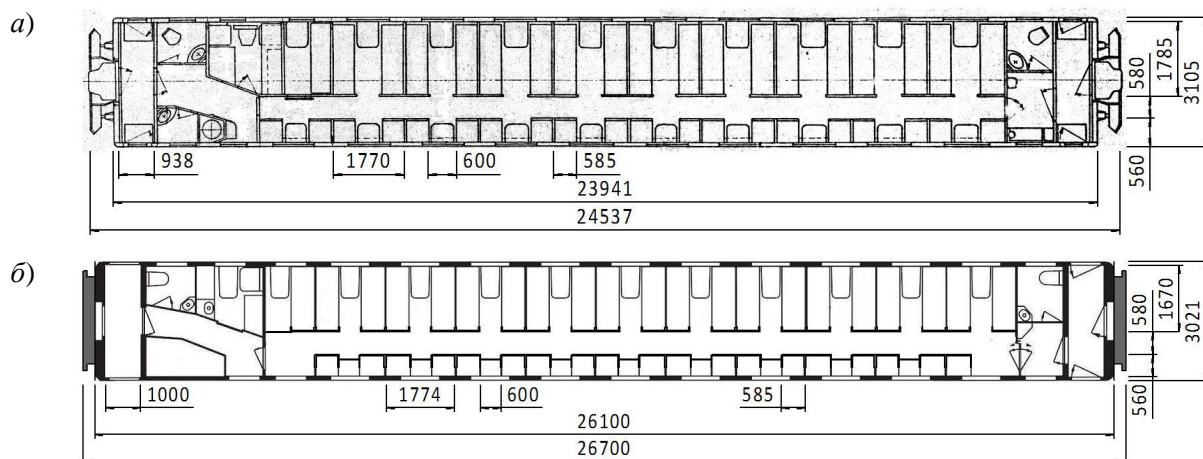


Рис. 1. Компоновальні схеми спальних плацкартних вагонів:
а – моделі 908А; б – моделі 61-779П

Аналіз наведених на рис. 1 компоновальних схем плацкартних вагонів показує, що вони практично ідентичні за розміщенням туалетних приміщень, службових купе та купе відпочинку провідників. Різняться вагони лише розмірними параметрами їх кузовів – сучасний вагон моделі 61-779П довший по кузову на 2,159 м, та кількістю відкритих купейних відсіків. Завдяки більшій довжині кузова вагона моделі 61-779П у пасажирському приміщенні встановлено 10 пасажирських відсіків (у вагоні моделі 908А їх 9). Крім того, за рахунок уніфікації спальних

купейних вагонів моделей 61-779, 61-779А та плацкартного вагона моделі 61-779П у зв'язку зі зміщенням вхідних дверей до пасажирського салону плацкартного вагона навпроти відкритих купейних відсіків встановлено лише 9 двоярусних спальних місць.

За іншими компоновальними схемами виготовляє дві моделі спальних плацкартних вагонів ВАТ «Тверський вагонобудівний завод» (Росія). Вагон моделі 61-4447 (рис. 2), обладнаний двома тамбурами, характерний розміщенням

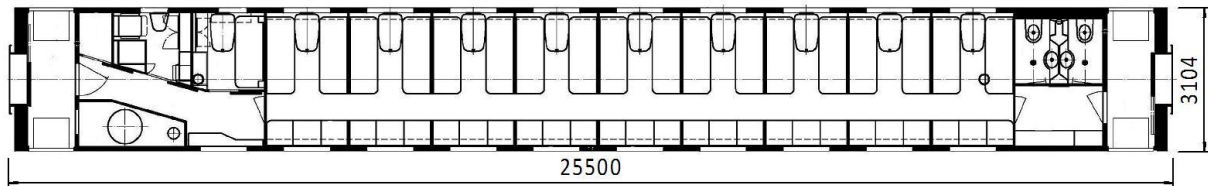


Рис. 2. Компонувальна схема спального плацкартного вагона моделі 61-4447

двох туалетних приміщень у негальмовому кінці його кузова [5].

Вмістимість вагона становить 54 чол. Ще одна характерна особливість вагона цієї моделі – повністю відокремлене пасажирське приміщення. У вагонів моделей 908А та 61-779П вхід до купе відпочинку провідників здійснюється з пасажирського приміщення.

Для створення спального плацкартного вагона моделі 61-4516 (рис. 3) з одним тамбуром застосоване аналогічне розміщення двох туалетних приміщень. Але компоновальна схема вагона з одним тамбуром забезпечила встановлення в одному з цих приміщень душевого сто-яка [5].

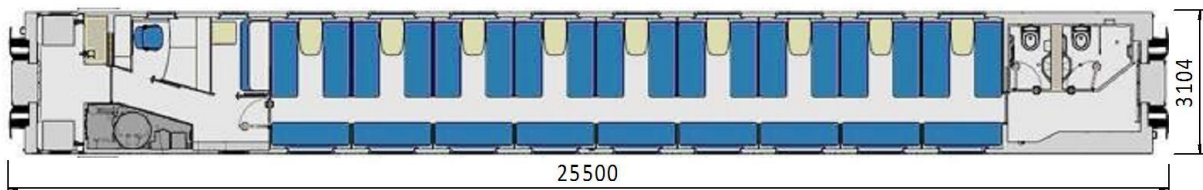


Рис. 3. Компонувальна схема спального плацкартного вагона моделі 61-4516

Вмістимість вагона, пасажирське приміщення якого теж повністю відділене від службових приміщень, складає 54 чол.

Аналіз основних розмірних параметрів пасажирських приміщень спальних плацкартних вагонів, наведених у табл. 1 [8], та інших моделей вагонів (рис. 1) показує, що розмірні параметри

спальних полиць, встановлених у відкритих купейних відсіках та навпроти них мають різні значення, тобто являються нерівноцінними. На нинішньому етапі розвитку суспільства за однакової вартості квитків на усі місця у таких вагонах це є суттєвим недоліком спальних плацкартних вагонів.

Таблиця 1

Розмірні параметри пасажирських приміщень спальних плацкартних вагонів

Найменування параметра	Модель вагона				
	61-445	61-821	61-826	61-4177	ЦМВО-66
Вмістимість, чол.	54				
Розмірні параметри кузова, м:					
- довжина	23,6	23,976		23,974	23,6
- ширина	3,225			3,105	
Ширина пасажирського приміщення, м:	2,923				
Розмірні параметри відкритого купейного відсіку, м:					
- ширина	1,795	1,767		1,795	
- довжина спальних полиць	1,77	1,79		1,77	
- ширина спальних полиць	0,58	-		0,58	
- ширина проходу між спальними полицями	0,607				
Розмірні параметри бокових спальних полиць, м:					
- довжина	1,795	1,767		1,795	
- ширина	0,57				
Ширина проходу по пасажирському приміщенню, м	0,561	0,563		0,561	

Проблеми підвищення комфортабельності пасажирських вагонів розглядаються у багатьох дослідженнях, пов'язаних зі зменшенням рівнів шуму [9] або забезпеченням відповідних

температурних умов [10]. У роботі [11] проаналізований вплив рівнів комфортабельності вагонів на працездатність провідників вагонів. На протязі останніх років різними виробниками

спальних плацкартних вагонів ведуться активні роботи в напрямках покращення зручності користування ними та підвищення рівнів їх комфортабельності. Одним з таких напрямків являється застосування лише одного тамбура, розміщеного у гальмовому кінці вагона (рис. 3). Розміщення двох туалетів у кінці кузова такого вагона сприяє покращенню умов праці провідників і забезпечує можливість обладнання одного із туалетних приміщень душовим відсіком. Проте, зменшення кількості виходів з вагона з чотирьох до двох суттєво погіршує пасивну безпеку вагона.

Інший напрямок підвищення комфортабельності спальних плацкартних вагонів – часткове відокремлення спальних місць від поздовжнього проходу по пасажирському приміщенню. Ще один напрямок полягає у застосуванні купейних відсіків капсульного типу, тобто з можливістю повного відокремлення кожного спального місця за допомогою щільної шторки, подібної до шторки-жалюзі.

Цікавим видається напрямок створення спальних плацкартних вагонів на основі уніфікації їх кузовів та пасажирських приміщень зі спальними купейними вагонами, пасажирські купе яких розміщені вздовж обох боковин їх кузовів [12]. Проте, йому присутні суттєві недоліки: зменшена вмістимість, яка становить усього 36-40 чол., призведе до значного підвищення вартості проїзду у таких вагонах. А популярність у пасажирів спальних плацкартних вагонів якраз і обумовлена значно меншою вартістю квитків у порівнянні зі спальними купейними вагонами навіть вмістимістю 40 чол. Хоча, за умови меншої вартості проїзду ніж у спальних купейних вагонах аналогічної вмістимості у складі потягів може бути і кілька таких вагонів.

Отже, проектування нових перспективних спальних плацкартних вагонів повинно здійснюватися з умов збереження вартості проїзду у таких вагонах на рівні існуючих тарифів для тих моделей вагонів, які нині перебувають в експлуатації, і одночасного суттєвого підвищення якості перевезень, у т.ч. за рахунок підвищення рівня їх комфортабельності.

Розроблення нових компоновальних схем спальних плацкартних вагонів базується на основних технічних вимогах до їх конструкцій, які, за різними нормативними документами, наведені у табл. 2, та за ініціативними вимогами, які передбачають:

- однакові розмірні параметри усіх спальних місць – поперечних (у відкритому купейному відсіку) та поздовжніх (біля боковини);

- обладнання вагонів не менше ніж трьома санітарними приміщеннями;

- збереження вмістимості вагонів на рівні 58 чол. (вагон моделі 61-779П) або й збільшення вмістимості до 60 чол.;

- покращення умов праці провідників вагонів;

- зменшення рівнів шуму у пасажирських приміщеннях.

За основу для розроблення компоновальних схем спальних плацкартних вагонів підвищеної комфортабельності прийняті розмірні параметри вагонів швидкісних потягів локомотивної тяги постійного формування виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» [4]: довжина по кузову – 26,1 м, ширина по кузову – 3,4 м.

Таблиця 2

Технічні вимоги до пасажирських спальних плацкартних вагонів

Найменування параметра	ДСТУ 4049 [6]	СП 2.5.1198 [7]
Ширина дверей, м, не менше:		
- вхідних бокових	0,78	
- вхідних торцевих	0,7	
- внутрішніх проходів	0,7	0,52
Ширина тамбура, м, не менше		1,0
Габаритні розміри спальних полиць відкритого купе, не менше, м:		
- довжина		1,665
- ширина		0,58
Ширина бокових спальних полиць, не менше, м		0,52
Відстань між спальними полицями, не менше, м	0,5	0,6
Ширина проходу по вагону, не менше, м:	0,75	0,68
Вимоги до туалетного приміщення:		
- кількість, од., не менше		2
- площа, м ² , не менше		1,2
- ширина, м, не менше		0,9
- ширина дверей, м, не менше		0,49
Площа службового приміщення провідника, м ² , не менше		2,6

На рис. 4 наведена розрахункова схема відкритих купейних відсіків.

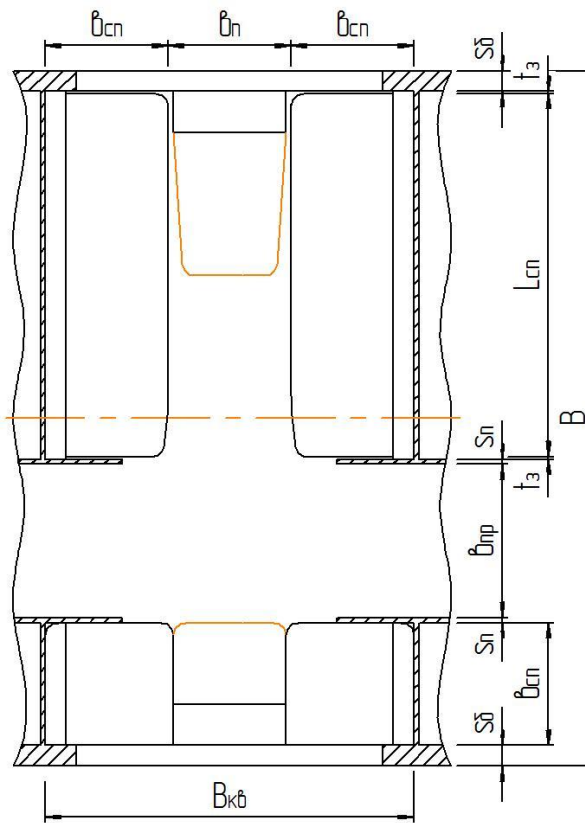


Рис. 4. Розрахункова схема купе-відсіку

Розмірні параметри цих відкритих купейних відсіків визначаються за виразами

$$L_{сп} = B - 2(s_6 + s_п + t_3) - b_{пр}, \quad (1)$$

де $L_{сп}$ – довжина спальної полиці, м;
 B – ширина кузова вагона, м;
 s_6 – товщина боковин кузова, м;
 $s_п$ – товщина перегородки, м;
 t_3 – величина зазору між спальною полицею та боковиною кузова і перегородкою, м;
 $b_{пр}$ – ширина поздовжнього проходу по вагону, м;

$$B_{кв} = 2b_{сп} + 2b_{п} = L_{сп} + 2t_3, \quad (2)$$

де $B_{кв}$ – ширина відкритого купе-відсіку, м;
 $b_{сп}$ – ширина спальної полиці, м;
 $b_{п}$ – відстань між спальними полицями, м.

Для визначення розмірних параметрів спальних полиць прийняті наступні вихідні дані: $s_6=0,1$ м; $s_п=0,025$ м; $t_3=0,01$ м; $b_{пр}=0,75$ м. З системи рівнянь (1) і (2) ширина спальної полиці рівна 0,6 м. Тоді, з виразу (2) довжина спальної полиці складає 1,78 м, ширина відкритого купе-відсіку – 1,8 м і відстань між спальними полицями – 0,6 м.

На основі визначених розмірних параметрів відкритих купе-відсіків розроблено кілька компоувальних схем перспективних конкурентоспроможних спальних плацкартних вагонів, обладнаних двома або одним тамбуром.

Варіант компоувальної схеми спального плацкартного вагона з двома тамбурами проекту sV-п1.01 наведений на рис. 5.

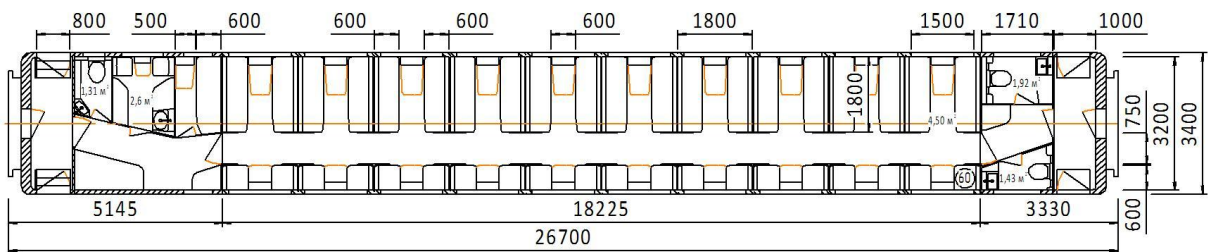


Рис. 5. Компоувальна схема двотамбурного спального плацкартного вагона підвищеної комфортності проекту sV-п01.01

Пропонована компоувальна схема передбачає забезпечення однакових розмірних параметрів усіх спальних місць – довжини 1,8 м та ширини 0,6 м та їх часткове відгородження від поздовжнього проходу по пасажирському приміщенню. При цьому, ширина поздовжнього проходу по пасажирському приміщенню на 0,17-0,19 м більша ніж у існуючих аналогів. Вмістимість вагона становить 60 чол., тобто на 2

чол. більше ніж у вагона моделі 61-779П. Компоувальна схема передбачає обладнання вагона трьома туалетними приміщеннями, одне з яких розміщене біля робочого тамбура, а два інших – перед запасним тамбуром. В одному з цих туалетних приміщень, площа якого складає 1,92 м², може бути встановлений або пеленальний столик, або душовий стояк (рис. 6).

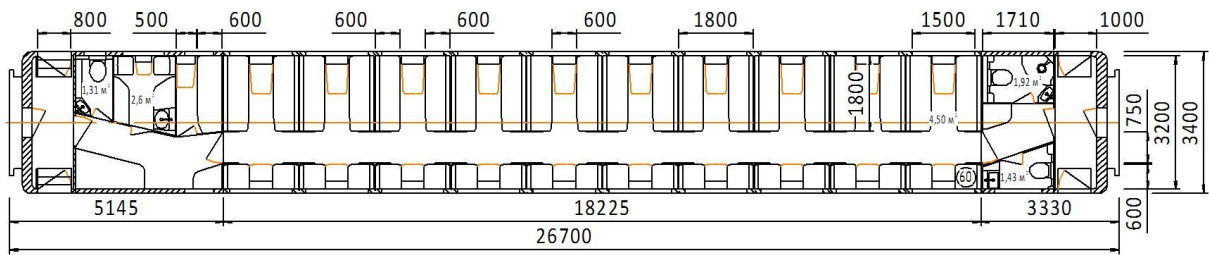


Рис. 6. Компонувальна схема двотамбурного спального плацкартного вагона підвищеної комфортності проекту sV-п1.02

Інші пропонувані компонувальні схеми спальних плацкартних вагонів передбачають наявність лише одного тамбура, розміщеного у середній частині їх кузовів. Таке розміщення тамбура розділяє одне пасажирське приміщення на дві окремі частини, повністю відокремлені від тамбура, службових приміщень провідників та санітарних приміщень.

Варіанти компонувальних схем одготамбурних вагонів проектів sV-п2.01 та sV-п2.02, наведені на рис. 7 і рис. 8, характерні тамбуром класичного типу з двома протилежно розміщеними боковими дверима та симетричним розміщенням відкритих купе-секцій з частково відгородженими спальними місцями в обох частинах пасажирських приміщень.

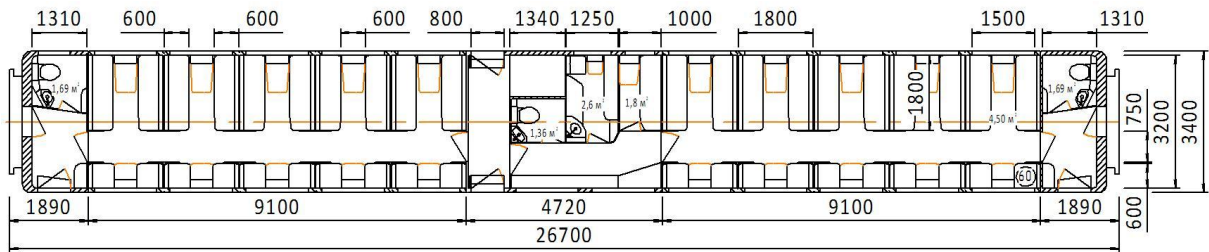


Рис. 7. Компонувальна схема одготамбурного спального плацкартного вагона підвищеної комфортності проекту sV-п2.01

Вмістимість кожної частини пасажирських приміщень становить 30 чол. Пропонувана схема теж забезпечує обладнання плацкартного вагона трьома туалетними приміщеннями, але користування ними зручніше, оскільки вони знаходяться у обох кінцях вагонів та у середній

частині його кузова. Замість туалетного приміщення, розміщеного біля робочого тамбура (рис. 7) вагон може бути обладнаний душовою кабіною з умивальником та пеленальним столиком (рис. 8).

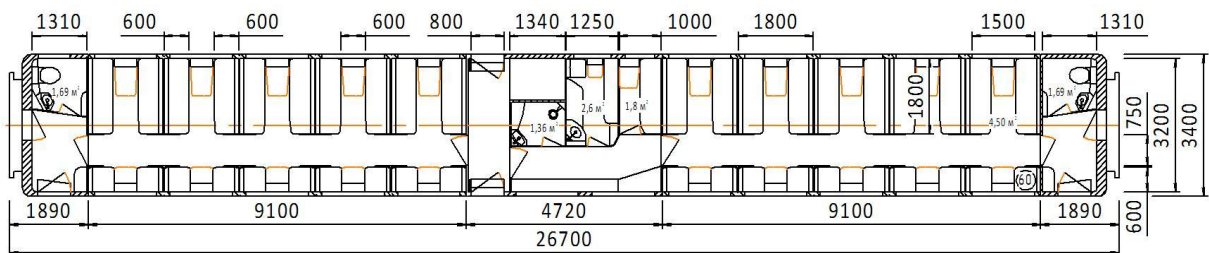


Рис. 8. Компонувальна схема одготамбурного спального плацкартного вагона підвищеної комфортності проекту sV-п2.02

Ще дві пропонувані компонувальні схеми одготамбурних спальних плацкартних вагонів проектів sV-п3.01 та sV-п3.02, наведені на рис. 9, передбачають об'єднання робочого тамбура з службовими приміщеннями провідників і одним з трьох санітарних приміщень. Крім того, бокові двері такого тамбурно-службового відсіку рознесені і розміщені у його кінцях у протилежних боковинах. За рахунок такого

компонування тамбурно-службового відсіку відкриті купе-відсіки розміщені в обох частинах пасажирських приміщень симетрично-дзеркально. Вмістимість кожної частини пасажирських приміщень теж 30 чол. Два з трьох туалетних приміщень знаходяться у кінцях кузовів вагонів. Санітарне приміщення, розміщене у середній частині кузовів вагонів, може бути виконане у двох варіантах – або третім туалетним

приміщенням (рис. 9а) або душовою кабіною (рис. 9б).

За розмірними параметрами спальних полиць, шириною проходу по пасажирських приміщеннях та вмістимістю компоновальні схеми вагонів проектів sV-п2.01, sV-п2.02, sV-п3.01 та sV-п3.02 ідентичні компоновальним схемам вагонів проектів sV-п1.01 та sV-п1.02. Проте, рівень їх комфортабельності суттєво вищий. Адже розміщення робочого тамбура та службових і технічних приміщень у

середній частині кузовів вагонів забезпечує поділ пасажирських приміщень на дві окремі частини, фактично, на два окремих приміщення, кожне з яких складається із п'яти купе-секцій. Розташування у відокремлених приміщеннях лише по 30 пасажирів замість 54-58 чол. сприяє суттєвому підвищенню комфортабельності їх перевезень завдяки більшому затишку за рахунок меншої кількості переміщень пасажирів по цих приміщеннях та менших рівнів шуму.

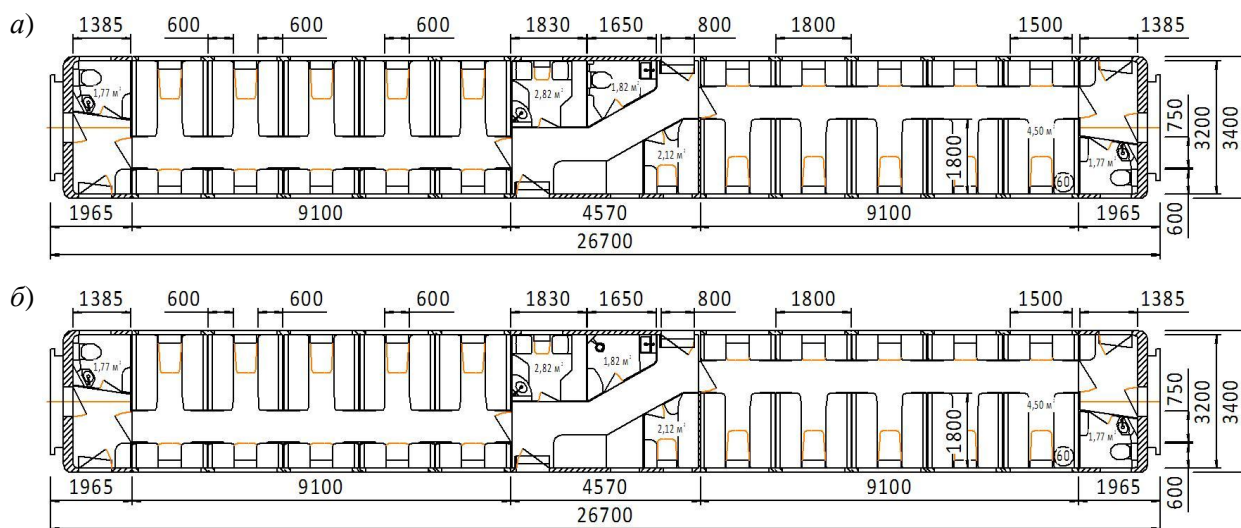


Рис. 9. Компоновальні схеми однотоамбурих спальних плацкартних вагонів підвищеної комфортабельності:

а – проекту sV-п3.01; б – проекту sV-п3.02

Для об'єктивної оцінки комфортабельності та безпечності сучасних спальних плацкартних вагонів та пропонувананих перспективних проектів пропонується узагальнений коефіцієнт, який враховує загальну вмістимість вагонів, кількість пасажирів у пасажирських приміщеннях, розміри спальних місць, ширину проходів по пасажирських приміщеннях, кількість і типи санітарних приміщень у вагоні та кількість аварійних виходів

$$k_{\text{кфп}} = 0,2(k_n + k_{\text{спп}}) + k_{\text{кп}} \cdot k_{\text{см}} + 0,1(k_{\text{пр}} + k_{\text{сп}} + k_{\text{б}}), \quad (3)$$

де $k_{\text{спп}}$ – коефіцієнт площі пасажирського приміщення;

k_n – коефіцієнт комфортабельності вагона за вмістимістю;

$k_{\text{кп}}$ – коефіцієнт комфортабельності пасажирського приміщення за вмістимістю;

$k_{\text{см}}$ – коефіцієнт комфортабельності спальних місць;

$k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт зручності поздовжнього проходу по пасажирському приміщенню;

$k_{\text{сп}}$ – коефіцієнт комфортабельності вагона за кількістю санітарних приміщень;

$k_{\text{б}}$ – коефіцієнт безпечності вагона за кількістю бокових основних і запасних виходів.

Коефіцієнт вмістимості вагона визначається за виразом

$$k_n = k_b \cdot \frac{N_{\text{пас}}}{L_k \cdot B_k}, \quad (4)$$

де k_b – коефіцієнт розмірності, $\text{м}^2/\text{пас.}$;

$N_{\text{пас}}$ – вмістимість вагона, пас.;

L_k і B_k – відповідно, довжина та ширина вагона по кузову, м.

Коефіцієнт площі пасажирського приміщення визначається за формулою

$$k_{\text{спп}} = \frac{L_{\text{пн}} \cdot B_{\text{пн}}}{L_k \cdot B_k}, \quad (5)$$

де $L_{\text{пн}}$ і $B_{\text{пн}}$ – відповідно, довжина та ширина пасажирського приміщення вагона, м.

Коефіцієнт комфортабельності пасажирського приміщення за вмістимістю визначається за виразом

$$k_{\text{кп}} = k_p \cdot \frac{n_{\text{пп}}}{0,1N_{\text{пас}}}, \quad (6)$$

де k_p – коефіцієнт розмірності, пас/од.
 $n_{\text{пп}}$ – кількість окремих пасажирських приміщень у вагоні, од.

Коефіцієнти зручності спальних місць враховують їх розмірні параметри і визначаються за виразом [13]

$$k_{\text{см}}^i = \frac{l_{\text{см}}^i \cdot b_{\text{см}}^i}{[l_{\text{см}}^i] \cdot [b_{\text{см}}^i]}; \quad (7)$$

де $l_{\text{см}}^i$ і $b_{\text{см}}^i$ – відповідно, довжина і ширина спального поперечного або поздовжнього спального місця, м;

$[l_{\text{см}}^i]$ і $[b_{\text{см}}^i]$ – відповідно, регламентовані мінімальні довжина і ширина спального місця, м; для проведення розрахунків прийнято $[l_{\text{см}}^i]=1,665$ м і $[b_{\text{см}}^i]=0,58$ м для поперечних та поздовжніх спальних місць.

Загальний коефіцієнт зручності (комфортабельності) поперечних та поздовжніх спальних місць

$$k_{\text{см}} = 0,5(k_{\text{см}}^{\text{пп}} + k_{\text{см}}^{\text{пз}}). \quad (8)$$

Коефіцієнт зручності поздовжнього проходу по вагону визначається по відношенню до регламентованої ширини визначається як

$$k_{\text{пп}} = \frac{b_{\text{пп}}}{[b_{\text{пп}}]}, \quad (9)$$

де $b_{\text{пп}}$ і $[b_{\text{пп}}]$ – відповідно, ширина та регламентована ширина поздовжнього проходу по пасажирському приміщенню вагона, м; для розрахунків прийнято $[b_{\text{пп}}]=0,75$ м.

Коефіцієнт комфортабельності вагона за кількістю санітарних приміщень визначається за виразом

$$k_{\text{сп}} = k_p \cdot \frac{n_{\text{сп}}}{0,1(N_{\text{пас}} + 2)}, \quad (10)$$

де $n_{\text{сп}}$ – кількість санітарних приміщень у вагоні, од.

Коефіцієнт безпечності вагона за кількістю бокових основних і запасних входів враховується за наступним виразом

$$k_{\text{в}} = k_p \cdot \frac{n_{\text{в}}}{0,1(N_{\text{пас}} + 2)}, \quad (11)$$

де $n_{\text{в}}$ – кількість бокових основних і запасних виходів, од.

Результати розрахунків з визначення коефіцієнтів комфортабельності та безпечності сучасних спальних плацкартних вагонів-аналогів моделі 61-779П, виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» [9], моделей 61-4447 і 61-4516, виробництва ВАТ «Тверський вагонобудівний завод» [9] та запропонованих перспективних двотамбурних вагонів проектів sV-п1.01 і sV-п1.02 та одготамбурних вагонів проектів sV-п2.01, sV-п2.02, sV-п3.01 і sV-п3.02, наведені у табл. 3.

Аналіз результатів розрахунків коефіцієнтів комфортабельності та безпечності сучасних спальних плацкартних вагонів та вагонів запропонованих проектів показує, що збільшення ширини їх кузовів до 3,4 м та застосування одного тамбура, розміщеного у середній частині вагонів, суттєво підвищує рівень комфортабельності перевезень пасажирів.

Наукова новизна

Наукова новизна роботи полягає у тому, що вперше для об'єктивного визначення рівнів комфортабельності спальних плацкартних вагонів на основі вибраних критеріїв запропоновані відповідні показники та їх математичні вирази, а також узагальнений показник комфортабельності та безпечності перевезень пасажирів у таких вагонах.

Практична значимість

Практична значимість роботи полягає у запропонованих напрямках створення перспективних та конкурентоспроможних спальних плацкартних вагонів на основі розроблених компонентних схем, які забезпечують суттєве підвищення рівнів їх комфортабельності за умов збереження загальної пасажировмістимості, покращення якості та безпечності перевезень пасажирів.

Оцінка комфортабельності та безпечності спальних плацкартних вагонів

Найменування параметра	Модель вагона				
	61-779П	61-4447	61-4516	sV-п1.01 sV-п1.02	sV-п2.01, sV-п2.02 sV-п3.01, sV-п3.01
Вмістимість, чол.	58	54		60	60
Розмірні параметри кузова, м:					
- довжина	26,1	24,9		26,1	26,1
- ширина	3,021	3,104		3,4	3,4
Коефіцієнт вмістимості вагона, k_n	0,735	0,697		0,676	0,676
Розмірні параметри пасажирського приміщення, м:					
- довжина	17,936	16,3		18,225	18,2
- ширина	2,821	2,922		3,2	3,2
Коефіцієнт площі пасажирського приміщення, $k_{спп}$	0,642	0,616		0,657	0,656
Кількість окремих пасажирських приміщень, од.		1		1	2
Вмістимість пасажирського приміщення, чол.	58	54		60	30
Коефіцієнт комфортабельності пасажирського приміщення за вмістимістю, $k_{кп}$	0,17	0,18		0,17	0,33
Розмірні параметри поперечних спальних місць, м:					
- довжина	1,67	1,77		1,8	1,8
- ширина	0,58	0,6		0,6	0,6
Коефіцієнт зручності поперечних спальних місць	1,003	1,098		1,118	1,118
Розмірні параметри поздовжніх спальних місць, м:					
- довжина	1,774	1,795		1,8	1,8
- ширина	0,58	0,59		0,6	0,6
Коефіцієнт зручності поздовжніх спальних місць	1,065	1,097		1,118	1,118
Загальний коефіцієнт зручності спальних місць, $k_{см}$	1,034	1,098		1,118	1,118
Ширина поздовжнього проходу по пасажирському приміщенню, м		0,56		0,75	0,75
Коефіцієнт зручності поздовжнього проходу по вагону, $k_{пр}$		0,747		1,0	1,0
Кількість санітарних приміщень у вагоні, од.	2		2 ¹		3 ²
Коефіцієнт комфортабельності вагона за кількістю санітарних приміщень, $k_{сп}$	0,33	0,36		0,48	0,48
Кількість бокових основних і запасних входів, од.	4		2		4
Коефіцієнт безпечності вагона за кількістю бокових основних і запасних входів, $k_б$	0,67	0,36		0,64	0,64
Узагальнений коефіцієнт комфортабельності спальних плацкартних вагонів, $k_{кфп}$	0,625	0,638	0,607	0,669	0,847

Примітка: ¹Одне з туалетних приміщень обладнано душовим стояком;

²Одне з санітарних приміщень може бути виконано або у варіанті туалетного приміщення, або у варіанті душової кабіни

Висновки

Для суттєвого підвищення якості перевезень пасажирів у перспективних спальних плацкартних вагонах основною необхідною умовою являється збільшення ширини їх кузовів, принаймні, до 3,4 м, що забезпечує:

- однакові розмірні параметри усіх спальних місць – поперечних (у купейному відсіку) та поздовжніх (біля однієї з боковин) на рівні: довжина – 1.8 м, ширина – 0,6 м;

- значно більшу ширину поздовжнього проходу по пасажирських приміщеннях, яка рівна 0,75 м, більша на понад 30 % у порівнянні з шириною проходів сучасних моделей спальних плацкартних вагонів і відповідає вимогам ДСТУ 4049 [6].

Найбільше підвищення рівнів комфортабельності перспективних спальних плацкартних вагонів забезпечує застосування компоновальних схем вагонів, обладнаних одним тамбуром, розміщеним у середній частині їх кузовів. Узагальнені коефіцієнти комфортабельності та безпечності перевезень пасажирів у пропонованих вагонах проектів sV-п2.01, sV-п2.02, sV-п3.01 і sV-п3.02 вищі на 32,8-35,5 % відносно вагонів моделей 61-779П і 61-4447, обладнаних двома тамбурами, та на 39,5 % відносно вагона моделі 61-5416 з одним тамбуром.

Створення і освоєння виробництва перспективних спальних плацкартних вагонів за пропонованими компоновальними схемами збільшує їх пасажиромістимість на 2-6 чол., суттєво підвищує їх конкурентоспроможність на внутрішньому і зовнішньому ринках збуту та якість перевезень пасажирів за умови тотожності комплектацій з вагонами-аналогами.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Козаченко, Д. М. Проблеми розвитку пасажирських перевезень залізничним транспортом в Україні [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова, А. В. Рубець // Транспортні системи та технології перевезень. Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2016. – Вип. 12. – С. 45-50. doi : 10.15802/tstt2016/85883.

2. «Укрзалізниця» на межі розвалу: 92 % пасажирських вагонів скоро підуть на звалище [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://znaj.ua/society/218197-ukrzalznicya-na-mezhi-rozvalu-92-pasazhirskih-vagoniv-skoro-pidut-na-zvalishche>.

3. Пассажи́рские вагоны локомотивной тяги. Альбом-справочник [Текст]: ПКБ ГУ вагонного хозяйства. –Москва: МПС РФ, 1993. – 89 с.

4. ПАТ «Крюковский вагоностроительный завод». Пассажи́рское вагоностроение. Каталог [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kvsz.com/images/catalogs/tsn.pdf>.

5. Тверской вагоностроительный завод. Модельный ряд выпускаемой продукции. Пассажи́рские вагоны. Каталог [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tvz.ru/catalog/passenger/>.

6. ДСТУ 4049-2001. Вагоны пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки. – Введ. вперше. – Київ: Держстандарт України, 2001. – 24 с.

7. СП 2.5.1198-03. Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Департамент здравоохранения. – Введ. 2003–06–03. – МПС РФ, 1998 г. – 46 с.

8. Альбом-справочник «Пассажи́рские вагоны». Москва: ОАО ФПК, 2011. – 161 с.

9. Leštinský, L. New methods of noise reduction in railway carriages [Текст] / L. Leštinský, P. Zvolenský // Transportation Research Procedia. 13th International Scientific Conference on Sustainable, Modern and Safe Transport (TRANSCOM 2019), High Tatras, Novy Smokovec, Slovak Republic, May 29-31, 2019. – 2019. – № 40. pp. 778–783. doi : 10.1016/j.trpro.2019.07.110.

10. Colino M. Preserving Passenger Comfort Through RWI Analysis [Текст] / M. Colino, E. B. Rosenstein // Transportation Systems. ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, November 9–15, 2012, Houston, Texas, USA. – 2012. – № 11. – pp. 241-250. doi : 10.1115/IMECE2012-85669.

11. Королева, А. М. Анализ комфортабельности пассажирских вагонов и влияние ее на трудовую деятельность работников железнодорожного комплекса [Текст] / А. М. Королева, В. М. Пономарев, М. Ф. Вильк, О. С. Юдаева, В. Н. Филиппов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т. 7. – № 2 (42). – С. 50-53.

12. Войтків, С. В. Компоновальна схема перспективного пасажирського купейного спального вагона класу 1-СВ [Текст] / С. В. Войтків // Science, society, education: topical issues and development prospects. The 2nd International scientific and practical conference. Kharkiv, Ukraine, January 20-21. – 2020. С. 162-167.

13. Войтків, С. В. Методика оцінки рівня комфортабельності пасажирських купейних спальних вагонів [Текст] / С. В. Войтків // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2020. – № 1 (85). – С. 44-55. doi : 10.15802/stp2020/.

Надійшла до редколегії 15.01.2020

Прийнята до друку 10.02.2020

С. В. ВОЙТКИВ

НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СПАЛЬНЫХ ПЛАЦКАРТНЫХ ВАГОНОВ ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ

Цель. Целью работы является исследование направлений создания перспективных конкурентоспособных спальных плацкартных вагонов для обеспечения повышения качества и комфортабельности перевозок пассажиров. **Методика.** Исследование выполнено на основе анализа литературных источников и нормативных документов и на основе методов математического анализа основных технических параметров спальных плацкартных вагонов. **Результаты.** В процессе выполнения исследований установлено, что улучшение качества и повышение комфортабельности перевозок пассажиров в спальных плацкартных вагонах возможно за счет увеличения ширины вагонов до регламентированной габаритами 1-Т или 1-ВМ, то есть до 3,4 м и проектирования вагонов по новым компоновочным схемам, разработанных на основе применения двух или одного тамбура, расположенного в одном из концов вагонов или в средней части их кузовов. Предложенные компоновочные схемы предусматривают увеличение ширины продольных проходов по пассажирским помещениям, оборудование вагонов тремя санитарными помещениями и равноценными по размерным параметрам спальными местами. Компоновочная схема плацкартных вагонов с одним тамбуром, расположенным в средней части их кузовов, обеспечивает более высокий уровень комфортабельности перевозок пассажиров за счет разделения пассажирских помещений на две отдельные части вместимостью по 30 чел., что существенно уменьшает уровень шума в каждой части помещений. Безопасность перевозок пассажиров в плацкартных вагонах, оборудованных одним тамбуром, обеспечивается двумя запасными выходами. **Научная новизна.** Научная новизна работы заключается в том, что впервые, на основе выбранных критериев, предложены показатели и их математические выражения для объективного определения уровней комфортабельности спальных плацкартных вагонов. **Практическая значимость.** Разработанные компоновочные схемы спальных плацкартных вагонов обеспечивают существенное повышение уровня их комфортабельности при сохранении общей пассажироместности, улучшение качества и безопасности перевозок пассажиров.

Ключевые слова: спальный плацкартный вагон; критерии комфортабельности; компоновочная схема; уровень комфортабельности вагона

S. V. VOYTKIV

DIRECTIONS FOR CREATING PERSPECTIVE COMPETITIVE SLEEPING RESERVED WAGON OF INCREASED COMFORT

Purpose. The aim of the work is to study the directions of creating promising competitive sleeping reserved wagons to ensure the improvement of the quality and comfort of passenger transportation. **Methodology.** The study was carried out on the basis of the analysis of literary sources and regulatory documents and on the basis of the methods of mathematical analysis of the main technical parameters of sleeping reserved wagons. **Findings.** In the course of research, it was found that improving the quality and comfort of passenger transportation in sleeping reserved The study was carried out on the basis of the analysis of literary sources and regulatory documents and on the basis of the methods of mathematical analysis of the main technical parameters of sleeping reserved wagons is possible by increasing the width of the cars to 1-T or 1-VM regulated by dimensions, that is, up to 3.4 m and designing cars according to the new layout schemes developed on the basis of the use of two or one tambour located at one end of the wagons or in the middle of their bodies. The proposed layout schemes provide for an increase in the width of longitudinal passages in the passenger rooms, equipment of wagons with three sanitary rooms and beds equivalent in size to beds. The layout scheme of reserved wagons with one tambour located in the middle part of their bodies provides a higher level of passenger transportation comfort due to the separation of passenger rooms into two separate parts with a capacity of 30 people, which significantly reduces the noise level in each part of the premises. The safety of passengers in reserved wagons equipped with one vestibule is ensured by two emergency exits. **Originality.** The scientific novelty of the work lies in the fact that for the first time, based on the selected criteria, indicators and their mathematical expressions are proposed for an objective determination of the comfort levels of sleeping reserved wagons. **Practical value.** The developed layout schemes for sleeping reserved wagons provide a significant increase in their level of comfort while maintaining overall passenger capacity, improving the quality and safety of passenger transportation.

Keywords: sleeping reserved wagon; comfort criteria; layout scheme; wagon comfort level

УДК 656.212.5.001.2

Е. А. ФИЛАТОВ ^{1*}

^{1*} Каф. «Управление эксплуатационной работой и охрана труда», Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», ул. Кирова, 34, 246653, Гомель, Республика Беларусь, тел. (0232) 95-39-48, эл. почта fila-toff.ea@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7710-3110

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ГОРЛОВИН ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Цель. Целью исследования является обоснование технической совместимости стрелочных горловин железнодорожных станций и подвижного состава. **Методика.** Под технической совместимостью горловин железнодорожных станций и подвижного состава понимается способность к взаимодействию элементов конструкций стрелочных горловин и подвижного состава в соответствии с установленными требованиями безопасности. В качестве критериев оценки технической совместимости элементов конструкций стрелочных горловин и подвижного состава принимается выполнение условий движения вагонов в сцепе и их автоматического сцепления.

Анализ сложившихся методов определения пространственно-координатной привязки путевой инфраструктуры и подвижного состава в горизонтальной плоскости показал, что решающую роль играют отклонения его контрольных точек от оси пути. Указанные явления зависят от двух групп факторов: параметров путевого развития (наличие и параметры кривых, прямых вставок, их взаимное размещение) и конструкции подвижного состава (длины баз тележки и вагона, длины консольной части, особенностей конструкции тележек, величины захвата и угла отклонения автосцепки). Для оценки конструкции стрелочных горловин по условию обеспечения автоматического сцепления предложены графические и аналитические методы определения соответствующих величин радиусов. В исследовании получено также выражение для непосредственного расчета величины радиуса, обеспечивающего безопасное движение в сцепе в зависимости от угла отклонения хвостовика автосцепки. Это позволило оценить способность к взаимодействию друг с другом элементов конструкции путевого развития и подвижного состава при движении в сцепе в зависимости от положения элементов автосцепки (перекошенное и не перекошенное положение тягового хомута с учетом нормального или заглубленного положения автосцепки).

Для определения комплексного критерия проектирования горловин железнодорожных станций, обеспечивающего техническую совместимость с подвижным составом, выполнено сравнение допустимых радиусов при автоматическом сцеплении и движении в сцепе для различных типов подвижного состава. Величины радиусов, обеспечивающие автоматическое сцепление в 1,3-3 раза превышают требуемые для эффективного движения в сцепе (даже при заглубленном положении хвостовика автосцепки). Следовательно, в качестве комплексного критерия технической совместимости при разработке требований к проектированию стрелочных горловин железнодорожных станций, может быть принято условие автоматического сцепления. **Результаты.** Получено, что величины углов отклонения в различных положениях автосцепок могут различаться более чем в два раза, что требует соблюдения дополнительных ограничений при маневрах с группами вагонов. Выполненные расчеты подтверждают возможность силового взаимодействия элементов автосцепки, обусловленную несоответствием норм проектирования путевого развития и подвижного состава. Кроме того, в конструкциях существующих горловин железнодорожных станций более 20% кривых имеют радиусы менее допускаемых современными нормами проектирования железнодорожных станций, до половины – нормам проектирования вагонов массовых типов и до 80% – нормам проектирования вагонов увеличенных размеров. Это дополнительно снижает техническую совместимость стрелочных горловин и подвижного состава, создает избыточные нагрузки при их взаимодействии. Показанный «разрыв» между параметрами путевого развития и подвижного состава может приводить к ряду негативных последствий, связанных с процессами движения в сцепе и сцепления вагонов. **Научная новизна.** Для обеспечения безопасности и эффективности взаимодействия стрелочных горловин железнодорожных станций и подвижного состава предложен метод комплексной оценки путевых структур железнодорожных станций по критерию технической совместимости с подвижным составом; разработана имитационная модель процесса взаимодействия в системе «путевая структура-вагон», позволяющая определять требования к структурным схемам путевого развития высокой степени сложности; установлены основные таксоны условий взаимодействия; дополнены требования технической совместимости стрелочных горловин железнодорожных станций и подвижного состава; уточнены критерии выделения расчетных категорий вагонов, получены параметры путевых структур, обеспечивающие техническую совместимость горловин станций и подвижного состава. **Практическая значимость.** Полученная методика может

быть использована на станциях для локализации наиболее опасных участков путей и идентификации в технологии работы категории вагонов, вызывающие эксплуатационные ограничения. Применение полученных результатов при разработке проектов строительства и реконструкции путевого развития железнодорожных станций, производстве стрелочной продукции, совершенствования конструкций подвижного состава позволит обеспечить их техническую совместимость и значительно повысить эксплуатационные качества.

Ключевые слова: стрелочная горловина станции; параметры путевого развития; вагон увеличенных размеров; техническая совместимость

Вступление

Исторически сложившейся тенденцией развития железнодорожного транспорта является увеличение массы и длины составов поездов. Эти явления во многом определяли облик железных дорог в различные исторические периоды, т. к. вызывали потребность модернизации инфраструктуры железных дорог, локомотивного и вагонного парков.

Существенную роль в обеспечении этой трансформации играет увеличение грузоподъемности и грузоместимости подвижного состава. Данные тенденции четко прослеживаются по результатам исследования динамики изменения допустимой осевой нагрузки вагонов «пространства 1520» за более чем 120 летний период (рис. 1).

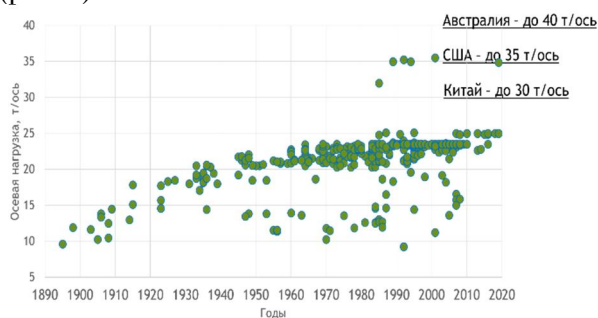


Рис. 1. Изменение осевой нагрузки вагонов по годам

Как видно из диаграммы, наблюдается устойчивая тенденция роста осевой нагрузки со средним темпом 0,5-0,7 т на ось/десятилетие. Данная тенденция прослеживается в перспективных планах развития конструкций подвижного состава [7] и подтверждается величинами осевой нагрузки в странах-лидерах тяжеловесного движения (до 40 т/ось).

Характерной особенностью увеличения размеров подвижного состава является появление в 1950-1960 гг. в рабочем парке новой группы (рис. 2) – вагонов увеличенных размеров (ВУР).

При этом основная доля вагонов имеет достаточно устойчивые размеры. Такие вагоны можно отнести к «массовым» типам (ВМТ). При этом средний темп увеличения размеров вагонов всех типов за рассматриваемый период достигает 1 м/десятилетие, а по отдельным типам до 1,7 м/десятилетие.

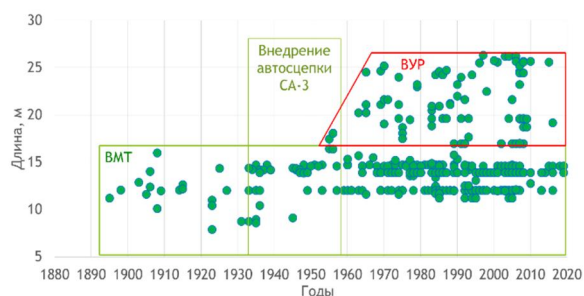


Рис. 2. Изменение длины вагонов по годам

Применение вагонов повышенной грузоподъемности и грузоместимости предъявляет особые требования к техническому оснащению железных дорог и особенно железнодорожных станций [6]. Как известно, основная маневровая работа на станциях часто сосредоточена в горловинах станций, которые проектируются с применением большого количества кривых и стрелочных переводов. Их наличие является следствием требуемых условий эксплуатации объектов железнодорожной путевой инфраструктуры (компактность, технологическая увязка с обслуживаемыми объектами и др.), а также местных особенностей размещения (ландшафт, рельеф, существующая застройка). При этом, как показывает анализ нормативно-справочной литературы, минимальные ограничения параметров кривых более чем за 60 лет не претерпели существенных изменений, а средний темп увеличения минимально допустимых радиусов составил 1 м/год.

Показанные тенденции во многом определили формирование проблемного поля «путевая структура – вагон». Так, на станциях периодически фиксируются случаи несрабатывания автосцепок, поломки автосцепного оборудования, схода подвижного состава, наблюдается повышенный износ пути в зонах s-образных кривых и др. Эти явления часто возникают из-за значительных взаимных отклонений оси пути и контрольных точек вагонов.

Систематизируя факторы определяющие данные явления следует отметить наиболее значимые:

1. Опережающее развитие вагоностроения в части увеличения размеров подвижного состава по сравнению с темпами снижения криволинейности путевого развития, что привело к

диспропорции в системе «путевая структура-вагон». Итоговый *вынос консоли относительно пути растёт* с темпом до 6% /десятилетие;

2. Автономность развития методов решения задач пространственно-координатной привязки объектов инфраструктуры (расчет габаритов, условий движения в сцепе и автоматического сцепления) привела к существенным различиям применяемых расчетных условий. Длины вагонов с эксплуатационными ограничениями изменяются в пределах от 17 до 24 м по осям сцепления, расчетные радиусы круговых кривых изменяются от 150 м до 350 м, а *s*-образных от 250 м до 500 м. Существенно различается учет дополнительных смещений элементов вагона, смещения в колее, хордового смещения тележек, характеристик тележек и др.

Анализ действующей нормативной базы по проектированию путевого развития железнодорожных станций и подвижного состава подтверждает существенные расхождения между ними, особенно в области применения вагонов увеличенных размеров [1, 2, 4, 7]. Как следствие, не гарантирована эффективная эксплуатация такого подвижного состава, снижается безопасность перевозочного процесса на станциях и путях промышленных предприятий.

3. Эволюция конструкций стрелочных горловин привела к широкому применению минимальных радиусов кривых, увеличению их количества на путь в 3 раза, увеличению доли *s*-образных кривых в 4-15 раз;

4. Выполнение маневровой работы в стрелочных горловинах, как «зонах концентрации криволинейности» путевых структур. Интенсивные маневры особенно в стрелочных горловинах сортировочных парков связаны с частыми передвижениями по сложным криволинейным элементам пути, а также сцеплением подвижного состава между собой на таких участках.

Мало исследован широкий круг вопросов, связанных с границами опасных участков в зоне размещения кривых, использованием кривых разных радиусов и величин углов поворота, длин прямых вставок и других условий взаимодействия структурных схем и подвижного состава. Сложившаяся ситуация не позволяет установить четких технологических ограничений по эксплуатации вагонов различных размеров и путевой инфраструктуры железнодорожных станций.

Таким образом, ставится вопрос о *технической совместимости* горловин железнодорожных станций и подвижного состава, под которой понимается способность к взаимодействию друг

с другим элементов стрелочных горловин и подвижного состава в соответствии с установленными требованиями безопасности железнодорожной инфраструктуры. При этом в соответствии с [3] *безопасность инфраструктуры* железнодорожного транспорта это состояние инфраструктуры железнодорожного транспорта, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, а также окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений.

В связи с этим решение задачи обеспечения технической совместимости системы «путевая структура-вагон» является своевременным и актуальным для повышения качества перевозочного процесса. Исследование условий технической совместимости позволит систематизировать элементы путевых структур и определить расчетные группы подвижного состава по соответствующим критериям. Решение этих задач позволит усовершенствовать требования к проектированию путевого развития, локализовать и устранить опасные зоны на станциях с учетом особенностей перерабатываемого вагонопотока.

Цель. Целью исследования является разработка рекомендаций по обеспечению технической совместимости стрелочных горловин железнодорожных станций и подвижного состава.

Методика

Исследованы существующие схемы горочных горловин станций БЧ. Установлено, что в конструкциях ряда горочных горловин станций БЧ более 40% кривых создают *s*-образные конструкции, большинство из которых образуются с участием стрелочных переводов. Выявлено, что более 20% круговых кривых в анализируемых горловинах не соответствуют действующим требованиям к проектированию путевого развития.

Анализ второй составляющей системы «путевая структура-вагон» показал, что эксплуатационные ограничения по размерам подвижного состава распространяются более чем на 1000 вагонов инвентарного парка БЧ, причем более 40% этой группы – восьмиосные цистерны, и более 25% – фитинговые платформы. С учетом вагонов собственников на БЧ ежедневно обращается около 1800 вагонов, которые требуют соблюдения особых условий эксплуатации, т.е. несут потенциальные риски в работе станций.

Выполнена классификация условий

технической совместимости в системе «путевая структура-вагон». В результате разработаны 25 основных схем (таксонов), определяющих характерные условия взаимодействия (табл. 1). Все схемы разделены на две основные группы: круговые и s-образные конструкции. Вариации

схем в группах образуются различными сочетаниями круговых кривых и прямых вставок между собой. При этом принято, что переводная кривая эквивалентна круговой кривой, и поэтому не образует отдельных схем взаимного размещения.

Таблица 1

Характеристика схем взаимодействия

№	Характеристика схемы	
1	Круговые (однонаправленные) конструкции	
1.1	Одиночная кривая	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11}, t_{12}, n_{1,2}, t_{21}, t_{22}) \in k\}$
1.2.1	сопряжение кривой и прямой (полное размещение)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{((t_{11}, t_{12}) \in k) \wedge (n_{1,2} \in (k, d)) \wedge ((t_{21}, t_{22}) \in d)\}$
1.2.2	сопряжение кривой и прямой (частичное размещение)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in d) \wedge (t_{12} \in k) \wedge (n_{1,2} \in (k, d)) \wedge ((t_{21}, t_{22}) \in d)\}$
1.3.1	составная кривая (полное размещение)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{((t_{11}, t_{12}) \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, k_2)) \wedge ((t_{21}, t_{22}) \in k_2)\}$
1.3.2	составная кривая (частичное размещение вагона)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{((t_{11}, t_{12}) \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, k_2)) \wedge (t_{21} \in k_2) \wedge (t_{22} \in d)\}$
1.3.3	составная кривая (частичное размещение вагонов)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in d_1) \wedge (t_{12} \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, k_2)) \wedge (t_{21} \in k_2) \wedge (t_{22} \in d_2)\}$
1.4.1	составная кривая с прямой вставкой (полное размещение)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in k_1) \wedge ((t_{12}, n_{1,2}, t_{21}) \in d) \wedge (t_{22} \in k_2)\}$
1.4.2	составная кривая с прямой вставкой (частичное размещение одного вагона на вставке)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{((t_{11}, t_{12}) \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, d)) \wedge (t_{21} \in d) \wedge (t_{22} \in k_2)\}$
1.4.3	составная круговая кривая с прямой вставкой (частичное размещение вагонов на вставке)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in k_1) \wedge ((t_{12}, n_{1,2}, t_{21}) \in d) \wedge (t_{22} \in k_2)\}$
1.4.4	составная круговая кривая с прямой вставкой (частичное размещение в кривой)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11}, t_{12}) \in k_1 \wedge (n_{1,2} \in (k_1, d_1, k_2)) \wedge (t_{21} \in k_2) \wedge (t_{22} \in d_2)\}$
1.4.5	составная круговая кривая с прямой вставкой (частичное размещение одного вагона на вставке)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in d_1) \wedge (t_{12} \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, d_1, k_2)) \wedge (t_{21} \in k_2) \wedge (t_{22} \in d_2)\}$
2	S-образные сочетания элементов	
2.1.1	без прямой вставки (полное размещение)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{((t_{11}, t_{12}) \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, -k_2)) \wedge ((t_{21}, t_{22}) \in -k_2)\}$
2.1.2	без прямой вставки (частичное размещение одного вагона)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{((t_{11}, t_{12}) \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, -k_2)) \wedge (t_{21} \in -k_2) \wedge (t_{22} \in -d)\}$
2.1.3	без прямой вставки (частичное размещение двух вагонов)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in d_1) \wedge (t_{12} \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, -k_2)) \wedge (t_{21} \in -k_2) \wedge (t_{22} \in -d_2)\}$
2.2.1	с прямой вставкой (полное размещение)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{((t_{11}, t_{12}) \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, d, -k_2)) \wedge ((t_{21}, t_{22}) \in -k_2)\}$
2.2.2	с частичным размещением одного вагона на вставке	$\exists(p, v) \Rightarrow \{((t_{11}, t_{12}) \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, d)) \wedge (t_{21} \in d) \wedge (t_{22} \in -k_2)\}$
2.2.3	с частичным размещением двух вагонов на вставке	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in k_1) \wedge ((t_{12}, n_{1,2}, t_{21}) \in d) \wedge (t_{22} \in -k_2)\}$
2.2.4	с вставкой и частичным размещением вагона в кривой	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11}, t_{12}) \in k_1 \wedge (n_{1,2} \in (k_1, d_1, -k_2)) \wedge (t_{21} \in -k_2) \wedge (t_{22} \in -d_2)\}$
2.2.5	с вставкой и частичным размещением обоих вагонов в кривых	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in d_1) \wedge (t_{12} \in k_1) \wedge (n_{1,2} \in (k_1, d_2, -k_2)) \wedge (t_{21} \in -k_2) \wedge (t_{22} \in -d_3)\}$
2.3.1	составная s-образная кривая без вставки	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in k_1) \wedge (t_{12} \in k_2) \wedge (n_{1,2} \in (k_2, -k_3)) \wedge (t_{21} \in -k_3) \wedge (t_{22} \in -k_4)\}$
2.3.2	составная s-образная кривая без вставки (частичное размещение одного вагона на кривых)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in k_1) \wedge (t_{12} \in k_2) \wedge (n_{1,2} \in (k_2, -k_3)) \wedge (t_{21} \in -k_3) \wedge (t_{22} \in -d)\}$
2.3.3	составная s-образная кривая без вставки (частичное размещение обоих вагонов в кривых)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in d_1) \wedge (t_{12} \in k_2) \wedge (n_{1,2} \in (k_2, -k_3)) \wedge (t_{21} \in -k_3) \wedge (t_{22} \in -d_2)\}$
2.4.1	составная s-образная кривая с вставкой (полное размещение)	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in k_1) \wedge (t_{12} \in k_2) \wedge (n_{1,2} \in (k_2, d, -k_3)) \wedge (t_{21} \in -k_3) \wedge (t_{22} \in -k_4)\}$
2.4.2	составная s-образная кривая с частичным размещением одного вагона на вставке	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in k_1) \wedge (t_{12} \in k_2) \wedge (n_{1,2} \in (k_2, d)) \wedge (t_{21} \in d) \wedge (t_{22} \in (-k_3, -k_4))\}$
2.4.3	составная s-образная кривая с частичным размещением вагонов на вставке	$\exists(p, v) \Rightarrow \{(t_{11} \in k_1) \wedge (t_{12} \in d) \wedge (n_{1,2} \in d) \wedge (t_{21} \in d) \wedge (t_{22} \in (-k_3, -k_4))\}$

Примечание. $t_{11}, t_{12}, t_{21}, t_{22}$ – соответствующие тележки (передняя и задняя) первого и второго вагонов; $n_{1,2}$ – точка, характеризующая ось сцепления автосцепок; k – круговая кривая; знак «-» обозначает обратное направление примыкания элемента по отношению к первому, d – прямой участок пути.

В качестве основы для разработки способов расчета параметров путевых структур принято

условие автоматического сцепления вагонов для участка сопряжения прямой и кривой согласно

Правил и норм проектирования вагонов [4]. Автоматическое сцепление вагонов выполняется при превышении эффективной ширины захвата автосцепки B величины смещения автосцепного устройства вагона в наружную сторону кривой b .

Очевидным способом определения допустимой величины радиуса криволинейных элементов путевых структур является графическое решение системы уравнений [4].

Для получения аналитических выводов решена система уравнений относительно R . После математических преобразований получены выражения для непосредственного расчета допустимых величин радиусов [4]. Так, радиус круговой кривой в зоне сопряжения с прямой (случай 1.2.1) должен соответствовать условию

$$R > (l + n) / \operatorname{tg}\beta_0, \quad (1)$$

при этом

$$\operatorname{tg}\beta_0 = \frac{1,665B' \sin 65 - 0,5B' - \lambda}{1,665B' \cos 65 + (n(2l + n) - l_T^2) / 2(l + n)} \quad (2)$$

где $2l$, $2l_T$ – базы вагона и тележки, соответственно, м; n – длина консоли от пятникового сечения вагона до оси автосцепки, м; β_0 – угол пересечения продольных осей автосцепок, град.; B' – полная ширина захвата при параллельно расположенных сцепных приборах, м; λ – дополнительное поперечное смещение центров зацепления автосцепок, мм.

При сцеплении четырехосных крытых вагонов для перевозки автомобилей (модель 11-835) минимальная величина радиуса в этом случае $R_{\min} = 259$ м.

Если оси сцепления вагонов смещены относительно точки сопряжения кривой и прямой на величину p (рис. 3), может быть использована формула

$$R > \frac{0,5p^2 + 0,5l_T^2 - (l + p)(n + 0,7B')}{\lambda - B'} \quad (3)$$

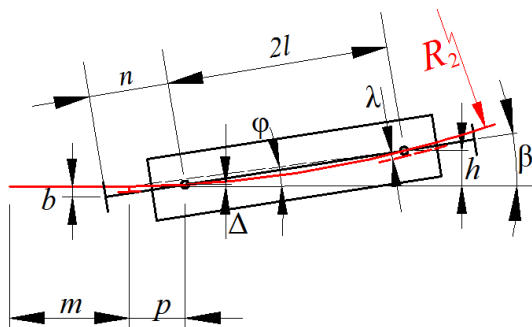


Рис. 3. Расчетная схема определения условий взаимодействия при смещении зоны сцепления относительно точки сопряжения кривой и прямой

Так, при смещении точки сцепления на 1 м в сторону прямой допустимая величина радиуса составит $R = 255$ м, а при смещении на 2 м $R = 244$ м, на 3 м – 226 м.

При частичном расположении вагонов одной тележкой в пределах круговой кривой (случай 1.2.2, рис. 4), величины радиусов, обеспечивающие эффективное взаимодействие в зоне тележки, располагаемой на прямом участке R_d и со стороны кривой R_k , должны соответствовать условиям [8]

$$R_d > \frac{(2l - p)^2 + 0,25l_T^2}{4l / (0,7 + n / B') + 2\lambda}, \quad (4)$$

$$R_k > \frac{4l \cdot l_{кр} - (2l - p)^2 + 0,25l_T^2}{4l / (0,7 + n / B') - 2\lambda}. \quad (5)$$

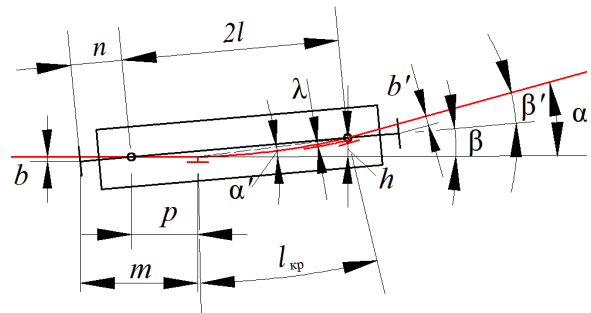


Рис. 4. Расчетная схема взаимодействия при неполном расположении вагона в круговой кривой

Эффективность взаимодействия, например, с кривой $l_{кр} = 14,16$ м (1/6 симметричная) в зоне тележки располагаемой на прямой обеспечить легче ($R_d = 123$ м), чем со стороны кривой ($R_k = 183$ м).

Более сложные условия для маневров создаются на участке s-образной кривой без прямой вставки (случай 2.1.1, рис. 5). Условие технической совместимости с s-образной кривой $B' \geq 2b$ [4, 7].

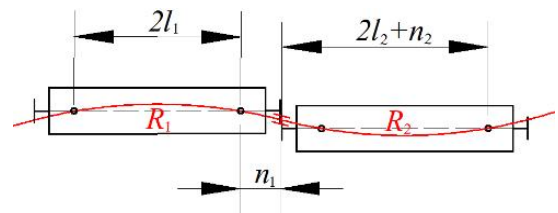


Рис. 5. Схема взаимодействия s-образной кривой и подвижного состава

Для случая симметричного расположения вагонов и структурных элементов относительно точки сцепления ($l_1 = l_2$, $n_1 = n_2$, $R_1 = R_2$) допустимая величина радиусов s-образной кривой (случай 2.1.1)

$$R_s > \frac{n(2l+n) - l_r^2}{B' - 2\lambda}. \quad (6)$$

Техническая совместимость s -образной кривой и четырехосных крытых вагонов для перевозки автомобилей обеспечивается при $R_{\min} = 602$ м.

Когда крайние тележки вагонов располагаются вне s -образной кривой (случай 2.1.3, табл. 1, рис. 4, б) величина радиусов

$$R_{sk} > \frac{4l \cdot l_{кр} - (2l-p)^2 + 0,25l_r^2}{2l \cdot B'/n - 2\lambda}. \quad (7)$$

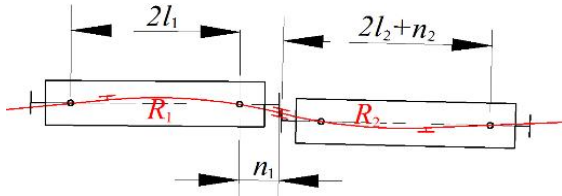


Рис. 6. Схема взаимодействия s -образной кривой и подвижного состава (неполное размещение)

Для вагонов модели 11-835 величина радиусов, обеспечивающая автоматическое сцепление при длинах кривых 14,16 м, образующих s -образную, составит 483 м.

При применении s -образной кривой с прямой вставкой и симметричном размещении тележек вагонов в кривых (случай 2.2.1, табл. 1) может быть использована расчетная схема на рис. 3 и 7, а величина радиуса должна соответствовать выражению

$$R_{sd} > \frac{2n(l+p) - p^2 - l_r^2}{B' - 2\lambda}. \quad (8)$$

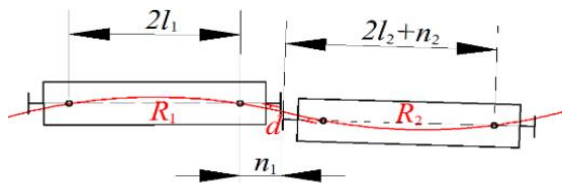


Рис. 7. Схема взаимодействия s -образной кривой с прямой вставкой и подвижного состава

Например, применение стандартной вставки 6,25 м «смягчает» условия взаимодействия в такой s -образной кривой и $R_s^{6,25} = 523$ м.

В случае 2.2.3 при наличии s -образной кривой с вставкой достаточной для размещения ближайших тележек вагонов, можно использовать схему на рис. 4 и 8. Тогда условие определения радиуса

$$R_{sd}^d > n \frac{(2l-p)^2 + 0,25l_r^2}{2l \cdot B' + 2n \cdot \lambda}. \quad (9)$$

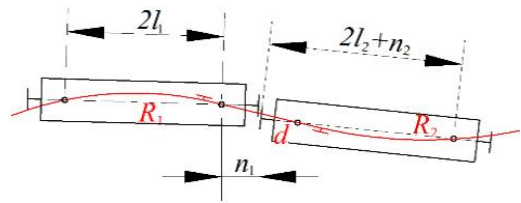


Рис. 8. Схема взаимодействия s -образной кривой с прямой вставкой и подвижного состава (частичное размещение на вставке)

В этом случае, например, при применении вставки $d = 12,5$ м допустимая величина радиуса составит $R_{sd}^{12,5} = 238$ м.

Важным условием безопасности эксплуатации путевых структур является обеспечение движения вагонов в сцепе без силового взаимодействия корпуса автосцепки с окном ударной розетки при совмещении центра зацепления с осью пути (рис. 9, [7]).

Выражение для определения величины радиуса кривой R , обеспечивающей техническую совместимость при движении вагонов в сцепе [9]

$$R \geq \frac{n(2l+n) - l_r^2}{2a \cdot \operatorname{tg} \alpha}. \quad (10)$$

где a – расстояние от оси поворота до центра зацепления; α – возможный угол отклонения корпуса автосцепки.

Известно, что конструкция автосцепки может занимать четыре принципиальных положения в горизонтальной плоскости: без перекоса хомута и с перекосом его до упора в угольник при нормальном и заглубленном положениях хвостовика [7, 9]. Углы отклонения стандартной автосцепки в зависимости от этого изменяются в пределах от $5^\circ 20'$ до $12^\circ 17'$, что и определяет величину совместимого радиуса R для соответствующих режимов движения. Так, например, величины радиусов при движении сцепа крытых вагонов для перевозки автомобилей, изменяются в пределах от 196 м до 456 м [9].

Сравнение величин радиусов, обеспечивающих автоматическое сцепление и движение в сцепе в круговых и s -образных кривых показало, что операция автоматического срабатывания автосцепки требует применения в 1,3-3 раза больших радиусов кривых. Поэтому в качестве комплексного критерия оценки технической совместимости путевых структур и подвижного состава может быть принято выполнение условия автоматического сцепления.

Общим методом, обеспечивающим близкий к эксперименту результат, является моделирование параметров технической совместимости путей структур и подвижного состава [5]. При ее реализации создается модель исследуемого участка пути, определяется положение взаимодействующих вагонов и их консолей на протяжении всего участка пути, устанавливаются траектории движения осей сцепления автосцепок вагонов. Результатом моделирования является графическая интерпретация взаимодействия путей структур и подвижного состава, оценка выполнения установленного критерия технической совместимости.

На рис. 9 показан пример моделирования условий взаимодействия *s*-образной кривой и вагонов модели 11-835.

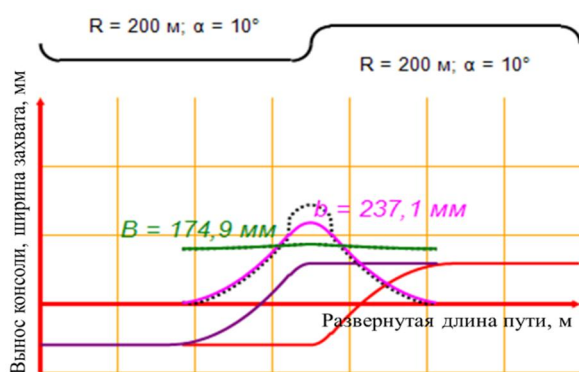


Рис. 9. Графическая интерпретация моделирования условий технической совместимости *s*-образной кривой и вагонов модели 11-835

Метод моделирования обладает достаточной универсальностью для определения параметров технической совместимости путей структур различных конфигураций и подвижного состава. Он позволяет исследовать изменение траекторий движения консольных частей вагонов при сцеплении между собой вагонов различных типов, длинах элементов пути менее базы или консоли вагона, частичном размещении подвижного состава на различных элементах путей структур, асимметричном расположении подвижного состава относительно структурных элементов пути. Особенностью метода является возможность определения координат и размеров неблагоприятной зоны в исследуемых стрелочных горловинах, что необходимо для пространственной локализации небезопасных зон на станциях [5].

Результаты

На основе анализа условий взаимодействия наиболее характерных элементов путей структур и подвижного состава установлены

расчетные параметры вагонов массовых типов (четырёхосный полувагон модельного ряда 12-4004, длина 20960, база 15690, консоль 2635). Наибольшим вагоном (без учета транспортеров), находящимся на балансе Белорусской железной дороги является четырёхосная платформа для перевозки лесоматериалов модели 23-4000 (длина 23220, база 17750, консоль 2735), которая принимается в качестве *расчетного вагона* для группы с *увеличенными размерами* рабочего парка БЧ. Расчетами установлено, что при превышении длиной консоли четырех метров независимо от размеров вагона его также следует относить к категории ВУР.

Принятые расчетные категории подвижного состава позволили оценить действующие требования к проектированию на обеспечение безопасных условий взаимодействия по 33 элементам путей структур. Так с ВМТ обеспечивается эффективность эксплуатационной работы по 25 расчетным элементам, а с ВУР – по 16 элементам. Техническая совместимость при существующих требованиях не обеспечивается в *s*-образных кривых, образованных как криволинейными участками путей, так и стрелочными переводами (особенно симметричными). Это связано в основном с недостаточностью величин радиусов и длин прямых вставок. Обеспечение же эффективности взаимодействия с наиболее распространенными расчетными элементами путей структур (одиночных круговых кривых минимального радиуса и одиночных стрелочных переводах наиболее распространенных конструкций) подтверждает рациональность принятых расчетных нормативов.

Исследование всего многообразия путей структур в стрелочных горловинах позволило дополнительно выделить группу схем, образованных сочетанием стрелочных переводов и закрестовинных кривых. Установлено, что могут возникать ограничения на размещение грузового фронта в непосредственной близости от круговой кривой нормативного радиуса.

Разработка требований к структурным элементам путевого развития, обеспечивающих техническую совместимость с ВУР и ВМТ (табл. 2) выполнялась по трем основным группам требований, объединяющим 26 элементов путей структур: криволинейные участки пути, стрелочные переводы, схемы взаимного размещения переводов между собой или в паре с кривой.

**Требования к проектированию путевого развития,
обеспечивающих техническую совместимость с подвижным составом**

№	Элементы стрелочных горловин	Допустимые геометрические параметры пути при эксплуатации вагонов расчетных групп, м		
		массовых	увеличенных размеров	
1		<i>Криволинейные участки пути</i>		
1.1	Круговые	$R_{\min} = 170$	$R_{\min} = 200$	
1.2	s-образные без вставки	$R_{\min} = 390,$ $l_{\text{кр}}^{R200/250/300} = 6,25/7,7/9,5$	$R_{\min} = 450,$ $l_{\text{кр}}^{R200/250/300} = 6/7,4/8,9$	
		$l_{\text{кр}}^{\max} = e^{0,947947 + 0,00435352 R} R, \text{РЄ}[140; 385]$	$l_{\text{кр}}^{\max} = e^{1,00537 + 0,00389576 R} R, \text{РЄ}[140; 448]$	
1.3	s-образные с прямой вставкой	$R_{d6,25/12,5/15} = 253/184/171$	$R_{d6,25/12,5/15} = 303/226/207$	
		$d_{R200/250} = 10,6/6,5$	$d_{R200/250} = 16,3/10,1$	
		$l_{\text{кр}(R200)}^{d6,25/12,5/15} = 7,7/-$ $l_{\text{кр}(R250)}^{d6,25/12,5/15} = 11,5/-$	$l_{\text{кр}(R200)}^{d6,25/12,5/15} = 6,9/11/14,52$ $l_{\text{кр}(R250)}^{d6,25/12,5/15} = 9,4/-$	
2		<i>Расположение одиночных стрелочных переводов</i>		
2.1	1/9 или 1/11	не ограничивается		
2.2	Встречная разносторонняя укладка обыкновенных стрелочных переводов (схема №1)			
2.2.1	1/11-1/11	d не ограничивается	$d_{\min} = 1$	
2.2.2	1/9-1/9	d не ограничивается	$d_{\min} = 2,7$	
2.3	Встречная односторонняя укладка обыкновенных стрелочных переводов (схема №2)			
	1/11, 1/9	d не ограничивается		
2.4	Попутная разносторонняя укладка обыкновенных стрелочных переводов (схема №3)			
	1/11, 1/9	d не ограничивается		
2.5	Схемы укладки №4 и №5 (модификации)			
2.5.1	1/11-1/11	d не ограничивается		
2.5.2	1/9-1/9	d не ограничивается	$d_{\min\text{№4}} = 7,8; d_{\min\text{№5}} = 7,4$	
2.6	Встречное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6			
2.6.1	1/6 – 1/6	$d_{\min} = 9,5$	$d_{\min} = 12,5$	
2.6.2	1/6 – 1/9	$d_{\min}^{P50} = 4; d_{\min}^{P65} = 5,5$	$d_{\min}^{P50} = 9; d_{\min}^{P65} = 10,5$	
2.7	Попутное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6			
2.7.1	1/6поп	$d_{\min} = 5,1$	$d_{\min} = 9,5$	
2.7.2	1/6P50/P65	$d_{\min} = 7,7/7,8$	$d_{\min} = 12,1/12,2$	
2.7.3	1/9 – 1/6	$d_{\min}^{P50} = 5; d_{\min}^{P65} = 6,4$	$d_{\min}^{P50} = 9,5; d_{\min}^{P65} = 10,9$	
3	<i>Взаимное расположение стрелочных переводов и кривых (s-образное расположение)</i>			
3.1	без вставки	1/11	$R_{\min} = 240$	$R_{\min} = 330$
		1/9	$d_{\min} = 1,3$ при $R = 500$	$d_{\min} = 1,5$ при $R = 1430$
		1/6	$d_{\min} = 3$ при $R = 530$	$d_{\min} = 3$ при $R = 1330$
3.2	с прямой вставкой	1/11	d_{P300} не огранич.	$d_{P300} = 12,42$ ($e_{\min} = 4,1$)
			$R_{\min} = 23731 - 20427\sqrt{d}, d \text{Є}[0; 10]$	$R_{\min} = 322508 - 399704\sqrt{d}, d \text{Є}[0; 12,7]$
		1/9 ($e_{\min} = 4,1$)	d_{P200} неогран.	$d_{P200} = 12,5$ ($e_{\min} = 4,4$)
			d_{P300} неогран.	d_{P300} неогранич.
			$R_{\min} = 736,841 - 205,626\sqrt{d}, d \text{Є}[1,3; 7,4]$	$R_{\min} = 2140,63 - 574,356\sqrt{d}, d \text{Є}[1,5; 11,7]$
		1/6	$d_{P200} = 8,75$ ($e_{\min} = 4,8$)	$d_{P200} = 13,85$ ($e_{\min} = 5,6$)
$d_{P300} = 6,55$ ($e_{\min} = 5,1$)	$d_{P300} = 11,55$ ($e_{\min} = 5,9$)			
	$R_{\min} = 878632 - 31035\ln d$ $d \text{Є}[3; 9,5]$	$R_{\min} = 223734 - 780662\ln d,$ $d \text{Є}[3; 13,9]$		

Полученные требования позволяют оценить, например, такие широко распространенные элементы путевых структур, как съезды между параллельными путями. Их конструкция предполагает наличие s-образной кривой, образованной стрелочными переводами, уложенными по схеме №4 с прямой вставкой. Расчет величины прямой вставки определяется из разности длины съезда l и параметров b стрелочных переводов.

Так, при применении стрелочных переводов марок 1/11 P65 (проект 2750) величина вставки составит $d = l - 2b = 53,02 - 2 \cdot 20,78 = 11,46$ м, а 1/11 P50 (проект 2642) $d = 53,02 - 2 \cdot 19,05 = 14,92$ м. При этом согласно пункту 2.5.1 табл. 2 применение стрелочных переводов марки 1/11 по схеме №4 по критерию технической совместимости не требует наличия прямой вставки. При использовании переводов марки 1/9 P65

(проект 2769) $d = 43,47 - 2 \cdot 15,81 = 11,85$ м, а 1/9 Р50 (2643) $d = 43,47 - 2 \cdot 15,60 = 12,27$ м. Величина же вставки исходя из междупутья 4,8 м составляет 7,8 м. То есть, в соответствии с пунктом 2.5.2 табл. 2 дополнительные ограничения также не возникают.

Применение переводов марки 1/6 с учетом безопасности взаимодействия требует применения вставок длиной 9,5 и 12,5 м для ВМТ и ВУР соответственно (пункт 2.6.1 табл. 2). Длина вставки при минимальном междупутье: 1/6 Р65 (2628) $d = 29,2 - 2 \cdot 11,63 = 5,94$ м; 1/6 Р50 $d = 29,2 - 2 \cdot 11,75 = 5,7$ м. То есть применение съездов (в том числе перекрестных) с минимальным междупутьем 4,8 м *требует дополнительного контроля условий эксплуатации*, либо изменения конструкции схемы.

Показанные требования являются реализацией, предложенной методики определения технической совместимости путевых структур и подвижного состава для полигона Белорусской железной дороги.

Важными и сложными путевыми структурами станций являются стрелочные горловины сортировочных парков. Применение предложенного подхода окажет существенное влияние на их эксплуатацию на станциях БЧ, в первую очередь в части повышения безопасности их функционирования.

Особенностью маневров на сортировочных горках является протекание процессов взаимодействия путевых структур и подвижного состава без непосредственного контроля со стороны человека. Как показал анализ действия сопротивлений на вагон в пределах спускной части сортировочных горок БЧ, наибольшее суммарное удельное сопротивление движению в условиях БЧ может достигать 8 Н/кН. Такая величина сопротивления достаточна для удержания вагона (особенно легковесного) на месте в случае остановки на пучковой тормозной позиции и далее в направлении сортировочных путей. Кроме того, участки стрелочной зоны и начала сортировочных путей концентрируют в себе стрелочные переводы и кривые, вызывающие соответствующее увеличение сопротивления троганию и движению вагонов. Опасность неконтролируемого сцепления здесь достаточно высока, поэтому эта зона и определена в качестве *зоны возможной остановки (ЗВО)*.

Анализ схем горочных горловин характерных станций Белорусской железной дороги на обеспечение требований технической совместимости путевых структур и подвижного состава подтвердил, что наибольшая концентрация

кривых участков сосредоточена в стрелочных горловинах построенных с помощью симметричных стрелочных переводов марки 1/6. Применение таких переводов при существующих требованиях к проектированию снижает безопасность взаимодействия в горочных горловинах БЧ с количеством путей 13 и более (Брест-Восточный, Новополоцк, Барбаров, Гомель, Минск, Витебск и др.). Поэтому на таких станциях выше риски возникновения происшествий, связанных с необеспечением технической совместимости. Стоит отметить, что нарушения рекомендованных величин прямых вставок между стрелочными переводами часто незначительны и не превышают 1-1,5 м для ВМТ.

В то же время существует ряд сортировочных горок построенных с применением более пологих марок переводов (1/9 и 1/11) практически полностью соответствующих предлагаемому критерию безопасности (до 90% путей обеспечивают взаимодействие с ВМТ и ВУР).

Полученные ограничения к путевым структурам позволяют снизить неопределенность в вопросах, стоящих перед проектировщиками железнодорожных станций в области применения трудных и особо трудных условий проектирования. Полученные критерии оценки условий технической совместимости путевых структур и подвижного состава позволяют достаточно точно определить наличие потенциально опасных зон на железнодорожных станциях.

Применение, разработанных требований позволит повысить качество эксплуатационной работы за счет: ликвидации избыточных нагрузок на автосцепной механизм вагонов, уменьшения износа элементов конструкции вагонов и криволинейных участков пути, снижения шума, повышения безопасности и качественных условий труда причастных работников.

Научная новизна и практическая значимость

Для обеспечения безопасности и эффективности взаимодействия путевых структур железнодорожных станций и подвижного состава:

– предложен метод комплексной оценки взаимодействия путевых структур железнодорожных станций и подвижного состава по критерию технической совместимости;

– разработана имитационная модель процесса взаимодействия в системе «путевая структура-вагон», позволяющая определять требования к схемам путевого развития высокой степени сложности;

– рассмотрены основные таксоны условий взаимодействия;

– предложены требования технической совместимости стрелочных горловин железнодорожных станций и подвижного состава;

– уточнены критерии выделения расчетных категорий вагонов, получены параметры путей структур, обеспечивающие техническую совместимость с подвижным составом.

Представленная методика может быть использована на станциях для локализации наиболее опасных участков путей и идентификации в технологии работы категории вагонов, вызывающие эксплуатационные ограничения.

Применение полученных результатов при разработке проектов строительства и реконструкции путевого развития, производстве стрелочной продукции и подвижного состава позволит обеспечить их техническую совместимость и повысить эксплуатационные качества.

Выводы

В результате выполненных исследований получены следующие основные выводы:

1. Установлены причины формирования проблемного поля «путевая структура-вагон», которыми являются: автономность развития методов решения задач пространственно-координатной привязки объектов инфраструктуры; диспропорция роста размеров подвижного состава и снижения криволинейности путей структур за более чем 120-летний период с темпом до 6% / десятилетие; увеличение силовых взаимодействий в системе «путевая структура – вагон» на 5% / десятилетие; степень криволинейности путей структур увеличилась в 3 раза, доля s-образных кривых в 4-15 раз.

2. Предложена классификация условий взаимодействия в системе «путевая структура – вагон», включающая 25 минимальных таксонов. Установлено, что на полигоне БЧ может находиться до двух тысяч вагонов увеличенных размеров в сутки. До 80% кривых в стрелочных горловинах ряда станций БЧ не в полной мере соответствуют требованиям проектирования путевого развития и подвижного состава.

3. Разработаны методы оценки технической совместимости путей структур по условиям обеспечения автоматического сцепления и движения вагонов в сцепе. Установлен комплексный критерий технической совместимости горловин станций и подвижного состава, позволяющий более чем на 30% снизить силовое взаимодействие в системе «путевая структура-вагон»

при движении в сцепе по кривым и обеспечить автоматическое срабатывание автосцепок.

4. Разработана имитационная модель процесса взаимодействия путей структур и подвижного состава.

5. Проверено соответствие действующих норм проектирования предложенному критерию эффективности взаимодействия путей структур и подвижного состава. Установлено, что эффективность эксплуатации с ВМТ обеспечивает более 75% случаев, а эксплуатация ВУР только в 50%.

Разработаны специальные требования к структурным элементам путевого развития железнодорожных станций, соответствующие принятому комплексному критерию расчета. Предложено выделить в отдельную группу s-образные сочетания «стрелочный перевод – закрестовинная кривая», присутствующие в зоне вероятной остановки вагонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. Министерство путей сообщения Российской Федерации. М. Техноинформ, 2001 г. – 255 с.

2. ГОСТ 22235 – 2010. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ. М. Стандартиформ, 2011 г. 19 с.

3. ТР ТС 003/2011. Технический регламент ТС «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» (с изменениями на 9 декабря 2011 года). [Электронный ресурс] утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 года N 710. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902293439>. Дата доступа : 18.06.2020.

4. Филатов, Е.А. Повышение безопасности функционирования железнодорожных станций / Е.А. Филатов // Сборник научных трудов Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна «Транспортные системы и технологии перевозок». – Д. : ДНУЖТ, 2017. – Вып. 13. – С. 78–83.

5. Филатов, Е.А. Расчет параметров путей структур железнодорожных станций по критерию безопасности / Е.А. Филатов // Сборник научных трудов Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна «Транспортные системы и технологии перевозок». – Д. : ДНУЖТ, 2017. – Вып. 14. – С. 86–94.

6. Филатов, Е.А. Влияние геометрических параметров путей структур на работу железнодорожного транспорта / Е.А. Филатов // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., «Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов»: / М-во трансп. и

коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп.; – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 117–119.

7. Филатов, Е.А. Комплексное обоснование параметров путевого развития железнодорожных станций и геометрических размеров подвижного состава Филатов Е.А. // Сборник научных работ Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна «Транспортные системы и технологии перевозок». – Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та железн. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2018. – Вып. 16. С. 93-101.

8. Филатов Е.А. Обеспечение безопасности при проектировании круговых кривых на железнодорожных станциях / Е.А. Филатов // Проблемы безопасности на транспорте : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос.

ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 84-86.

9. Филатов Е.А. Повышение эффективности конструкций путевых структур для выполнения маневровой работы / Е.А. Филатов // Тихомировские чтения: Инновационные технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 160-163.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Негреем В. Я. (Беларусь)

Поступила в редколлегию 15.04.2020

Принята к публикации 24.04.2020

Є. А. ФІЛАТОВ

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ СУМІСНОСТІ ГОРЛОВИН ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ І РУХОМОГО СКЛАДУ

Мета. Метою дослідження є обґрунтування технічної сумісності стрілочних горловин залізничних станцій і рухомого складу. **Методика.** Під технічною сумісністю горловин залізничних станцій і рухомого складу розуміється здатність до взаємодії елементів конструкцій стрілочних горловин і рухомого складу відповідно до встановлених вимог безпеки. В якості критеріїв оцінки технічної сумісності елементів конструкцій стрілочних горловин і рухомого складу приймається виконання умов руху вагонів в зчепленні і їх автоматичного зчеплення. Аналіз сформованих методів визначення просторово-координатної прив'язки шляхової інфраструктури і рухомого складу в горизонтальній площині показав, що вирішальну роль відіграють відхилення його контрольних точок від осі шляху. Зазначені явища залежать від двох груп факторів: параметрів колійного розвитку (наявність і параметри кривих, прямих вставок, їх взаємне розміщення) і конструкції рухомого складу (довжини баз візка і вагона, довжини консольної частини, особливостей конструкції візків, величини захоплення і кута відхилення автозчеплення). Для оцінки конструкції стрілочних горловин за умовою забезпечення автоматичного зчеплення запропоновані графічні та аналітичні методи визначення відповідних величин радіусів. У дослідженні отримано також вираз для безпосереднього розрахунку величини радіуса, що забезпечує безпечний рух в зчепленні в залежності від кута відхилення хвостовика автозчеплення. Це дозволило оцінити здатність до взаємодії один з одним елементів конструкції колійного розвитку і рухомого складу при русі в зчепі в залежності від положення елементів автозчеплення (перекошене і не перекошене положення тягового хомута з урахуванням нормального або заглибленого положення автозчеплення). Для визначення комплексного критерію проектування горловин залізничних станцій, що забезпечує технічну сумісність з рухомих складом, виконано порівняння допустимих радіусів при автоматичному зчепленні і русі в зчепленні для різних типів рухомого складу. Величини радіусів, що забезпечують автоматичне зчеплення в 1,3-3 рази перевищують необхідні для ефективного руху в зчепленні (навіть при заглибленому положенні хвостовика автозчеплення). Отже, в якості комплексного критерію технічної сумісності при розробці вимог до проектування стрілочних горловин залізничних станцій, може бути прийнято умову автоматичного зчеплення. **Результати.** Отримано, що величини кутів відхилення в різних положеннях автозчепок можуть відрізнятись більш ніж в два рази, що вимагає дотримання додаткових обмежень при маневрах з групами вагонів. Виконані розрахунки підтверджують можливість силової взаємодії елементів автозчеплення, обумовлену невідповідністю норм проектування колійного розвитку і рухомого складу. Крім того, в конструкціях існуючих горловин залізничних станцій більше 20% кривих мають радіуси менш допускаються сучасними нормами проектування залізничних станцій, до половини – нормам проектування вагонів масових типів і до 80% – нормам проектування вагонів збільшених розмірів. Це додатково знижує технічну сумісність стрілочних горловин і рухомого складу, створює надлишкові навантаження при їх взаємодії. Показаний "розрив" між параметрами колійного розвитку і рухомого складу може призводити до ряду негативних наслідків, пов'язаних з процесами руху в зчепленні і зчеплення вагонів. **Наукова новизна.** Для забезпечення безпеки та ефективності взаємодії стрілочних горловин залізничних станцій і рухомого складу запропоновано метод комплексної оцінки колійних структур залізничних станцій за критерієм технічної сумісності з рухомих складом; розроблена імітаційна модель процесу взаємодії в системі «колійна структура-вагон», що дозволяє визначати вимоги до структурних схем колійного розвитку високого ступеня складності; встановлені основні таксони умов взаємодії; доповнено

вимоги технічної сумісності стрілочних горловин залізничних станцій і рухомого складу; уточнено критерії виділення розрахункових категорій вагонів, отримано параметри колійних структур, що забезпечують технічну сумісність горловин станцій і рухомого складу. **Практична значимість.** Отримана методика може бути використана на станціях для локалізації найбільш небезпечних ділянок шляхів та ідентифікації в технології роботи категорії вагонів, що викликають експлуатаційні обмеження. Застосування отриманих результатів при розробці проектів будівництва та реконструкції колійного розвитку залізничних станцій, виробництві стрілочної продукції, вдосконалення конструкцій рухомого складу дозволить забезпечити їх технічну сумісність і значно підвищити їх експлуатаційні якості.

Ключові слова: стрілочна горловина станції, параметри колійного розвитку, вагон збільшених розмірів, технічна сумісність.

E. FILATOV

SUBSTANTIATION OF TECHNICAL COMPATIBILITY OF NECKLACE RAILWAY STATIONS AND ROLLING STOCK

Purpose. The purpose of the study is to substantiate the technical compatibility of the switch necks of railway stations and rolling stock. **Technique.** Technical compatibility of the necks of railway stations and rolling stock means the method of interaction of the elements of the structures of the switch necks and rolling stock in accordance with the established safety requirements. As criteria for evaluation of technical compatibility of elements of structures of switch necks and rolling stock, compliance with conditions of car movement in a coupling and their automatic coupling is accepted. Analysis of the established methods of determining the spatial-coordinate relationship of the track infrastructure and rolling stock in the horizontal plane showed that deviations of its control points from the track axis play a decisive role. These phenomena depend on two groups of factors: the parameters of track structure (the presence and parameters of curves, straight inserts, their mutual placement) and the design of the rolling stock (the length of the bases of the trolley and car, the length of cantilever part, the design features of the trolleys, the amount of grip and the angle of deviation of the automatic coupler). Graphical and analytical methods of determining the corresponding radius values are proposed to evaluate the design of the switch necks according to the condition of providing automatic adhesion. The study also obtained an expression for directly calculating the radius value that ensures safe movement in the coupling depending on the angle of deflection of the automatic coupler shank. This made it possible to assess the ability to interact with each other of the structure elements of and rolling stock when moving in a coupler depending on the position of the automatic coupler elements (skewed and not skewed position of the traction clamp, taking into account the normal or buried position of the automatic coupler). To determine the complex criterion in designing the necks of railway stations providing technical compatibility with rolling stock, a comparison of permissible radii during automatic clutch and clutch movement for various types of rolling stock was made. The values of radii that provide automatic adhesion are 1.3-3 times higher than those required for effective movement in the coupling (even when the shank of the automatic coupler is buried). Therefore, as a complex criterion of technical compatibility in the development of requirements for the design of switch necks of railway stations, the condition of automatic adhesion can be adopted. **Results.** It was obtained that the values of deflection angles at different positions of automatic couplers can differ more than twice, which requires additional restrictions when maneuvering with groups of cars. The calculations confirm the possibility of power interaction of the automatic coupler elements due to non-conformity of the design standards of track structure and rolling stock. In addition, in the designs of existing necks of railway stations, more than 20% of curves have radii less than those allowed by modern design standards of railway stations, up to half - by the design standards of wagons of mass types and up to 80% - by the design standards of cars of increased size. This additionally reduces the technical compatibility of fishing mountains and rolling stock, creates excessive loads during interaction. The "gap" shown between the parameters of track structure and rolling stock can lead to a number of negative consequences associated with the processes of movement in the coupling and traction of cars. **Scientific novelty.** In order to ensure the safety and effectiveness of the interaction of the switch necks of railway stations and rolling stock, a method of comprehensive assessment of the track structures of railway stations according to the criterion of technical compatibility with rolling stock has been proposed; a simulation model of the interaction process in the track structure-car system has been developed, which allows determining requirements for structural schemes of track structure of a high degree of complexity; main taxa of interaction conditions are established; requirements of technical compatibility of switch necks of railway stations and rolling stock are supplemented; criteria for identifying calculated categories of cars were clarified, parameters of track structures were obtained that ensure technical compatibility of the necks of stations and rolling stock. **Practical importance.** The obtained technique can be used at stations to localize the most dangerous sections of tracks and identify the category of cars that cause operational restrictions in the operation technology. The application of the results obtained in the development of projects for the construction and reconstruction of railway stations, the production of switch products, and the improvement of rolling stock structures will ensure their technical compatibility and significantly improve operational quality.

Keywords: switch neck of the station, parameters of track structure, car of increased dimensions, technical compatibility.

UDC 656.135.073

N. O. LUZHANSKA^{1*}

^{1*} Department of Transport Technologies, National Transport University, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, Kyiv, 01010, Ukraine, tel. +38 (068) 811-61-21, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com, ORCID –ID 0000-0002-1271-8728

SIMULATION AND OPTIMIZATION OF FREIGHT CUSTOMS COMPLEXES` BASED ON QUEUEING SYSTEMS

Abstract. The **purpose** of the article is to create a simulation model for the study and optimization of a freight customs complex`s structure when performing export and import operations, comprehensive service provision, and the stowage of goods in a customs warehouse or a temporary storage warehouse. **Methodology** is the simulation modeling of queueing systems. The mathematical model of the freight customs complex (FCC) is presented as a queueing system. The simulation model of the freight customs complex has been developed in the GPSS World simulation automation package. The simulation model was tested including two stages –verification and validity check. Studying the properties of the model, simulation accuracy was estimated; the length of the simulation transition period was determined; the stability of simulation model responses was evaluated; the sensitivity of model responses to changes in the number of vehicles requiring service was determined. **Findings.** Based on the developed simulation model, it was conducted the study on customs and logistics service operations provided for freight owners in the export and import of goods, comprehensive servicing, and freight storage in a customs warehouse and a temporary storage warehouse. The simulation model validation results at one of freight customs complexes in the Kyiv region are presented. **Originality** consists in the opportunity to research the processes at freight customs complexes using simulation modeling with the different degrees of detail and over time optimizing its structure. **Practical value.** The developed simulation model of the freight customs complex provides an opportunity to identify the average time spent by vehicles on the territory of the freight customs complex when performing export and import operations, comprehensive service provision, and the stowage of goods in a customs warehouse and a temporary storage warehouse; the probability of service refusal due to the lack of parking spaces for vehicles in the customs control zone; the optimal number of customs inspectors and vehicle parking spaces; the optimal sizes of warehouse space for placing freight in a customs warehouse or a temporary storage warehouse. This will make it possible not only to analyze the operation of the freight customs complex but also to optimize its structure, to determine measures that will increase the throughput capacity of the freight customs complex.

Keywords: freight customs complex; simulation modeling; queueing systems

Introduction

For foreign economic activity realization, freight customs complexes with customs warehouses, temporary storage warehouses in their structure performing freight forwarding, customs and brokerage as well as other functions are the most demanded.

Freight customs complexes located throughout the country have a different level of technical, technological and organizational support, as well as different throughput capacity restricted by the availability of personnel and free space for access to their territory or facilities to store goods in the required volumes and for certain periods

An important aspect when choosing a freight customs complex as a business entity is the presence of service queues or the likelihood of service refusal. Therefore, the urgent task is to study and optimize the structure of a freight customs complex when performing export and import operations, comprehensive service provision, and the stowage

of goods in a customs warehouse or a temporary storage warehouse.

Structurally, customs and logistics vehicle service operations at a freight customs complex can be represented as a multiphase queueing system

Due to the complex organization of interaction between the elements of a freight customs complex, the likelihood of vehicle service and freight storage refusal in a customs warehouse or a temporary storage warehouse, individual employees` working hours and shift, as well as various distribution laws of arrival time and the servicing of traffic flows, the analytical study of a queueing mathematical model of a freight customs complex is not applicable or has complex calculation algorithms taking into account a large number of indicators.

For this reason, the most effective research and optimization method of a freight customs complex`s operation is simulation [1, 2]. And the use of GPSS simulation system will automate its modeling process and carrying out a simulation experiment and

will allow the performance description of individual system components with the necessary degree of detail, the investigation of customs and logistics service processes in dynamics with changing system parameters over time [2, 3, 4].

Analysis of literary sources and research objectives

Nowadays, there are many different methodologies, as well as a wide range of specialized software packages designed for the simulation of logistics supply chains and customs infrastructure facilities [5-14].

The list of specialized packages is constantly expanding, but most of them are quite expensive and require specialists' retraining. For this reason, the works [5, 7, 11] are devoted to the development of proprietary software systems.

For supply chain simulation the paper [5] uses a relatively new system modeling language, OMG SysML™, because it provides a rich set of fundamental abstractions, leads to models on which computations are easily performed, and provides a set of mechanisms for customizing the language for a particular domain.

So, for example, in [11] for the study of the customs control system, a specialized simulation system was proposed based on the aggregate modeling method.

Many modern publications focus on the development of logistics transport and customs infrastructure simulation models in the AnyLogic system [13], with fairly extensive functionality. For example, in [9], it is developed an agent-based system dynamics simulation model to achieve a stable state of the main parameters of intermodal terminals.

The purpose of the paper is the development of a freight customs complex simulation model, which will not only optimize its structure, but also increase throughput capacity when performing export and import operations, comprehensive service provision, and the stowage of goods in a customs warehouse or a temporary storage warehouse.

Research methodology

A simulation model of a freight customs complex. To substantiate the possibility of a freight customs complex optimization, the queuing mathematical model is proposed.

Vehicles arrive at a freight customs complex to carry out customs and logistics service operations: export and import customs clearance, comprehensive service, the stowage of goods in a customs warehouse and a temporary storage warehouse [14].

A graphical representation of the movement of traffic flows going through export custom clearance formalities using the services of a freight customs complex is shown in Figure 1.

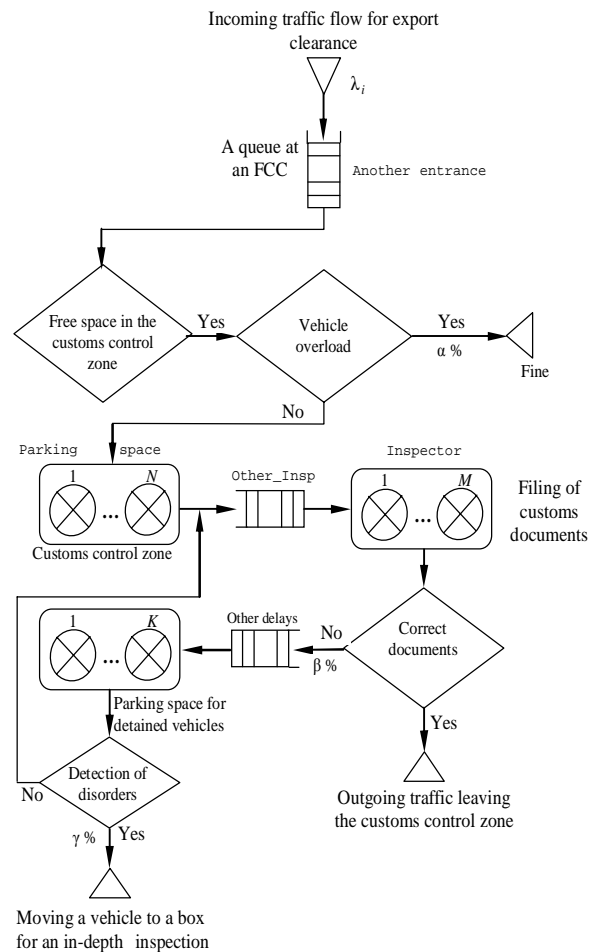


Fig. 1. Conceptual model of freight export operations

Time intervals between the arrivals of vehicles (service requests) for the export of goods have a Poisson distribution with λ_i intensity. Arriving vehicles are waiting in a queue for service until they obtain permission to enter the territory of a freight customs complex. If there is free space and given a successful weight-checking procedure ($\alpha\%$ of vehicles get a refusal to be serviced due to overload), vehicles enter the customs control zone with N parking lots. When filing customs documents, applications are waiting to be processed. There are M customs inspectors (servers) working on the territory of the freight customs complex. The service time of one vehicle by an inspector is determined according to the Gaussian law with the mean value m_i and the standard deviation σ_i . With the correct execution of documents, an outgoing traffic flow from the customs control zone is formed. $\beta\%$ of vehicles move to the parking for detained cars with K parking spaces. If violations are detected, $\gamma\%$ of the vehicles is moved to a box for an in-depth inspection. The

rest of the cars after document amendments form an outgoing traffic flow from the customs control zone.

The mathematical models of freight import operations, comprehensive service provision, and the stowage of goods in a customs warehouse or a temporary storage warehouse are of a similar structure.

As criteria used to determine the optimal structure of the freight customs complex, the following are considered: average queuing time; maximum and average lengths of queues for service; server load factors; average time vehicles spent on the territory of a freight customs complex.

The controlled variables (parameters) of the simulation are the intensity of vehicles arriving at a freight customs complex for the provision of customs and logistics services

The simulation model restrictions are related to the conditions imposed on the flow of incoming vehicles (it is assumed to be the simplest, there are no repeated applications); the absence of phenomena changing the patterns of vehicle service time at the freight customs complex (equipment failures and malfunctions, etc.).

The proposed queuing model of the freight customs complex is developed in the GPSS World simulation automation package [2, 3].

The properties of the simulation model of the freight customs complex have been tested and studied.

The simulation model test included two stages: verification and validity check. At the verification stage, the correctness of the operating algorithm of the freight customs complex simulation model using the model's interactive single-step debugging properties was checked. It allows setting breakpoints in the model and gives the opportunity to determine the parameters of its service requests. Using verification, the logical structure of the model has been identified as correct.

Verification carried out during the complex debugging of the program on real initial data showed that the developed simulation model of the freight customs complex in all situations corresponds to the operation of the object under study.

The model validity was verified by matching the values of the model functioning characteristics with the data obtained by analytical calculations to the specified accuracy.

In the study of the properties of the freight customs complex simulation model, the simulation accuracy was evaluated, the length of the simulation transition period was determined; the stability of simulation model responses was evaluated; the sensitivity of model responses was identified. Determining the sensitivity of model responses, it was

necessary to evaluate the percentage of changes in model responses depending on the number of vehicles requiring service.

In the process of collecting simulation statistics, the data such as average queue lengths (η_k), average queuing time (w_k), and server load factors (ψ_k) are determined. Then, for each server, the value of the time loss of vehicle service requests in queues is calculated:

$$LT_k = \eta_k \cdot w_k \quad (1)$$

For the obtained values, the diagrams of the relationship between server load intensity and the time loss of vehicles in queues are constructed.

Servers with a maximum value of a simulation statistics pair ($LT_k; \psi_k$) are considered the bottlenecks of the freight customs complex.

Devices that have maximum LT_k values and minimum ψ_k values are considered the unbalanced operation points of the freight customs complex.

Analyzing the above diagrams, the optimal structure of the freight customs complex is selected.

Freight customs complex simulation model testing

The simulation model was tested at one of freight customs complexes in the Kyiv region.

Based on the reports obtained as a result of freight customs complex modeling (Figure 2), the main indicators of the modeling results were determined and the time loss value of vehicle service requests in queues was calculated (Table 1).

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
OTHER_INSP	35	12	8397	223	11.925	143.146	147.052	0
OTHER_SKLAD	2	0	1121	1031	0.023	2.051	25.547	0
OTHER_TSKLAD	1	0	418	254	0.042	10.242	26.105	0
OTHER_VHOD	1	0	7022	7022	0.000	0.000	0.000	0
OTHER_ZADER	2	0	840	820	0.011	1.329	55.834	0
OTHER_VREM	1	0	311	302	0.001	0.407	14.056	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
STOVANKA	50	28	0	42	7822	1	20.226	0.405	0	0
ST_ZADER	6	6	0	6	840	1	2.674	0.446	0	0
SKLAD	5	1	0	5	1121	1	4.022	0.804	0	0
TAM_SKLAD	1	0	0	1	418	1	0.869	0.869	0	0
VREM_SKLAD	1	1	0	1	311	1	0.646	0.646	0	0
INSPEKTR	10	0	0	10	8385	1	9.963	0.996	0	12

TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE	RETRY	FREQUENCY	CUM.%
WAIT_INSP	143.186	122.438	-	0	0	0
			0.000 -	0.000	223	2.66
			50.000 -	50.000	2265	29.67
			100.000 -	100.000	1078	42.53
			150.000 -	150.000	1489	60.29
			200.000 -	200.000	1072	73.07
			250.000 -	250.000	537	79.48
			300.000 -	300.000	442	84.75
			350.000 -	350.000	570	91.54
			400.000 -	400.000	416	96.51
			400.000 -	-	293	100.00
WAIT_SKLAD	2.051	10.094	-	0	0	0
			0.000 -	0.000	1031	91.97
			1.000 -	1.000	5	92.42
			2.000 -	2.000	1	92.51
			3.000 -	3.000	2	92.69
			3.000 -	-	82	100.00
WAIT_TSKLAD	10.242	17.600	-	0	0	0
			0.000 -	0.000	254	60.77
			10.000 -	10.000	39	70.10
			20.000 -	20.000	33	77.99
			30.000 -	30.000	34	86.12
			40.000 -	40.000	24	91.87
			50.000 -	50.000	14	95.22
			50.000 -	-	20	100.00

Fig. 2. Simulation Results in GPSS

Freight customs complex modeling results

	Inspector PR_1	Parking in the customs control zone PR_2	Parking for detained ve- hicles PR_3	Comprehen- sive service warehouse PR_4	Customs warehouse PR_5	Temporary storage ware- house PR_6
Load factor ψ_k	0.996	0.405	0.446	0.804	0.869	0.646
Average queuing time, min	143	0	1,33	2,051	10,24	0,407
Average queue length, ve- hicles η_k	12	0	0,11	0,023	0,042	0,01
Vehicles served without queuing time, % w_k	2,7 %	100 %	98 %	91 %	60 %	97 %
LT_k	1716	0	0,15	0,05	0,43	0,04

According to the simulation results, the average time vehicles spend at the freight customs complex for customs and logistics service provision will be the following:

- export customs clearance – 263 ± 30 min, if the paperwork is incorrect – 648 ± 30 min;
- import customs clearance – 263 ± 30 min, if the paperwork is incorrect – 648 ± 30 min;
- comprehensive service – 494 ± 120 min,
- stowage of goods in a customs warehouse – 504 ± 120 min;
- stowage of goods in a temporary storage warehouse – 474 ± 120 min.

The histogram (Figure 3) shows the distribution of the queuing time for a vehicle to be serviced by an inspector. Thus, the average queuing time is 143.186 minutes, the standard deviation is 122.428 minutes.

The distribution of queuing time for the freight stowage at the customs warehouse is shown in Figure 4. The average waiting time is 10.2 minutes; the standard deviation is 17.6 minutes.

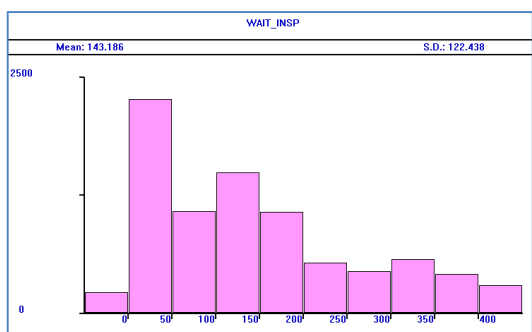


Fig. 3 Distribution of the queuing time for a vehicle to be serviced by an inspector

Figure 5 shows a diagram of the relationship between the server load intensity and the time loss of vehicle service requests (LT_k).

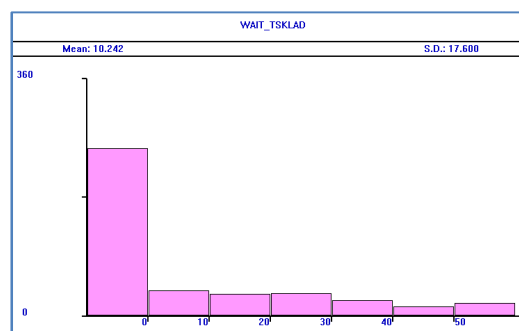


Fig. 4 Distribution of the queuing time for freight stowage at the customs warehouse

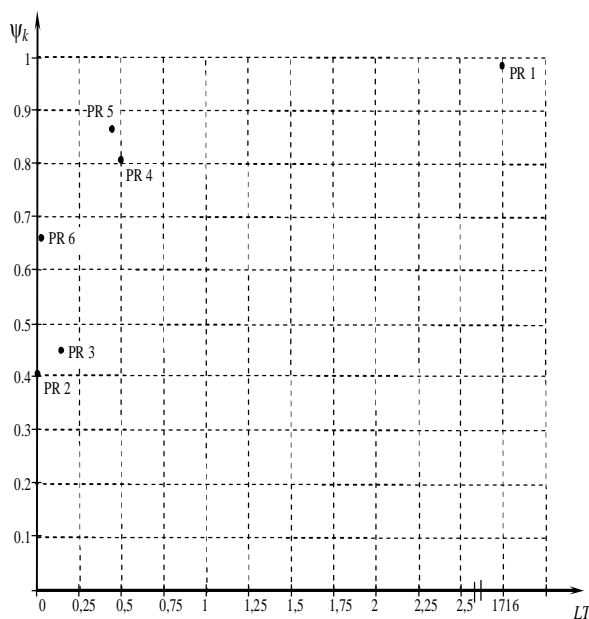


Fig. 5 Diagram of the relationship between server load intensity and the time loss of vehicle service requests

Analyzing the obtained simulation results and the relationship diagram, we can conclude that the “bottleneck” for this freight customs complex is the number of inspectors, an increase in their quantity will enhance the throughput capacity and reduce the vehicle service time to execute all customs and logistics

service operations. However, the number of parking spaces for vehicles in the customs control zone, in the parking for detained cars, the area of the comprehensive service warehouse, the customs warehouse, and the temporary storage warehouse are sufficient.

Conclusions

The proposed simulation model of the freight customs complex makes it possible to determine:

- throughput capacity of a freight customs complex;
- average time spent by vehicles on the territory of the freight customs complex, including queuing time;
- queuing time for a vehicle to obtain permission to enter the territory of the customs infrastructure facility;
- probability of service refusal due to the limitation on the number of vehicles that can simultaneously be found on the territory of the freight customs complex;
- optimal number of parking spaces for vehicles in the customs control zone and in the parking for detained cars;
- optimal number of customs inspectors working on the territory of the freight customs complex (taking into account the individual duration of their working day and shifts);
- likelihood of a refusal to store cargo in a customs warehouse or temporary storage warehouse, provided that there is no free storage space;
- optimal size of the storage space for storing goods in a customs warehouse or a temporary storage warehouse so that the refusal probability does not exceed a particular value;
- optimal service time values for various combinations of the intensity of arriving vehicles, in order to increase the throughput capacity of the freight customs complex.

Thus, the developed simulation model will make it possible to analyze and to improve the operating modes of the freight customs complex.

REFERENCES

1. Taha, Hamdy A. Operations research: an introduction [Text] / Hamdy A. Taha – New Jersey: Upper Saddle River, 2007. – 815 p.
2. Shevchenko, D. N. Imitacionnoe modelirovanie na GPSS: ucheb.-metod. posobie dlja studentov tehniceskikh special'nostej [Tekst] / D. N. Shevchenko, I. N. Kravchenja. – Gomel': BelGUT, 2007. – 97 s.
3. GPSS World Reference Manual [Text] / Minute-man Software. – Holly Springs NC, 2001. – p. 305.
4. Kravchenya I. Simulation modeling in GPSS for optimizing the traffic lights cycle of adjustable crossroads [Text] / I. Kravchenya, I. Lebid // Journal of

Sustainable Development of Transport and Logistics – 2020. – Iss.5(1) – p. 48-55. doi:10.14254/jstdl.2020.5-1.5

5. Thiers G., Logistics systems modeling and simulation [Text] / G. Thiers, L. McGinnis // Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference. – 2011. – p. 1536-1546.

6. Yang-Byung P. Simulation-Based Evolutionary Algorithm Approach for Deriving the Operational Planning of Global Supply Chains from the Systematic Risk Management [Text] / P. Yang-Byung, K. Hyung-Seok // Computers in Industry – 2016. – Iss. 83. – p. 68-77. doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.003

7. Fanti M. P. Simulation Based Decision Support System for Logistics Management [Text] / M. P. Fanti, G. Iacobellis, W. Ukovich, V. Boschian, C. Stylios // Journal of Computational Science. – 2015. – Iss. 10. – p. 86-96. doi.org/10.1016/j.jocs.2014.10.003

8. Kotachi M. Simulation Modeling and Analysis of Complex Port Operations with Multimodal Transportation [Text] / M. Kotachi, G. Rabadi, M. Obeid // Procedia Computer Science. – 2013. – Iss. 20. – P. 229-234. doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.266

9. Muravev D. Multi-Agent Optimization of the Intermodal Terminal Main Parameters by Using AnyLogic Simulation Platform: Case study on the Ningbo-Zhoushan Port [Text] / D. Muravev, H. Hu, A. Rakhmangulov, P. Mishkurov // International Journal of Information Management. – 2020. – Article 102133. doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102133

10. Martagan T. G. A Simulation Model of Port Operations During Crisis Conditions [Text] / T. G. Martagan, B. Eksioglu, S. D. Eksioglu., A. G. Greenwood // Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. – 2009. – p. 2832- 2843.

11. Lipatova N.G. Imitacionnoe modelirovanie processov tamozhennogokontrolja [Tekst]: monografija / N. G. Lipatova. – M.: Izd-vo Rossijskoto tamozhennoj akademii, 2015. – 164 s.

12. Nigmatulin T. A. Optimizacija kompleksatehniceskix sredstv tamozhen-nogokontrolja metodom imitacionnogo modelirovanija [Tekst] / T. A. Nigmatulin, T. A. Ulitova // Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo imeni V.B. Bobkova filiala Rossijskoj tamozhennoj akademii. – 2016. – 2(58). – s. 14-18

13. AnyLogic. Mnogopodhodnoe imitacionnoe modelirovanie [Tekst] – [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.anylogic.ru>

14. Luzhanska N. The influence of customs and logistics service efficiency on cargo delivery time [Text] / N. Luzhanska, I. Lebid, O. Kotsiuk, I. Kravchenya, Y. Demchenko // Proceedings of the National Aviation University. – 2019. – Vol. 80. – Iss. 3). – p. 78-91. doi: 10.18372/2306-1472.80.14277

The article is recommended for publication by N.B. Chernetska-Beletska, Doctor of Engineering, Professor (Ukraine).

Received 02.06.2020

Accepted 10.06.2020

Н. А. ЛУЖАНСКАЯ

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ГРУЗОВЫХ ТАМОЖЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Цель работы – создание имитационной модели для исследования и оптимизации структуры грузового таможенного комплекса при выполнении операций по экспорту и импорту грузов, комплексному обслуживанию, размещению грузов на таможенный склад и склад временного хранения. **Методика** – имитационное моделирование систем массового обслуживания. Математическая модель грузового таможенного комплекса представлена в виде системы массового обслуживания. Разработана имитационная модель грузового таможенного комплекса в пакете автоматизации имитационного моделирования GPSS World. Проведено испытание имитационной модели, которое включало два этапа: верификацию и проверку адекватности. При исследовании свойств модели проведена оценка точности имитации, определена длина переходного периода имитации, оценена устойчивость откликов имитационной модели; определена чувствительность откликов модели на изменение интенсивности поступления транспортных средств на обслуживание. **Результаты.** На разработанной имитационной модели проведено исследование процессов таможенно-логистического обслуживания грузовладельцев при экспорте и импорте грузов, комплексном обслуживании, размещении грузов на таможенный склад и склад временного хранения. Представлены результаты апробации имитационной модели на одном из грузовых таможенных комплексов Киевской области. **Научная новизна** – возможность исследовать на разных уровнях детализации и во времени процессы грузовых таможенных комплексов с помощью имитационного моделирования, оптимизируя его структуру. **Практическая значимость.** Разработанная имитационная модель грузового таможенного комплекса предоставляет возможность определять среднее время пребывания транспортных средств на территории грузового таможенного комплекса при выполнении операций по экспорту и импорту грузов, комплексному обслуживанию, размещению грузов на таможенный склад и склад временного хранения; вероятность отказа в обслуживании ввиду отсутствия мест для стоянки транспортных средств в зоне таможенного контроля; оптимальное количество таможенных инспекторов и мест для стоянки транспортных средств; оптимальные размеры складских площадей для размещения груза на таможенный склад или склад временного хранения. Это позволит не только провести анализ работы грузового таможенного комплекса, но и оптимизировать его структуру, определить действия, которые позволят увеличить пропускную способность грузового таможенного комплекса.

Ключевые слова: грузовой таможенный комплекс; имитационное моделирование; системы массового обслуживания

Н. О. ЛУЖАНСЬКА

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ВАНТАЖНИХ МИТНИХ КОМПЛЕКСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Мета роботи – створення імітаційної моделі для дослідження і оптимізації структури вантажного митного комплексу при виконанні операцій з експорту та імпорту вантажів, комплексного обслуговування, розміщення вантажів на митний склад і склад тимчасового зберігання. **Методика** – імітаційне моделювання систем масового обслуговування. Математична модель вантажного митного комплексу представлена у вигляді системи масового обслуговування. Розроблено імітаційну модель вантажного митного комплексу в пакеті автоматизації імітаційного моделювання GPSS World. Проведено випробування імітаційної моделі, котра включала два етапи: верифікацію і перевірку адекватності. При дослідженні властивостей моделі проведена оцінка точності імітації, визначена довжина перехідного періоду імітації, оцінена стійкість відгуків імітаційної моделі; визначена чутливість відгуків моделі на зміну інтенсивності надходження транспортних засобів на обслуговування. **Результати.** На розробленій імітаційній моделі проведено дослідження процесів митно-логістичного обслуговування вантажовласників при експорті та імпорті вантажів, комплексному обслуговуванні, розміщенні вантажів на митний склад і склад тимчасового зберігання. Представлені результати апробації імітаційної моделі на одному з вантажних митних комплексів Київської області. **Наукова новизна** – можливість досліджувати на різних рівнях деталізації і в часі процеси вантажних митних комплексів за допомогою імітаційного моделювання, оптимізуючи його структуру. **Практична значимість.** Розроблена імітаційна модель вантажного митного комплексу надає можливість: визначати середній час перебування транспортних засобів на території вантажного митного комплексу при виконанні операцій з експорту та імпорту вантажів, комплексного обслуговування, розміщення вантажів на митний склад і склад тимчасового зберігання; ймовірність відмови в обслуговуванні через відсутність місць для стоянки транспортних засобів в зоні митного контролю; оптимальну кількість митних інспекторів і місць для стоянки транспортних засобів; оптимальні розміри складських площ для розміщення вантажу на митний склад або склад тимчасового зберігання. Це дозволить не тільки провести аналіз роботи вантажного митного комплексу, а й оптимізувати його структуру, визначити дії, які дозволять збільшити пропускну спроможність вантажного митного комплексу.

Ключові слова: вантажний митний комплекс; імітаційне моделювання; системи масового обслуговування

УДК 656.13:656.225

Р. В. ВЕРНИГОРА^{1*}, А. М. ОКОРОКОВ^{2*}, О. О. ЗОЛОТАРЕВСЬКА^{3*}

^{1*} Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта rv.vernigora@gmail.com, ORCID 0000-0001-7618-4617

^{2*} Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-04, ел. пошта andrew.okorokoff@gmail.com, ORCID 0000-0002-3111-5519

^{3*} Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 631-89-06, ел. пошта olia.chernova@gmail.com, ORCID 0000-0001-9115-0706

ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ПО ОНОВЛЕННЮ РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

Мета. Метою роботи є розробка техніко-економічного обґрунтування інвестиційного проекту щодо оновлення рухомого складу для організації залізничних перевезень зерна, а також оцінка ефективності та можливих ризиків реалізації такого проекту. **Методика.** В процесі дослідження використані методи аналізу і синтезу для вивчення змісту та основних положень наукових публікацій щодо стану та перспектив розвитку парку вагонів для перевезення зерна; методи техніко-економічних розрахунків для визначення ефективності інвестиційних проектів щодо оновлення парку вагонів-зерновозів. **Результати.** Україна є потужним виробником та експортером зерна, обсяги виробництва та експорту якого щороку зростають. Основним перевізником зернової продукції є залізничний транспорт, що здійснює транспортування вагонами-зерновозами. В останні роки парк вагонів-зерновозів суттєво виріс, однак ключовою проблемою є значний рівень зношеності рухомого складу – 85%. Розрахунки показали, що у 2020 р. для освоєння перспективних обсягів перевезення зерна необхідно оновити до 11,5 тис. вагонів. Враховуючи низькі темпи оновлення парку зерновозів власності Укрзалізниці, інвестиційні проекти оновлення рухомого складу для перевезення зерна є досить перспективними для приватних компаній. Порівняльний аналіз економічної ефективності різних інвестиційних проектів оновлення парку зерновозів показав, що для надання вагонів у оренду більш вигідними є проекти на основі лізингових договорів, а для організації перевезення власної зернової продукції – придбання вагонів за кошти компаній. **Наукова новизна.** Одержані в результаті дослідження результати дозволяють підвести наукове та економічне підґрунтя для оцінки ефективності інвестиційних проектів щодо оновлення рухомого складу для організації залізничних перевезень зернової продукції. **Практична значимість.** Виконані розрахунки показали, що проекти з придбання нових вагонів-зерновозів як для їх здачі в оренду, так і для виконання перевезень власної зернової продукції є економічно ефективними та є перспективним напрямком інвестицій для приватних компаній. Реалізація таких інвестиційних проектів дозволить завантажити вагонобудівні потужності України та створити нові робочі місця у різних галузях промисловості.

Ключові слова: залізничний транспорт; перевезення зерна; інвестиційний проект; рухомий склад; економічна оцінка; окупність інвестицій

Вступ

Виробництво і експорт зерна є одним із стратегічних секторів економіки України. Обсяги виробництва зерна в нашій країні в останні роки постійно зростають. Так, в 2019 році досягнуто рекордного показника 74 млн. т [1], а прогноз на 2022 рік становить 80...90 млн. т [2]. Крім того, Україна входить в трійку найбільших світових експортерів зерна. Так, в сезоні 2018/2019 обсяг експорту склав 49 млн. т., а до 2022 року планується експортувати до 56 млн. т зерна щорічно [2]. Основним перевізником, що здійснює більше 70% від обсягів перевезень зерна на

експорт, є залізничний транспорт [3]. У 2019 р. обсяг перевезення зерна досягнув рівня 40 млн. т., що складає 12% усіх перевезених вантажів [1, 4].

До переваг залізничних перевезень можна віднести його всепогодність, екологічність, можливість перевезення великими партіями, меншу вартість перевезень. Разом з тим, аналіз показує, що існуюча система залізничних перевезень зерна часто демонструє свою неефективність, зокрема щодо термінів доставки. Так, обіг вагона зерновоза за останні роки виріс до 14 діб [4], а у структурі обігу простій на технічних станціях

складає більше 40%, в той час як рухова складова – лише 20% [3].

При цьому однією з основних проблем є зношеність парку зерновозів і недосконала система оперування ними, що призводить до частого дефіциту навантажувальних ресурсів і, як наслідок, до переорієнтації багатьох відправників зерна на автомобільний і річковий транспорт [5]. Окрім того, впроваджена Укрзалізницею автоматизована система розподілу порожніх вагонів, що мала на меті надавати рухомий склад пропорційно до замовлень відправників продемонструвала свою недосконалість, зокрема надаючи переваги відправникам у південних (ближчих до портів) областях та маршрутним відправленням. Це призвело до частих випадків дисбалансу у вільному рухомому складі, невиконанні Укрзалізницею замовлень на порожні вагони, зриву планів на відвантаження зерна, і відповідно до зростання витрат відправників. Як наслідок, завищення відправниками замовлень на порожні вагони, що вносить труднощі у розподіл рухомого складу та знижує ефективність його експлуатації [6].

Мета дослідження

Враховуючи значний рівень зношеності рухомого складу для здійснення залізничних перевезень зернових вантажів, а також недосконали систему розподілу порожніх вагонів-зерновозів власності УЗ, перспективним напрямком для великих операторських і транспортних компаній, що здійснюють перевезення у власному рухомому складі або надають його вантажовідправникам, є придбання парку вагонів-зерновозів для здійснення залізничних перевезень зерна, в першу чергу на експорт. В цьому зв'язку метою даного дослідження є розробка техніко-економічного обґрунтування інвестиційного проекту щодо оновлення рухомого складу для організації залізничних перевезень зерна, а також оцінка ефективності та можливих ризиків реалізації такого проекту.

Аналіз публікацій

Очевидно, що ефективність і, відповідно, доцільність інвестицій в оновлення залізничного рухомого складу напряму пов'язана з ефективністю його подальшої експлуатації при організації перевізного процесу. Питання підвищення експлуатаційних показників рухомого складу залізниць завжди були у центрі уваги науковців. Слід зазначити, що з 2017 р. Укрзалізниця здійснює активну політику щодо підвищення рівня маршрутизації при транспортуванні зерна: так,

наприклад, при розподілі порожніх вагонів-зерновозів інвентарного парку, в першу чергу, виконуються замовлення саме на маршрутні відправки. При цьому, якщо середній обіг вагона-зерновоза складає 8...12 діб (в залежності від типу власності), то для вагонів, що рухаються у складі маршрутних поїздів цей показник може бути зменшений до 6...7 діб [7]. Значний науковий та практичний інтерес з точки зору оцінки та аналізу ефективності відправницької маршрутизації залізничних перевезень представляють праці [8, 9], в яких наголошується, що оцінка доцільності впровадження відправницьких маршрутів повинна враховувати економічні інтереси усіх учасників перевізного процесу – Укрзалізниці, як основного перевізника, відправника та отримувача вантажу. Про необхідність застосування нових підходів до оцінки ефективності відправницької маршрутизації зазначається у роботі [10], що спрямована на пошук компромісних рішень для задоволення інтересів залізниці та вантажовідправників при формуванні маршрутів. В [11] до основних проблем при перевезенні масових вантажів, зокрема, зерна, автор відносить економічну недосконалість маршрутних відправок та неефективне використання порожніх вагонопотоків. Для подолання цих проблем необхідно ширше впроваджувати відправницьку маршрутизацію, в т.ч. кільцеві маршрути.

Питанням підвищення ефективності експлуатації вагонів-зерновозів за рахунок маршрутизації перевезення зернових вантажів присвячено ряд наукових робіт, виконаних у ДНУЗТ [12-14]. Грунтовні дослідження системи організації маршрутних перевезень зернових вантажів, а також оцінка функціонування такої системи виконана в [7].

В умовах значної (більше 90%) зношеності локомотивного парку Укрзалізниці суттєвою проблемою наразі є непродуктивні простой вантажних составів в очікуванні локомотива, що потребує удосконалення системи управління локомотивним парком [15]. Стратегія розвитку ПАТ «Укрзалізниця» [16] передбачає в найближчий час поступове впровадження приватної локомотивної тяги для виконання магістральних перевезень, що дозволить скоротити невиробничі простой вагонів в очікуванні локомотивів та покращити експлуатаційні показники рухомого складу [17, 18]. Окрім того, ефективним засобом скорочення обігу вагона є організація руху вантажних поїздів за розкладом, що наразі вже впроваджується на мережі залізниць України [19].

Сучасний стан та перспективи розвитку парку вагонів для перевезення зерна

Як зазначалось, близько 65% обсягів перевезення зернових вантажів в Україні здійснюється залізничним транспортом, а для експортних перевезень у морські порти цей показник перевищує 70% [3]. Варто зазначити, що обсяги залізничних перевезень зернових демонструють тенденцію до зростання – так, з 2001 р. обсяг перевезення зерна виріс у більш, ніж у 4 рази до рівня 40 млн. т. у 2019 р. [1]. Важливо відзначити, що для Укрзалізниці перевезення зернових вантажів є доволі вигідними, у порівнянні з іншими масовими вантажами: так, дохідна ставка 10 ткм при перевезення зерна складає 2817 грн., в той час як при перевезенні, наприклад, руди – 1736 грн. [20].

Протягом останніх років суттєвою проблемою залізничних перевезень зерна був дефіцит рухомого складу – вагонів-зерновозів. Так, у 2011 р. у власності Укрзалізниці нараховувалось всього 11485 зерновозів (з них придатних до експлуатації лише 8650) та ще 731 вагон перебував у власності ДП «Стрийський вагоноремонтний завод» [12]. При цьому середньодобовий дефіцит зерновозів у пікові періоди навантаження (серпень-грудень) досягав 1000 вагонів [3]. Однак, починаючи з 2017 р. парк зерновозів почав стрімко збільшуватись і у 2019 р. склав 28 тис. од., з яких 11,5 тис. належать підприємствам УЗ, а 16,5 тис. – у власності приватних компаній (рис. 1) [21, 22].



Рис. 1. Динаміка зміни парку українських вагонів-зерновозів

Збільшення кількості зерновозів обумовлено, в першу чергу, зростанням приватного парку, оскільки в планах Укрзалізниці відсутні інвестиції у придбання нових зерновозів (в основному закуповуються нові піввагони), а останній раз поповнення парку зерновозів УЗ відбулось у 1993 р.

Найбільшими ж власниками приватних зерновозів є «Кернел Трейд + РТК-Україна» (3,5 тис.), «Смарт РейлЛогистик» (2,4 тис.), «ОТП Лізинг» (0,9 тис.), «МТК» (0,65 тис.) [23]. До 2018 р. в основному купувались вагони, що вже були в експлуатації (зокрема, в сусідніх країнах), частина переобладнувалась з мінераловозів. Тільки у 2018...2019 р.р. ситуація з оновленням парку зерновозів трохи покращилась – за цей період приватними компаніями було придбано близько 10 тис. вагонів, з яких 60% – нових. Однією з причин цього стало прийняття у 2018 р. поправок до Бюджетного кодексу, що передбачає державну компенсацію при придбанні нової сільськогосподарської техніки українського виробництва, зокрема і вагонів-зерновозів.

Незважаючи на зростання інвентарного парку зерновозів, суттєвою проблемою залишається значний рівень їх зношеності. При нормативному терміні експлуатації вагонів-хопперів 30 років близько 86% зерновозів парку Укрзалізниці вже працюють з подовженим строком експлуатації, а для іншої частини термін експлуатації скінчиться у найближчі роки (рис. 2). При цьому середній термін експлуатації зерновоза інвентарного парку УЗ складає 35,5 років [24].

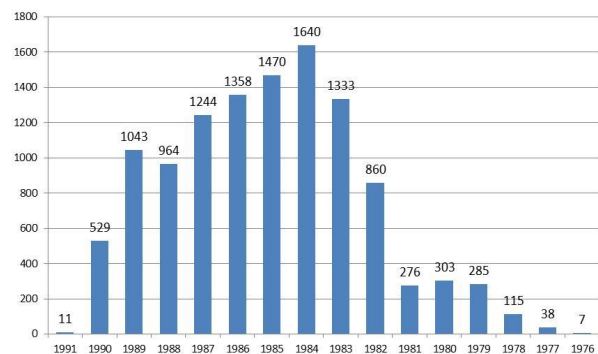


Рис. 2. Структура парку зерновозів власності Укрзалізниці по рокам випуску

Приватний парк зерновозів новіший, проте загальна кількість вагонів з терміном експлуатації до 10 років становить не більше 10% в загальному парку. Загальний же «вік», українського зерновозу становить 27...29 років [3].

За експертними оцінками в найближчі роки списанню підлягає до 2 тис. зерновозів щорічно, тому при відсутності суттєвого оновлення парку до 2025. дефіцит може досягти 10...12 тис. вагонів [22, 25]. Використання ж вагонів з продовженим терміном експлуатації призводить до збільшення експлуатаційних витрат на їх утримання, а також до збільшення ризиків транспортних пригод. Варто відзначити, що в багатьох сусідніх державах (Білорусь, Казахстан, Росія)

заборонено експлуатувати вагони після вичерпання нормативного терміну і продовжувати терміни експлуатації.

Парк зерновозів, необхідний для виконання перспективних обсягів перевезень може бути визначений як:

$$n = k_n k_3 \frac{Q_{\text{зал}} \theta_v}{365 q_{\text{вп}}} \quad (1)$$

де $Q_{\text{зал}}$ – річні обсяги перевезення зерна залізничним транспортом, т.

θ_v – обіг вагона, діб;

k_n – коефіцієнт нерівномірності, $k_n = 1,35$ [26];

k_3 – коефіцієнт запасу, прийнято $k_3 = 1,05$;

$q_{\text{вп}}$ – вантажопідйомність вагона, $q_{\text{вп}} = 70$ т.

Потрібні обсяги перевезення зернових вантажів залізничним транспортом, згідно з прогнозами компанії IMF Groupe Ukraine складають: у 2020 р. – 43,5 млн. т., у 2021 р. – 47 млн. т., у 2022 р. – 50 млн. т. [2]. Результати розрахунків потрібного парку зерновозів для різних значень обігу зерновоза наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Потрібних парк зерновозів для перспективних обсягів залізничних перевезень зерна

Рік	Обсяги перевезень, млн. т	Обіг зерновоза, діб			
		12	11	10	9
2020	43,5	28960	26547	24134	21720
2021	47,0	31290	28683	26075	23468
2022	50,0	33288	30514	27740	24966

У табл. 2 наведені результати розрахунку обсягів необхідного оновлення парку зерновозів з урахуванням щорічного списання 2 тис. вагонів з вичерпаним терміном експлуатації [25].

Аналіз розрахунків показує, що до 2022 р. потреба в збільшенні парку зерновозів складе від 3,5 тис. до 11,8 тис. од. (1,1...3,9 тис. вагонів на рік), в залежності від ефективності оперування вагонами, що збігається з оцінками [22, 25]. Разом з тим Укрзалізниця поки не має планів по закупівлі значних обсягів нових зерновозів, а робить акцент на ремонт наявного парку; нові ж вагони пропонується купувати компаніям-зернотрейдерам і приватним операторам вагонів [27].

Після спаду виробництва у 2014...2016 р.р. з 2017 р. в Україні спостерігається поступове зростання випуску вагонів – у 2018 р. українські підприємства виробили 11,5 тис. вантажних вагонів (+67% до 2017 р.), а у 2019 – 10,6 тис. [1].

Причому, якщо раніше українські підприємства в основному орієнтувались на піввагони, то наразі значну частину продукції складають саме зерновози – у 2018 р. зроблено 2,7 тис. од. (23% від загального обсягу), у 2019 р. – 4,4 тис. од. (42%) [28].

Таблиця 2

Потреби в оновленні парку зерновозів для забезпечення перспективних обсягів перевезень

Рік	Обсяги перевезень, млн. т	Парк вагонів з урахув. списання	Обіг зерновоза, діб			
			12	11	10	9
2019	40,0	27500	-	-	-	-
2020	43,5	25500	3460	1047	-	-
2021	47,0	23500	7790	5183	2575	-
2022	50,0	21500	11788	9014	6240	3466

У листопаді 2019 р. Кабінет міністрів заборонив ввезення в Україну застарілого рухомого складу з Російської Федерації. Таке рішення, з одного боку, скоротить доступ компаніям до збільшення власних парків зерновозів, однак, з іншого боку, стимулюватиме їх до придбання нових вагонів, в першу чергу, в українських виробників.

Таким чином, в найближчій перспективі при збереженні в Україні, з одного боку динаміки зростання виробництва і експорту зернових, а з іншого – темпів списання зерновозів, до 2022 року дефіцит цього типу вагонів складе за різними оцінками 3,5...11,5 тис. одиниць. При цьому зниження можливостей з перевезення зерна відбувається в Україні на тлі динамічного розвитку інфраструктури зернових терміналів. Власниками більшості елеваторів та перевалочних терміналів в морських портах є приватні компанії, які зацікавлені в залученні інвестицій для розвитку перспективного і прибуткового бізнесу, пов'язаного з експортом зернових культур. У зв'язку з цим в даний час інвестиційні проекти з придбання нових вагонів-зерновозів в українських підприємств є перспективним напрямком для приватних компаній, що дозволить, з одного боку, оновити вагонний парк і зменшити дефіцит навантажувальних ресурсів, з іншого – завантажити вагонобудівні потужності України і створити нові робочі місця, зокрема і в інших галузях виробництва – металургійній, гірничо-видобувній, машинобудівній тощо.

Ризики придбання нових вагонів-зерновозів для компаній

Ефективність використання зерновозів, а відповідно і термін їх окупності, в значній мірі залежить від якості їх оперування, яка визначається їх обігом. При цьому обіг вагона безпосередньо залежить від ефективності роботи перевізника-монополіста Укрзалізниці. Наприклад, якщо в 2017 р. при загальному парку зерновозів 16 тис. і обігу вагона-зерновоза 9,9 діб. залізницею було перевезено 35,7 млн. т. зерна, то у 2018 р. з парком 21 тис. зерновозів (+ 31%) їх обіг погіршився до 12,3 діб. (+ 24%), при цьому перевезено 32,9 млн. т. зерна (-8%). Середня ж швидкість поїздів з зерновими вантажами в піковий період 2018 р. становила близько 85,1 км/добу при нормативному показнику 200 км/добу. Це свідчить про те, що кількість вагонів-зерновозів ніяк не корелює з обсягом перевезення зернових вантажів «Укрзалізницею».

На ефективність оперування зерновозами негативно впливає дефіцит локомотивної тяги, що пов'язаний зі значним рівнем зношеності парку локомотивів [16]. Це призводить до простоїв вагонів в очікуванні локомотивів і, відповідно, до погіршення показників експлуатації та добової прибутковості вагонів [15]. На обіг вагонів впливає і недостатня пропускна здатність залізничних підходів до портів, швидкість завантаження/розвантаження в портах та елеваторах. Вантажовідправники побоюються, що темпи зростання приватного парку зерновозів набагато випередять розвиток інфраструктури.

Ще однією суттєвою проблемою є збереження рухомого складу. По-перше, вагони часто пошкоджують в морських портах при вивантаженні грейферними кранами. Найчастіше це відбувається в державних стивідорних компаніях, де немає сучасного обладнання. По-друге, має місце розукомплектування вагонів на шляху прямування. В першу чергу, розкраданню схильні до найбільш металомісткі деталі вагонів, які можна швидко здати на металом. В основному це деталі гальмівної системи вагонів, а без них вагон стає непридатним до експлуатації. Ремонт приватних вагонів - це додаткові витрати для компаній-власників. При цьому забезпечити швидкий поточний ремонт своїй техніці власники приватного парку не встигають через відсутність власної ремонтної бази. Все це також погіршує ефективність експлуатації вагонів, оскільки під час ремонту вони не приносять своїм власникам прибутку.

Залізничні перевезення зерна в останній час відчують все більшу конкуренцію з боку

автомобільного та річкового транспорту, які щорічно нарощують обсяги перевезення зернових культур – у 2019 р. автотранспортом перевезено 19,1 млн. т. зерна (+28% до 2018 р.), річковим – 3,9 млн. т. (+26%) [1]. Разом з тим, за оцінками експертів сумарний потенціал автомобільного та річкового транспорту щодо перевезення зерна складає близько 30 млн. т., тобто менше половини від перспективних обсягів експорту. Отже, залізничний транспорт залишається основним перевізником зерна в Україні.

Безумовно, в першу чергу, придбання вагонів може бути вигідно компаніям, що обслуговують власний вантажообіг, які мають вантажну і розвантажувальну інфраструктуру. Однак, і для транспортних компаній цей напрямок також буде перспективним. При цьому, за різними оцінками, в залежності від умов експлуатації власного парку зерновозів, умов лізингу, терміни окупності нових вагонів складають від 3-х до 8 років [29].

Визначення фінансових показників інвестиційного проекту

Враховуючи перспективність інвестиційних проектів щодо оновлення рухомого складу для залізничних перевезень зерна, авторами були виконані розрахунки щодо оцінки ефективності та ризиків таких проектів. При цьому для умовної приватної компанії були розглянуті наступні сценарії інвестиційних проектів:

1) придбання вагонів транспортною компанією на основі договору лізингу з метою надання послуг оренди на перевезення відправникам зерна;

2) придбання вагонів транспортною компанією за рахунок власних коштів з метою надання послуг оренди на перевезення відправникам;

3) придбання вагонів аграрною компанією на основі договору лізингу для здійснення перевезення власних зернових вантажів;

4) придбання вагонів аграрною компанією за рахунок власних коштів для здійснення перевезення власних зернових вантажів;

У якості найбільш перспективної моделі вагону-зерновозу обрано модель 19-7053 (вантажопідйомність 75,5 т, об'єм кузова 116 м³) виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівельний завод» [30]. При цьому розглянуто варіанти придбання різних партій вагонів-зерновозів – 250, 500, 1000 одиниць з різною вартістю одного вагону – 70, 65 та 60 тис. USD.

Структура витрат, пов'язаних з реалізацією інвестиційного проекту, включає витрати на придбання парку зерновозів, витрати на поточні

та деповські ремонти вагонів, витрати на утримання персоналу, витрати на відстій вагонів. Крім того, сюди слід також включити витрати компанії, пов'язані з обслуговуванням лізингового договору і зі сплатою податків.

Визначення фінансових показників для проектів на основі договорів лізингу. При розрахунках прийнято, що термін дії лізингових договорів по сценаріях 1 та 3 складає 5, 8 та 10 років. Річний лізинговий платіж визначається за формулою:

$$L = C \cdot \frac{R}{1 - (1 + R)^{-T}}, \quad (2)$$

де C – ціна вагону з ПДВ, USD;

R – процентна ставка лізингової компанії;

T – термін дії лізингового договору.

За оцінками експертів загальні середньорічні витрати на поточне утримання та усі види ремонтів, що припадають на один вагон, складають близько 54,7 тис. грн. (2180 USD) [31].

Загальний час роботи вагона протягом року прийнято 315 діб. Відстій зерновозів в періоди

скорочення обсягів перевезень (50 діб на рік) передбачається виконувати на інфраструктурі узгоджених станцій УЗ. Плата за відстій одного вагона на коліях магістральних станцій в даний час складає 54 грн/доб. При цьому середньорічні витрати складуть 2700 грн. на вагон (110 USD). Додаткові річні витрати на оплату праці диспетчерського персоналу компанії, що управляє роботою парку зерновозів, а також витрати на утримання приміщень, придбання витратних матеріалів та обладнання, послуги зв'язку та ін. оцінюються на рівні 360 USD на один вагон [31].

У випадку надання вагонів в оренду ставка плати за користування вагоном визначається з умови забезпечення беззбиткової роботи транспортної компанії протягом дії лізингового договору і формування прибутку в період від закінчення лізингу до закінчення терміну служби вагонів (30 років). Мінімальна добова плата за вагон (собівартість) визначається діленням сумарних річних витрат на тривалість роботи вагона (табл. 3).

Таблиця 3

Визначення мінімальної добової плати за оренду вагону-зерновоза по договорам лізингу

Показник	Варіанти								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вартість зерновозу з ПДВ, тис. USD	70	70	70	65	65	65	60	60	60
Ставка лізингу, %	0,12	0,1	0,08	0,12	0,1	0,08	0,12	0,1	0,08
Термін лізингу, років	5	8	10	5	8	10	5	8	10
Річний лізинговий платіж, тис. USD	19,4	13,1	10,4	18,0	12,2	9,7	16,6	11,2	8,9
Витрати на ремонти, тис. USD/рік	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
Витрати на відстій, тис. USD/рік	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Інші витрати, тис. USD/рік	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Сумарні витрати, тис. USD/рік	22,1	15,8	13,1	20,7	14,8	12,3	19,3	13,9	11,6
Тривалість роботи вагона, діб	315	315	315	315	315	315	315	315	315
Мінімальна добова плата, USD	70,1	50,1	41,5	65,7	47,1	39,2	61,3	44,1	36,8
Мінімальна добова плата	1751	1252	1038	1641	1177	979	1531	1103	920

Таким чином, в залежності від варіанту лізингу та величини партії вагонів добова мінімальна плата (собівартість) за користування вагоном знаходиться в межах 36,8...70,1 USD (920...1751 грн.); середня добова ставка плати за вагон становить 50,6 USD (1266 грн.). У табл. 4. наведені розрахунки по визначенню конкурентоспроможності нових вагонів на ринку залізничних перевезень зерна в порівнянні з вагонами ЦТЛ (ставка оренди 1363 грн. у 2019 р.) і власними вагонами інших компаній (середня ставка 1800 грн.) [31] при різному рівні рентабельності (10 % і 15%). Від'ємні значення в табл. 4

(виділені клітини) свідчать про те, що добова плата за нові вагони є конкурентною. При цьому як показали розрахунки, максимальний рівень рентабельності при експлуатації нових вагонів (за лізинговими договорами) і збереженні їх конкурентності досягає 48% (в порівнянні з вагонами ЦТЛ) і 95% (в порівнянні з вагонами інших підприємств) – для варіанта 9 (придбання 1000 вагонів з лізингом на 10 років).

Оцінка конкурентності нових вагонів за лізинговими договорами на ринку оренди рухомого складу

Варіант	Собівартість, грн./доб.	Рентабельність 10%			Рентабельність 15%		
		Ставка, грн./доб.	ΔЦТЛ, грн.	ΔПриватн., грн.	Ставка, грн./доб.	ΔЦТЛ, грн.	ΔПриватн., грн.
1	1751	1927	564	127	2014	651	214
2	1252	1377	14	-423	1439	76	-361
3	1038	1142	-221	-658	1194	-169	-606
4	1641	1806	443	6	1888	525	88
5	1177	1295	-68	-505	1354	-9	-446
6	979	1077	-286	-723	1126	-237	-674
7	1531	1684	321	-116	1761	398	-39
8	1103	1213	-150	-587	1268	-95	-532
9	920	1012	-351	-788	1058	-305	-742

Визначення фінансових показників при інвестуванні власних коштів. У випадку одночасного придбання вагонів за рахунок власних ресурсів компанії (сценарії 2 та 4) загальні капітальні витрати по i -му варіанту складають:

$$K_i = C_{\text{ваг}} \cdot N_{\text{ваг}} \quad (3)$$

де $C_{\text{ваг}}$ – вартість одного вагона, тис. USD;

$N_{\text{ваг}}$ – кількість придбаних вагонів, ваг.

Експлуатаційні витрати по проекту, крім витрат поточне утримання та ремонту вагонів, а також оперування ними, включають також амортизаційні витрати:

$$A_i = K_i / T_e \quad (4)$$

де T_e – нормативний термін експлуатації вагону.

Витрати на поточне утримання, ремонти, оперування вагонами в цих варіантах інвестиційного проекту прийняті такими ж, як і при лізинговому договорі. Окрім того, для компанії, яка купує вагони для перевезення власних зернових вантажів, у разі використання власних вагонів-зерновозів матиме місце економія витрат на оренду (вагонна складова тарифу) вагонів перевізника $\Delta E_{\text{ваг}}$, які в даний час є власністю філії Укрзалізниці – ЦТЛ. Відповідні розрахунки наведені у табл. 5.

Таблиця 5

Розрахунок витрат на придбання та утримання вагонів при інвестуванні власних коштів компанії

Партія вагонів	$C_{\text{ваг}}$, тис. USD	K_i , млн. USD	Експлуатаційні витрати, USD/вагон				Сумарні, млн. USD	Річна економія $\Delta E_{\text{ваг}}$, млн. USD	
			Амортизація	Ремонт та утримання	Простій	Операц.			Разом
250	70	17,5	2333,3	2180	110	360	4983,3	1,2	4,3
500	65	32,5	2166,7	2180	110	360	4816,7	2,4	8,6
1000	60	60	2000,0	2180	110	360	4650,0	4,7	17,2

Порівняльний аналіз ефективності інвестиційних проектів

Оцінка ефективності інвестиційних проектів на умовах лізингу. Оцінка економічної ефективності проекту з урахуванням ризику виконана на основі показника «очікувана чиста поточна вартість» для кожного варіанту умов лізингу [32]. В умовах невизначеності очікувана чиста поточна вартість визначається за формулою:

$$M(NPV) = NPV_{\text{max}} \cdot (1 - \lambda) + NPV_{\text{min}} \cdot \lambda \quad (5)$$

де NPV_{max} , NPV_{min} – чиста поточна вартість за найбільш сприятливих та несприятливих умов, відповідно;

λ – показник схильності до ризику (у розрахунках прийнято $\lambda=0,3$).

Чиста поточна вартість кожного сценарію визначається як поточна вартість чистих грошових потоків за весь життєвий цикл проекту, який дорівнює терміну корисного використання вагона-зерновоза (30 років). В даному випадку (сценарії 1 та 3) проект не передбачає інвестування власного капіталу компанії в придбання вагонів-зерновозів, а передбачається фінансування за рахунок позикового капіталу у формі лізингу. Тому

в схемах грошових потоків відсутні одноразові вкладення. Оскільки для даного проекту грошові потоки в межах періоду лізингу і періоду після його закінчення в базових цінах можуть розглядатися як постійні, чиста поточна вартість сценарію може бути визначена за формулою:

$$NPV = CF_i \cdot \frac{1 - (1 + R)^{-T_i}}{R} + CF_{af.l} \cdot \frac{1 - (1 + R)^{-(T-T_i)}}{R \cdot (1 + R)^{T_i}} \quad (6)$$

де CF_i , $CF_{af.l}$ – середній річний грошовий потік у період лізингу та після лізингу відповідно;
 T_i – період лізингу (5, 8 та 10 років);
 T – термін життєвого циклу проекту (30 років).

R – ставка дисконту.

Річний чистий грошовий потік являє собою суму чистого прибутку і амортизаційних відрахувань (4). Ставка дисконту визначається як очищена від податку на прибуток реальна норма доходу (8,3%). При ставці податку на прибуток 18% вона складе $R = 8,3 \cdot (1 - 0,18) = 6,8\%$.

Грошові потоки за сприятливих умов реалізації проекту для сценарію 1 (придбання вагонів за договором лізингу для їх здачі в оренду) розраховані, виходячи із середньої добової плати за користування вагонами на рівні 1800 грн. (72 USD) і тривалості використання вагонів 315 діб протягом року. Для сценарію 3 (придбання вагонів за договором лізингу для їх використання для перевезення власних зернових вантажів) дохідна частина являє собою добову економію вагонної складової – 1363 грн. (54,5 USD).

Грошові потоки за несприятливих умов реалізації для всіх варіантів розраховуються, виходячи з мінімальної ставки добової плати за користування вагонами (сценарій 1) – 1250 грн. (50 USD) і тривалості використання вагонів 240 діб.

Виконані розрахунки показали, що в залежності від умов лізингу очікувана чиста поточна вартість проекту в розрахунку на один вагон змінюється для сценарію 1 в межах 110...126 тис. USD, а для сценарію 3 – в межах 71...90 тис. USD.

Значна позитивна величина $M(NPV)$ по всіх варіантах сценаріїв 1 та 3 свідчить про те, що участь в даному проекті з економічної точки зору краще, ніж відмова від нього. Окрім того, порівняльний аналіз показує що придбання вагонів-зерновозів на умовах лізингу для їх подальшої здачі в оренду вантажовідправникам є більш вигідним – в середньому на 46%, ніж придбання вагонів та самостійне оперування ними при перевезенні власної продукції.

Оцінка ефективності інвестиційних проектів при використанні власних фінансових

ресурсів компанії. Сценарії 2 і 4 інвестиційних проектів передбачають придбання нових вагонів-зерновозів за рахунок власних фінансових коштів. До основних економічних показників відносяться: дохід, прибуток (чистий дохід), економія витрат, чиста економія витрат, термін окупності.

Сукупний дохід інвестиційного проекту від оренди вагонів визначаються як:

$$D_i = N_i \cdot e_{\text{доб}} \cdot T_{\text{річ}} \quad (7)$$

де N_i – кількість вагонів, які надаються в оренду;

$e_{\text{доб}}$ – добова ставка оренди, USD;

$T_{\text{річ}}$ – тривалість експлуатації вагонів протягом року, діб.

Прибуток (чистий дохід) визначається як:

$$D^*_i = D_i - E_i \quad (8)$$

де E_i – загальні річні експлуатаційні витрати.

Загальна економія від реалізації інвестиційного проекту при використанні власного парку вагонів для перевезень визначається як:

$$Z_i = N_i \cdot a_{\text{доб}} \cdot T_{\text{річ}} \quad (9)$$

де $a_{\text{доб}}$ – добова економія на оренді вагонів ЦТЛ.

Чиста економія складає:

$$Z^*_i = Z_i - E_i \quad (10)$$

Терміни окупності проекту по сценаріям 2 та 4, відповідно:

$$T_{\text{ок}} = K_i / D^*_i \quad (11)$$

$$T_{\text{ок}} = K_i / Z^*_i \quad (12)$$

Характеристика умов (сприятливих та несприятливих) реалізації проекту по сценаріям 2 та 4 аналогічні як і для сценаріїв за лізинговими договорами. Розрахунок економічних показників проекту за сценаріями 2 та 4 наведено в табл. 6.

Основними показниками економічної ефективності у сучасних умовах виступають: чиста поточна вартість (NPV), внутрішня норма доходу (IRR); індекс прибутковості (ID) [32]:

$$NPV = (ND - TP + A) \cdot \frac{1 - (1 + R)^{-T}}{R} - I, \quad (13)$$

$$ID = \frac{(ND - TP + A) \cdot \frac{1 - (1 + R)^{-T}}{R}}{I}, \quad (14)$$

$$(ND - TP + A) \cdot \frac{1 - (1 + IRR)^{-T}}{IRR} - I = 0, \quad (15)$$

де ND – чистий дохід (економія) інвестиційного проекту, млн. USD;

TP – податок на прибуток, млн. USD;

I – загальні інвестиції, млн. USD.

Інвестиційний проект вважається ефективним, якщо виконуються наступні умови:

$$NPV \geq 0, ID \geq 1, IRR \geq R. \quad (16)$$

Таблиця 6

Економічні показники інвестиційних проектів за сценаріями 2 та 4

Партія вагонів	С _{ваг.} , тис. USD	K _i , млн. USD	Експлуатаційні витрати, USD/вагон						До-хід, млн. USD	Прибуток, млн. USD	T _{ок.} , років
			Аморт.	Ремонт та утримання	Простій	Операц.	на 1 ваг.	Разом, млн. USD			
Сценарій 2 (придбання вагонів за кошти компанії для надання в оренду)											
<i>Сприятливі умови реалізації проекту</i>											
250	70	17,5	2333,3	2180	110	360	4983,3	1,2	5,67	4,4	4,0
500	65	32,5	2166,7	2180	110	360	4816,7	2,4	11,34	8,9	3,6
1000	60	60,0	2000,0	2180	110	360	4650,0	4,7	22,68	18,0	3,3
<i>Несприятливі умови реалізації проекту</i>											
250	70	17,5	2333,3	2180	270	360	5143,3	1,3	3,0	1,7	10,2
500	65	32,5	2166,7	2180	270	360	4976,7	2,5	6,0	3,5	9,3
1000	60	60,0	2000,0	2180	270	360	4810,0	4,8	12,0	7,2	8,3
Сценарій 4 (придбання вагонів за кошти компанії для перевезення власної продукції)											
<i>Сприятливі умови реалізації проекту</i>											
250	70	17,5	2333,3	2180	110	360	4983,3	1,2	4,29	3,0	5,7
500	65	32,5	2166,7	2180	110	360	4816,7	2,4	8,58	6,2	5,3
1000	60	60,0	2000,0	2180	110	360	4650,0	4,7	17,17	12,5	4,8
<i>Несприятливі умови реалізації проекту</i>											
250	70	17,5	2333,3	2180	270	360	5143,3	1,3	3,27	2,0	8,8
500	65	32,5	2166,7	2180	270	360	4976,7	2,5	6,54	4,1	8,0
1000	60	60,0	2000,0	2180	270	360	4810,0	4,8	13,08	8,3	7,3

Результати розрахунку показників економічної ефективності сценарії 2 та 4 наведено у табл. 7.

Таблиця 7

Показники економічної ефективності проектів за сценаріями 2 та 4

Партія вагонів	С _{ваг.} , тис. USD	NPV, млн. USD	ID, раз	IRR, %	Умова (16)
Сценарій 2					
<i>Сприятливі умови реалізації проекту</i>					
250	70	35,8	3,04	24	+
500	65	73,8	3,27	25,8	+
1000	60	152,3	3,53	27,9	+
<i>Несприятливі умови реалізації проекту</i>					
250	70	7,7	1,43	10,8	+
500	65	17,6	1,54	11,7	+
1000	60	39,9	1,66	12,8	+
Сценарій 2					
<i>Сприятливі умови реалізації проекту</i>					
250	70	28,4	2,62	20,7	+
500	65	59,3	2,82	22,3	+
1000	60	123,6	3,06	24,1	+
<i>Несприятливі умови реалізації проекту</i>					
250	70	15,0	1,85	14,4	+
500	65	32,5	1,99	15,6	+
1000	60	69,9	2,16	17	+

Аналіз табл. 7 свідчить, що інвестиційні проекти з придбання рухомого складу за рахунок власних фінансових ресурсів будуть економічно ефективними як для сценарію надання придбаних вагонів в оренду, так і для сценарію, який передбачає використання нових вагонів для перевезення власної продукції (зерна).

Порівняння ефективності інвестиційних проектів. Порівняння ефективності інвестиційних проектів виконано на основі чистої поточної вартості NPV (табл. 8).

Таблиця 8

Порівняння інвестиційних проектів за чистою поточною вартістю

Партія вагонів	NPV, млн. USD			
	Надання в оренду		Власні перевезення	
	Лізинг	Власні	Лізинг	Власні
	1	2	3	4
250	28,33	27,34	18,95	24,38
500	59,06	56,98	40,42	51,26
1000	122,66	118,59	85,62	107,52

Дані табл. 8 ілюструє діаграма на рис. 3.

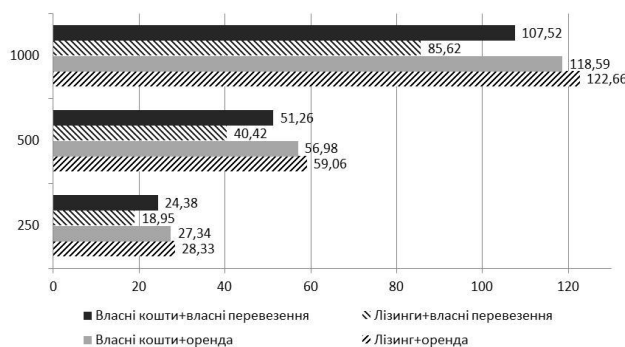


Рис. 3. Порівняння економічної ефективності інвестиційних проектів

Аналіз показує, що у випадку придбання вагонів-зерновозів для їх здачі в оренду вантажовідправникам зерна (сценарії 1 та 2) дещо краще є інвестиційні проекти на умовах лізингу – їх ефективність в середньому на 3,6% вище. Однак, при збільшенні обсягу закупівлі, ефективність лізингу зменшується. У разі придбання вагонів на умовах лізингу більш ефективними є договори терміном на 10 років зі ставкою лізингу 8%. При фінансуванні такого проекту за рахунок власних коштів терміни його окупності складають 3 ... 4 роки.

У випадку придбання вагонів з метою їх використання для перевезення власної зернової продукції, навпаки, більш ефективним є вкладення власних коштів – в середньому на 27%; причому з ростом обсягу закупівлі ефективність лізингу також зменшується. Терміни окупності таких проектів складають 5 ... 6 років.

Висновки

Виробництво і експорт зерна є одним із стратегічних секторів економіки України. Обсяги виробництва та експорту зерна в нашій країні в останні роки постійно зростають. Основним перевізником зернової продукції залишається залізничний транспорт. Парк вагонів-зерновозів наразі складає близько 28 тис. одиниць, однак при цьому рівень зношеності рухомого складу досягає 85%. Виконані розрахунки показали, що з врахуванням темпів списання рухомого складу для освоєння перспективних обсягів залізничних перевезень зерна до 2020 р. потреби в нових вагонах складуть від 3,5 до 11,5 тис. одиниць в залежності від ефективності їх експлуатації. Враховуючи вкрай низькі темпи оновлення парку зерновозів власності Укрзалізниці, інвестиційні проекти оновлення рухомого складу для перевезення зерна є досить перспективними для приватних компаній.

Порівняльний аналіз економічної ефективності різних інвестиційних проектів оновлення

парку зерновозів показав, що для надання вагонів у оренду більш вигідними є проекти на основі лізингових договорів, а для організації перевезення власної зернової продукції – придбання вагонів за кошти компаній.

Виконані розрахунки показали, що проекти з придбання нових вагонів-зерновозів як для їх здачі в оренду, так і для виконання перевезень власної зернової продукції є економічно ефективними. Вибір же варіанту фінансування проекту (лізинг або власні кошти компанії) залежить від цілого ряду чинників, серед яких – наявність вільних фінансових коштів, ставки і терміни лізингових договорів, наявність власної вагоноремонтної бази тощо. Реалізація таких інвестиційних проектів дозволить завантажити вагонобудівні потужності України та створити нові робочі місця.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Исследование достаточности объема локомотивных мощностей для грузовых перевозок железнодорожным транспортом в условиях роста урожая и восстановления экономики Украины до 2023 года //IMF Group Ukraine – 2018. – 34 с.
3. Вернигора, Р. В. Анализ системы хранения украинского зерна/ Р. В. Вернигора, П. Ш. Рустамов // 36. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 13. – Д.: ДНУЗТ, 2017. – с. 10-18.
4. Обсяг перевезення зерна і продуктів перемолу залізницею в 2019 році [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zernovoz.ua/blog/monitoring-1/post/obsyag-perevezennia-zerna-i-produktiv-peremolu-zaliznitseiu-v-2019-rotsi-168>
5. Огороков, А.М. Річковий транспорт України: сучасний стан та перспективи використання / А. М. Огороков, Р. В. Вернигора, П. С. Цупров // 36. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 12. – Д.: ДНУЗТ, 2016. – с. 62-68.
6. Ткачев, В. «Повелители зерновозов» VS Автоматическое распределение вагонов: кто кого? / В. Ткачев [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://latifundist.com/blog/read/2036-poveliteli-zernovozov-vs-avtomaticheskoe-raspredelenie-vagonov-kto-kogo>
7. Kozachenko, D. Creation of export-oriented network of grain elevators in Ukraine / D. Kozachenko, R. Vernigora, R. Rustamov // Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ, – Д.: ДНУЗТ, 2017. – №2(68) – с. 56-70.
8. Верлан, А. І. Підвищення ефективності управління приватним вагонним парком за рахунок відправницької маршрутизації порожніх

вагонопотоків / А. І. Верлан, Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора // Залізничний транспорт України. – 2012, №6. – с.35-37.

9. Козаченко, Д. Н. Оценка эффективности маршрутизации перевозки массовых грузов железнодорожным транспортом в современных условиях / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, А. И. Верлан // 36. наук. праць Донецького ін-ту заліз. тр-ту. - 2012, – №. 31, с. 25-29.

10. Богомазова, Г. Є. Удосконалення методів визначення ефективності маршрутизації перевезень з урахуванням сучасних вимог / Г.Є. Богомазова // 36. наук. праць Укр. державн. академії заліз. тр-ту. – Харків: УкрДАЗТ – 2013. – Вип. 137. – С. 105-109.

11. Обухова, А. Л. Аналіз основних проблем при перевезенні масових вантажів залізничним транспортом / А. Л. Обухова, М. С. Шевельова, Н. О. Стещенко // 36. наук. праць Укр. державн. академії заліз. тр-ту. – Харків: УкрДАЗТ. – 2015. – Вип. 152. – С. 45-49.

12. Мямлин, С. В. Проблемы и перспективы перевозки зерновых грузов железнодорожным транспортом в Украине / С. В. Мямлин, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Залізничний транспорт України. . – 2013. – №2. – с.32-34.

13. Козаченко, Д. М. Підвищення ефективності перевезень зернових вантажів залізничним транспортом / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. Ш. Рустамов // Українські залізниці – 2014. №7(13). – с.56-59.

14. Козаченко, Д. Н. Оценка эффективности технологии железнодорожных перевозок зерновых грузов с использованием имитационного моделирования / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый, Р. Ш. Рустамов // Вестник БелГУТа. – 2015. – №2 (31). – С. 109-113.

15. Вернигора, Р.В. Перспективи створення адаптивної системи оперативного керування роботою локомотивів та локомотивних бригад / Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова // 36. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 4. – Д.: ДНУЗТ, 2012. – с. 25-29.

16. Стратегія розвитку ПАТ «Укрзалізниця» 2017-2021 роки – Київ: Укрзалізниця, 2017. – 60 с.

17. Козаченко, Д. Н., Проблемы использования частных локомотивов для выполнения перевозок на магистральном железнодорожном транспорте / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый // 36. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 3. – Д.: ДНУЗТ, 2012. – с. 40-46.

18. Козаченко, Д. Н. Перспективы использования частной локомотивной тяги на магистральном железнодорожном транспорте Украины / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый // Українські залізниці – 2013. №1. – с.50-55.

19. Kozachenko, D. Evaluation of the transition to the organization of freight trains traffic by the schedule / D. Kozachenko, R. Vernigora, V. Balanov, N. Berezovy, L. Yelnikova, Y. Germanyuk // Transport Problems, Vol. 11, Issue 1 – The Silesian University of Technology, Faculty of Transport, Katowice, Poland – 2016 – p. 41-48

20. Киричевский, И. Путь зерна: Какой была логистика аграрного экспорта в 2018 году / И.

Киричевский [Электрон. ресурс] – Режим доступа: https://cfts.org.ua/articles/put_zerna_kakoy_byla_logistika_agrarnogo_eksporta_v_2018_godu_1517

21. Офіційний сайт АТ «Укрзалізниця». Парк вантажних вагонів України з розподілом по РРС [Електрон. ресурс] – Режим доступу: http://uz.gov.ua/cargo_transportation/electronic_transportation

22. Поважнюк, С. С. Потреба економіки України у нових вантажних вагонах. Вплив виробництва вагонів на вітчизняну економіку / С. С. Поважнюк // ДП «Укрпромзовнішекспертиза» – Київ, 2016. – 20 с.

23. ТОП-10 частных собственников вагонов-зерновозов в Украине [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <https://agrorreview.com/ru/news/top-10-chastnyh-sobstvennykov-vahonov-zernovozov-v-ukrayne>

24. Шахов, А. План ликвидации вагонов-зерновозов снимет напряжение или спровоцирует панику? [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://agroportal.ua/views/blogs/plan-likvidatsii-vagonov-zernovozov-snimet-napryazhenie-ili-sprovotsiruet-paniku/>

25. Григоренко Ю. Когда нужна скорость: обновление вагонного парка пора систематизировать [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <https://gmk.center/posts/kogda-nuzhna-skorost-obnovlenie-vagonnogo-parka-pora-sistematizirovat/>

26. Рустамов Р.Ш. Оценка перспектив развития зерновой логистики в Украине // 36. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 8. – Д.: ДНУЗТ, 2014. – с. 127-133.

27. Муравский, А. Проблему зерновозов вместо УЗ решает частный бизнес [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <https://ports.com.ua/articles/problemuzernovozov-vmesto-uz-reshaet-chastnyy-biznes>

28. Вагоностроение Украины 2019. [Электрон. ресурс] – Режим доступа: https://cfts.org.ua/infographics/vagonostroenie_ukrainy_2019

29. Вагонные страсти: выгодно ли украинским аграриям покупать вагоны-зерновозы [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <https://latifundist.com/blog/read/1906-vagonnye-strasti-vygodno-li-ukrainskim-agrariyam-pokupat-vagony-zernovozy>

30. Грузовое вагоностроение. Каталог. – Кременчуг: Крюковский вагоностроительный завод. – 2019. – 58 с.

31. Шахов, А. Инвестиции в вагоны-зерновозы: срок окупаемости от 1 до 3 лет [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://agroportal.ua/views/blogs/investitsii-v-vagonyzernovozy-srok-okupaemosti-ot-1-do-3-let/>

32. Ефременко, Т. Н. Инвестиционный анализ. Учебное пособие / Т. Н. Ефременко, А. Г. Соболева – Харьков: ХНУГХ им. А. Бекетова. – 2015. – 99 с.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Огарем О. М. (Україна)

Надійшла до редколегії 15.06.2020

Прийнята до друку 19.06.2020

Р. В. ВЕРНИГОРА, А. М. ОКороков, О. А. ЗОЛОТАРЕВСКАЯ

ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА ПО ОБНОВЛЕНИЮ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК ЗЕРНОВЫХ ГРУЗОВ

Цель. Целью работы является разработка технико-экономического обоснования инвестиционного проекта по обновлению подвижного состава для организации железнодорожных перевозок зерна, а также оценка эффективности и возможных рисков реализации такого проекта. **Методика.** В процессе исследования использованы методы анализа и синтеза для изучения содержания и основных положений научных публикаций о состоянии и перспективах развития парка вагонов для перевозки зерна; методы технико-экономических расчетов для определения эффективности инвестиционных проектов по обновлению парка вагонов-зерновозов. **Результаты.** Украина является крупным производителем и экспортером зерна, объемы производства и экспорта которого ежегодно растут. Основным перевозчиком зерновой продукции является железнодорожный транспорт, осуществляющий транспортировку вагонами-зерновозами. В последние годы парк вагонов-зерновозов существенно вырос, однако ключевой проблемой является значительный уровень изношенности подвижного состава – 85%. Расчеты показали, что к 2020 г. для освоения перспективных объемов перевозки зерна необходимо обновить до 11,5 тыс. вагонов. Учитывая низкие темпы обновления парка зерновозов собственности Укрзалізниця, инвестиционные проекты по обновлению подвижного состава для перевозки зерна являются весьма перспективными для частных компаний. Сравнительный анализ экономической эффективности различных инвестиционных проектов обновления парка зерновозов показал, что для предоставления вагонов в аренду более выгодными являются проекты на основе лизинговых договоров, а для организации перевозки собственной зерновой продукции – приобретение вагонов за счет компаний. **Научная новизна.** Полученные в результате исследования результаты позволяют подвести научное и экономическое обоснование для оценки эффективности инвестиционных проектов по обновлению подвижного состава для организации железнодорожных перевозок зерновой продукции. **Практическая значимость.** Выполненные расчеты показали, что проекты по приобретению новых вагонов-зерновозов как для их сдачи в аренду, так и для выполнения перевозок собственной зерновой продукции являются экономически эффективными, а также представляют перспективное направление инвестиций для частных компаний. Реализация таких инвестиционных проектов позволит загрузить вагоностроительные мощности Украины и создать новые рабочие места в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; перевозка зерна; инвестиционный проект; подвижной состав; экономическая оценка; окупаемость инвестиций

R. V. VERNYHORA, A. M. OKOROKOV, O. O. ZOLOTAREVSKA

EVALUATION OF THE INVESTMENT PROJECT FOR UPDATING THE ROLLING STOCK FOR THE ORGANIZATION OF GRAIN CARGOES RAIL TRANSPORTATION

Purpose. The aim of the work is to develop a feasibility study for an investment project to upgrade rolling stock for the organization of grain rail transportation, as well as assess the effectiveness and possible risks of implementing such a project. **Methodology.** In the research process, analysis and synthesis methods were used to study the content and main provisions of scientific publications on the state and prospects of the development of the fleet of wagons for grain transportation; methods of technical and economic calculations to determine the effectiveness of investment projects to upgrade the fleet of grain wagons. **Results.** Ukraine is a major producer and exporter of grain, whose production and export volumes are growing annually. The main carrier of grain products is railway transport, carrying out transportation by grain wagons. In recent years, the fleet of grain carriers has grown significantly, but the key problem is the significant level of deterioration of rolling stock - 85%. Calculations showed that by 2020, to master the promising volumes of grain transportation, it is necessary to upgrade to 11.5 thousand cars. Given the low rate of renewal of the Ukrzaliznytsia's grain tank fleet, investment projects to upgrade rolling stock for grain transportation are very promising for private companies. A comparative analysis of the economic efficiency of various investment projects for updating the fleet of grain carriers showed that projects based on leasing agreements are more profitable for leasing cars, and for the organization of transportation of their own grain products - the purchase of cars at the expense of companies. **Scientific novelty.** The results of the study allow us to draw up a scientific and economic justification for assessing the effectiveness of investment projects to upgrade rolling stock for the organization of rail transportation of grain products. **Practical significance.** The calculations showed that projects for the purchase of new grain wagons, both for leasing and for transporting own grain products, are cost-effective and also represent a promising area of investment for private companies. Implementation of such investment projects will allow to load the car-building capacities of Ukraine and create new jobs in various industries.

Key words: railway transport; grain transportation; investment project; rolling stock; economic assessment; payback of investment

УДК 656.212.5-52

И. В. ЖУКОВИЦКИЙ^{1*}, А. Б. УСТЕНКО^{2*}

^{1*} Каф. «Электронные вычислительные машины», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепр, Украина, тел. +38 (056) 373-15-89, ел. почта ivzhukl@ua.fm, ORCID 0000-0002-3491-5976

^{2*} Каф. «Электронные вычислительные машины», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепр, Украина, тел. +38 (056) 373-15-89, ел. почта ivzhukl@ua.fm, ORCID 0000-0002-8677-4781

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ХОДОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТЦЕПОВ

Цель. Повышение точности определения ходового сопротивления отцепов является важным условием эффективности работы автоматизированных сортировочных горок. В настоящей статье рассматриваются возможности такого усовершенствования на базе методов теории статистических решений. **Методика.** В соответствие с методом статистических решений идентификация параметров объекта может выполняться по результатам совместного использования оценок, основанных на измерениях и на априорно известных статистических данных. На автоматизированных горках определение ходового сопротивления отцепов реализуется на основании измерения на контрольном участке. В то же время по результатам исследований известны средние значения ходового сопротивления отцепов, в частности, с учетом их весовой категории. Задача состоит в нахождении оптимального по заданному критерию соотношения для сопоставления этих двух оценок. **Результаты.** Получено оптимальное по критерию минимума вероятности ошибки расчетное соотношение (решающая функция) для определения ходового сопротивления отцепов на основе сопоставления его оценки по результатам измерения и среднего значения ходового сопротивления для отцепов данной весовой категории. При этом формула использует параметры точности определения ходового сопротивления обоими способами. На основании выполненных расчетов показана эффективность предложенного решения. **Научная новизна.** Обосновано применение метода статистических решений к задаче идентификации ходовых свойств отцепов и определена оптимальная по критерию минимума вероятности ошибок решающая функция для оценивания ходового сопротивления. **Практическая значимость.** Предложенное решение позволяет существенно повысить точность идентификации ходового сопротивления отцепов без дополнительных затрат. Это является важной предпосылкой повышения эффективности автоматизированных сортировочных горок.

Ключевые слова: ходовое сопротивление; отцеп; сортировочная горка; решающая функция; оптимальная оценка

Постановка задачи

В ряде автоматизированных систем управления на промышленном и магистральном железнодорожном транспорте необходимо как можно точнее прогнозировать движение групп вагонов (отцепов) при их свободном скатывании. Это движение описывается известным нелинейным дифференциальным уравнением

$$m \frac{d^2 S}{dt^2} = \sum_j F_j, \quad (1)$$

где m – масса отцепа; S – пройденный путь; $\sum_j F_j$ – сумма сил, действующих на отцеп.

В горочных расчётах принято использовать удельные силы, т.е. силы, приходящиеся на 1000 единиц веса отцепа. Одной из таких сил является основное удельное сопротивление

скатыванию отцепа W , называемое также основным ходовым сопротивлением (его физическая природа определяется в основном трением в подшипниках осей вагонов).

Существует ряд методов получения оценок величины W . Наибольшее распространение получили:

1) *Косвенный метод*, при котором ходовое сопротивление отцепа оценивается по его среднему значению m_w с учетом его весовой категории (нагрузки на ось). Определить последнюю можно как по документам, сопровождающим отцеп, так и по результатам измерения весовой категории на специальном измерительном устройстве. Значение m_w для отцепов разных типов и различных весовых категорий с учетом температуры среды установлены на основе многочисленных опытов [1].

Так как к измерителю весовой категории (весомеру) применяются обычно невысокие требования по точности измерения нагрузки на ось (5-6 градаций), сложность и стоимость такого измерителя невысока. Однако оценки ходового сопротивления отцепов, полученные с использованием этого метода, отличаются невысокой точностью (коэффициент вариации достигает нескольких десятков процентов).

2) *Использование измерительных участков.* В автоматизированных системах управления принят способ определения на основе измерения ускорения отцепов на специальных измерительных участках, которые в зависимости от принятой технической структуры располагают на спускной части горки или перед парковыми тормозными позициями. Наибольшее распространение получил так называемый «трехточечный метод» измерения ходового сопротивления отцепов. При использовании этого метода на прямолинейном участке с постоянным уклоном устанавливаются три точечных путевых датчика на одинаковом расстоянии l друг от друга. Фиксируя моменты наезда переднего колеса отцепов на эти датчики, определяют времена t_1 и t_2 прохождения отцепом расстояния между первым-вторым и вторым-третьим датчиками соответственно. Используя несложные выводы можно получить формулу вычисления измеряемого значения ходового сопротивления отцепов:

$$W = i - 2l \frac{t_1 - t_2}{g' t_1 t_2 (t_1 + t_2)} 10^3, \quad (2)$$

В работе [2] метод распространен на общий случай участков с разными расстояниями между первым-вторым и вторым-третьим датчиками и разными уклонами

$$W = 2 \frac{(l_1 t_2 - l_2 t_1) 10^3}{g' t_1 t_2 (t_1 + t_2)} + \frac{i_1 t_1 + i_2 t_2}{t_1 + t_2}, \quad (3)$$

В этой же работе показано, как при идентификации по такому способу дополнительно учесть сопротивление от воздушной среды.

Необходимо отметить, что в силу изменения динамики движения отцепов их ходовое сопротивление на различных участках горки может также отличаться от его величины на участках измерения, что требует использования дополнительных элементов прогнозирования. Таким образом, погрешности оценивания оценки величины W по результатам ряда измерений неизбежно включают также ошибки прогнозирования.

Теоретические исследования [3] и натурные испытания [1, 4] показывают, что погрешности определения описанным способом величины W также оказываются весьма значительными.

В большинстве работ, посвященных этому вопросу, рассматриваются возможности повышения точности оценки W либо за счет совершенствования технических средств измерения ускорения отцепов, либо путем изменения технической структуры системы в совокупности с использованием оригинальных алгоритмов обработки результатов измерений и их применения при управлении для управления скоростью движения отцепов [5, 6, 7].

Вместе с тем, очевидно, что определенный резерв повышения точности оценки величины W представляет априорная информация о среднем значении m_w основного сопротивления движению отцепов данной весовой категории. Задача состоит в выборе соотношения, в соответствии с которым можно получить наиболее достоверную оценку основного сопротивления движению отцепов W , используя как значение m_w , так и величину $W_{изм}$, определенную на основе измерений. Задачи такого типа рассматриваются в теории статистических решений [8].

Согласно принятой в [8] терминологии, зависимость вида $W^* = F(W)$ называется решающей функцией. Понимая под достоверной оценкой наиболее вероятное значение W , придем к критерию оптимальности решающей функции, называемому критерием максимума апостериорной вероятности, который формально может быть записан в виде выражения

$$W^* \rightarrow \max \{ f(W / W_{изм}) \}. \quad (4)$$

Согласно [8] плотность апостериорной вероятности $f(W / W_{изм})$ может быть выражена формулой:

$$f(W / W_{изм}) = \frac{\varphi(W) \phi(W_{изм} / W)}{\psi(W_{изм})} \quad (5)$$

через априорные плотности вероятности фактического и оценочного значений основного сопротивления движению (соответственно $\varphi(W)$ и $\psi(W)$), а также плотность вероятности $\phi(W_{изм} / W)$ – функцию правдоподобия.

Как уже указывалось, характеристики функции $\varphi(W)$ (математическое ожидание m_w и среднеквадратичное отклонение σ_w) установлены для отцепов различных весовых категорий экспериментально. Характеристики распределений $\psi(W_{изм})$ и $\phi(W_{изм} / W)$ могут быть установлены, если известны параметры плотности

вероятности $f(\Delta W)$ оценки $W_{\text{изм}}$. При этих условиях задача сводится к отысканию на основе (5) функции $W^* = F(W)$, удовлетворяющей условию (4).

Нахождение оптимального решения

Рассмотрим случай, когда распределения $\phi(W)$ и $f(\Delta W)$ нормальны, причем $m_{\Delta W} = 0$, а значение $\sigma_{\Delta W}$ не зависит от W . Тогда плотности вероятности $\phi(W)$, $\psi(W_{\text{изм}})$ и $\phi(W_{\text{изм}}/W)$ могут быть заданы формулами

$$\phi(W) = \frac{1}{\sigma_W \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(m_W - W)^2}{2\sigma_W^2} \right\}, \quad (6)$$

$$\psi(W_{\text{изм}}) = \frac{1}{\sigma_{W_{\text{изм}}} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(m_{W_{\text{изм}}} - W_{\text{изм}})^2}{2\sigma_{W_{\text{изм}}}^2} \right\}, \quad (7)$$

$$\phi(W_{\text{изм}}/W) = \frac{1}{\sigma_{\Delta W} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(W_{\text{изм}} - W)^2}{2\sigma_{\Delta W}^2} \right\}, \quad (8)$$

где m_W и σ_W – соответственно математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение величины W отцепов данного типа; $m_{W_{\text{изм}}}$ и $\sigma_{W_{\text{изм}}}$ – соответственно математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение величины $W_{\text{изм}}$ отцепов данного типа, причем

$$m_{W_{\text{изм}}} = m_W; \quad (9)$$

$$\sigma_{W_{\text{изм}}} = \sqrt{\sigma_W^2 + \sigma_{\Delta W}^2}; \quad (10)$$

$\sigma_{\Delta W}$ – среднее квадратическое отклонение погрешности ΔW оценки $W_{\text{изм}}$.

Подставив формулы (6), (7), (8) в (5) и выполнив необходимые преобразования, получим:

$$f(W/W_{\text{изм}}) = \frac{1}{\frac{\sigma_W \sigma_{\Delta W}}{\sqrt{\sigma_W^2 + \sigma_{\Delta W}^2}} \sqrt{2\pi}} \times \exp \left\{ -\frac{\left(W - \frac{(\sigma_W^2 W_{\text{изм}} + \sigma_{\Delta W}^2 m_W)^2}{\sigma_W^2 + \sigma_{\Delta W}^2} \right)^2}{2 \frac{\sigma_W^2 \sigma_{\Delta W}^2}{\sigma_W^2 + \sigma_{\Delta W}^2}} \right\}. \quad (11)$$

Как видно, распределение $f(W/W_{\text{изм}})$ также нормальное с математическим ожиданием

$$M[f(W/W_{\text{изм}})] = \frac{\sigma_W^2 W_{\text{изм}} + \sigma_{\Delta W}^2 m_W}{\sigma_W^2 + \sigma_{\Delta W}^2} \quad (12)$$

и средним квадратическим отклонением

$$\sigma[f(W/W_{\text{изм}})] = \frac{\sigma_W \sigma_{\Delta W}}{\sqrt{\sigma_W^2 + \sigma_{\Delta W}^2}}. \quad (13)$$

Поскольку для нормального закона очевидно совпадение положения максимума функции и ее математического ожидания, оптимальную по критерию максимума апостериорной вероятности решающую функцию можно записать в виде

$$W^* = \gamma_W m_W + (1 - \gamma_W) W_{\text{изм}}, \quad (14)$$

где

$$\gamma_W = \frac{\sigma_{\Delta W}^2}{\sigma_W^2 + \sigma_{\Delta W}^2}. \quad (15)$$

Таким образом, если принять гипотезу о нормальности распределения W и ΔW , оптимальной будет оценка W^* , полученная усреднением значений, определенных по результатам измерения ($W_{\text{изм}}$) и на основе априорной информации (m_W) с учетом весовых коэффициентов. При этом значения весовых коэффициентов γ_W и $(1 - \gamma_W)$ зависят от соотношения σ_W и $\sigma_{\Delta W}$.

Отметим, что согласно данным [9] распределения $\phi(W)$ для разных типов отцепов имеют асимметрию и по очертанию весьма близки к гамма-распределению, поэтому для имитационного моделирования рекомендуется использовать именно такое распределение. Влияние на точность расчета оптимальной решающей функции отклонения гипотезы о гамма-распределении от принятой в данном исследовании гипотезы о нормальном распределении требует дополнительных исследований.

К сожалению, распределение $f(\Delta W)$ изучено значительно слабее. Практически в литературе отсутствуют данные о его характере. Гипотеза о нормальности этого распределения может основываться лишь на самых общих соображениях о том, что погрешность ΔW является следствием нескольких независимых случайных факторов. Оговоримся, что при более сложном, чем рассмотренное выше, задании функции $f(\Delta W)$, получение решающей функции может быть выполнено численно.

Что касается оценивания параметра $\sigma_{\Delta W}$, то оно может либо базироваться на предварительных исследованиях, выполняемых для данного варианта технической структуры автоматизации, либо непосредственно включаться в алгоритм управления при наличии измерения ходового сопротивления отцепов на сортировочных путях (как это предусматривается, например в [5]).

Оценка эффективности

Оценивая эффективность предложенного способа, отметим, прежде всего, что очевидно:

$$\sigma_{W/W_{\text{изм}}} = \frac{\sigma_W \sigma_{\Delta W}}{\sqrt{\sigma_W^2 + \sigma_{\Delta W}^2}} < \sigma_W \quad (16)$$

и

$$\sigma_{W/W_{\text{изм}}} < \sigma_{\Delta W} \cdot \quad (17)$$

Уменьшение величины при различных значениях показано на рис. 1.

Отметим, что формулы (14) и (15) могут быть использованы для повышения точности оценки идентификация не только ходового сопротивления отцепа, но и параметров объектов и регуляторов для которых априорно известны статистические оценки самого параметра и статистические оценки результатов измерения этого же параметра.

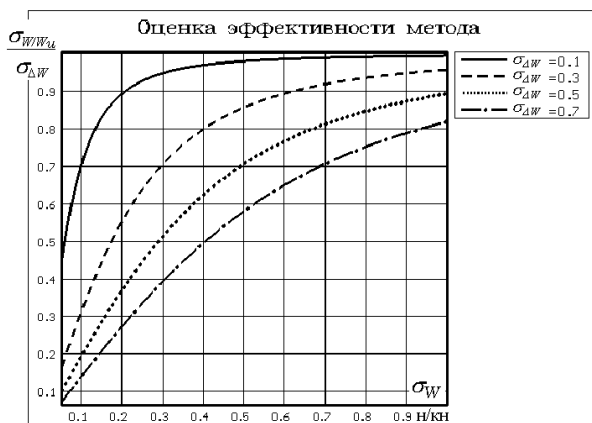


Рис. 1. Повышение точности оценки величины W при различных значениях ошибки измерения

Выводы

Показано, что точность оценки сопротивления скатывания отцепа может быть существенно повышена если для оценки параметра использовать априорную информацию о статистических функциях распределения самого параметра и ошибки его определения по результатам измерений.

Найдена аналитическая зависимость оптимальной (по критерию максимума апостериорной вероятности или минимума вероятности ошибки) оценки сопротивления скатывания отцепа от априорной информации m_W о статистических характеристиках этого параметра для отцепов разных весовых категорий и результата его определения на основе измерений $W_{\text{изм}}$. Показано, что если принять гипотезу о нормальности распределения W и ΔW , то оптимальной будет оценка W^* , полученная усреднением значений, определенных по результатам измерения ($W_{\text{изм}}$) и на основе априорной информации (m_W). При этом значения весовых коэффициентов, используемых при усреднении, зависят от соотношения σ_W и $\sigma_{\Delta W}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сопротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горок: Тр. ЦНИИ МПС / Под ред. Сотникова Е.А. М.: Транспорт, 1975. Вып. 545. 101 с.
2. Жуковицкий И.В. Методы идентификация ходового сопротивления отцепов на участках с переменным уклоном // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1999. – № 3.
3. Павловский А.И. О погрешностях оценки ходовых свойств отцепов на измерительном участке. // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях. Сб. научн. тр. ДИИТа – Вып. 216/14. – Днепропетровск. – 1981.
4. Павловский А.И. Определение расчетных параметров сопротивления движению вагонов при скатывании с сортировочной горки / А.И. Павловский, Л.Б. Тишков, В.П. Шейкин // Развитие и механизация сортировочных устройств. – М: ВНИИ ж.д. трансп. – 1993. – С.79–88.
5. Ершов А.Ф., Михайлов О.А. Способ определения сопротивления движению отцепов на сортировочной горке. Патент РФ 2028238.
6. Экснер Йенс, Йобст Вильфрид, Хустер Марио. Способ определения ходовых свойств отцепов. Патент RU 2573149.
7. Козаченко, Д. Н. Исследование прицельного регулирования скорости скатывания отцепов в условиях неопределенности информации об их ходовых свойствах: [препринт] / Д. Н. Козаченко, Р. Г. Коробьева, О. И. Таранец // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 6/2 (42). – С. 45–50.
8. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. – М: Наука, 1966. – 624 с.
9. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207 – 89. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.

Поступила в редколлегию 25.06.2020
Принята к публикации 29.06.2020

І. В. ЖУКОВИЦЬКИЙ, А. Б. УСТЕНКО

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ СТАТИСТИЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІІ ХОДОВОГО ОПОРУ ВІДЧЕПІВ

Мета. Підвищення точності визначення ходового опору відчепів є важливою умовою ефективності роботи автоматизованих сортувальних гірок. В цій статті розглядаються можливості такого удосконалення на базі методів теорії статистичних рішень. **Методика.** У відповідність до методу статистичних рішень ідентифікація параметрів об'єкта може виконуватись за результатами спільного використання оцінок, що базуються на вимірах і на апіорно відомих статистичних даних. На автоматизованих гірках визначення ходового опору відчепів реалізується на підставі вимірювання на контрольній ділянці. У той же час за результатами досліджень відомі середні значення ходового опору відчепів, зокрема, з урахуванням їх вагової категорії. Завдання полягає в знаходженні оптимального по заданому критерію співвідношення для зіставлення цих двох оцінок. **Результати.** Отримано оптимальне за критерієм мінімуму ймовірності помилки розрахункове співвідношення (вирішальна функція) для визначення ходового опору відчепів на основі зіставлення його оцінки за результатами вимірювання та середнього значення ходового опору для відчепів даної вагової категорії. При цьому формула використовує параметри точності визначення ходового опору обома способами. На підставі виконаних розрахунків показана ефективність запропонованого рішення. **Наукова новизна.** Обґрунтовано застосування методу статистичних рішень до задачі ідентифікації ходових якостей відчепів і визначена оптимальна за критерієм мінімуму ймовірності помилок вирішальна функція для оцінювання ходового опору. **Практична значимість.** Запропоноване рішення дозволяє істотно підвищити точність ідентифікації ходового опору відчепів без додаткових витрат. Це є важливою передумовою підвищення ефективності автоматизованих сортувальних гірок.

Ключові слова: ходовий опір; відчеп; сортувальна гірка; вирішальна функція; оптимальна оцінка

I. V. ZHUKOVYTS'KYY, A. B. USTENKO

USING THE METHOD OF STATISTICAL SOLUTIONS TO INCREASE THE ACCURACY OF CUTS' RUNNING RESISTANCE IDENTIFICATION

Purpose. Improving the accuracy of determining the running resistance of cutters is an important condition for the efficiency of automated sorting slides. This article discusses the possibilities of such an improvement based on methods of the theory of statistical solutions. **Methodology.** In accordance with the method of statistical decisions, the identification of object parameters can be performed according to the results of sharing estimates based on measurements and on a priori known statistical data. On automated slides, the determination of the running resistance of the cutters is implemented on the basis of measurements at the control site. At the same time, the average values of the running resistance of cutters are known from the research results, in particular, taking into account their weight category. The task is to find the optimal ratio for the given criterion to compare these two estimates. **Results.** An optimal ratio (decisive function) was obtained by the criterion of the minimum probability of error for determining the running resistance of the cutters based on a comparison of its assessment from the measurement results and the average value of running resistance for the cutters of this weight category. In this case, the formula uses the accuracy parameters for determining the running resistance in both ways. Based on the calculations performed, the effectiveness of the proposed solution is shown. **Originality.** The application of the method of statistical solutions to the problem of identifying the running properties of cutters is substantiated, and the decisive function, optimal by the criterion of the minimum probability of errors, is determined for estimating the running resistance. **Practical value.** The proposed solution can significantly improve the accuracy of identification of the running resistance of the cutters without additional costs. This is an important prerequisite for increasing the effectiveness of automated sorting slides.

Keywords: running resistance; cut of cars; grave hump; decisive function; optimal estimate

УДК 656.135.8

О. О. ЖИЛІНКОВ^{1*}

^{1*} Каф. «Транспортні технології підприємств», Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, 87555, Маріуполь, Україна, тел. +38 (0629) 44 65 63, ел. пошта aa.zhilinkov@gmail.com, ORCID 0000-0002-3252-8577

ДО ПИТАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО АВТОТРАНСПОРТУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті розглянуто актуальні питання систематизації і класифікації спеціалізованих автотранспортних засобів для транспортного обслуговування металургійних підприємств які підлягають реконструкції за сучасними вимогами, а також для міні-заводів. **Метою** статті є рішення питань з класифікації спеціалізованого автотранспорту для транспортного обслуговування металургійних підприємств. Для досягнення поставленої мети треба вирішити наступні завдання: проаналізувати типаж, конструктивні особливості і експлуатаційно-технічні параметри спеціалізованих автотранспортних засобів різних моделей, систематизувати отриману інформацію і визначити основні класифікаційні ознаки. **Методика.** В ході дослідження застосовано методи наукового пошуку, інтелектуального і статистичного аналізу даних, теорії класифікацій. **Результати.** В основу розробки класифікації прийняті наступні класифікаційні ознаки: вид вантажу, призначення, тип кузова (вантажної платформи), склад спеціалізованих автотранспортних засобів, конструктивні особливості несучих систем, наявність і вид спеціального обладнання, вантажопідйомність, повна маса або інші масові параметри, колісна формула, кількість осей, спосіб зміни напрямку руху, габаритні розміри машин. Відповідно до вище перерахованих ознак визначено класифікаційні параметри. До **наукової новизни** слід віднести те, що вперше запропоновано класифікацію спеціалізованих автотранспортних засобів для транспортного обслуговування металургійних підприємств. В основу рішення наукової задачі прийнята оптимізаційна модель знаходження такого показника функціонування парку спеціалізованих автотранспортних засобів, у якого критерієм ефективності є мінімум витрат. Виконано початковий етап дослідження з визначення раціональних сфер застосування спеціалізованих автотранспортних засобів на металургійних підприємствах, які підлягають реконструкції за сучасними вимогами. **Практична значимість** полягає в тому, що детальна класифікація в ув'язці з умовами експлуатації дозволяє визначати раціональні сфери застосування спеціалізованих автотранспортних засобів і істотно знизити транспортні витрати.

Ключові слова: спеціалізовані автотранспортні засоби; металургійне підприємство; транспортне обслуговування; класифікація

Вступ

Одним з видів промислового транспорту підприємств є автомобільний транспорт, який експлуатується на підприємствах різного призначення, а також в межах промислових вузлів. На металургійних підприємствах України частка загального обсягу перевезень, який припадає на автомобільний транспорт, складає 2-3%, в рідких випадках до 5-15%. Основний обсяг перевезень виконує залізничний транспорт (до 90%), остання частка перевезень припадає на спеціальні безперервні види транспорту. Найчастіше це конвеєрний транспорт, який застосовується для транспортування насипних вантажів.

На металургійних підприємствах за допомогою автомобільного транспорту здійснюються внутрішньозаводські і зовнішні (магістральні) перевезення вантажів різних типів (насипних, навалювальних, штучних і тарно-штучних).

Внутрішньозаводські за призначенням під-розділяються на допоміжні і технологічні, а за місцем транспортування – на міжмайданчикові та міжцехові. Крім того, вантажопотоки розрізняють за прибуттям і відправленням.

Технологічні перевезення включають транспортування звичайних, гарячих (100...300°C) і розплавлених вантажів (до 900°C).

Зовнішні перевезення призначені для доставки сировини і різних допоміжних вантажів, а також для вивозу готової металопродукції.

Найбільший загальний обсяг вантажопотоків автотранспорту вітчизняних металургійних підприємств - це внутрішньозаводські допоміжні перевезення однойменних вантажів, напівфабрикатів, обладнання, різних матеріалів і багатьох інших. Дані перевезення здійснюються між цехами, майданчиками та зі складських господарств. Відмінною рисою цих є те, що ці

перевезення не прив'язані до технологічного регламенту роботи виробничих агрегатів безпосередньо (рис. 1).

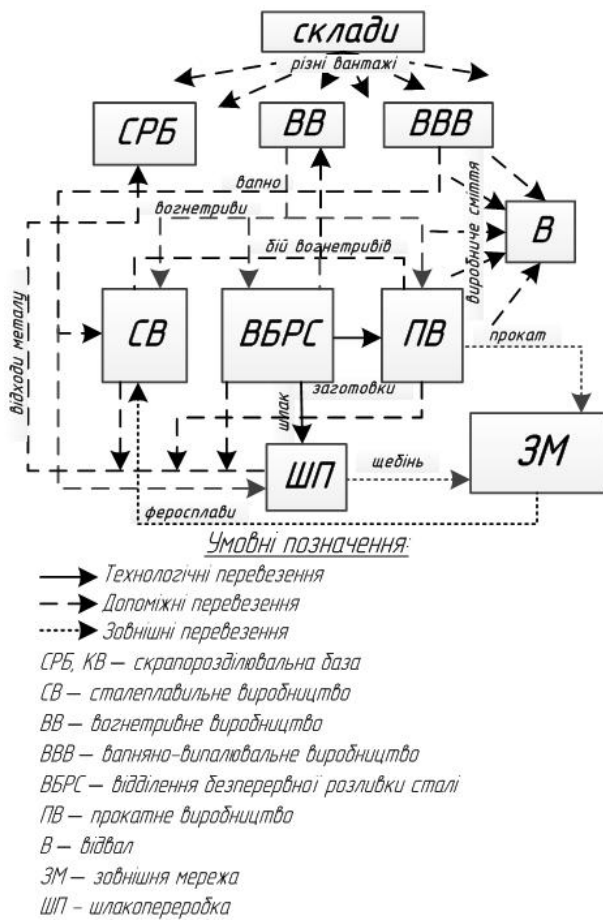


Рис. 1. Схема автотранспортних перевезень вітчизняних металургійних підприємств

Технологічні перевезення на металургійних заводах України автотранспорт виконує вкрай обмежено. Відомими випадками є транспортування гарячого шлаку і гарячих злитків (передільних заготовок) зі сталеплавильних цехів до шлакопереробних і прокатних виробництв відповідно [1-4].

У транспортному обслуговуванні сучасних металургійних заводів (особливо міні-заводів) зарубіжних країн спеціалізований автотранспорт застосовується дуже широко і виконує основний обсяг перевезень технологічних вантажів (рідкий шлак, розплавлена сталь, прокатні заготовки, скрап, рулони, штрипси та ін.), а також він застосовується практично на всіх допоміжних перевезеннях (рис. 2) [5-7].

Постановка проблеми

Для потреб металургійних підприємств випускаються спеціалізовані автотранспортні засоби (САТЗ) різного призначення (шлаковози, сталевози, злитковози, скраповози, рулоновози,

транспортери, транспортувальники і ін.). Вони мають різні габаритно-вагові параметри і конструктивні особливості в залежності від типу виробництва, технологічного регламенту роботи металургійних агрегатів і умов експлуатації.

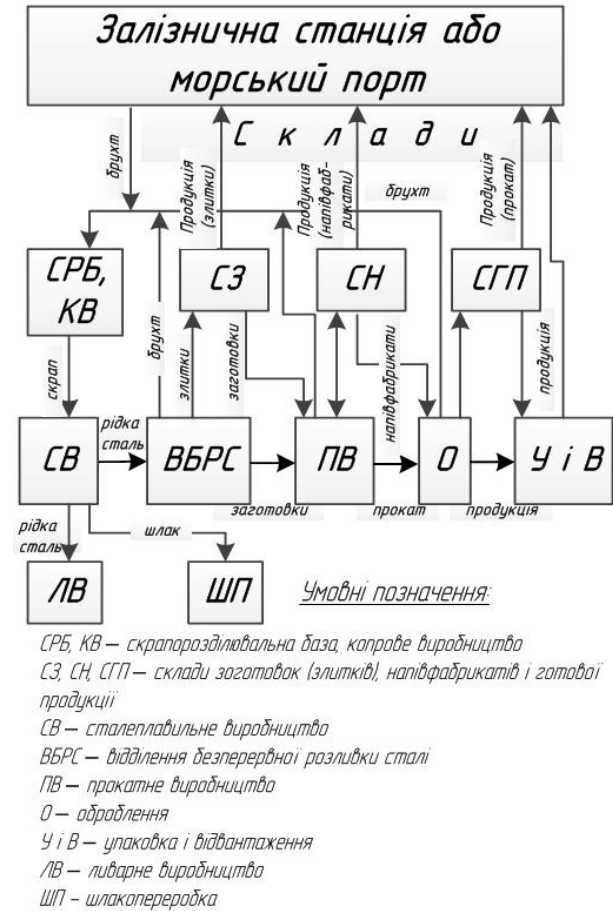


Рис. 2. Схема найбільш розповсюджених технологічних автотранспортних перевезень зарубіжних металургійних підприємств

Рухомий склад автотранспорту металургійних підприємств характеризується різними типами, призначенням, конструктивними особливостями та експлуатаційними параметрами. На допоміжних і зовнішніх перевезеннях застосовуються автомобілі і автопоїзди загального призначення (бортові автомобілі, причеми, напівпричеми), а також спеціалізовані (автосамоскиди, платформи, фургони, цистерни). Цей рухомий склад має технічні параметри, які відповідають магістральному автотранспорту.

Найбільшими підприємствами-виробниками САТЗ для металургійної галузі зарубіжних країн є такі підприємства як: «KAMAG» (Німеччина), «TCM'S PRODUCTS» (Китай), «CARRIE» (КИТАЙ), «KRANUNION» (Німеччина), «SCHEUERLE» (Німеччина), «SANJIANG» (Китай), «HAIPENG» (Китай), «KRESS» (США), «KIROW» (Німеччина) і ін.

Самоскидну техніку (вантажопідйомністю до 30 т) для роботи в умовах металургійних підприємств випускають «VOLVO» (Швеція), «TEREX» (США), «CATERPILLAR» (США), «KOMATSU» (Японія), «HITACHI» (Японія), «ASTRA» (Італія), «BELL» (США), «JOHN DEERE» (США), «FIORI» (Італія), «LIEBHERR» (Швейцарія), «DOOSAN MOXI» (Норвегія) і ін.

CAT3 випускаються серійно і під замовлення. Рухомий склад характеризується широким типорозмірним рядом, комплектацією, виробничим виконанням, кількома варіантами шасі, платформ, ходової частини, двигунів, кузовів, трансмісії, спеціального обладнання, бази, підвіски, а також інших систем. Типаж і характеристика спеціалізованого рухомого складу зарубіжних країн вельми різноманітні.

Застосування спеціалізованого автотранспорту на сучасних зарубіжних металургійних підприємствах характеризується високою ефективністю перевезень. Тобто автотранспортні внутрішньозаводські перевезення більш економічні в порівнянні із залізничним транспортом. Це обумовлено декількома причинами, а саме: видом металургійного (промислового) підприємства, напрямком руху матеріального потоку, особливостями і технологією виробництва, генеральним планом підприємства, розмірами і конфігурацією промислового майданчика.

Важливою рисою системи автотранспортних перевезень зарубіжних металургійних підприємств є те, що конструктивні і експлуатаційні параметри рухомого складу практично повністю відповідають вимогам умов перевезень. В табл. 1 наведені діапазони значень окремих техніко-експлуатаційних і техніко-економічних показників (ТЕП) зарубіжних CAT3 в порівнянні з автотранспортом, що обслуговує вітчизняні металургійні підприємства.

Як показують дані табл. 1 робота автотранспорту при транспортному обслуговуванні зарубіжних металургійних підприємств характеризується значно більшими величинами ТЕП.

Перехід до більш прогресивних і сучасних технологій металургійного виробництва обов'язково потребує модернізації виробничих потужностей і реконструкції всього підприємства. Це, в свою чергу, вимагає докорінних змін у транспортних системах вітчизняних підприємств. В нових удосконалених транспортних системах автомобільному транспорту відводиться домінуюча роль. В цей же час для автотранспорту, зокрема CAT3, вкрай необхідно визначити сфери його найбільш раціонального

застосування. Це безпосередньо пов'язано з аналізом і систематизацією даних про експлуатаційно-технічну складову CAT3. Тому вирішення питань систематизації і класифікації CAT3 є актуальною проблемою.

Таблиця 1

Аналіз ТЕП роботи CAT3

Найменування показника	Значення для металургійних підприємств:	
	України	Зарубіжних
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,25-0,84	0,85-0,98
Коефіцієнт завантаження	0,6-0,95	0,8-0,99
Коефіцієнт використання пробігу	0,4-0,5	0,5-1,0
Ступінь уніфікації автотранспорту	0,2-0,4	0,8-1,0
Коефіцієнт використання робочого часу	0,7-0,9	0,9-1,0

Аналіз останніх досліджень

В багатьох літературних джерелах все, що стосується автомобільного транспорту достатньо детально систематизовано. В багаточисельних посібниках, підручниках, довідниках, монографіях приводиться загальна будова, система позначень і класифікація автотранспортних засобів за різними ознаками. Основними класифікаційними ознаками вантажного автомобільного транспорту є призначення, повна маса, навантаження на вісь, кількість осей, тип силової установки, колісна формула, тип кузова (платформи), наявність спеціального обладнання та ін.

Досить широко в технічній літературі висвітлені питання будови, систематизації і класифікації CAT3, призначених для експлуатації по дорогах загальної мережі, тобто магістрального автомобільного транспорту [8-15].

Окремі питання стосовно будови і конструктивних особливостей CAT3 для металургії наведені на офіціальних сайтах заводів-виробників таких машин.

Питання класифікації, систематизації і раціонального застосування в літературі відсутні і не розглядалися.

Мета статті

Метою цієї статті є рішення питань з класифікації спеціалізованого автотранспорту для транспортного обслуговування металургійних підприємств.

Для досягнення поставленої мети треба проаналізувати типаж, конструктивні особливості і експлуатаційно-технічні параметри САТЗ різних моделей, систематизувати отриману інформацію і визначити основні класифікаційні ознаки.

Виклад основного матеріалу

Коротка характеристика найбільш розповсюджених САТЗ наведена нижче.

Автомобілі для перевезення рідкого шлаку (автошлаковози). Автошлаковози мають несучу раму сходового типу, U-подібну раму або шарнірно-зчленовану раму. Вони обладнані спеціальним пристроєм для зняття, установки і перекидання ковша (чаші) з розплавленим шлаком. Вантажопідйомність таких машин 40...120 т, об'єм чаші – 6...35 м³. Швидкість транспортування – 5...20 км/год. (рис. 3, а)

Автомобілі для перевезення прокатних заготовок. Даний рухомий склад має різні конструктивні схеми, які залежать від форми заготовок (сляби, блюми і ін.), особливостей виробництва, дальності транспортування і температурного режиму. Сталеві злитки транспортують порталними автомобілями вантажопідйомністю 50-250 т, автомобілями з шарнірно-зчленованою рамою, U-подібною рамою і багатоцільовими транспортерами (рис. 3, б).

Автомобілі для транспортування рідкої (розплавленої) сталі (сталевози). Сталевози – це багатоцільові (багатофункціональні) транспортери і транспортувальники, які працюють з піддонами або зі знімними надбудовами і мають гідравлічний підйомний привід. Вантажопідйомність таких машин від 40 до 500 т. Застосовуються також автомобілі-транспортери з двома кабінами (рис. 3, в) і порталні автомобілі.

Автомобілі для транспортування скрапу, брухту, відходів металу і інших навалювальних вантажів (скраповози, брухтовози). Скрап і металобрухт на сучасних металургійних заводах транспортують спеціалізованими автомобілями з самоскидними платформами. Платформа може бути знімною і виконувати роль надбудови. Скрап перевозиться також в кошиках (баддях), використовуючи надбудову або порталними автомобілями (транспортувальники кошиків, баддевози). Вантажопідйомність скраповозів і брухтовозів знаходиться в діапазоні 40-500 т і більше (рис. 3, г).

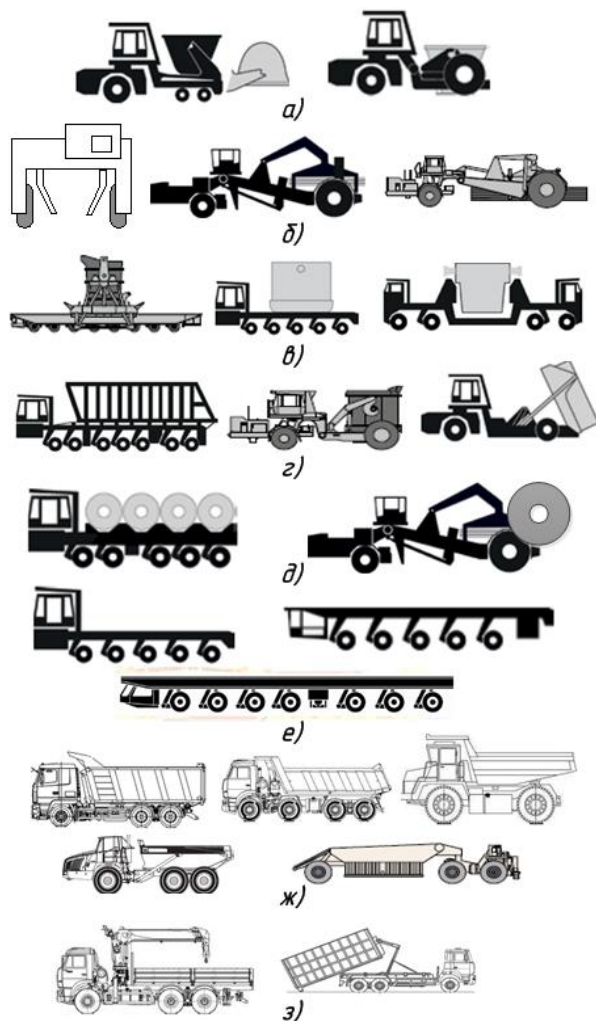


Рис. 3. САТЗ для транспортного обслуговування металургійних підприємств:

- а – шлаковози; б – слябовози; в – сталевози;
- г – скраповози; д – рулоновози; е – багатоцільові (багатофункціональні) транспортувальники;
- ж – самоскиди; з – самонавантажувачі

Автомобілі для перевезення сталевих рулонів і штрипсів (рулоновози). Для зазначених перевезень використовують багатоцільові транспортувальники з відповідними надбудовами, що мають ложементи, або рулоновозами з заднім пристроєм-захватом. Вантажопідйомність цих машин 30-120 т (рис. 3, д).

Багатоцільові (багатофункціональні) транспортувальники і транспортери з різними системами надбудов і піддонів. Багатоцільові (багатофункціональні) транспортери характеризуються універсальністю завдяки наявності додаткового обладнання - системі знімних надбудов з гідравлічним або пневматичним приводом (рис. 3, д). Такі машини можуть перевозити різні вантажі: сталь у ковшах, скрап та відходи металу в кошиках (баддях), сталеві заготовки різної маси і розмірів, сталеві рулони, штрипси, різноманітні контейнери, причепи, ємності з

насипними вантажами, важковагове негабаритне і габаритне обладнання (рис. 4). Система знімних надбудов дозволяє повністю виключити з технологічного процесу будь-які навантажувальні або розвантажувальні засоби. Багатоцільові транспортувальники мають різну конструкцію і будову (розміщення кабін, шасі, підйомне обладнання, керування, трансмісію і ін.). Кількість осей у подібних машин може бути від 2 до 16 і більше.

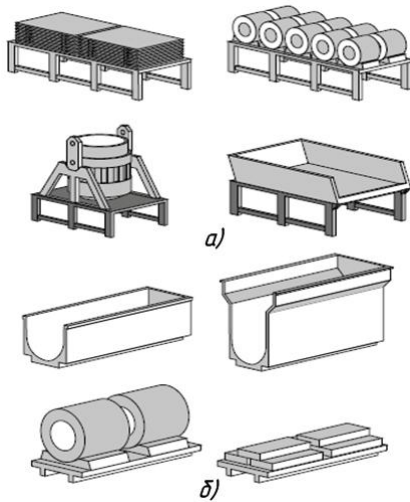


Рис. 4. Спеціальне обладнання для забезпечення автотеперевезень:
а – надбудови; б – піддони

Автосамоскиди. Самоскиди на металургійних підприємствах застосовуються вельми широко для транспортування різних насипних і навалювальних вантажів. Вантажопідйомність одиночних автомобілів-самоскидів складає 5...25 т, самоскидних автомобільних поїздів – до 30 т. Вантажопідйомність позашляхових автосамоскидів складає 30 т і більше. Об'єм кузова 5...20 м³ і більше (рис. 3, ж).

Автомобілі-самонавантажувачі. Такі САТЗ здатні транспортувати різні вантажі (штучні, тарно-штучні, навалювальні, насипні) і обладнані спеціальними пристроями для самостійного виконання вантажних робіт. В якості подібного обладнання застосовується система «Multilift», крано-маніпуляторні установки (КМУ), система знімних надбудов «BDF-Pneumatik» і ін. (рис. 3, з) Основні переваги цих СЗАП – здатність виконувати вантажні роботи самостійно, а також доставка вантажів безпосередньо до місця призначення. Самонавантажувачі мають різну вантажопідйомність машини (10...25 т) і КМУ (3...20 т). Самонавантажувачі характеризуються як універсальний рухомий

склад, тому що спеціальне обладнання, яке наведено вище, дозволяє пристосуватися до перевезень багатьох вантажів.

Проведеним аналізом встановлено, що САТЗ для транспортного обслуговування металургійних підприємств можна систематизувати і класифікувати за наступними ознаками:

- за видом вантажу;
- за призначенням;
- за типом кузова (вантажної платформи);
- за складом САТЗ;
- за конструктивними особливостями несучих систем;
- за наявністю і видом спеціального обладнання;
- за вантажопідйомністю, за повною масою або іншими масовими параметрами;
- за колісною формулою;
- за кількістю осей;
- за способом зміни напрямку руху;
- за габаритними розмірами машини.

Дані класифікаційні ознаки пов'язані з експлуатаційними і конструктивними параметрами, які суттєво впливають на ефективність застосування САТЗ.

У табл. 2 наведена більш розширена запропонована класифікація САТЗ для металургійної галузі.

Аналіз показав, що для раціонального застосування САТЗ класифікаційні ознаки повинні задовольняти потребам технології транспортування, а класифікаційні параметри – конкретним умовам перевезень.

Тому в основу рішення наукової задачі прийнята оптимізаційна модель знаходження такого показника функціонування парку САТЗ, у якого критерієм ефективності є мінімум витрат Z , що включають експлуатаційні витрати $C_{ЕК}$ і витрати на перевезення $C_{ПЕР}$. Цільова функція дослідження приймає наступний вигляд

$$Z = \varphi [C_{ЕК}; C_{ПЕР} (P_{ij} (K_{ij}))] \rightarrow \min, \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\begin{cases} P_{ij} \rightarrow \max \\ K_{ij} \in \{U_{ij}\} \end{cases}, \quad (2)$$

де P_{ij} – значення техніко-експлуатаційного показника i -го виду j -ї ознаки;

K_{ij} – класифікаційний параметр i -го виду j -ї ознаки;

U_{ij} – значення параметру умов експлуатації i -го виду j -ї ознаки.

Класифікація САТЗ для транспортного обслуговування металургійних підприємств

№ з/п	Класифікаційні	
	ознаки	параметри
1	За видом вантажу	Шлаковози, сталевози, злитковози, рулоновози, листовози, скраповози, бруктовози, шламовози, баддєвози і ін.
2	За призначенням	Транспортувальники: піддонів, ківшів, кошиків, надбудов, штучних вантажів, контейнерів, багатоцільові, багатофункціональні, самоскиди (будівельні, кар'єрні, на базі транспортувальників)
3	За типом кузова (вантажної платформи)	Незнімний, самоскидний, знімний, кузов-надбудова, кузов-контейнер, кузов-піддон
4	За складом САТЗ	Поодинокий, з причепом, з напівприцепом, з причепом і напівприцепом, з декількома причепами
5	За конструктивними особливостями несучих систем	Лонжеронна, хребтова, сходова, низька, U-подібна, Г-подібна, шарнірно-зчленована рама, портална конструкція
6	За наявністю і видом спеціального обладнання	«Multilift», КМУ, «BDF-Pneumatik», вантажопідйомний борт, телескопічна гідросистема, гідропідйомник і ін.
7	За вантажопідйомністю	Мала (до 20 т), середня (20-40 т), велика (40-100 т), особливо велика (понад 100 т)
8	За колісною формулою	4x2, 4x4, 6x2, 6x4, 6x6, 8x4, 8x8, 10x10 і ін.
9	За кількістю осей	2, 3, 4, 5, 6, 8-х, 10, 14, 16-ти вісні і більше
10	За способом зміни напрямку руху	Поворотом: 2-х, 4-х передніх або всіх коліс, кабіни відносно кузова
11	За габаритними розмірами САТЗ	Габаритний, негабаритний

Вираз (1) показує взаємозв'язок між класифікаційними параметрами, умовами експлуатації і показниками роботи САТЗ.

Висновки

1. Номенклатура типу САТЗ зарубіжних металургійних підприємств вельми різноманітна. Вона характеризується широкою гамою експлуатаційних і конструктивних параметрів

2. САТЗ дуже ефективно застосовується для транспортного обслуговування підприємств з різною кількістю металургійних переділів, особливо міні-заводів. Показники роботи САТЗ мають високі значення завдяки тому, що конструктивні параметри машин строго відповідають умовам перевезень і вимогам промислового виробництва.

3. Запропоновано основні класифікаційні ознаки, виконано систематизацію і розроблено класифікацію САТЗ для металургійної промисловості.

4. Виконано початковий етап дослідження з визначення раціональних сфер застосування САТЗ на металургійних підприємствах, які підлягають реконструкції за сучасними вимогами.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Лебедев, Г. Е. Автослябовоз на металургійному заводі [Текст] / Г. Е. Лебедев, В. А. Мироненко, А.Ф. Примаков // Промышленный транспорт. – 1978. –

№ 9. – С. 16-17.

2. Технические средства транспорта в металлургии [Текст] / А. С. Хоружий, В. И. Тиверовский, Г. Д. Заберин и др. - М.: Металлургия, 1980. – 336 с.

3. Генеральный план и транспорт промышленных предприятий [Текст]: Учеб. для ВУЗов. / В. М. Акулиничев, А. С. Гельман, В. И. Тиверовский и др. - М.: Стройиздат, 1990. – 303 с.

4. Парунакян, В. Э. Транспорт в производственном процессе предприятий [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / В. Э. Парунакян, А. В. Маслак, Е. И. Сизова. – Мариуполь, издательство «Рената». 2011. – 170 с.

5. Рытов, Ю. И. Современные решения генеральных планов и транспорта металлургических заводов [Текст] / Ю. И. Рытов. – М.: Металлургиздат, 2007. – 210 с.

6. Состав основных металлургических заводов зарубежных стран [Текст]: Обзорн. информ. инстр. Черметинформация, – М.: 1980. – 112 с.

7. Жилінков, О. О. Проектирование транспортных систем промислових підприємств [Текст]: навч. посіб. / О. О. Жилінков. – Мариуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2018. – 288 с.

8. Высоцкий, М. С. Специализированный подвижной состав [Текст] / М. С. Высоцкий, А. И. Гришкевич. - Минск: Выш. шк., 1989. – 240 с.

9. Бурков, М. С. Специализированный подвижной состав автомобильного транспорта [Текст]: Учебник для студентов ВУЗов / М. С. Бурков. - 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Транспорт, 1979. – 296 с.

10. Гладов, Г. И. Специальные транспортные средства: Теория [Текст]: Учебник для вузов /

Г. И. Гладов, А. М. Петренко – М.: Академкнига, 2006. – 215 с.

11. Краткий автомобильный справочник. Том 2. Грузовые автомобили [Текст] / под ред. Б.В. Кисуленко. – М.: ИПЦ «Финпол», 2004, – 667 с.

12. Краткий автомобильный справочник. Специальные и специализированные автотранспортные средства в трех ч. Часть I: Фургоны, самосвалы, платформы тягачи специальные, прицепы-ропуски России и СНГ [Текст]: Справ. изд.: в 5 т. Т.4. / М. И. Грифф, И. А. Венгеров, В. С. Олитский и др. – М.: Автополис-плюс, 2004. – 448 с.

13. Чеботаев, А. А. Специализированные автотранспортные средства: выбор и эффективность применения [Текст] / А. А. Чеботаев. - М.: Транспорт, 1988. – 159 с.

14. Специализированный автомобильный подвижной состав: Справочник [Текст] / К. В. Рыбаков, В. Е. Бычков, И. Я. Шарнин и др. М.: Транспорт, 1982. – 175 с.

15. Современные грузовые автотранспортные средства. Справочник [Текст] / Пойченко В. В., Кондрашов П. В., Потемкин С. В. и др., — М.: агентство Доринформсервис, 2004. – 592 с.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Ракиш С. В. (Україна)

Надійшла до редколегії 22.04.2020

Прийнята до друку 11.05.2020

А. А. ЖИЛИНКОВ

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО АВТОТРАНСПОРТА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье рассмотрены актуальные вопросы систематизации и классификации специализированных автотранспортных средств для транспортного обслуживания металлургических предприятий подлежащих реконструкции по современным требованиям, а также для мини-заводов. **Целью** статьи является решение вопросов классификации специализированного автотранспорта для транспортного обслуживания металлургических предприятий. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать типаж, конструктивные особенности и эксплуатационно-технические параметры специализированных автотранспортных средств различных моделей, систематизировать полученную информацию и определить основные классификационные признаки. **Методика.** В ходе исследования применены методы научного поиска, интеллектуального и статистического анализа данных, теории классификаций. **Результаты.** В основу разработки классификации приняты следующие классификационные признаки: вид груза, назначение, тип кузова (грузовой платформы), состав специализированных автотранспортных средств, конструктивные особенности несущих систем, наличие и вид специального оборудования, грузоподъемность, полная масса или другие массовые параметры, колесная формула, количество осей, способ изменения направления движения, габаритные размеры машин. С учетом вышеперечисленных признаков определены классификационные параметры. **К научной новизне** следует отнести то, что впервые предложена классификация специализированных автотранспортных средств для технологических перевозок на металлургических предприятиях. В основу решения научной задачи принята оптимизационная модель нахождения такого показателя функционирования парка специализированных автотранспортных средств, у которого критерием эффективности является минимум затрат. Выполнен начальный этап исследования по определению рациональных сфер применения специализированных автотранспортных средств на металлургических предприятиях, подлежащих реконструкции по современным требованиям. **Практическая значимость** заключается в том, что детальная классификация в увязке с условиями эксплуатации позволяет определять рациональные сферы применения специализированных автотранспортных средств и существенно снизить транспортные расходы.

Ключевые слова: специализированные автотранспортные средства; металлургическое предприятие; транспортное обслуживание; классификация

O. ZHYLINKOV

TO THE QUESTION OF CLASSIFICATION OF SPECIALIZED MOTOR TRANSPORT FOR TRANSPORT SERVICE OF METALLURGICAL ENTERPRISES

The article discusses current issues of systematization and classification of specialized vehicles for transport services of metallurgical enterprises subject to reconstruction according to modern requirements and mini-factories. **The purpose** of the article is to solve the classification of specialized vehicles for transport services of metallurgical enterprises. To achieve this purpose, it is necessary to solve the following tasks: to analyze the type, design features and

operational and technical parameters of specialized vehicles of various models, systematize received information and determine the main classification features. **Methodology.** In the course of the research, methods of scientific search, intellectual and statistical data analysis, and classification theory were applied. **Findings.** The classification criteria are based on the following classification features: type of cargo, purpose, type of body (cargo platform), composition of specialized vehicles, design features of load-bearing systems, availability and type of special equipment, load capacity, gross weight or other mass parameters, wheel formula, quantity axes, a method of changing the direction of movement, the overall dimensions of the machines. Taking into account the above listed characteristics, classification parameters are determined. **The originality** should include the fact that the classification of specialized vehicles for technological transportation at metallurgical enterprises was first proposed. The basis for solving the scientific problem is an optimization model for finding such an indicator of the functioning of the fleet of specialized vehicles for which the criterion of efficiency is the minimum cost. The initial stage of the study was carried out to determine the rational areas of application of specialized vehicles at metallurgical enterprises that are subject to reconstruction according to modern requirements. **The practical value** lies in the fact that a detailed classification in conjunction with operating conditions allows us to determine the rational areas of application of specialized vehicles and significantly reduce transportation costs.

Keywords: specialized vehicles; metallurgical enterprise; transport services; classification

УДК 658.788:669.013

В. Е. ПАРУНАКЯН^{1*}, Г. В. МАСЛАК^{2*}

^{1*} Каф. «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «ПДТУ», вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Україна, 87555, тел. +38(067)2796460, ел. пошта kafttr@gmail.com, ORCID 0000-0003-2442-9605

^{2*} Каф. «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «ПДТУ», вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Україна, 87555, тел. +38(068)4359295, ел. пошта avmaslak81@gmail.com, ORCID 0000-0001-7256-5543

РОЗРОБКА МЕТОДУ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ МАТЕРІАЛОРУХУ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ВИРОБНИЦТВА І ТРАНСПОРТУ В МЕТАЛУРГІЙНИХ ПЕРЕДІЛАХ

Мета. На даному етапі функціонування металургійних підприємств найважливішим питанням стає створення дієвого механізму управління, що забезпечує на всіх ланках процесу матеріалоруку високу ефективність взаємодії виробництва і транспорту. Для вирішення проблеми необхідний перехід від управління залізничними перевезеннями до логістичного управління процесом матеріалоруку підприємств, яке забезпечує оптимізацію потокового процесу і скорочення загальної тривалості переробки вагонопотоків у ВТС. **Методика.** В процесі дослідження використані методи аналізу і синтезу для вивчення питання та основних наукових публікацій щодо стану та шляхів підвищення ефективності взаємодії виробництва і транспорту на металургійних підприємствах; методологія виробничого менеджменту для дослідження поточкових процесів фазової трансформації у виробничих переділах. **Результати.** В роботі встановлені характерні особливості процесу матеріалоруку розглянутих підприємств: поточність, поетапний рух предмета праці, його фазова трансформація (вагонопотік-вантажопотік-вагонопотік) при взаємодії виробництва і транспорту, а також наявність функціональних циклів, що забезпечують випуск продукції в заданому обсязі і у встановлені терміни, що дозволяє розглядати його як багатосерійне виробництво. Крім того, визначено дві основні структурні схеми вантажопереробки матеріального потоку та ідентифіковані їх показники взаємодії виробництва і транспорту. На основі проведених досліджень розроблено метод оптимізації тривалості процесу вантажопереробки і витрат ресурсів в процесі фазової трансформації транспортно-вантажних комплексів, що забезпечує логістичне управління розглянутих процесів. **Наукова новизна** полягає у розробці загального методу моделювання тривалості фазової трансформації матеріалоруку у транспортно-вантажних комплексах металургійних підприємств. **Практична значимість.** Представлені теоретичні положення можуть бути використані для формування єдиної математичної моделі інтелектуальної системи управління процесом матеріалоруку металургійних підприємств.

Ключові слова: процес матеріалоруку підприємства; виробничо-транспортна система; вагони зовнішнього парку; вагони заводського парку; динаміка виробництва; фазова трансформація; вантажопереробка

Вступ

В даний час робота промислового залізничного транспорту пов'язана з впливом безлічі чинників, які «сприяють» погіршенню умов його функціонування. З одного боку, сам промисловий залізничний транспорт забезпечує ефективний хід процесу матеріалоруку при належному матеріально-технічному забезпеченні та організації експлуатаційного процесу, з іншого - відставання в розвитку технічних засобів транспорту, а також неефективні управлінські рішення, можуть привести до диспропорції між виробничими інтересами і можливостями промислового залізничного транспорту, що виливається у виробничі втрати.

До таких основних факторів слід віднести наступні:

- 1) зростання динаміки виробничого процесу, що пов'язана з конкурентоспроможністю металопродукції на ринку споживачів, якість якої свідчить про кількість укладених контрактів;
- 2) коливання обсягів поставок сировини і готової металопродукції споживачам, як наслідок динаміки виробництва;
- 3) зростання числа операторів-власників рухомого складу і ускладнення вимог до повернення вагонів зовнішнього парку (ЗП);
- 4) збільшення нерівномірності зовнішніх перевезень, пов'язаних з надходженням сировинних матеріалів (залізної руди, концентрату, коксу, вапняку, металобрухту та ін.).

Спільний вплив зазначених чинників негативно позначається на процесі матеріалоруку, сприяючи аритмії технологічних процесів і роботи транспорту. Так, коливання обсягів

виробництва трансформуються в значні обсяги додаткової транспортної роботи з його обслуговування. В умовах, що склалися в цілому ряді випадків, основні станції підприємств, вантажні, які приймають масову сировину, і сортувальні, що здійснюють подачу вагонів з готовою продукцією на зовнішню мережу, працюють з хвилеподібним навантаженням: має місце нестача маневрових локомотивів для своєчасної переробки вагонопотоків, гранично завантажені технічні пристрої станцій (горловини, парки колій, сортувальні пристрої), ростуть міжопераційні очікування і простої вагонів. В окремі періоди робота станцій блокується.

Таким чином, в найбільшій мірі коливання обсягів виробництва, вантажо- і вагонопотоків мають місце на вході виробничого процесу підприємства і виході з нього, де безпосередньо транспорт взаємодіє з виробництвом і зовнішнім залізничним транспортом. Саме ці транспортні потоки здійснюються вагонами зовнішнього парку. З огляду на тенденцію зростання плати за їх користування, першочергового значення набувають питання підвищення ефективності процесу матеріалоруку підприємств, тобто зміщення акцентів в управлінні із залізничних перевезень на вантажні комплекси цехів.

Процес матеріалоруку металургійних підприємств являє собою логістичний ланцюг, що об'єднує виробничі переділи і транспортні потоки і забезпечує взаємодію виробництва і транспорту за всією його траєкторією від прийому масової сировини до відправки продукції [1].

Тому, в рамках ВТС процес матеріалоруку розглянутих підприємств вимагає глибокої функціональної інтеграції виробництва і транспорту в єдину логістичну технологію. У нових умовах такий підхід може забезпечити конкурентоспроможність продукції.

Отже, на промислових підприємствах необхідно створення дієвого механізму управління, що забезпечує на всіх етапах процесу матеріалоруку високу ефективність взаємодії виробництва і транспорту з перенесенням акценту на активізацію ресурсів виробництва і максимальне вилучення виробничих втрат.

Поставлена проблема може бути вирішена тільки з переходом від управління залізничними перевезеннями на логістичні принципи управління процесом матеріалоруку підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Рішення даної проблеми лежить в області логістики і управління поточковими процесами підприємств.

Теорії логістики та побудові логістичних систем присвячено за останній період велику кількість публікацій. У їх числі роботи Л.Б. Миротина, А. М. Гаджинського, Ю.М. Неруша, Б. А. Анікіна, В. М. Курганова, В. І. Сергеева, В. Є. Ніколайчука, В. М. Николашина і ін., в яких розглянуто комплекс питань щодо формування інтегрованих логістичних ланцюгів руху матеріальних потоків: дослідження ринку закупок, вибір постачальників, контроль поставок, регіональне розміщення термінальних комплексів і логістичних центрів, обґрунтування кількості, проектної потужності і технологічної структури терміналів, визначення раціональних маршрутів доставки, вибір перевізника і експедитора, забезпечення технологічної єдності транспортно-складського господарства, системи управління і контролю за товарними запасами, вибір виду і типу транспортних засобів, організація складських процесів, координація та оперативне управління інформаційними потоками в інтегрованих ланцюгах поставок і т. д.

Однак слід зазначити, що розглянуті роботи в повній мірі не відображають механізму взаємодії всіх ланок процесу матеріалоруку промислового підприємства (виробничі переділи, транспорт, транспортно-вантажні комплекси та склади), а в основному вирішують макрологістичні проблеми складно-технологічних виробництв.

Значний інтерес представляють роботи Смсхова А.О., в яких поряд із загальними питаннями логістики відзначена фазова структура процесу матеріалоруку для вантажної станції в разі вивантаження та завантаження вантажів [1, 2].

Роботи [3, 4] мають ефективні рішення в питаннях взаємодії металургійних переділів і залізничного транспорту, які базуються на активізації ресурсів виробництва. Однак дані моделі не завжди можливо реалізувати на практиці через динаміку виробничого процесу підприємств і можливостей виробничих процесів.

Одними з перших робіт, в яких розглянуто процес матеріалоруку металургійних підприємств та зроблені загальні висновки щодо логістизації процесу управління взаємодією виробництва і транспорту, є роботи [5, 6].

Отже, в умовах, що склалися, найважливішою проблемою стає створення дієвого механізму управління, що забезпечує на всіх етапах процесу матеріалоруку металургійних підприємств високу ефективність взаємодії виробництва і транспорту, що дозволить істотно скоротити виробничі втрати.

Рішення поставленої проблеми пов'язане з необхідністю переходу від управління залізничними перевезеннями на логістичне управління процесом матеріалоруку підприємств. При цьому базовими питаннями стають інтеграція функцій виробництва і транспорту в єдиний цикл на основі технічного, технологічного та інформаційного сполучення їх роботи, а також розвитку переробних потужностей транспортної інфраструктури, що забезпечують оптимізацію процесу матеріалоруку і скорочення загальної тривалості переробки вагонопотоків.

Мета роботи

Мета роботи полягає у розробці методу логістичного управління процесом матеріалоруку металургійних підприємств при взаємодії виробництва і транспорту в умовах динаміки виробничого середовища.

Виклад основного матеріалу

Дослідження показують, що на макрорівні логістичний підхід до процесу матеріалоруку складно-технологічних виробництв (зокрема, металургійних підприємств) вимагає опису його як ієрархічно складної системи, в якій кожен технологічний етап виробництва являє собою підсистему, яка, в свою чергу, складається з об'єктів більш низького рівня.

Разом з цим, процес матеріалоруку розглянутих підприємств характеризується складною структурою, що включає кілька етапів (переділів). Кожен з цих переділів має власну структуру, яка відрізняється, як видом готової продукції, технологічними процесами, які застосовуються, обладнанням та ін., так і характером взаємодії.

У зв'язку із зазначеним, для опису процесу матеріалоруку як системи, прийнята однакова форма об'єктного представлення моделей кожного етапу цього процесу за схемою «склад – агрегат – склад». При цьому в кожному технологічному етапі виділяються:

– агрегати, які здійснюють цілеспрямовану зміну стану продукції, її форми та ін.;

– склади, в яких відбувається зміна просторового положення продукції та контроль її стану, що визначає подальшу траєкторію руху.

Не торкаючись виробничого процесу, така модель дозволяє для постійної повторюваності функціональних циклів, визначити принципи взаємодії виробництва і транспорту між переділами, позначити відповідну їм структуру операцій, а також ідентифікувати характеристики цих

операцій.

Принципова структурно-об'єктна модель процесу матеріалоруку металургійних підприємств на макрорівні сформована на основі інтегрування ієрархічної структури і об'єктного уявлення етапів виробництва [7].

Проведений аналіз дозволив встановити, що процес матеріалоруку металургійних підприємств представляє логістичний ланцюг і характеризується цілим рядом специфічних особливостей:

1. Процес матеріалоруку по всій траєкторії являє собою багатоетапну, паралельну (потоківу) технологію просування предметів праці, що включає етапи функціональної взаємодії виробництва і транспорту, тобто фазову трансформацію або вантажопереробку.

2. Вантажопереробка предметів праці проводиться за схемами «вагонопотік - вантажопотік - вагонопотік» і характеризується різними обсягами і видами вантажу, експлуатаційними умовами, застосуванням різних технічних засобів і рухомого складу. Однак до теперішнього часу тривалість вантажопереробки за різними схемами не ідентифікована, а самі схеми не формалізовані, що перешкоджає їх інтерпретації та моделюванню.

3. На окремих етапах транспортного обслуговування підприємств, відповідно до виду, адресування вантажів і типу використовуваних вагонів загального і заводського парків, проводиться селективне розділення вагонопотоків на групи вагонів, а після їх переробки в виробничих цехах - селективне об'єднання в нові групи. Ця транспортна робота виконується в значних обсягах, проте, її нерівномірність враховується не завжди і недостатньо, що суттєво знижує переробну спроможність транспортної інфраструктури (колійних ємностей, горловин, сортувальних пристроїв станцій та ін.).

4. По всій траєкторії матеріалоруку від прийому сировини до відвантаження продукції постійно доводиться мати справу з повторюваними в часі і послідовно виконуваними комплексами операцій з вагонами в певній кількості і різного призначення. Ці комплекси операцій утворюють логістичний цикл.

5. Спостерігається недостатня синхронність матеріального та інформаційного потоків, зокрема, існуючі на промислових підприємствах пострадянського простору системи експедирування при відвантаженні продукції характеризуються низькою надійністю та ефективністю.

У той же час, досить очевидно, що процес матеріалоруку, як складно організована технічна

система, повинен бути здатний утримувати свої основні параметри в допустимих межах при зміні умов, в яких він здійснюється. Нині при управлінні цим процесом, дана вимога не забезпечується.

Результати системного аналізу проблеми дають підставу вважати, що металургійний процес являє собою багатосерійне промислове виробництво, а в рішенні проблем управління рухом матеріалів величезну роль грає організація виробництва (Industrial Engineering). У розглянутих умовах організація ВТС підприємства відображає рівень внутрішньої впорядкованості та узгодженості взаємодії її ланок у процесі матеріалоруку. При цьому вважається, що визначальна роль у підвищенні ефективності виробництва належить менеджменту, тобто «організація виробництва робить гроші» [8].

Грунтуючись на зазначених далі в роботі положеннях, розглядаються проблеми формування методу логістичного управління процесом матеріалоруку металургійних підприємств, визначаються функції, структура і

ідентифікуються технологічні показники (в першу чергу, тимчасові) на етапах вантажопереробки і транспортного обслуговування транспортно-вантажних комплексів прийому сировини і навантаження продукції.

Однією з найважливіших функціональних особливостей процесу матеріалоруку розглянутих підприємств, враховуючи їх складно-технологічний характер, є багаторазова взаємодія виробництва і транспорту безпосередньо у переділах на етапах фазового перетворення матеріального потоку за схемою «вагонопотік - вантажопотік (виробничий потік) - вагонопотік» або вантажопереробка. Така трансформація визначається родом вантажу, кількістю вагонів у циклі, технологічними вимогами і регламентом виробництва, а також експлуатаційними умовами. У зв'язку із зазначеним, в вузлах вантажопереробки виникає необхідність застосування різних структурних схем переробки вантажу. Основні структурні схеми вантажопереробки матеріального потоку наведені на рис. 1.

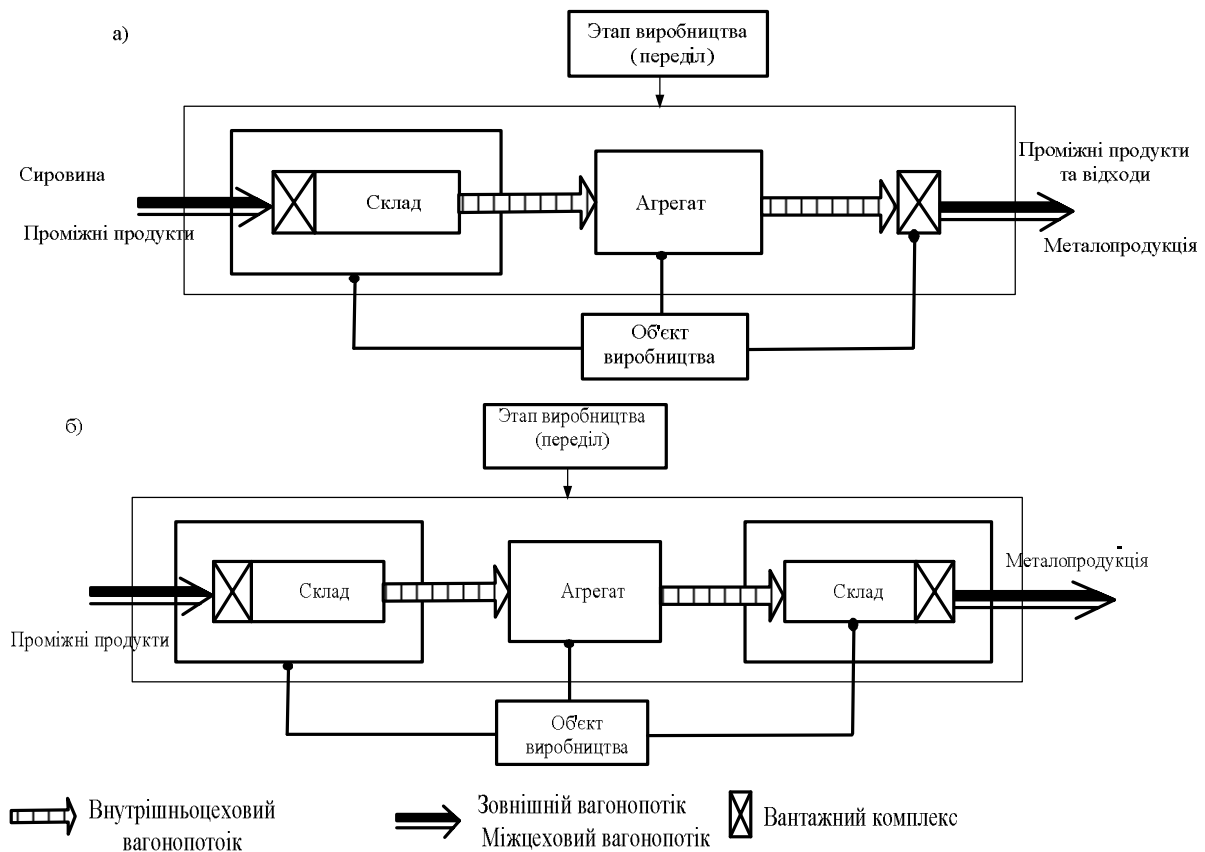


Рис. 1. Структурні схеми вантажопереробки (фазового перетворення) процесу матеріалоруку в металургійних переділах:

а – вивантаження через склад і пряме навантаження вагонів; б – вивантаження і навантаження вагонів через склад

Вони передбачають:

а) прийом окремих струменів вагонопотоків з компонентами сировини і промислових продуктів на склад, а після їх переробки в металургійному агрегаті, видачу та навантаження продукції безпосередньо у вагони;

б) прийом промислових продуктів на склад, а після їх переробки в металургійному агрегаті, видачу та навантаження продукції у вагони також через склад.

Для переділів металургійних підприємств основної в процесі матеріалоруку є перша схема, яка визначається загальними технологічними ознаками агломераційного, доменного і сталеплавильного виробництва. Вони передбачають: на вході (сировинна сторона) - прийом на оперативний склад значного обсягу компонентів сировини і підготовку заданого складу шихти; після її переробки в металургійних агрегатах на виході (продуктивна сторона), навантаження продукції (високотемпературного агломерату, розплавленого чавуну, сталі і шлаків) безпосередньо в транспортні засоби.

Роль оперативних складів на вході виконують: на аглофабриках – усереднювальні склади; в доменному виробництві - бункерна естакада і рудний двір; в сталеплавильних цехах - стаціонарний міксер і відділення підготовки скрапу. На виході цих переділів, технологічний і організаційний регламент навантаження продукції в транспортні засоби визначається виробничими вимогами і здійснюється через спеціальні вантажні комплекси. При цьому проміжні накопичувальні ємності при навантаженні продукції відсутні.

У прокатних цехах застосовуються обидві технологічні схеми, які визначаються видом металопродукції. При цьому тут зростає частка навантаження минаючи склад. На переробці і утилізації відходів виробництва використовуються і інші спрощені технологічні схеми.

Проведені дослідження показують, що вузли вантажопереробки виробничих переділів характеризуються: родом вантажу, типом і кількістю вагонів, що переробляються, технологією і організацією робіт, числом і місткістю вантажних фронтів, регламентом вантажних робіт, а також видом і переробною здатністю розвантажувально-навантажувального обладнання.

Разом з цим, при радикальній зміні виробничого середовища, збільшення аритмії виробництва і динаміки підведення масової сировини, визначальними факторами для вузлів вантажопереробки стали ознаки виробничого (вантажного) і транспортного потоків, що взаємодіють в процесі матеріалоруку і характеризують їх властивості безперервності (безперервні і дискретні потоки) і регулярності (детерміновані та

стохастичні потоки.) [9].

Аналіз схем вантажопереробки на базовому металургійному комбінаті (рис. 1) дозволив ідентифікувати ці ознаки і встановити наступне. На зовнішніх вузлах вантажопереробки, де використовуються вагони зовнішнього парку взаємодіють: при вивантаженні сировини - імовірнісний транспортний і детермінований вантажний потоки; на навантаженні металопродукції - імовірнісний вантажний і детермінований транспортний потоки. В обох випадках потоки є дискретними.

У вузлах вантажопереробки металургійних переділів, де використовується спеціалізований рухомий склад заводського парку, на вході і виході взаємодіють безперервний виробничий і дискретний транспортний потоки, які характеризуються властивістю детермінованості.

Стало також очевидним, що ефективна взаємодія виробництва і транспорту буде забезпечено тільки в тому випадку, коли в основу технології вантажопереробки будуть покладені зазначені ознаки сполучення потоків.

У діючих металургійних агрегатів цю вимогу виконано тільки на вході (бункерна естакада, відділення магнітних і сипучих матеріалів і ін.). На виході металургійних агрегатів (в першу чергу агломераційних і доменних) вантажопереробка, що заснована на безперервному прямому навантаженні промислової продукції в транспортні засоби, залишається проблемною і вимагає застосування принципово нової ефективної технології, нових технологічних рішень в самих металургійних агрегатах. Наприклад, у доменних печах великого об'єму застосування придоменної грануляції шлаків дозволило повністю виключити їх перевезення на шлакопереробку.

На зовнішніх вузлах вантажопереробки, в ускладнених експлуатаційних умовах, транспортний потік при розвантаженні сировини і вантажний потік при підготовці і навантаженні металопродукції трансформувалися в імовірнісні потоки. У зв'язку із зазначеним, технології, що застосовуються тут, вже не забезпечують заданих обсягів вантажопереробки, що вносить серйозні ускладнення в процес матеріалоруку і призводить до значного зростання витрат, зокрема, плати за користування вагонами зовнішнього парку. Однак, як показують дослідження [10], ці проблеми можуть бути вирішені за рахунок вдосконалення організації процесу вантажопереробки шляхом регулювання її технологічних параметрів і введення ресурсів виробництва.

Таким чином, вищевикладене дає підставу вважати, що досить актуальним, важливим і самостійним завданням для процесу матеріалоруку в цілому є вирішення питань підвищення ефективності роботи вузлів вантажопереробки

на їх входах і виходах, що забезпечить значне зниження прямих виробничих втрат підприємств.

Взаємодія виробництва і транспорту, як потоковий процес, в умовах дії фактору нерівномірності відбувається уздовж ланцюга матеріалоруку. Тому для його досліджень приймається методологія виробничого менеджменту, яка розвивається стосовно до розглянутого питання.

Паралельний (потоковий) спосіб виробництва характерний одночасним виконанням всіх операцій, тобто, коли число предметів праці в роботі дорівнює числу операцій. У цьому випадку тривалість виробничого циклу переміщення предмета праці визначається за формулою:

$$T_{ц} = \sum_{i=1}^m t_i + t_{\max(n-1)}, \quad (1)$$

де t_i – тривалість виконання i -ої операції; $i=1,2,\dots, m$; m – число операцій у виробничому циклі;

n – число одиниць предметів праці в перебігу;

t_{\max} – тривалість найбільш тривалої операції.

Безперервність процесу при паралельному русі предметів праці, тобто забезпечення рівності тривалості певної кількості операцій вантажопереробки, повинна досягатися шляхом синхронізації процесу.

Для вирішення поставленого завдання пропонується метод синхронізації роботи виробничого (вантажного) і транспортного модулів (рис. 2).

Даний метод ґрунтується на формуванні нормативного технологічного циклу вантажопереробки поїзда або заданої групи вагонів, тривалість якого визначається обсягом і вимогами виробництва або переробною здатністю вантажного комплексу. Тривалість нормативного технологічного циклу визначається як сума тривалостей тактів роботи вантажного і транспортного модулів (його базових структурних складових), і приймається за критерій управління процесом.

Наприклад, тривалість нормативного технологічного циклу переробки вантажів при вивантаженні маршрутного поїзда з залізничною сировиною на вантажній станції, записується у вигляді:

$$T_{ц}^n = \sum t_m^b + \sum t_m^t \quad (2)$$

де $\sum t_m^t$ – тривалість такту роботи транспортного модуля, що включає витрати часу на прийом маршрутного поїзда на колії технологічної лінії вантажної станції, на комерційний і

технічний огляд поїзда, на очікування вивантаження, на розформування поїзда і подачу навантажених вагонів групами на колії насування вагоноперекидачів;

$\sum t_m^b$ – тривалість такту роботи вантажного модуля з вивантаження маршрутного поїзда на стаціонарних вагоноперекидачах (з урахуванням кількості вагонів у групі і кількості груп в маршрутному поїзді).

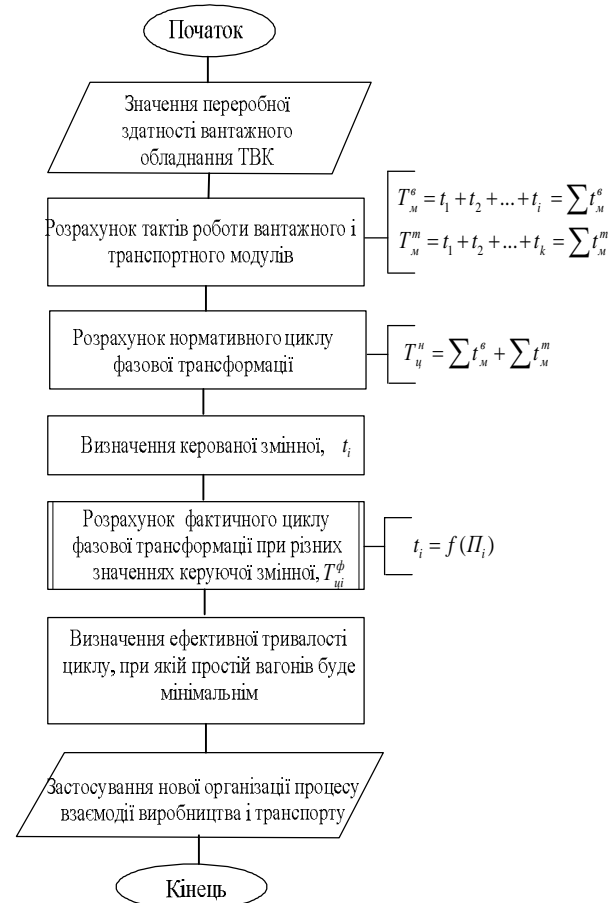


Рис. 2. Алгоритм методу синхронізації процесів фазової трансформації у ТВК підприємств.

Тривалість фактичного технологічного циклу вантажопереробки $T_{ц}^f$ визначається шляхом синхронізації тактів роботи модулів конкретно за кожним виробничим цехом для операцій вивантаження сировини і навантаження продукції, відповідно до технологічних та організаційних регламентів, умов роботи, застосовуваних типів вантажопідйомного обладнання і числа вагонів.

За результатами аналізу фактичного циклу встановлюється операція з найбільшою тривалістю (t_i) і нерівномірністю, яка впливає на простій вагонів. Ця операція приймається за керовану змінну. Виявляється виробничий фактор (I_i), що є причиною нерівномірності. Такими факторами можуть бути, наприклад, нерівномірність прибуття з зовнішньої мережі

маршрутних поїздів із залізовмісною сировиною, наднормативні витрати часу на експедирування та підготовку супровідної документації при відвантаженні продукції в вагони зовнішнього парку. Залежності $t_i = f(P_i)$ визначаються з використанням імітаційних моделей. Отримані значення тривалості операцій – керуючих змінних, використовуються для розрахунку тривалості циклів $T_{ш}^{\phi}$ для різних експлуатаційних умов взаємодії виробництва і транспорту та оцінки величини простою заданої групи вагонів.

Логістичне управління вантажопереробкою, що забезпечує синхронізацію роботи модулів, проводиться шляхом відповідного впливу на фактор (P_i) за умовою:

$$T_{ш}^{\phi} \leq T_{ш}^{\text{н}} \quad (3)$$

Застосовуючи описаний метод, представляється можливим встановлювати величину і причини міжопераційних очікувань і простоїв вагонів, визначати шляхи підвищення ефективності взаємодії виробництва і транспорту. Це проводиться на основі розгляду та оцінки варіантів впливу на виробничі фактори P_i , а також вибору адаптаційних рішень, що забезпечують мінімізацію загальних витрат і додаткове використання ресурсів виробництва.

У подальших дослідженнях будуть розкриті питання реалізації розробленого методу в транспортно-вантажних комплексах металургійних підприємств.

Висновки

1. Процес матеріалоруку металургійних підприємств характеризується паралельною (поточною) технологією поетапного руху предмета праці, його фазовою трансформацією в процесі вантажопереробки і наявністю функціональних циклів, тобто комплексу, певним чином взаємопов'язаних і організованих у часі виробничих і транспортних процесів, що забезпечують випуск продукції в заданому обсязі і встановлені терміни. Це дозволяє розглядати процес матеріалоруку металургійних підприємств як багатосерійне промислове виробництво і проводити дослідження з позицій виробничого менеджменту.

2. Найважливішою функціональною особливістю процесу матеріалоруку розглянутих підприємств є багаторазова взаємодія виробництва і транспорту безпосередньо в металургійних переділах з вантажопереробкою матеріального потоку за схемою «вагонопотік - виробничий (вантажний) потік - вагонопотік». Така трансформація здійснюється за двома структурними схемами вантажопереробки і визначається родом

вантажу, кількістю вагонів в циклі, технологічними вимогами і регламентом виробництва, а також експлуатаційними умовами.

3. Підвищення ефективності взаємодії виробництва і транспорту при заданому вагонопотоці, зниження тривалості циклу вантажопереробки і забезпечення безперервності роботи вантажного і транспортного модулів з різним тактом виконання комплексу операцій досягається шляхом синхронізації їх роботи. Запропоновано метод синхронізації, що забезпечує логістичне управління процесом вантажопереробки, а також принципи оцінки стану та визначення шляхів вдосконалення цього процесу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Смахов А.А. Введение в логистику. М.: Транспорт, 1993. 112 с.
2. Смахов А.А. Основы транспортной логистики: Учеб. для вузов. М.: Транспорт, 1995. 197 с.
3. Козлов П.А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой технологии транспортного обслуживания заводов черной металлургии / Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: 05.22.12.: М., – 1988. – 350 с.
4. Трофимов С.В. Научно-методические основы функционирования и развития промышленных транспортных систем / Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: 05.22.12.: М., – 2004. – 245 с.
5. Парунакян В.Э. Состояние и пути повышения эффективности системы управления процессом материалодвижения металлургических предприятий // Научные труды SWorld: международное периодическое научное издание. – Иваново: Научный мир, 2016. – Вып. 45. – Т. 1. – С. 4-15.
6. Парунакян В.Э. Повышение эффективности управления производственно-транспортной системой металлургических предприятий / В.Э.Парунакян, А.В.Маслак// Вестник Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля. – Луганск, 2017, № 3 (233) – с. 125-131.
7. Парунакян В.Э. Методология повышения эффективности управления процессом материалодвижения металлургических предприятий на основе логистических принципов // Научные труды SWorld: международное периодическое научное издание. – Иваново: Научный мир, 2017. – Вып. 49. – Т. 1. – С. 73-97.
8. Lu D. J. Kanban: Just-in-time at Toyota: management begins at the workplace. Cambridge, Mass.: Productivity Press. 1989.
9. Основы логистики: Учебник для вузов / Под ред. В. В. Щербакова. – СПб.: Питер, 2009 – 432 с.
10. Сизова Е.И. Повышение эффективности работы транспортно-грузового комплекса аглофабрики металлургического комбината по выгрузке массового сырья: дис. ... канд. техн. наук. Киев, 2015 – 168 с.

Надійшла до редколегії 22.04.2020

Прийнята до друку 11.05.2020

В. Е. ПАРУНАКЯН, Г. В. МАСЛАК

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЛОГИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ МАТЕРИАЛОДВИЖЕНИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОИЗВОДСТВА И ТРАНСПОРТА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕРЕДЕЛАХ

Цель. На данном этапе функционирования металлургических предприятий важнейшим вопросом становится создание действенного механизма управления, обеспечивающего на всех звеньях процесса движения материалов высокую эффективность взаимодействия производства и транспорта. Для решения проблемы необходим переход от управления железнодорожными перевозками к логистическому управлению процессом движения материалов предприятий, которое обеспечивает оптимизацию потокового процесса и сокращение общей продолжительности переработки вагонопотоков в ПТС. **Методика.** В процессе исследования использованы методы анализа и синтеза для изучения вопроса и основных научных публикаций о состоянии и путях повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта на металлургических предприятиях; методология производственного менеджмента для исследования потоковых процессов фазовой трансформации в производственных переделах. **Результаты.** В работе установлены характерные особенности процесса движения материалов рассмотренных предприятий: поточность, поэтапное движение предмета труда, его фазовая трансформация (вагонопоток-грузопоток-вагонопоток) при взаимодействии производства и транспорта, а также наличие функциональных циклов, обеспечивающих выпуск продукции в заданном объеме и в установленные сроки, что позволяет рассматривать его как крупносерийное производство. Кроме того, определены две основные структурные схемы грузопереработки материального потока и идентифицированы их показатели взаимодействия производства и транспорта. На основе проведенных исследований разработан метод оптимизации длительности процесса грузопереработки и расходов ресурсов в процессе фазовой трансформации транспортно-грузовых комплексов, обеспечивающий логистическое управление рассматриваемых процессов. **Научная новизна** заключается в разработке общего метода моделирования продолжительности фазовой трансформации движения материалов в транспортно-грузовых комплексах металлургических предприятий. **Практическая значимость.** Представлены теоретические положения могут быть использованы для формирования единой математической модели интеллектуальной системы управления процессом движения материалов металлургических предприятий.

Ключевые слова: процесс движение материалов предприятия; производственно-транспортная система; вагоны внешнего парка; вагоны заводского парка; динамика производства; фазовая трансформация; грузопереработка

V. PARUNAKYAN, A. MASLAK

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF LOGISTIC MANAGEMENT OF THE MATERIAL MOVEMENT PROCESS AT THE INTERACTION OF PRODUCTION AND TRANSPORT IN METALLURGICAL RANGE

Purpose. At this stage of the functioning of metallurgical enterprises, the most important issue is the creation of an effective management mechanism that ensures high efficiency of interaction between production and transport at all parts of the process of material movement. To solve the problem, it is necessary to switch from railway transportation management to logistic management of the material movement of enterprises, which ensures the optimization of the stream process and the reduction in the total duration of the processing of car flows in the TCP. **Methodology.** In the research process, analysis and synthesis methods were used to study the issue and the main scientific publications on the state and ways of increasing the efficiency of interaction between production and transport at metallurgical enterprises; production management methodology for the study of flow processes of phase transformation in production processes. **Results.** In the work, the characteristic features of the material movement process of the considered enterprises are established: flow rate, phased movement of the subject of labor, its phase transformation (railcars-freight traffic-railcars) during the interaction of production and transport, as well as the presence of functional cycles that ensure production in a given volume and on time, which allows us to consider it as a large-scale production. In addition, two basic structural schemes of cargo handling of material flow are identified and their indicators of the interaction of production and transport are identified. Based on the studies, a method has been developed to optimize the duration of the cargo processing process and resource costs during the phase transformation of transport-cargo complexes, which provides logistic management of the processes under consideration. **The scientific novelty** lies in the development of a general method for modeling the duration of the phase transformation of material movement in transport and freight complexes of metallurgical enterprises. **Practical significance.** The theoretical provisions presented can be used to form a unified mathematical model of an intellectual system for controlling the process of material movement of metallurgical enterprises.

Key words: enterprise material movement process; production and transportation system; wagons of an external fleet; wagons of a factory fleet; production dynamics; phase transformation; cargo handling

УДК 656.13

Г. С. ПРОКУДІН^{1*}, В. П. КУЗЬМИЧ^{2*}, Н. В. КОП'ЯК^{3*}

^{1*} Каф. «Міжнародні перевезення та митний контроль», Національний транспортний університет, вул. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, Київ, Україна, тел. +38 (063) 327 02 43, ел. пошта p_g_s@ukr.net, ORCID 0000-0001-9701-8511

^{2*} Відділ науково-методичного забезпечення підготовки та підвищення кваліфікації персоналу автомобільного транспорту, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», просп. Перемоги, 57, 03113, Київ, Україна, тел. +38 (096) 974 87 31, ел. пошта vkuzmichvpk@ukr.net, ORCID 0000-0003-4321-9961

^{3*} Каф. «Транспортні технології», Національний транспортний університет, вул. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, Київ, Україна, відділ науково-методичного забезпечення підготовки та підвищення кваліфікації персоналу автомобільного транспорту, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», просп. Перемоги, 57, 03113, Київ, Україна, тел. +38 (095)912 56 94, ел. пошта neliakopiak@ukr.net, ORCID 0000-0001-8539-9193

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ ПРИМІСЬКИХ ЗОН

Статтю присвячено проблемам удосконалення методики аналізу ефективності та якості надання транспортних послуг пасажиром на приміських автобусних маршрутах відповідно до сучасних вимог системи управління. Мета дослідження полягає в тому, щоб надати практичні рекомендації автотранспортним підприємствам, дотримуючись яких вони могли б покращити рівень надаваних послуг для пасажирів приміських автобусних маршрутів, а також надання структурованого підходу, який дозволить транспортним організаціям об'єктивно та обґрунтовано реагувати на запити про нові потреби в перевезеннях пасажирів. В роботі досліджено особливості діяльності пасажирських автотранспортних підприємств та організації перевезень пасажирів у приміському сполученні, що враховано при розробці методики аналізу ефективності основної діяльності та якості обслуговування пасажирів. Для всебічної оцінки кількісних та якісних показників транспортного обслуговування запропоновано методику аналізу ефективності надання транспортних послуг. Згідно з вимогами системи якості пасажирського обслуговування, до неї висовуються певні вимоги, пов'язані з розумінням всіх процесів персоналом, правильним застосуванням, забезпеченням необхідними ресурсами, задоволенням запитів і очікувань пасажирів, впливом на навколишнє середовище і потреби суспільства та запобігання негативних ситуацій, а не їх ліквідації після виникнення. Як результат, такий підхід дозволяє відображати рівень транспортного обслуговування одночасно як через призму ефективності роботи підприємства, так і якості надання транспортних послуг. Отже, результати дослідження несуть в собі практичну значимість при застосування такої методики в практичній діяльності автотранспортних підприємств, що дозволить отримувати необхідну інформацію для управління в сучасних умовах господарювання.

Ключові слова: транспортна послуга; транспортне обслуговування; якість; ефективність; приміське сполучення

Вступ

Забезпечення економічно вигідного та ефективного автобусного транспорту є основною передумовою, в якій розвивається сфера надання послуг пасажирського автомобільного транспорту та мета, якої прагнуть досягти всі органи громадського транспорту. Для досягнення цієї мети автотранспортні підприємства, які працюють у сфері пасажирських перевезень, повинні розробити свої послуги на основі чітких та визначених принципів, а також процесу моніторингу досягнутих результатів та відповідного реагування. Для цього потрібні стандарти проектування послуг, ефективна система вимірювання продуктивності, а також методика систематичної та постійної оцінки якості наданих послуг.

Аналіз останніх досліджень

Проблемам розвитку сучасного стану, особливостей, структури та принципам функціонування пасажирського комплексу присвячені наукові праці таких учень як Правдін М. В., Негрей В. Я., Гудков В. А., Мірогін Л. Б., Юдін В. А., Антошвілі М. Є., Вакуленко С. П., Аксьонов І. М., Спирін, Ю. О. Давідіч, О. Я. Коцюк та інші [1-6].

З огляду на результати виконаних досліджень, можемо сказати, що на сьогоднішній день недостатньо розкрита змістовна частина шляхів підвищення ефективності та якості наданих послуг для пасажирів приміських маршрутів.

Виклад основного матеріалу

Питання якості та ефективності перевезень пов'язане із станом та функціонуванням системи обслуговування пасажирів в цілому. Найбільший обсяг перевезень пасажирів громадським транспортом в Україні виконується у міському та приміському сполученні.

Приміські перевезення надзвичайно важливі для приміських районів, особливо для великих міст, оскільки забезпечує населення в щоденних робочих поїздках.

На сьогоднішній день в Україна усі приміські перевезення характеризуються нестачею та високим рівнем зношення (морального та фізичного) транспортних засобів. Важливе значення має збалансування попиту на перевезення й пропозиції транспорту. Водночас необхідно вирішити дві проблеми [3]: задовольнити потреби населення в перевезеннях як за кількістю, так і за якістю надаваних транспортних послуг; досягнути максимального прибутку шляхом збільшення доходів і зниження витрат [4].

Приміські автобусні маршрути відзначаються великою нерівномірністю пасажирських перевезень і пасажиропотоків за різними напрямками та днями тижня. Фахівці з'ясували, що вранці в суботні та недільні дні масовий потік пасажирів прямує з міста до зони відпочинку й автобуси завантажуються в одному напрямку. У вечірній час більшість пасажирів повертається до міста й автобус завантажується в зворотному напрямку. Більшість населення приміських зон у ранкові години будніх днів прямує на роботу до міста. Міські жителі в літні періоди часу виїжджають з міста до зон відпочинку. Значна кількість жителів міста прямує до приміської зони після закінчення робочого тижня та повертається до міста на роботу в неділю та понеділок. Указані особливості враховуються в системі раціональної організації руху автобусів [2, 3].

Перевезення пасажирів автобусами мають відбуватися із високим ступенем безпечності, якості, за мінімально можливих витрат часу пасажирів на поїздку [2].

Поняття «якість» в сучасній економіці стає ключовою категорією. Це поняття пов'язане не тільки з якістю готового продукту або послуги, але і якістю самого процесу виготовлення продукції, надання послуги. Управління якістю стає необхідною і обов'язковою вимогою, дотримання якої в даний час дає конкурентну перевагу підприємству в очах споживача. Транспортне обслуговування також має розглядатися крізь призму проблем управління якістю послуг. Пасажирський транспорту має важливу

соціальну складову, і, поряд з високою якістю послуг, повинен забезпечувати досить низький рівень цін на послуги, бути доступним для будь-якої категорії населення, в тому числі малозабезпеченої та маломобільної.

Під якістю надання транспортної послуги розуміється сукупність властивостей, показників і характеристик транспортної діяльності, які надають їй здатність задовольняти обумовлені або передбачувані потреби [1]. Наслідки недостатнього у рівня якості транспортних послуг можуть мати як економічний характер (зниження доходів та прибутку підприємства, втрати трудових, матеріальних ресурсів, втрати у виробничій інфраструктурі, додаткові витрати на ремонт автотранспортних засобів), так і, що не менш важливо, соціального (недостатнє задоволення потреб пасажирів, падіння престижу компанії, втрата довіри пасажирів, зростання невдоволення споживачів транспортних послуг і т. п.). Зважаючи на вище зазначені обставини, організація перевезень транспортом загального користування представляється комплексною проблемою, вирішення якої пов'язане не тільки з техніко-економічними показниками діяльності автотранспортних підприємств, але і з рівнем задоволеності споживачів - пасажирів, наданням транспортних послуг в тому обсязі і в такому вигляді, які б відповідали потребам населення і формували позитивне ставлення пасажирів до пасажирського транспорту.

Надання якісних транспортних послуг вимагає відповідного технологічного, фінансового, інформаційного, правового та ресурсного забезпечення. Транспортні послуги мають ряд особливостей, які необхідно враховувати, а саме:

- послуга існує тільки в процесі її виробництва, а значить, не може накопичуватися;
- якість послуги визначається якістю процесу надання послуги, оскільки продаж послуги є продаж самого процесу її надання;
- послуга має споживчу вартість в певний час на певному напрямку, що обмежує можливість її заміни;
- існує нерівномірність попиту на послуги, як тимчасової, так і просторової;
- пропозиція, як правило, не володіє достатньою гнучкістю в пристосуванні до швидко мінливого попиту;
- можливості транспорту для згладжування коливань попиту обмежені [5].

Отже, під послугою розуміють не тільки власне перевезення пасажирів, а будь-яка операція, що не входить до складу перевізного процесу, але пов'язана з його підготовкою і здійсненням.

Якість послуг важко оцінити кількісно, так як послуги невідчутні для споживача; споживач послуг не стає їх власником; надання послуг – це процес, і він не може бути протестований перед оплатою; процес надання послуг може складатися з системи більш дрібних дій, тоді як якість залежить від підсумкової оцінки.

Зважаючи на такі особливості, організаторам пасажирських перевезень необхідно вирішувати комплекс питань, пов'язаних з доставкою населення, тобто обирати методи організації перевезень, тип та кількість транспортних засобів і так далі. Іншими словами, вирішувати питання транспортного обслуговування. Транспортне обслуговування можна визначити як діяльність, пов'язану з процесом переміщення пасажирів в просторі і в часі, а також наданням додаткових транспортних послуг.

Зарубіжний досвід свідчить про актуальності підвищеної уваги до проблем транспортного обслуговування, які тісно пов'язані з проблемою сервісу і якості надаваних послуг.

Ефективність – соціально-економічна категорія, що характеризує об'єктивні причинно-наслідкові зв'язки або кількісні співвідношення між витратами і результатами.

Показник ефективності перевізного процесу, з одного боку, повинен характеризувати обсяг виконаних перевезень, а з іншого боку, характеризувати узгодженість виконуваних перевезень із задоволенням потреб обслуговуваних підприємств, стабільністю і пропорційністю функціонування ланок транспортного комплексу. Складність оцінки полягає в знаходженні конкретної форми взаємопов'язаного підсумовування кількісного та якісного функціонування окремих ланок і компонентів транспортного комплексу.

Критерієм оцінки ефективності діяльності транспортних підприємств повинно бути поєднання рентабельності галузі (прибутку) з високою якістю транспортного обслуговування. Як основу для структуризації аналізу якості транспортного обслуговування ми використали категоризацію, представлену в стандарті ЄС EN 13816: 2002 [11]. Цей стандарт пропонує широкий перелік атрибутів якості обслуговування, згрупованих у вісім категорій:

1. Доступність послуги, тобто обсяг пропонованої послуги з точки зору географії, режимів транспорту, годин роботи та частоти.

2. Доступність транспортної системи громадського транспорту.

3. Інформативність для сприяння плануванню та здійсненню поїздок.

4. Тривалість часу поїздки. Цей критерій також включає дотримання графіків у вигляді пунктуальності або регулярності.

5. Обслуговування клієнтів. Інтерфейс клієнта, поведінка та ставлення персоналу, а також варіанти квитків.

6. Комфорт, тобто елементи сервісу, які роблять подорожі приємними, комфорт поїздки, стан транспортного засобу, атмосферу в салоні автобуса та додаткові послуги, такі як бортовий Wi-Fi.

7. Безпека перевезень.

8. Вплив на навколишнє середовище внаслідок надання послуги громадського транспорту.

На сьогоднішній день ринок транспортних послуг вимагає комплексного використання рекомендаційних заходів підвищення якості та ефективності транспортного обслуговування:

– виробничо-технічні: використання сучасної виробничої техніки і технологій, комплектуючих складових, модернізація рухомого складу;

– організаційні: вдосконалення системи організації виробництва, методів праці, підвищення кваліфікації кадрів;

– економічні: вдосконалення прогнозування і планування якості, надання високоякісних перевізних послуг;

– соціальні: кадрова політика, умови та мотивація праці тощо.

Розвиток загальної методології передбачає поетапність виконання дій, спрямованих на розробку загальної бази для подальшої адаптації та використання системи громадського транспорту, що оцінюється. Цей етап включає атрибути та критерії якості та експлуатаційних характеристик, визначення вибірки, методи збору даних, методи аналізу даних, процедури організації опитувань та інші елементи, які слід прийняти та дотримуватися для досягнення чіткого відображення існуючої ситуації (рівні якості послуг та ефективність роботи системи) та встановити основи для ефективного моніторингу якості послуг у майбутньому.

Наступний етап передбачає адаптацію загальної методології до системи громадського транспорту, що підлягає оцінці. Він включає низку заходів, які визначають потреби та пріоритети перевізника, а також вимоги пасажирів, які використовують цей приміський маршрут. Перш за все, необхідно зібрати та проаналізувати всю необхідну інформацію про мережу, інфраструктуру та інші оперативні елементи.

Необхідним елементом дослідження є опитування задоволеності чи незадоволеності пасажирів, яке слід проводити з метою визначення

пріоритетів, очікувань та ступеня задоволеності пасажирів щодо наданих транспортних послуг. У таких обстеженнях пасажирів забезпечують важливість та задоволення, надані у ряді якісних та експлуатаційних ознак роботи автобусів на маршруті.

Запропонована методика містить 39 показників, класифікованих на сім основних категорій: Кожна категорія містить два або більше показників. Ці показники мають три типи: або якісні показники (чисті фактори якості), або показники експлуатаційної ефективності (що стосуються експлуатаційного виміру транспортної системи), або обидва (таблиця 1).

Слід звернути особливу увагу на загальні показники категорії G. Окремі показники, що складають складові показники, належним чином поєднуються за допомогою ваг для оцінки загального рівня обслуговування. Процес обчислення ваг повинен включати неупереджену думку пасажирів, а також особливості транспортної мережі.

Визначимо показник надмірної тривалості очікування пасажирами на зупинках та на автостанціях. Цей показник оцінює надмірну тривалість очікування пасажирів на кінцевих зупинках, автостанціях або на проміжних зупинках для їх посадки в транспортні засоби. Індикатор досліджується з точки зору перевізника і розраховується для кожного маршруту з урахуванням результатів процесу планування маршруту та фактичних вимірювань на місці. Математичне рівняння для визначення показника якості матиме таку послідовність обчислень:

Завищений час очікування пасажирів на терміналі (або пункт зупинки) для їх посадки в транспортні засоби на i -тому маршруті:

$$D.4_i = \frac{AW_i - SW_i}{SW_i}, \quad (1)$$

де SW_i – запланований середній час очікування пасажирів на автостанції або зупинці для посадки в транспортні засоби i -того маршруту.

Показник SW_i , у свою чергу, розраховується за формулою

$$SW_i = \frac{\sum_{j=1}^n (z_{pij})^2}{2 \cdot \sum_{j=1}^n z_{pij}}, \quad (2)$$

де z_{pij} – кількість запланованих рейсів на i -му маршруті.

AW_i – фактичний середній час очікування пасажирів на автостанції або зупинці для

посадки в транспортні засоби i -того маршруту.

$$AW_i = \frac{\sum_{j=1}^n (z_{\phi ij})^2}{2 \cdot \sum_{j=1}^n z_{\phi ij}}, \quad (3)$$

де $z_{\phi ij}$ – кількість фактично виконаних рейсів на i -тому маршруті.

Таблиця 1

Огляд показників

Код	Категорія / показник
A	Безпека - Комфорт - Чистота
A.1	Умови безпеки на зупинках та автостанціях
A.2	Умови безпеки в салоні АТЗ
A.3	Ставлення персоналу
A.4	Чистота в АТЗ, на зупинках та автостанціях
A.5	Легкість посадки / висадки
A.6	Злочинності
A.7	Рівень травматизму
A.8	Інциденти
B	Інформація - Спілкування з пасажирами
B.1	Поточне інформаційне забезпечення про транспортну послугу
B.2	Подання скарги та поради пасажирам та відповідь транзитного оператора
C	Доступність
C.1	Полегшення доступності для людей похилого віку та інвалідів та інших маломобільних груп населення
C.2	Відстань між точкою початку маршруту та точкою продажу квитків (для автостанцій)
C.3	Відстань між пунктом продажу квитків та пунктом зупинки приземлення
C.4	Відстань і час між точками обміну
D	Продуктивність терміналів і зупинок
D.1	Виконання подорожей на термінальних станціях
D.2	Вчасне виконання на термінальних станціях
D.3	Середній час очікування пасажирів на пунктах зупинки та на термінальних станціях
D.4	Надмірна тривалість очікування пасажирів на зупинках та на автостанціях
D.5	Співвідношення між виконаними прохідними каналами та частотами ліній в точках зупинки та кінцевих станціях
E	Продуктивність роботи автобусів на маршруті
F	Загальні елементи системи громадського транспорту
F.1	Години роботи автобусів на маршруті
F.2	Час очікування та зручність придбання квитків
F.3	Транспортні засоби всіх типів, що працюють у години пік
F.4	Ціна на квиток
F.5	Стан зупинок та кінцевих станцій щодо сидінь та укриттів
G	Складні показники
G.1	Задоволеність / незадоволеність клієнтів
G.2	Виконання плану роботи транспортних засобів

Навантаження транспортних засобів. Індикатор оцінює навантаження транспортних засобів під час їх щоденної експлуатації і виражається як кількість пасажирів на борту, поділена на місткість транспортних засобів. Під час виконання перевезень члени оглядової групи в салоні транспортного засобу (по одному в кожних дверях) виконують облік пасажирів, які сідають і виходять з транспортного засобу. Аналіз зібраних даних в основному містить три результати: максимальне навантаження транспортних засобів (включаючи ділянки маршруту, де відбулося максимальне навантаження), середнє навантаження транспортних засобів та відсоток маршрутів, де навантаження перевищує 1. Математичне рівняння для розрахунку максимального навантаження транспортних засобів є наступним:

Перший крок – це розрахунок пасажирів в салоні транспортного засобу на сегменті лінії (між двома наступними пунктами зупинки):

$$P_i^j = P_{i-1}^j + E_{i-1,j}^j - D_{i-1,j}^j, \quad (4)$$

де P_i^j – кількість пасажирів в салоні транспортного засобу на ділянці i маршруту j ;

P_{i-1}^j – кількість пасажирів в салоні транспортного засобу на ділянці $i-1$ маршруту j ;

$E_{i-1,j}^j$ – кількість пасажирів, які сідають в салон автобуса на зупинці між ділянками $i-1$ та i -го маршруту;

$D_{i-1,j}^j$ – кількість пасажирів, які висаджуються з автобуса на зупинці між відрізками ділянками $i-1$ та i -го маршруту.

Розрахунок завантаження автобуса ґрунтується на сумі пасажирів, які перебувають на борту транспортних засобів усіх поїздок кожної ділянки маршруту. Математичне рівняння для розрахунку максимального навантаження транспортних засобів окремого маршруту має вигляд:

$$U_j^{\max} = \frac{\max(\sum_{z=1}^n P_i^{j,z}, \forall_i = 1 \dots m)}{\sum_{z=1}^n q^{j,z}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де $P_i^{j,z}$ – кількість пасажирів в салоні автобуса, які здійснюють поїздку z на ділянці i маршруту j ;

$q^{j,z}$ – пасажиромісткість автобуса, що виконує їзду на j -му маршруті.

Процес визначення вибірки стосується як пасажирів, так і транспортних засобів. Визначення розміру вибірки в опитуванні пасажирів повинно враховувати просторовий розподіл

населення приміської зони. Також повинні застосовуватися стандартизовані статистичні методи, що застосовуються для аналогічних опитувань. Відповідно до відомого методу (W. Johnson, 1992) розмір вибірки n обчислюється за допомогою наступного рівняння:

$$n \geq N \left\{ 1 + \frac{N-1}{P \cdot (1-P)} \left(\frac{d}{z_{\alpha/2}} \right)^2 \right\}^{-1}, \quad (6)$$

де N – чисельність населення приміської зони, яка в даному випадку становить пасажиропотік на маршруті;

P – показник якості, що підлягає вимірюванню; якщо попереднього досвіду не існує, то розглядається нейтральна ситуація ($P = 0,5$)

d – величина похибки (5%)

$z_{\alpha/2} = 1,64$ для рівня довіри 90%.

Система контролю якості, яка може бути використана автотранспортними перевізниками для покращення якості обслуговування та підвищення ефективності роботи на приміських маршрутах виконується двоетапно, тобто:

Спершу необхідне кількісне визначення показників якості, які є пріоритетними для перевізника: необхідно визначити та обчислити невелику кількість показників якості та експлуатації за допомогою індивідуальних заходів, що включають час, виконання поїздок на автостанціях, інтервали транспортних засобів та середня швидкість руху транспортних засобів.

Другий етап передбачає розробку специфікацій інтегрованої системи контролю якості: Цей етап включає опитування задоволення / незадоволення клієнтів, порівняльний аналіз та оцінка методології та результатів з показників, вимірних на попередньому етапі. Ці заходи дадуть можливість вибору показників, які, крім показників, визначених на першому етапі, становлять основу системи контролю якості.

Висновок

Як і у всіх випадках, запропонована методика вимагає адаптації до місцевих особливостей розглянутої транспортної системи (визначення техніко-експлуатаційних показників, розміру вибірки, організація обстежень та інші елементи) та потребує адаптації до розміру мережі, розкладу руху і, звичайно, до потреб та пріоритетів перевізника та пасажирів. Отже, для перевізників дана методика дозволяє оцінити загальний рівень обслуговування за допомогою вимірювання відповідних складових показників. Що дасть змогу бачити консолідовану картину ефективності або задоволення / незадоволення

пасажирів якісними послугами. А також сприяє формулюванню цільових показників якості та ефективності послуг на основі значень вибраних показників.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гудков В. А. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии: учеб. пособие / В. А. Гудков, М. М. Бочкарева, Н. В. Дулина, Н. А. Овчар; ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – С. 12-16.
2. Аболонин С. М. Конкурентоспособность транспортных услуг / С. М. Аболонин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 172 с.
3. Кужель В. П. Оцінка рівня якості пасажирських перевезень з позиції пасажира / В. П. Кужель, А. П. Іщенко // Збірник тез доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Підвищення надійності машин і обладнання». – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С. 179 – 180.
4. Гудков В. А. Пассажирские автомобильные перевозки / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин. – Москва: Горячая линия – телеком, 2006. – 448 с.
5. Любимов И. И. Показатели спроса на услуги городского пассажирского транспорта / И. И. Любимов // Вестник ОГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vestnik.osu.ru/2009_9/25.pdf.
6. Артынов А. П., Дмитриев Н. У. Пригородные пассажирские перевозки. – М.: Транспорт, 1985. – 161 с.
7. Организация перевозок пассажиров

автомобильным транспортом / С. Л. Голованенко, И. Г. Крамаренко, В. В. Перфильев, В. Г. Сословский // Под общ. ред. С. Л. Голованенко. – К.: Техника, 1981. С. – 103-117.

8. Галушко В. Г. Вероятно-статистические методы на авторанспорте // Издательское объединение «Вища школа», 1976, с. 232.3.

9. Доля В. К. Влияние параметров поездки пассажиров на конкурентоспособность городского пассажирского транспорта / В. К. Доля // Исследование проблем транспортных систем. – Харьков: ХГАДТУ, 1996.

10. Воробьева И. Б. Логистический подход к организации перевозки пассажиров в мегаполисе / И. Б. Воробьева // Транспорт Российской Федерации, 2006. – № 7. – С. 38–40.

11. CEN, European Committee for Standardization. (2002). Transportation – Logistics and services – Public passenger transport – Service quality definition, targeting and measurement (EN 13816: 2002). Brussels: Author [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204%3A110%3A0%3A%3A%3A%3AFSP_PROJECT%2CFSP_ORG_ID%3A15341%2C6301&cs=18FE10A71F5CAEA8B1BED737846DA8B81

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б. (Україна)

Надійшла до редколегії 16.06.2020

Прийнята до друку 22.06.2020

Г. С. ПРОКУДИН, В. П. КУЗЬМИЧ, Н. В. КОПЯК

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИГОРОДНЫХ ЗОН

Статья посвящена проблемам совершенствования методики анализа эффективности и качества предоставления транспортных услуг пассажирам на пригородных автобусных маршрутах в соответствии с современными требованиями системы управления. Цель исследования заключается в том, чтобы предоставить практические рекомендации автотранспортным предприятиям, следуя которым они могло бы улучшить уровень предоставляемых услуг для пассажиров пригородных автобусных маршрутов, а также предоставление структурированного подхода, который позволит транспортным организациям объективно и обоснованно реагировать на запросы о новых потребности в перевозках пассажиров. В работе исследованы особенности деятельности пассажирских автотранспортных предприятий и организации перевозок пассажиров в пригородном сообщении, что учтено при разработке методики анализа эффективности основной деятельности и качества обслуживания пассажиров. Для всесторонней оценки количественных и качественных показателей транспортного обслуживания предложена методика анализа эффективности предоставления транспортных услуг. Согласно требованиям системы качества пассажирского обслуживания, к ней выдвигаются определённые требования, связанные с пониманием всех процессов персоналом, правильным применением, обеспечением необходимыми ресурсами, удовлетворением запросов и ожиданий пассажиров, воздействием на окружающую среду и потребности общества и предотвращения негативных ситуаций, а не их ликвидации после возникновения. Как результат, такой подход позволяет отображать уровень транспортного обслуживания одновременно как через призму эффективности работы предприятия, так и качества предоставления транспортных услуг. Таким образом, результаты исследования несут в себе практическую значимость при применении такой

методики в практической деятельности автотранспортных предприятий, что позволит получать необходимую информацию для управления в современных условиях хозяйствования.

Ключевые слова: транспортная услуга; транспортное обслуживание; качество; эффективность; пригородное сообщение

G. PROKUDIN, V. KUZMICH, N. KOPIAK

EVALUATION METHODS OF THE QUALITY AND EFFICIENCY OF SUBURBAN PUBLIC TRANSPORT SERVICES

The article addresses the problems of the evaluation methodology improvement of the transport service efficiency and quality provided to passengers on suburban bus routes in accordance with the modern management system requirements. The purpose of the study is to provide practical recommendations to motor transport enterprises following which they can improve the level of service provided to suburban bus route passengers, as well as to provide a structured approach that will allow transport organizations to respond objectively and reasonably to requests resulting from new passenger transportation needs. The peculiarities of public transport enterprises' activities and passenger transportation organization in suburban traffic are investigated in the paper, which is taken into account in the development of the basic activity efficiency and passenger service quality evaluation method. For a comprehensive assessment of quantitative and qualitative transport service indicators, the evaluation method of the transport service efficiency is proposed. According to the standards of the passenger service quality system, there are certain requirements related to the understanding of all processes by personnel, proper application, the provision of necessary resources, the satisfaction of passengers' demands and expectations, environmental impact and societal needs as well as the prevention of negative situations and their elimination after their occurrence. As a result, this approach makes it possible to reflect the transport service level both through the prism of enterprises' operation efficiency and the quality of transport service provision. Thus, the results of the study are of practical importance in the application of such methods in motor transport enterprises' activity providing the necessary information for management in modern business conditions.

Keywords: transport service; transportation; quality; efficiency; suburban traffic

УДК 656.212

О. О. МАЗУРЕНКО^{1*}, А. В. КУДРЯШОВ^{2*}, В. В. ЛЕБІДЬ^{3*}

^{1*} Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта uamazurenko@gmail.com, ORCID 0000-0001-5591-1790

^{2*} Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта andkyd81@gmail.com, ORCID 0000-0002-5965-3378

^{3*} Каф. «Міжнародні перевезення та митний контроль», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ, Україна, тел. +38 (066) 341-61-45, ел. пошта Vikky85@ukr.net, ORCID 0000-0002-1260-3760

ЗАСТОСУВАННЯ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРАХ

Мета. Метою дослідження є оцінка можливості застосування групових поїздів для виконання перевезень в межах міжнародних транспортних коридорів. В статті розглядається можливість підведення вагонів з експортними вантажами до технічних станцій, на яких відбувається формування поїздів, що відправляються по міжнародним транспортним коридорам на умовах твердого графіку руху поїздів. **Методика.** Аналіз динаміки зміни обсягів та структури вантажних перевезень виконано за допомогою математичного аналізу та статистики. Дослідження ефективності використання групових поїздів виконано за допомогою імітаційного моделювання. Для досліджень було використано модель роботи технічної станції, яка розроблена автором раніше. **Результати.** Виконано теоретичні дослідження можливості застосування групових поїздів для забезпечення своєчасної доставки транзитних вантажів у межах міжнародних транспортних коридорів. Результати досліджень показали, що їх застосування забезпечує зниження тривалості простою вагонів на технічних станціях та своєчасне формування составів для відправлення їх за твердими нитками графіку. Даний ефект досягається без додаткових капітальних вкладень. **Наукова новизна.** Отримані результати роботи дозволяють обґрунтувати ефективність використання групових поїздів при організації перевезень вантажів у міжнародному сполученні та дотриманні строків перевезень транзитних вантажів. **Практична значимість.** Практична значимість роботи полягає в тому, що впровадження її результатів дозволить, при значних коливаннях обсягів перевезень транзитних вантажів, забезпечити стабільність відправки поїздів за твердими нитками графіку та гарантувати дотримання строків доставки. Впровадження запропонованих змін можливе для технічних станцій та не потребує значних організаційних та експлуатаційних витрат.

Ключові слова: міжнародні перевезення; транспортні коридори; груповий поїзд; транзит

Вступ та постановка задачі дослідження

Вдале географічне положення України на Європейському континенті дозволяє їй бути важливим партнером у міжнародній торгівлі та виконувати роль транзитера вантажів, так як вона розташована на перетинанні потужних вантажопотоків між Європою та країнами Азії.

Транзит вантажів дозволяє отримувати кошти не лише за саму послугу по перевезенню, а й являється додатковим стимулом для розвитку широкого спектру супутніх послуг [1]. Він стимулює розвиток власного машинобудування, дозволяє більш ефективно використовувати наявні резерви перевізної можливості транспортних систем, стимулює їх розвиток та удосконалення. Значення та роль транзитного потенціалу України в функціонуванні її економіки відмічається в роботах [2-4].

Вихід України на ринки Європи та активізація транзитних перевезень передбачають залучення додаткових обсягів транзиту вантажів через свою територію за умови реалізації заходів по модернізації власної транспортної системи та створення сприятливих умов для перевезення вантажів по транспортній мережі країни [5].

Залізничний транспорт України, завдяки своїй розвиненій мережі, відіграє значну роль у функціонуванні економіки країни. Крім цього залізниця, інфраструктурно, досить глибоко інтегрована в міжнародну систему перевезення вантажів завдяки наявності мережі міжнародних транспортних коридорів (МТК). У роботі [6] звертається увага на те, що поглиблення міжнародного співробітництва та інтеграційних процесів пов'язано з подальшим розвитком МТК. У роботі [7] розглянуто основні фактори, які спричинили втрати транзитних вантажопотоків та

запропоновано заходи щодо залучення додаткових обсягів транзитних перевезень. Таким чином питання розвитку МТК та залучення додаткових обсягів перевезень у міжнародному сполученні є актуальними та можуть бути основною рушійною силою розвитку як економіки країни в цілому, так і залізниці зокрема.

Основна частина

У зв'язку з військовими діями на сході України відбулася значна зміна обсягів та географії вантажних перевезень як в цілому по країні, так і на залізниці зокрема. На рис. 1, за офіційними статистичними даними [8], наведено зміну обсягів перевезень вантажів в Україні за період з 2015 по 2019 роки взагалі та окремо залізничним транспортом.

Аналіз даних гістограм свідчить про те, що в цілому обсяги вантажних перевезень зростають (приріст у 2019 році становить більше 35% у порівнянні з 2015 роком і більше 8% – у порівнянні з 2018 роком). На залізниці ж справи йдуть все гірше – якщо в абсолютному значенні зниження обсягів невелике (у 2019 році менше на 11% у порівнянні з 2015 роком та лише на 1% у порівнянні з 2018 роком), то у процентному відношенні до загальних обсягів перевезень в Україні воно набуває суттєвих значень. Так у 2015 році таке відношення складало 70%, а у 2019 році – лише 46%. Про це ж йде мова і у звіті Антимонопольного комітету України [9]. Це свідчить про значні проблеми, які в останні роки виникли на залізничному транспорті. Дослідження інших авторів [10, 11], які займалися даною проблемою, підтверджують отримані результати аналізу.

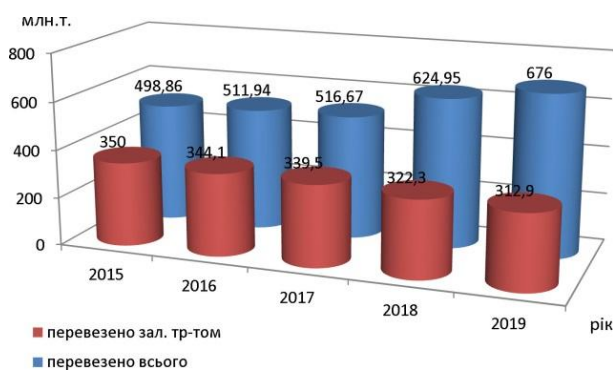


Рис. 1. Зміна обсягів перевезень вантажів

Для більш ґрунтовного дослідження проблеми зниження обсягів перевезень залізничним транспортом було виконано аналіз структури перевезень вантажів залізницею (рис. 2).

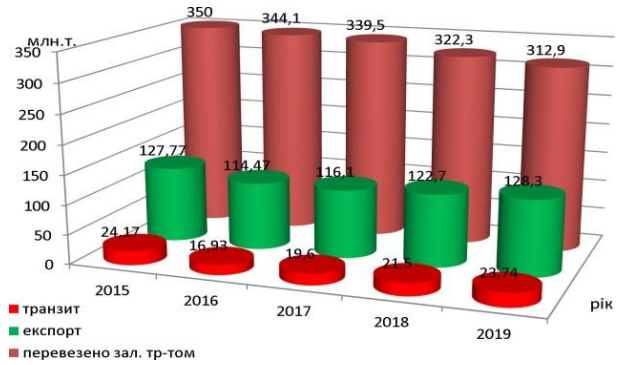


Рис. 2. Динаміка зміни структури обсягів вантажних перевезень залізничним транспортом

На рис. 2 наведено динаміку зміни структури обсягів вантажних перевезень. Із загального обсягу перевезень було окремо виділено експортні та транзитні перевезення, решту склали імпорتنі перевезення та перевезення у внутрішньому сполученні. Аналіз динаміки зміни даних перевезень показує, що вони мають зростаючу тенденцію. Так експортні перевезення у 2019 році збільшилися на 5%, а транзит вантажів збільшився на 10% у порівнянні з 2018 роком. Причому їх частка у загальному обсязі перевезень збільшилася до 41% та 8% відповідно (у 2015 році ці частки становили 37% та 7% відповідно).

Як відмічається в роботі [10], значення залізничного транспорту серед інших видів перевезень необхідно оцінювати в тому числі і за розміром частки транзитних перевезень. Результати попереднього аналізу показують, що транзитним перевезенням на Укрзалізниці приділяють недостатньо уваги, і це при наявності усіх сприятливих умов для цього.

Так, за оцінкою експертів, транзитний потенціал країни використовується лише на 50-60%, а фактори, які впливають на це, можна поділити на дві групи: зовнішні та внутрішні [5]. Більшість внутрішніх проблем мають системний характер та можуть бути вирішені лише за умови ґрунтовної реформи транспортної системи в цілому і потребують значних витрат коштів та часу на її реалізацію. Але є і такі проблеми, які можливо вирішувати на рівні Укрзалізниці та відповідних державних органів. До них відноситься питання розвитку МТК, якому присвячено багато робіт. Так в роботі [12] наведено характеристику існуючих МТК та виконано аналіз їх використання, який дозволяє визначити найбільш перспективні напрямки розвитку з точки зору розвитку інфраструктури. В роботі [13] наголошується на розвитку організаційно-економічного механізму за участю держави, приведенню нормативно-правової бази до міжнародних норм, удосконалення роботи прикордонних переходів тощо.

Але не варто зупинятися лише на існуючих МТК. Останнім часом у Китаї, для пришвидшення доставки вантажів у Європу, розробляється і активно тестується концепція нового Шовкового шляху. Один з можливих шляхів доставки вантажів даного проекту передбачає використання території України. Основний напрямок перевезень - Порти Одеського регіону – Західний кордон України. В роботі [14] пропонується розбудувати окремі швидкісні вантажні лінії з шириною колії 1435 мм, що зменшить час доставки вантажів через наявність прямого сполучення з коліями Європейських країн-сусідів.

Але такі перевезення можливі і з використанням існуючих Критських коридорів. Так, на даний момент по ним відбуваються певні перевезення міжнародних вантажів, але в дуже незначних обсягах. Чому так відбувається? В роботі [15] наголошується, що на даний час залізницям України, для ефективного функціонування МТК необхідно, серед іншого, оптимізувати роботу прикордонних передавальних станцій; скоротити міжопераційні простої поїздів на технічних станціях, які знаходяться на маршрутах МТК; розробити нову технологію для роботи з поїздами, що курсують по МТК.

Окремо слід звернути увагу на удосконалення процесу просування вагонопотоків в межах МТК. Для дотримання строків доставки міжнародних транзитних вантажів використовується відправлення поїздів за твердими нитками графіку. Але для цього необхідно виконати ряд умов, серед яких забезпечення наявності сформованого складу на технічній станції на певний момент часу.

Серед факторів, які впливають на своєчасність формування складу, значну роль відіграє простій у сортувальному парку під накопиченням. На рис. 3 наведено результати дослідження тривалості простою під накопиченням окремого складу в сортувальному парку однієї з технічних станцій Укрзалізниці при потужності вагонопотоку 187 ваг/добу.

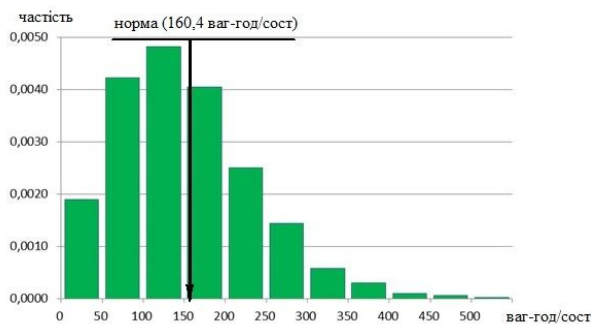


Рис. 3. Розподіл вагоно-годин простою під накопиченням окремого складу

Аналіз даної гістограми показує, що значна

частина складів перевищують норму простою під накопиченням. Результати досліджень тривалості простою під накопиченням складів з іншими потужностями вагонопотоку наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Тривалість простою складів під накопиченням

Потужність вагонопотоку, ваг/добу	118	133	200	240	272
Норма вагоно-годин накопичення одного складу (при 50 ваг у складі), ваг-год/сост	254,2	225,5	150,0	125,0	110,3
Доля складів, що перевищують норму, %	45,89	46,31	44,73	45,32	43,83
Середній простій одного вагона під накопиченням, год	5,07	4,58	2,98	2,43	2,15

У зв'язку з коливанням потужності вагонопотоку, в тому числі і транзитного, не завжди можливо своєчасно накопичити та сформувати склад. В таких умовах необхідно змінювати технологію роботи з вагонопотоками з метою збільшення швидкості просування вантажів та своєчасності доставки. У якості таких змін, перш за все, слід розглянути оперативне коригування плану формування за рахунок формування групових поїздів.

Для усунення даної проблеми пропонується використовувати наступні варіанти:

- на технічну станцію, де формується склад з вантажами у міжнародному сполученні, доставляти вагони з експортними вантажами, які прямують в тому ж напрямку (до прикордонних станцій України);

- оперативно формувати груповий поїзд, який складається з двох груп (одна з транзитними вантажами, друга – з вантажами у внутрішньому сполученні). На маршруті МТК, при необхідності, передбачити можливість обміну груп вагонів на певній технічній станції (відчеплення групи вагонів з внутрішніми вантажами і причеплення групи вагонів з експортними вантажами, які прямують в тому ж напрямку).

Для дослідження впливу оперативного використання групових поїздів на забезпечення своєчасного формування поїздів, які відправляються по твердим ниткам графіку, було використано імітаційну модель, яка описана в [16]. Результати досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Дослідження впливу оперативного застосування групових поїздів на тривалість накопичення составів

Потужність вагонопотоків, ваг/добу	118	133	200	240	272	
Норма вагоно-годин накопичення одного составу (при 50 ваг у составі), ваг-год/сост	254,2	225,5	150,0	125,0	110,3	
Доля составів, що перевищують норму, %	10,52	20,17	27,53	33,71	37,49	
Середній простій одного вагона під накопиченням, год	3,25	3,03	2,31	2,01	1,81	
Скорочення середнього простою одного вагона під накопиченням	год	1,82	1,55	0,67	0,42	0,34
	%	35,90	33,84	22,48	17,28	15,81

Аналіз результатів досліджень показують, що, в залежності від добової потужності вагонопотоків, використання оперативного формування групових поїздів дозволяє скоротити долю составів, які перевищують норму накопичення. Скорочується тривалість простою вагонів під накопиченням, що дає можливість своєчасно виконати підведення вагонів до технічних станцій, на яких формуються состави з вантажами у міжнародному сполученні. Також використання групових поїздів дасть додаткову можливість виконати своєчасну доставку вантажів по відповідним частинам маршрутів МТК, які проходять територією України.

Висновки

Останнім часом залізниці України все більше втрачають долю на ринку перевезень. Крім цього доволі суттєво змінилося співвідношення вантажів, які перевозяться транзитом та на експорт до загальних обсягів перевезень. За останні п'ять років обсяги експорту та транзиту фактично не змінилися. Якщо Укрзалізниця фактично не може впливати на обсяги експорту, то залучення додаткових обсягів транзитних вантажів у міжнародному сполученні – є її пріоритетною задачею.

В статті було запропоновано декілька варіантів застосування групових поїздів для

забезпечення формування составів з міжнародними вантажами та відправлення їх за твердими нитками графіку руху поїздів. Виконано аналіз тривалості простою під накопиченням окремого составу в сортувальному парку технічної станції.

Результати досліджень оперативного використання групових поїздів з метою пришвидшення просування вагонопотоків на мережі залізниць свідчать про їх ефективність та можливість застосування для забезпечення своєчасної доставки вантажів у межах МТК.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Альтернативи транспортної складової [Електронний ресурс] / Проблеми реалізації та перспективам ефективного використання транзитного потенціалу України. – Режим доступу: <http://bo0k.net/index.php?bid=3190&chapter=1&p=achapter>.
2. Оцінювання транзитних можливостей України в світовому економічному просторі [Електронний ресурс] / К.В. Петренко, К.С. Мініч // Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2017. - № 14. - С. 112-119. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evntukpi_2017_14_19.
3. Комчатних, О.В. Транзитний потенціал України: сучасний стан та перспективи розвитку [Текст] / О.В. Комчатних, Н.О. Редько // Науковий журнал. – 2016 - № 3 – с.148-153.
4. Прейгер, Д.К. Реалізація транзитного потенціалу України як фактор зміцнення економічних зв'язків між Європою та Азією [Текст] / Д.К. Прейгер, Я.І. Жаліло, О.В. Собкевич, О.Ю. Ємельянова // Економіка України. – 2012 – №4. – С. 47-59.]
5. Джулай С.В., к.е.н. Шаповал С.С. Одеський національний політехнічний університет [Електронний ресурс] / Джулай С. В. Транзитний потенціал України: сучасний стан та проблеми використання – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/21_NIEK_2007/Economics/24101.doc.htm.
6. Юрченко, С.А. Международные транспортные коридоры: современное состояние и перспективы развития [Текст] / С. А. Юрченко, А. Е. Юрченко // Вісник Харків.нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. – № 1086. – 2013. – С.44-48.
7. Мазуренко, О.О. Перспективи подальшого розвитку міжнародних транспортних коридорів України [Текст] / О.О. Мазуренко, А.В. Кудряшов // Транспортні системи та технології перевезень. – 2016. – Вип. 12. – С. 58-61.]
8. Державна служба статистики України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
9. Звіт про результати дослідження ринку перевезення вантажів залізничним транспортом за 2017-2018 роки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.amc.gov.ua/amku/doccatalog/document?id=147166&schema=main&f>.

10. Веприцький, Р.С. Аналіз та оцінка обсягів транзитних перевезень залізничним транспортом України. [Текст] / Р. С. Веприцький, Г. Д. Ейтутіс, С. В. Артем'єва // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2018. - № 62– С. 53-63.

11. Болвановська, Т.В. Дослідження динаміки зміни обсягів перевезення вантажів залізничним та морським транспортом у міжнародному сполученні. [Текст] / Т. В. Болвановська, С. В. Боричева, Ю. М. Германюк // Зб. наук. праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – 2019. - № 18– С. 16-22.

12. Окорочков, А.М. Підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту за рахунок розвитку транспортних коридорів [Текст] / А.М. Окорочков, І.Л. Журавель, В.В. Журавель, А.В. Журавель, О.Г. Федоряка // Транспортні системи та технології перевезень. – 2018. – Вип. 15. – С. 66-71.

13. Панченко, О. Умови ефективного використання транзитного потенціалу підприємствами залізничного транспорту [Текст] / О. Панченко, С. Журман // Проблеми і перспективи економіки та управління. – 2019. – №3 (19). – С. 147-156.

14. Мироненко, В.К. Концептуальні положення впровадження залізничного швидкісного сполучення

порти Одеси – Західний кордон України [Текст] / В.К. Мироненко, Б.І. Торопов // Збірник наукових праць ДЕУТ. Серія «Транспортні системи і технології» – 2017. – Вип. 30. – С. 280-285.

15. Лючков, Д.С. Проблемы, связанные с пропуском и обслуживанием транзитного вагонопотока по международным транспортным коридорам Украины (обзор по грузовым перевозкам) [Текст] / Д.С. Лючков, Ю.А. Борзенкова // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2013. – Вип. 135. – С. 31-37.

16. Мазуренко, О.О. Імітаційна модель роботи залізничного напрямку для дослідження варіантів організації вантажних вагонопотоків в оперативних умовах [Текст] / О.О. Мазуренко, А.В. Кудряшов // Збірник наукових праць ДНУЗТу «Транспортні системи та технології перевезень» – 2012. – Випуск 3. – С. 50-55.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б. (Україна)

Надійшла в редколегію 15.06.2020

Прийнята до друку 22.06.2020

А. А. МАЗУРЕНКО, А. В. КУДРЯШОВ, В. В. ЛЕБЕДЬ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУППОВЫХ ПОЕЗДОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКАХ ГРУЗОВ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРАХ

Цель. Целью исследования является оценка возможности применения групповых поездов для выполнения перевозок в рамках международных транспортных коридоров. В статье рассматривается возможность подвода вагонов с экспортными грузами на технические станции, где происходит формирование поездов, отправляемых по международным транспортным коридорам на условиях жесткого графика движения поездов. **Методика.** Анализ динамики изменения объемов и структуры грузовых перевозок выполнен с помощью математического анализа и статистики. Исследование эффективности использования групповых поездов выполнено с помощью имитационного моделирования. Для исследований были использованы модель работы технической станции, разработанная автором ранее. **Результаты.** Выполнены теоретические исследования возможности применения групповых поездов для обеспечения своевременной доставки транзитных грузов в рамках международных транспортных коридоров. Результаты исследований показали, что их применение обеспечивает снижение продолжительности простоя вагонов на технических станциях и своевременное формирование составов для отправки их по твердым ниткам графика. Данный эффект достигается без дополнительных капитальных вложений. **Научная новизна.** Полученные результаты работы позволяют обосновать эффективность использования групповых поездов при организации перевозок грузов в международном сообщении и соблюдение сроков перевозки транзитных грузов. **Практическая значимость.** Практическая значимость работы заключается в том, что внедрение ее результатов позволит, при значительных колебаниях объемов перевозок транзитных грузов, обеспечить стабильность отправки поездов по твердым ниткам графика и гарантировать соблюдение сроков доставки. Внедрение предложенных изменений возможно для технических станций и не требует значительных организационных и эксплуатационных расходов.

Ключевые слова: международные перевозки; транспортные коридоры; групповой поезд; транзит

A. MAZURENKO, A. KUDRIASHOV, V. LEBID

USE OF GROUP TRAINS FOR CARGO TRANSPORTATION IN INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS

Purpose. The purpose of the study is to assess the possibility of using group trains to carry out transportation within international transport corridors. The article discusses the possibility of carriages delivery with export cargo to

technical stations where trains are being formed that are sent along international transport corridors under the conditions of a solid train schedule. **Methodology.** The analysis of the dynamics of changes in the volume and structure of freight traffic is performed using mathematical analysis and statistics. The study of the efficiency of using group trains was carried out using simulation modeling. For research, a model of the work of a technical station developed by the author earlier was used. **Findings.** Theoretical studies have been carried out on the possibility of using group trains to ensure timely delivery of transit goods within international transport corridors. The research results showed that their use reduces the duration of the idle time of carriages at technical stations and the timely formation of trains to send them on a solid thread schedule. This effect is achieved without additional capital investments. **Originality.** The obtained results make it possible to justify the efficiency of using group trains in organizing the transportation of cargo in international traffic and meeting deadlines for the transit of cargo. **Practical value.** The practical significance of the work lies in the fact that the introduction of its results will allow, with significant fluctuations in the volume of transit cargo, to ensure the stability of trains on solid lines of the schedule and to ensure compliance with the delivery time. Implementation of the proposed changes is possible for technical stations and does not require significant organizational and operational costs.

Keywords: international transportation; transport corridors; group train; transit

УДК 656.211.3:656.211.5

В. В. СКАЛОЗУБ^{1*}, Л. О. ПАНІК^{2*}, Б. Б. БІЛИЙ^{3*}, М. В. СКАЛОЗУБ^{4*}

^{1*} Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-35, ел. пошта skalozub.vl.v@gmail.com, Scopus Author ID: 15731663600, ORCID – 0000-0002-1941-4751

^{2*} Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-35, ел. пошта leon-docent@mail.ru, ORCID – 0000-0003-1343-3000

^{3*} Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-35, ел. пошта hibarike@gmail.ru, ORCID – 0000-0001-8324-4673

^{4*} HiQ AB Stockholm, Sweden. ел. пошта skalozub.m@gmail.com, ORCID - 0000-0002-7931-7910

МОДЕЛІ ТА ПРОЦЕДУРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПОВИХ СОСТАВІВ І УПОРЯДКУВАННЯ НЕОДНОРІДНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ЗАМОВЛЕНЬ

Мета. В статті представлено розвиток математичних моделей інтелектуальної технології формування багатогрупових залізничних составів, а також виконано перехід до її узагальнення та формування математичних моделей логістичного завдання упорядкування неоднорідних послідовностей замовлень. **Методика.** В роботі запропоновано підхід до моделювання процесів розформування-формування багатогрупових составів, а також конструктивних процесів упорядкування наборів неоднорідних послідовностей замовлень засобами теорії орієнтованих графів. Сформовано удосконалену структуру інтелектуальної інформаційної технології упорядкування послідовностей замовлень, яка використовує процедури управління базами знань. **Результати.** У статті запропоновані нові постановки завдань упорядкування недетермінованих послідовностей, що відрізняються урахуванням різної складності («ваги») операцій конструювання. Запропоновано метод формування моделей процесів упорядкування на основі теорії орієнтованих та зважених графів. Для реалізації графічних моделей упорядкування послідовностей елементів запропоновані паралельні синхронні алгоритми планування потоків у мережах. Розроблено спеціалізовані метрики упорядкування послідовностей, використання яких дозволило реалізувати завдання упорядкування послідовностей «з вагою», а також побудувати ефективні процедури пошуку шаблонів у базах знань процесів розформування-формування багатогрупових составів. **Наукова новизна.** Вперше завдання щодо упорядкування неоднорідних послідовностей замовлень, а також завдання розформування-формування багатогрупових составів, представлені моделями на графах – моделями критичного шляху та максимальних потоків мінімальної вартості. Удосконалено метрики щодо визначення ступеня упорядкування послідовностей, а також процедури пошуку аналогів у базах знань. **Практична значимість.** Представлення процесів упорядкування неоднорідних послідовностей замовлень і завдань розформування-формування багатогрупових составів класичними моделями оптимального планування на основі теорії графів дозволяє підвищити ефективність, результативність та достовірність відповідних процесів планування. Інтелектуальна інформаційна технологія за рахунок використання засобів баз знань дозволить зменшити витрати на планування процесів розформування-формування багатогрупових залізничних составів.

Ключові слова: недетерміновані послідовності; завдання упорядкування; вартість операцій; багатогрупові залізничні состави, розформування-формування; інтелектуальні технології; графічні моделі; максимальний потік мінімальної вартості; паралельні алгоритми

Вступ

У різноманітних сучасних технологіях (виробничих, транспортних, логістичних, інформаційних ін.) широко використовуються завдання і процедури, які зводяться до конструктивного упорядкування (оптимального) елементів певних множин або недетермінованих послідовностей, з метою отримання визначених структур [1-3, 7]. В [2] була досліджена модель

управління ланцюгами постачання для оптимізації можливості сортування замовлень дистрибуційного логістичного центру. Застосування моделей групового сортування для вибору функцій класифікації даних приведене у статті [4]. Постановки та методи вирішення таких завдань суттєво відрізняються від відомих завдань сортування [1, 5] та подібних. Завдання щодо «упорядкування» визначаються потребами

урахування особливостей операції «доступу» до елементів, «конструювання» послідовностей, а також «витрат» певних ресурсів («ваги») на свою реалізацію.

Визначним прикладом залізничної логістичної технології, яка базується на процесах конструктивного упорядкування з «вагою» операцій, є технологія розформування-формування (РФ) залізничних составів. Формування составів, особливо багатогрупових (БГС), є одним з найбільш трудомістких етапів процесу переробки вагонів на станціях і також помітно впливає на терміни доставки вантажів [1, 3].

Формування БГС поїздів спрямоване саме на влаштування вагонів у визначеному порядку і є однією з масових операцій, що виконуються на залізниці. У зв'язку з цим скорочення тривалості маневрових операцій для формування багатогрупових поїздів є актуальним завданням залізничного транспорту. Серед існуючих методів РФ відзначаються такі: комбінаторний, розподільний, основний, і подвійний ступінчасті методи, а також метод рівномірного нарощування [1, 3]. У роботах [1, 3] побудована функціональна модель процесу формування багатогрупових составів різними обчислювальними методами, засобами різних технічних засобів. При цьому виконана ідентифікація моделі і перевірена її адекватність. Через значну складність і особливості конструктивних (шляхом побудови) операцій для дослідження таких процесів упорядкування використовують методи імітаційного моделювання. У тому числі і для процесів розформування БГС [1].

У роботі [3] для дискретної детермінованої керованої системи, яка імітує роботу залізниці, отримано нове математичне викладення проблеми вибору оптимального порядку формування багатогрупового поїзда. Набір можливих станів досліджуваної системи та переходи між ними були представлені у вигляді спрямованого графа. Таке представлення дозволило звести проблему вибору порядку формування поїзда до проблеми пошуку найкоротших шляхів на орієнтованих графах. За рахунок цього запропоновано алгоритм пошуку оптимального порядку формування поїздів.

Можливо визначити декілька напрямків досліджень для вирішення завдань конструктивного упорядкування з «вагою». Серед них для нашої статті відзначаються наступні. Розвиток конструктивних моделей і методів [8, 9, 11]. Формування моделей операцій із заданими властивостями, а також метрик для порівняння станів процесів упорядкування [3, 8, 10]. Розробка

нових змістовних та формальних постановок завдань упорядкування [2, 3, 5, 8]. Розробка спеціалізованих інтелектуальних пошукових алгоритмів (генетичних [10] та ін.), призначених для реалізації завдань упорядкування «з вагою», у тому числі для процесів РФ составів [1, 3, 8].

У статті досліджені нові змістовні та формальні постановки завдань упорядкування недетермінованих послідовностей, які представлені моделями потоків у мережах та відрізняються урахуванням різної складності («ваги») окремих операцій конструювання. Для реалізації зазначених завдань упорядкування послідовностей елементів запропоновано використання паралельних синхронних алгоритмів планування потоків у мережах. Також отримали розвиток процедури інтелектуальної технології РФ багатогрупових составів за рахунок уведення спеціалізованих метрик, призначених для визначення кількісних оцінок неупорядкованості числових послідовностей. На основі такої метрики удосконалені існуючі методи РФ, а також процедури пошуку шаблонів у базах даних шаблонів (БЗнШ), в яких накопичується «досвід» раціонального РФ багатогрупових составів.

Графові моделі упорядкування неоднорідних послідовностей з урахуванням складності операцій

Виділимо змістовну та формальну постановку завдань щодо упорядкування неоднорідних послідовностей, а також задачу побудови моделей графів, які представляють процеси конструктивного упорядкування з урахуванням складності операцій (УПСО) формування. Змістовна постановка завдань упорядкування вхідних послідовностей (in-seq) УПСО щодо конструювання цільових послідовностей елементів (out-seq) полягає у наступному. Вважаються відомими множина (багато потокова модель) та елементи in-seq замовлень (з їх властивостями – індекс out-seq, pos-індексу (pos-ind) призначення, вимірювані показники, припустимі операції, пріоритет ін.), сукупність операцій конструювання out-seq з оцінками відносної /абсолютної складності (ваги), загальні ресурси та обмеження щодо можливостей процесів конструювання вихідних потоків, умови або вимоги завершення процедур конструювання послідовностей out-seq. Необхідно побудувати модель процесу формування на основі неупорядкованих in-seq замовлень множини упорядкованих за pos-ind призначення out-seq таким чином, щоб мінімізувати загальні витрати на процеси формування при виконанні умов складності операцій

конструювання та ресурсних обмежень. Багато потоків означає можливість існування елементів із однаковим індексом out-seq потоку у кількох in-seq послідовностях замовлень.

Представимо структуру моделей завдань УПСО так

$$(S \rightarrow Q) : \{S_p \rightarrow Q_q\}, p, q = 1, 2, \dots, d \quad (1)$$

де p – кількість послідовностей in-seq, q – число out-seq потоків моделей УПСО, що відрізняються величинами (p, q) , а d – граничне значення множин. Надалі будемо позначати структури моделей УПСО виду $S_1 \rightarrow Q_1, S_m \rightarrow Q_1, S_1 \rightarrow Q_r$, тощо, як S_1Q_1, S_mQ_1, S_1Q_r . Послідовності S_p та Q_q містять неподільні елементи $e_i(p), e_j(q)$ (замовлення), які визначають номерами i_p (вхідні неупорядковані) та i_q (вихідні упорядковані), а також індекси призначення замовлень n_q для i_q . Між елементами out-seq потоків $e_k(q)$ та $e_m(q)$ виконується звичайна умова упорядкування відповідно індексів pos-ind n_q .

$$n_r(q) \leq n_m(q), \text{ if } r < m$$

де через r та m позначені номери елементів out-seq Q_q . В роботі встановлено, що при реалізації всі структури моделей УПСО (1) можуть бути приведені до основної базової структури S_1Q_1 .

Нашим головним завданням щодо моделювання процесів упорядкування УПСО (1) являється їх представлення у формі потоків у мережах. Далі вони були зведені до моделей пошуку найкоротших шляхів (МКШ) та максимальних потоків мінімальної вартості (МПВ). Такі завдання досліджені в багатьох публікаціях, зокрема [5, 6, 12]. У статті [12] розроблені паралельні алгоритми чисельної реалізації таких завдань. Модель мережі потоку впорядкування це орієнтований граф $G = (V, E)$, в якому V – множина вузлів, E – множина ребер, де кожне ребро (u, v) має позитивну пропускну здатність $c(u, v) > 0$ і потік $f(u, v)$ [2, 4, 6, 7]. Виділяють дві вершини: виток s та стік t такі, що люба інша вершина мережі лежить на шляху із вершини s до вершини t . Модель потоку впорядкування послідовностей така

$$G = \{(V, E), c, s, t\} \quad (2)$$

Відмінність нашої моделі (2) полягає в тому, що граф $G = (V, E)$ безпосередньо не задається, а

утворюється шляхом конструювання в процесі функціонування алгоритму моделювання процесу УПСО. Процедури формування таких моделей графів реалізуються конструктивно-продукційними (КП-С) засобами виду

$$C = \langle M, \Sigma, \Lambda \rangle, \quad (3)$$

де M – неоднорідний носій, Σ – список відносин та відповідних операцій (наприклад, зв'язування, підстановка, виведення над атрибутами), Λ – набір засобів інформаційного забезпечення конструктивної побудови включаючи: правила, обмеження, умови початку та завершення побудови моделей, онтологію тощо.

Складові набори моделі (3) визначаються на основі дослідження допустимих операцій процесів упорядкування УПСО, правил оцінювання ступеня упорядкування послідовностей за певними метриками, правил оцінювання ресурсів операції тощо. Елементи моделі (3) визначаються нижче. При цьому для конкретності викладання нами розглядаються моделі графів для операцій процесів розформування-формування составів [1, 3, 8].

Формально процедури КП-С генерують багатокрокові послідовності станів моделі процесу конструювання (графи), які утворюються за правилами (3) [9, 11, 13]. В багатьох завданнях такі процеси формують графічні структури вигляду дерев, які певним чином інтерпретуються [4, 10]. Особливість конструктивних моделей (3) для завдань УПСО (1) полягає в забезпеченні формування (2) з необхідними властивостями. Для вирішення завдань УПСО властивості утворюваних графів типу (2) повинні забезпечити наступне: - представлення керованих кінцевих процесів упорядкування (1), як потоків у мережах; - можливості оцінювання ваги (міри складності) окремих гілок або потоків через мережу; - поєднання операцій генерації моделі графу процесу з оцінюванням та відбором варіантів для процедур оптимізації; - можливості застосування паралельних алгоритмів аналізу потоків у мережах.

Наведемо неформальні але достатні для розуміння сутності графічних моделей процедур УПСО засоби побудови, аналізу та оптимізації завдань (1), що забезпечують зазначені вище властивості (2). В процесах упорядкування послідовностей S_p та Q_q кількість елементів (замовлень) $\{e_i(p), e_j(q)\}$ залишається постійною при любых операціях на всіх етапах формування вихідних послідовностей Q_q . Збереження кількості замовлень на всіх стадіях формування

графічних моделей (2) забезпечує умову збереження потоків у вузлах. Для забезпечення керованості та закінченості моделей процесів упорядкування (1) була уведена спеціальна міра «ступеня неупорядкованості» (CH) послідовностей. При повному упорядкуванні S_p та Q_q величини їх $CH = 0$. У роботі в якості CH використана величина

$$M_S^{(1)} = \sum_k M_{S_1}(k) \quad (4)$$

$$M_{S_1} = \sum_{i=1}^{k-1} P_i; P_i = \{0; n_i < n_k \mid 1; n_i > n_k\},$$

яка для кожного « k » підраховує кількість зайвих елементів зліва / праворуч, та відповідає вимогам до метрик [5, 9]. У зворотному порядку $L(i > j, n_i > n_j)$ підраховують кількість порушень праворуч від позиції « k ». В конкретних завданнях упорядкування можливі певні варіації міри упорядкованості послідовності (4). Наприклад, для завдань РФ раціональною також являється метрика типу (4), в якій підраховується не лише кількість (число) зайвих елементів для позиції « k », а і «відстань» між номерами кодів елементів (абсолютна різниця « d » між кодами, яка використовується у (4) замість «1»). Так для послідовності (2, 6, 1, 3) у позиції « k »=3 « d »=5, а для (2, 4, 1, 3) в цій же позиції « d »=3.

При конструюванні моделей графів потоків (2) за послідовними етапами засобами операцій (3) визначаються їх наступні характеристики – загальна сумарна оцінка величини складності шляху (витрати) до кожного вузла (W), а також загальна оцінка величини «ступеня неупорядкованості» системи упорядкування $CH(G)$. При розрахунках $CH(G)$ досліджуються всі можливі способи утворення варіантів (операції конкатенації [5, 9]) єдиної вихідної послідовності на основі поточних вузлів моделі (2) (G_k). Для кожного варіанту розраховується показник $CH(G_k)$ і найменше значення цього показника являється оцінкою величини $CH(G)$. При конструюванні на основі (3) моделей (2) на етапах відбираються такі операції, виконання яких зменшує величину $CH(G)$.

Різні послідовності операцій конструювання моделей процесу (2) можуть приводити до однакових поточних станів щодо розподілу елементів послідовностей S_p та Q_q в зонах оброблення, передбачених в (3). При поєднанні таких

тотожних станів отримують орієнтовані графи загального вигляду, відмінні від дерев. Всі можливі послідовності операцій конструювання моделей (2), для яких виконується умова упорядкування $CH(G) = 0$, мають один заключний стан – стік. Завдання щодо визначення з них послідовності з мінімальною загальною вагою операцій конструювання представляє модель МКШ.

Суттєве обмеження моделей МКШ полягає в неможливості відобразити паралельні операції впорядкування, тобто подати узгоджені потоки операцій. Для представлення паралельних послідовностей операцій упорядкування в (3) передбачені процедури, які для поточних станів графічних моделей визначають операції, які можуть бути реалізовані незалежно, з відповідним розподілом потоків замовлень. Множини генерованих при цьому послідовностей паралельних операцій утворюють потоки, що визначає модель МПВ. Паралельне виконання операцій упорядкування S_p та Q_q призводить до зменшення кількості етапів процесів (1). Оскільки загальна кількість елементів послідовностей (замовлень) при впорядкуванні постійна, формально МПВ визначає величину максимального потоку мінімальної вартості. Тож утворювані графові моделі МКШ відповідають процесам упорядкування «з одним виконавцем», а моделі МПВ представляють такі паралельні процеси «з кількома виконавцями». В цілому процеси конструктивного формування моделей МКН і МПВ організують та контролюють на основі метрик упорядкування CH (4). Утворені моделі МКН і МПВ дозволяють також досліджувати процеси (1) із недетермінованими та нечіткими параметрами. Постановки та представлення завдань упорядкування послідовностей вигляду (1) у формі моделей оптимального планування потоків у мережах МКШ та МПВ отримані нами в статті вперше. Для реалізації моделей МКШ та МПВ були застосовані модифіковані паралельні синхронні алгоритми аналізу неоднорідних потоків у мережах [12].

Як приклад змістовного моделювання процесів (1) на основі МПВ розглянемо завдання РФ складів [1, 8]. При цьому послідовність та зміст етапів моделювання базового завдання виду $S_1 \rightarrow Q_1$ залишаються такими самим також для інших процесів УПСО виду (1). Для моделювання процесів РФ складів змістовно використовують кілька маневрових операцій, які формально можна представити операціями конкатенації [5, 9]. За технологією упорядкування $S_1 \rightarrow Q_1$

елементів (вагонів) виконується в «зонах обслуговування» $Z_k, k = 1, 2, \dots, K$. Правила перерозподілу елементів $e_i(p), e_j(q)$ між зонами Z_k визначають операції РФ моделі (3). Доступ до Z_k , можливий «з голови» (Н) або «з кінця» (Е) послідовностей елементів. Операції формування задають номер зони Z_p , доступ {Н/Е}, кількість елементів (n), які передаються до зони Z_q за доступом {Н/Е}, з можливістю інверсії [І] (зміни порядку елементів на протилежний), наприклад,

$$H Z_p E Z_q [I](n) : H1E2(3). \quad (5)$$

Оператор (5) визначає такі дії перетворення ($S_p Q_q$): з початку (Н) послідовності Z_p ($p=1$) відділяють ($n=3$) елементів, які інвертують (ознака І) та приєднують у кінець (Е) зони Z_q . При відсутності зміни порядку параметру [І] немає. Наведена структура (5) операцій моделі (3) формалізує всі типові процедури у завданнях РФ. Значимо що для виконання завдань РФ достатньо однієї зони $Z_k, k=1$. Також на основі структур виду (5) та поточного змісту зон Z_k можливо розраховувати оцінки ваги, складності операцій.

При формуванні моделей графів МКШ та МПВ необхідно мати функцію (відповідні операції), яка забезпечує раціональний поділ змісту зон обслуговування Z_k на частини, $DIV(Z_k)$. Результатом операції $DIV(Z_k)$ являється послідовність груп номерів елементів $e_i(p)$ зони Z_k , які не розділяються в операціях (5). Наприклад, $DIV1(5\ 4\ 2\ 6\ 8\ 7) = (G_1=(1\ 5\ 4\ 2)/G_2=(6\ 8\ 7))$, де у G_1 всі індекси призначення pos-ind менше любого pos-ind G_2 . Такі фрагменти G_1 та G_2 можуть оброблятися окремо, паралельно. До цих частин в подальшому можуть застосовуватися всі операції КП-С (3) виду (5), з метою побудови моделей графів процесів упорядкування (2). За рахунок застосування певних операцій виду (5) до результатів функцій $DIV(Z_k)$ будується черговий рівень графу моделі процесу РФ. На кроці побудови моделей (2) відбираються такі операції (5), які забезпечують зменшення показника СН процесів (1). Для характеристики станів графів процесів упорядкування G використовуються склади зон обслуговування $Z_k : (Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$, а також показники міри упорядкування СН (4) і складності $W(G)$. Побудова моделі графу закінчується, якщо його показники $CH(G)=0$.

Моделювання процесів упорядкування неоднорідних послідовностей

Послідовності застосування операцій (5) до змісту зон (Z_1, Z_2, \dots, Z_k) утворюють моделі

графів процесів МКШ та МПВ. На них паралельними алгоритмами аналізу потоків у мережах [12] розшуковуються рішення завдань (1). Наведемо приклади фрагментів оптимальних рішень завдань упорядкування (1). Для цього використовується наступне кодування: стани моделі – зони (Z_1, Z_2, \dots, Z_k) ; результати поділу $DIV(Z_k)$ подають як $(G_1/G_2/G_k/\dots)$, наприклад, $DIV(4\ 3\ 2\ 7\ 5\ 6\ 4\ 3\ 1\ 2\ 7) = (4\ 3\ 2/7/5\ 6/4\ 3/1\ 2/7)$; виконувана операція відповідає (5), а знак «,» встановлює паралельне виконання операцій; знак номеру етапу моделювання «с»→; результат операції – послідовність отриманих значень зон Z_k ; pos-ind призначення – розділені «пробілами» числа. Числове кодування pos-ind замовлень також дозволяє скорочено представити групу елементів, які вже упорядковані. При таких позначеннях модель потоку МПВ для завдання $(Z_1, (5\ 4\ 2/6\ 9\ 7), Z_2, ())$ має вигляд:

«1» → E1H2(3) : $(Z_1, (5\ 4\ 2), Z_2, (6\ 9\ 7))$;

«2» → E1H1(2), H2E2(1) : $(Z_1, (2\ 4\ 5), Z_2, (9\ 7\ 6))$;

«3» → H2E1(3) : $(Z_1, (2\ 4\ 5\ 6\ 7\ 9), Z_2, ())$.

Легко перевірити, що для любого завдання РФ (S_1Q_1) достатньо однієї зони обслуговування Z_1 . Нехай $Z_1, (3\ 8\ 1/5\ 4\ 2/6\ 9\ 7)$, тоді оптимальна МКШ наступна:

«1» → H1E1(2) : $Z_1, (1\ 5\ 4/2\ 6\ 9\ 7\ 8\ 3)$;

«2» → H1E1(3) : $Z_1, (2\ 6\ 9\ 7\ 8\ 3\ 4\ 5/1)$;

«3» → E1H1(1) : $Z_1, (1\ 2\ 6/9\ 7\ 8\ 3\ 4\ 5)$;

«4» → H1E1(3) : $Z_1, (9\ 7\ 8\ 3\ 4\ 5\ 6/2\ 1)$;

«5» → E1H1(2) : $Z_1, (1\ 2\ 9\ 7/8\ 3\ 4\ 5\ 6)$;

«6» → H1E1(4) : $Z_1, (8\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7/9\ 2\ 1)$;

«7» → E1H1(3) : $Z_1, (1\ 2\ 9\ 8/3\ 4\ 5\ 6\ 7)$;

«8» → H1E1(4) : $Z_1, (3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 9/2\ 1)$;

«9» → E1H1(2) : $Z_1, (1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 9)$.

Для цього ж прикладу при побудові моделі паралельних потоків МПВ на трьох зонах $Z_k : (Z_1, Z_2, Z_3)$ отримано оптимальну модель процесу РФ $(S1Q1)$ вигляду

«1» → H1H2(2), E1H3(3)
: $(Z_1, (1\ 5\ 4\ 2), Z_2, (3\ 8), Z_3, (6\ 9\ 7))$;

«2» → H2E1(1), E2E3(1)
: $(Z_1, (1\ 5\ 4\ 2\ 3), Z_2, (), Z_3, (6\ 9\ 7\ 8))$;

«3» → H1H2(2), E343(2)
: $(Z_1, (4\ 2\ 3), Z_2, (1\ 5), Z_3, (8\ 7\ 6\ 9))$;

«4» → E2H1(1), E1H2(2), E3H3(1)
: $(Z_1, (5\ 4), Z_2, (3\ 2\ 1), Z_3, (9\ 8\ 7\ 6))$;

«5» → H1H2(2) : $(Z_1, (), Z_2, (5\ 4\ 3\ 2\ 1), Z_3, (9\ 8\ 7\ 6))$;

«6» → H2E3(5) : $(Z_1, (), Z_2, (), Z_3, (9\ 8\ 7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 2\ 1))$.

Наведені найпростіші приклади разом з тим показують повноту визначених операцій конструктивної моделі (3) стосовно завдань РФ составів. Вони також дають уяву щодо результативності запропонованих моделей графів МКШ та

МПВ, призначених для оптимального упорядкування неоднорідних послідовностей з урахуванням складності операцій формування.

Процедури інтелектуальної технології формування багатогрупних составів

У нашому дослідженні [8] представлені структура і моделі інноваційної інтелектуальної технології по формуванню БГС на сортувальних станціях, яка використовує для формування весь попередній досвід таких процесів. У ній головною є завдання формування спеціалізованих моделей, методів і засобів зазначених процесів, що мають відміну від існуючих в переході від одного поточного окремого завдання формування складу (ЗФС), як в існуючих методиках і технологіях, до встановлення зв'язку цього ЗФС з раніше виконаними розрахунками. Результати таких розрахунків далі зберігаються в базах даних і базах знань автоматизованої системи формування багатогрупних составів (АСФБГС).

В рамках запропонованої у [8] АСФБГС окреме завдання ЗФС реалізується на основі послідовності наступних процедур: - пошук в базі знань найбільш «схожого» (в деякій певній метриці) на поточне завдання варіанту ЗФС, шаблону для ЗФС; - використання цього варіанту в якості основи для до-формування ЗФС на основі швидких алгоритмів розрахунку планів; - передача результату розрахунків для реалізації отриманої ЗФС; - поповнення баз знань оптимальним шаблоном, розрахованим на основі повного перебору для поточного завдання формування ЗФС.

В АСФБГС однією з головних задач моделювання є створення баз даних і баз знань [5, 8, 10] шаблонів процесів формування багатогрупних составів. У базах зберігаються оптимальні для процесів РФ структури складів, а також всі необхідні для їх відтворення характеристики. Для цього попередньо виконується кодування структури чергового складу поїзда, перетворення кодів станцій призначення вагонів у відповідні внутрішні форми. Закодовані форми складів порівнюються з шаблонами БЗнШ, які представляють оптимальні структури розформування-формування складів, отримані на попередніх етапах функціонування ІТ ФМГС. Процедура порівняння та відбору шаблонів з БЗнШ може бути ефективно реалізована на основі метрик упорядкування (4). Створення бази БЗнШ дозволяє розглядати задачу РФ як пошук шаблону з можливістю формування, а не як завдання певного перебору.

Розглянемо завдання щодо удосконалення відомих алгоритмів завдань РФ з використанням метрики (4).

Таблиця 1

Розрахунки метрик упорядкування номерів груп составів

1. Вагони	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>8</u>	<u>6</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	3	5	9
2. Вар 1 формування	3	4	5	9	6	8	4	9	9	5	3
3. Вар 2 формування	3	5	9	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>2</u>	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>4</u>	<u>2</u>
Групи для початкового складу	5	1	4	3	4	2	1	0	0	1	4
Скорочені групи початкового складу	5	1	4	3	4	2	1	0	0	1	4
Розрахунок (4) для початкового складу	9	2	5	6	5	7	5	7	5	1	
Групи для Вар 1	0	1	2	3	2	2	1	2	2	1	0
Скорочені групи для Вар 1	0	1	2	3	2	2	1	2	2	1	0
Розрахунок (4) для В1	0	0	0	5	4	4	4	3	5	7	
Групи для Вар 2	0	1	2	0	0	1	2	1	1	0	1
Скорочені групи для Вар 2	0	1	2	0	0	1	2	1	1	0	1
Розрахунок (4) для В2	0	2	5	2	2	3	3	3	5	2	
Оцінки неупорядкованості	СН(Початковий)= 52, СН(В ₁)= 28 та СН(В ₂)= 24										

У таблиці 1 у першому рядку приведено початкову структуру ДНГ, а у рядках 2 та 3 – умовні варіанти нових структур, що утворені за допомогою операцій формування. Вар.1 утворений за рахунок приєднання в хвіст обернених перших трьох груп (відзначено жовтим та жирним шрифтом), а вар. 2 – за рахунок вставки у хвіст оберненої послідовності, яка підкреслена в таблиці. Розраховані метрики упорядкування (4) для варіантів дорівнюють, відповідно СН(В₁)= 28 та СН(В₂)= 24. За показниками СН(В) необхідно розвивати модель процесу за варіантом Вар 2.

В роботі [8] запропоновано процедури пошуку в БЗнШ шаблонів щодо оптимальної реалізації завдань РФ, які «подібні» до поточного вхідного завдання РФ багатогрупного составу. Разом з цим при відборі шаблонів оптимальної реалізації завдань РФ, які найкраще відповідають кодам вхідних послідовностей, можуть використовуватися метрики (4) наступним чином. Далі «подібними» до вхідної неупорядкованої послідовності Seq_{in} вважаються такі шаблони БЗнШ Seq_{sh}, для яких показники (4) є найменшими. Іншим конструктивним показником

близькості зазначених типів послідовностей являється кількість n_{seq} допустимих операцій перетворення, виконання яких переводить послідовності Seq_{In} до послідовності Seq_{Sh} . Для розрахунку таких показників необхідно задати правило, за яким встановлюються відповідності між кодами елементів послідовностей Seq_{In} та Seq_{Sh} . Сутність правила у тому, щоб занумерувати позиції Seq_{In} через позиції шаблону Seq_{Sh} . То ж в занумерованому коді Seq_{In} треба для кожного номера вказувати позиції, на яких знаходиться цей номер у послідовності Seq_{Sh} .

Наприклад, для $Seq_{In} = (5, 2, 4, 1, 2)$ та $Seq_{Sh} = (4, 3, 5, 2, 1)$ код послідовності різниці буде $Seq = (3, 4, 1, 5, 2)$, де «5» знаходиться в позиції «3», код «2» в позиції «4» ін. Показник «подібності» наведених послідовностей це показник (4) для послідовності Seq . Для визначення показника близькості n_{seq} необхідно конструктивно перетворити послідовність Seq у шаблон Seq_{Sh} , використовуючи допустимі операції формування. Нехай допустимими операціями являються операції (5). А БЗнШ містяться шаблони РФ Seq_{Sh} та шаблон $Seq_{Sh1} = (1, 3, 2, 4, 5)$. Побудуємо оптимальні потоки для відповідних процесів МКШ. Процедура P_1 для Seq_{Sh}

Н1Е1(2) : ($Z_1, (1, 5, 2, 3, 4), Z_2, ()$);
 Е1Н2(3) : ($Z_1, (1, 5), Z_2, (2, 3, 4)$);
 Н1Н2(1) : ($Z_1, (5), Z_2, (1, 2, 3, 4)$);
 Н1Е2(1) : ($Z_1, (), Z_2, (1, 2, 3, 4, 5)$); $n_{seq} = 4$.
 Процедура перетворення P_2 для Seq_{Sh1}
 Е1Н2(2) : ($Z_1, (1, 3, 2), Z_2, (4, 5)$);
 Н1Е1(1) : ($Z_1, (3, 2, 1), Z_2, (4, 5)$);
 Н1Н2(3) : ($Z_1, (), Z_2, (1, 2, 3, 4, 5)$); $n_{seq} = 3$.

Тобто Seq_{In} «ближче» до шаблону Seq_{Sh1} .

Важливо зазначити, що при відомій P_1^* оптимальній процедурі РФ для шаблону Seq_{Sh1} , оптимальна процедура РФ для Seq_{In} утворюється послідовною композицією P_2 та P_1^* . При цьому реалізується головна функція використання БЗнШ для процесів РФ.

З урахуванням запропонованих у статті математичних моделей процесів упорядкування послідовностей замовлень (об'єктів або завдань РФ БГС)), сформованих на основі теорії графів, можна представити загальну структуру удосконаленої інтелектуальної технології у наступному вигляді.

На рис. 1 представлена загальна структура інтелектуальної інформаційної технології РФ БГС, яка враховує запропоновані вище моделі процесів упорядкування у формі орієнтованих графів, а також процедури щодо застосування

моделей баз знань БЗнШ. Елементи структури визначають наступне.

1. Отримання вхідного потоку неупорядкованих структур даних.
2. Формування дійсних номерів груп на основі цілей вхідного потоку даних.



Рис. 1 Структура інтелектуальної інформаційної технології РФ БГС

3. Формування $In(Seq)$ послідовностей для оптимізації відбору подібних.

4. Проведення метричної оцінки неупорядкованості $In(Seq)$ послідовностей, пошук у БЗн подібного потоку з мінімальною «вагою».

5. Представлення в графічному вигляді моделей та задач перетворення з використанням КПМ.

6. На основі створених графів моделюємо процес упорядкування з урахуванням реальних складових процесу упорядкування для системи в якій виконується упорядкування.

7. На основі графу з урахуванням «ваги» і моделі з урахуванням реального процесу упорядкування розраховуємо економічні характеристики процесу упорядкування.

8. Візуалізація процесу упорядкування.

9. Конструювання плану для оператора процесу упорядкування.

10. Виконання коректування Бази знань з урахуванням змін процесу упорядкування для In(Seq) послідовностей.

11. Зберігання нових шаблонів процесів упорядкування у БЗнШ.

Висновки

В статті розроблена нова узагальнена постановка завдання із формування математичних логістичних моделей процесів упорядкування неоднорідних послідовностей замовлень з урахуванням складності операцій формування (УПСО). Вперше отримано нове представлення математичних моделей процесів розформування-формування багатогрупових составів, а також процесів УПСО, як потоків у мережах - моделями критичного шляху та максимальних потоків мінімальної вартості. За рахунок введення спеціалізованих показників міри упорядкування удосконалену інтелектуальну інформаційну технології формування багатогрупових залізничних составів. Для реалізації графічних моделей упорядкування послідовностей елементів запропоновано використання паралельних синхронних алгоритмів планування потоків у мережах.

Подальший розвиток нових постановок завдань УПСО полягає, зокрема, в комбінуванні моделей критичного шляху та максимального потоку мінімальної вартості. Для побудови математичних моделей теорії графів таких процесів упорядкування послідовностей можливо застосовувати технології конструювання, які супроводжуються онтологічними системами, запропонованими у [13].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. V. Bobrovsky, I. Skovron, A. Dorosh, Ye. Demchenko, V. Malashkin and T. bolvanovska. Simulation modeling of the process of disbanding multigroup compositions on a double-sided low power sorting slide. *Transport systems and transportation technologies*. – 2018 – Vol. 15. – P. 19-26. doi: <https://doi.org/10.15802/tst2018/150194>

2. V.S.S. Yadavalli, C. Balcou. A supply chain management model to optimise the sorting capability of a 'third party logistics' distribution centre // *South African Journal of Business Management* (48) 2017, p. 77-84. DOI 10.4102/sajbm.v48i1.22.

3. Dmytro Kozachenko, Volodymyr Bobrovskiy, Bogdan Gera, Ihor Skovron, & Alexandra Gorbova. An

optimization method of the multi-group train formation at flat yards // *International Journal of Rail Transportation*, Taylor & Francis Group, Published online 2020. <https://orcid.org/0000-0002-5612-2715>

4. Shang, Zhigang & Li, Mengmeng. (2016). Feature Selection Based on Grouped Sorting. 451-454. 10.1109/ISCID.2016.1111.

5. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. *Introduction to Algorithms* (The MIT Press) 3rd Edition, Kindle Edition. - 2010. – p. 1292 – ISBN 978-0262033848.

6. Holzhauser, M. Maximum flows in generalized processing networks / Sven O. Krumke, Clemens Thielen // *Journal of Combinatorial Optimization*. – 2016. – Vol. 33. – Iss. 4. – P. 1226–1256. doi. 10.1007/s10878-016-0031-y

7. Maximum and Minimum Cost Flow Finding in Networks in Fuzzy Conditions / A. V. Bozhenyuk, E. M. Gerasimenko, J. Kacprzyk, I. N. Rozenberg // *Flows in Networks Under Fuzzy Conditions*. – 2016. – Vol. 346. – P. 23–75. doi: 10.1007/978-3-319-41618-2_2

8. V.V. Skalozub, B.B. Bilyy. Structure of intellectual information technology for formation of multi-group train. *Transport systems and transportation technologies*. – 2019. – Vol. 17. - P. 62 – 69.

9. V.I. Shynkarenko, V.M. Ilman. Formal structures and their application: Monograph – Dnipro National University of Railway Transport. - 2009. – 205 p.

10. A.P. Jalovec. Representation and processing of knowledge in terms of mathematical modeling. *Kiev: Scientific thought*. – 2011. – 359 p.

11. V.I. Shynkarenko, V.M. Ilman and V.V. Skalozub “Structural models of algorithms in problems of applied programming. I. Formal algorithmic structures”. *Cybernetics and Systems Analysis*, vol. 45(3), 2009, pp 329-339. doi: org/10.1007/s10559-009-9118-0

12. V.V. Skalozub, L.O. Panik. Parallel synchronous algorithms for analysis and planning of inhomogeneous flows in transport networks. *Dnipro. National Metallurgical Academy of Ukraine, System technologies*. – 2017. – Vol. 17 (112). – P. 183–197.

13. Skalozub, V. Ontological support formation for constructive-synthesizing modeling of information systems development processes [Text] / V. Skalozub, V. Ilman, V. Shynkarenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2018. Vol. 5/54 (95) P. 55–63. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143968>

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Шинкаренком В.І.

Надійшла до редколегії 01.06.2020

Прийнята до друку 15.06.2020

МОДЕЛИ И ПРОЦЕДУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОГРУППНЫХ СОСТАВОВ И УПОРЯДОЧЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЗАКАЗОВ

Цель. В статье представлено развитие математических моделей интеллектуальной технологии формирования многогруппных железнодорожных составов, а также выполнен переход к ее обобщениям и формированию математических моделей логистической задачи упорядочения неоднородных последовательностей заказов. **Методика.** В работе предложен подход к моделированию процессов расформирования-формирования многогруппных составов, а также конструктивных процессов упорядочения наборов неоднородных последовательностей заказов средствами теории ориентированных графов. Сформирована усовершенствованная структура интеллектуальной информационной технологии упорядочения последовательностей заказов, которая использует процедуры управления базами знаний. **Результаты.** В статье предложены новые постановки задач упорядочения недетерминированных последовательностей, отличающиеся учетом различной сложности («веса») операций конструирования. Предложен метод формирования моделей процессов упорядочения на основе теории ориентированных и взвешенных графов. Для реализации графических моделей упорядочения последовательностей элементов предложено использование параллельных синхронных алгоритмов планирования потоков в сетях. Разработаны специализированные метрики упорядочения последовательностей, использование которых позволило реализовать задачи упорядочения последовательностей «с весом», а также построить эффективные процедуры поиска шаблонов в базах знаний процессов расформирования-формирования многогруппных составов. **Научная новизна.** Впервые задача по упорядочению неоднородных последовательностей заказов, а также задачи расформирования-формирования многогруппных составов, представленные моделями на графах - моделями критического пути и максимальных потоков минимальной стоимости. Усовершенствована метрика по определению степени упорядочения числовых последовательностей, а также процедуры поиска аналогов в базах знаний. **Практическая значимость.** Представление процессов упорядочения неоднородных последовательностей заказов и задач расформирования-формирования многогруппных составов классическими моделями оптимального планирования на основе теории графов позволяет повысить эффективность, результативность и достоверность соответствующих процессов планирования. Интеллектуальная информационная технология за счет использования средств баз знаний позволит уменьшить расходы на планирование процессов расформирования-формирования многогруппных железнодорожных составов.

Ключевые слова: недетерминированные последовательности; задача упорядочения; стоимость операций; многогруппные железнодорожные составы; процессы расформирования-формирования; интеллектуальные технологии; графические модели; максимальный поток минимальной стоимости; параллельные алгоритмы

V. SKALOZUB, L. PANIK, B. BILYY, M. SKALOZUB

MODELS AND PROCEDURES OF INTELLECTUAL TECHNOLOGY FOR FORMATION MULTI-GROUP TRAINS AND STREAMLINE THE HETEROGENEOUS SEQUENCES OF ORDERS

Purpose. The article presents the mathematical models development of intellectual technology for the multi-group railway trains formation, as well as the transition to its generalization and the mathematical models formation of the organizing inhomogeneous order sequences logistical task. **Method.** The article proposes an approach to modeling the processes of multi-group trains disbandment-formation, as well as constructive processes of ordering sets of heterogeneous order sequences by means of the oriented graphs theory. There has been formed the improved structure of intelligent information technology for ordering order sequences, which uses knowledge base management procedures. **Results.** The article proposes new formulations of problems of ordering nondeterministic sequences, which differ due to the different complexity ("weight") of design operations. There is proposed A method for forming models of ordering processes based on the theory of oriented and weighted graphs. There is proposed To implement graphical models of ordering the sequences of elements, the use of parallel synchronous algorithms for scheduling flows in networks . There have been developed specialized metrics for ordering sequences, the use of which has allowed to implement the task of ordering sequences "by weight", as well as to build effective procedures for finding patterns in the knowledge bases of the processes of disbandment-formation of multi-group trains. **Scientific novelty.** For the first time, the task of ordering heterogeneous order sequences, as well as the task of dismantling and forming multi-group formations are presented by models on graphs - models of critical path and maximum flows of minimum cost. The indicators for determining the degree of ordering of sequences, as well as there have been improved the procedure for searching for analogues in knowledge bases. **Practical significance.** Representation of processes of ordering heterogeneous orders sequences and tasks of multi-group structures dismantling-formation by classical models of optimal planning on the basis of the graph theories allows to increase efficiency, performance and reliability of the corresponding planning processes. Intelligent information technology through the use of knowledge bases will reduce the cost of planning the multi-group railway trains disbandment and formation processes.

Keywords: nondeterministic sequences; ordering tasks; cost of operations; multi-group railway trains; intellectual technologies, graphic models; maximum flow with minimum cost; parallel algorithms

УДК 656.022

А. М. ПАСІЧНИК^{1*}, Є. С. КУЩЕНКО^{2*}

^{1*} Університет митної справи та фінансів, вул. Вернадського, 2/4, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 8876950, ел. пошта ranukr977@gmail.com, ORCID 0000-0002-8561-1374

^{2*} ПАТ «Одеський припортовий завод», вул. Заводська, 3, 65481, м. Южне, Україна, тел. +38 (066) 8841551, ел. пошта jeni4i1990@gmail.com, ORCID 0000-0001-9145-5390

ДО ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ КОНТЕЙНЕРНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ

У статті розглянуті актуальні питання розвитку транспортно-логістичної інфраструктури на основі впровадження сучасних технологій переробки вантажопотоку в морських портах. **Метою** цієї статті є розробка технічних пропозицій для впровадження в роботу з перевалки контейнерів на транспортно-логістичному комплексі «ТІС». **Результати.** В роботі проводилися розрахунки з урахуванням поточних показників роботи контейнерного терміналу «ТІС». За основу були взяті добові показники переробки контейнерів. Розрахунки проводилися при обліку всієї задіяної техніки з відповідними належними технічними перервами в роботі, які відбуваються в реальному часі. Виходячи з цього, отримані результати мають достатньо високу достовірність і дозволили встановити наскільки можна збільшити обсяги переробки контейнерів після проведення модернізації терміналу. До **наукової новизни** слід віднести впровадження комплексу заходів з модернізації технологічних схем та технічного обладнання, що включають: запровадження структурованого розподілу виконання вантажно-розвантажувальних операцій, реконструкція залізничних транспортних гілок для забезпечення прямого перевантаження контейнерів із суден. **Практична значимість** полягає в тому, що запровадження запропонованих заходів дозволило терміналу «ТІС» впевнено вийти на перше місце серед портів України за обсягами переробки вантажопотоку. Запропонована модель допускає узагальнення для удосконалення ефективності роботи інших портових транспортно-логістичних центрів.

Ключові слова: транспортні технології; транспортно-логістичні комплекси; контейнерні потоки

Вступ

Інтеграція України в світову господарську систему, підвищення рівня товарообміну між країнами, міжнародна конкуренція, формування транспортно-логістичної інфраструктури сприяють активізації розвитку системи мультимодальних перевезень, яка забезпечує організаційно-технологічну взаємодію різних видів транспорту, координацію та синхронізацію процесів транспортно-логістичного обслуговування, встановлення партнерських відносин між усіма учасниками ланцюга доставки вантажів на вигідних умовах [1].

Транспорт сьогодні є найбільш значущою частиною в розвитку економіки, поліпшення рівня життя населення та стабілізації логістичної інфраструктури. Завдяки логістичним процесам відбувається задоволення потреб населення. Проявляється це стабільністю роботи транспорту на території країни і виступає заставою в перевезенні людей і товарів, вдосконалення конкуренції і розвитку свободи комерційної діяльності.

Для України, що вступила на шлях нових економічних відносин, розташованої

географічно так, що її морські порти є вузлами для вантажів, що направляються в усі кінці світу, розвиток і удосконалення контейнерних перевезень є життєво важливим чинником [2]. Варто відзначити, що в розвинених країнах одним із стійких елементів розвитку країни були саме транспортно-логістичні інфраструктури, які включали в себе бізнес-регулювання при переміщенні товарів. Це дало можливість організувати товарний потік, який максимально обмежив логістичні витрати і мінімально скоротив термін доставки товарів до споживачів. Відповідно одним з ключових факторів розвитку результативності логістичної системи виступає створення і взаємозв'язок таких центрів по всій території країни, розширення сфери з надання консалтингових послуг, термінальне обслуговування, а також використання мультимодальної доставки вантажу.

Використання контейнерів в мультимодальних перевезеннях стало найзручнішим і незамінним засобом переміщення товарів. Контейнера сьогодні відіграють велику роль у перевезенні вантажів, так як це в першу чергу тара, яка може використовуватися постійно без вкладень в неї, по-друге, контейнера дозволяють сортувати

вантаж по видам, і по-третє, простота в вантажно-розвантажувальних роботах контейнерів за рахунок своїх форм, дозволяє щільно укомплектувати їх на судні і на логістичних складах.

Постановка проблеми

Контейнера себе настільки вже зарекомендували у використанні, що на даний момент альтернативного використання, яке було б простіше і дешевше в експлуатації, просто не існує. В Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року зазначені загальні проблеми, що потребують розв'язання, серед яких низький рівень розвитку інтермодальних перевезень та наявність «вузьких місць» транспортної інфраструктури і, як наслідок, низька швидкість доставки вантажів у визначений строк [3]. Інтерес до цього виду сполучення пояснюється його економічною ефективністю і такими очевидними перевагами над транспортуванням вантажів в вагонах, як: скорочення витрат вантажовідправників в упаковці вантажу і формування пакетів; автоматизація вантажних, складських і комерційних операцій та скорочення їх кількості; підвищення продуктивності праці; скорочення простоїв транспортних засобів під вантажними операціями; скорочення потреби в критичних складах на станціях і залізничних шляхах не загального користування; підвищення ступеня збереження вантажів; підвищення пропускної спроможності місць навантаження і вивантаження; організація з мінімальними витратами змішаних перевезень; забезпечення реалізації послуг перевізника за принципом «від дверей до дверей» [4].

У межах світової транспортної системи підвищилася конкуренція між окремими видами транспорту, збільшився внесок морського, авіаційного та автомобільного транспорту в загальносвітовий вантажообіг з одночасним зниженням питомої ваги залізниць і внутрішніх водних шляхів. Це дасть можливість гармонізувати та зробити більш збалансованою транспортну систему країни у цілому [5].

Нинішня стадія розвитку морських портів в світі набирає значних обертів. Поступово впроваджуються інформаційні технології з метою автоматизації робочого процесу, відбувається модернізація об'єктів транспортної інфраструктури і розширення законодавчої бази в сфері морської галузі. Однак кожна країна виконує дані оновлення по мірі своєї фінансової та економічної можливостей. Таким чином, виходить, що рівень розвитку всіх портів світу є різним.

У зв'язку з цим з'являється конкурентне середовище між портами, що в принципі позитивно впливає на їх розвиток, оскільки з'являється суперництво за право надавати свої послуги споживачам. Але існує багато проблемних аспектів, які не дають стандартизувати технологію переробки вантажопотоку у всіх портах.

Одним словом не існує єдиної моделі портівих терміналів. Проблеми виникають в документальному обороті, оскільки у кожній державі свої вимоги до переліку документів, необхідних для того, щоб судно зайшло в порт. Тим більше на сьогоднішній день деякі країни перейшли на електронний формат подачі документів. Другим моментом виступають різні терміни вантажно-розвантажувальних робіт судна, так як термінальні потужності портів відрізняються один від одного. Тому ідеальним варіантом вирішення цих всіх нюансів було б створення уніфікованої схеми роботи порту. Це дозволило б організувати роботу будь-якого порту світу і отримувати однакові показники роботи терміналів. Таким чином, для вирішення даної проблеми пропонується модель функціонування об'єктів порту на базі контейнерного терміналу «ТІС».

Мета статті

Метою цієї статті є аналіз та розробка технічних пропозицій з удосконалення технологій та модернізації технологічного обладнання з переробки вантажопотоку в транспортно-логістичному комплексі «ТІС».

Виклад основного матеріалу

На сьогоднішній день, звертаючи увагу на збільшений вантажопотік у всьому світі, варто відзначити актуальне питання про важливість впровадження сучасних технологій переробки вантажопотоку. Це обґрунтовується тим, що модернізаційні процеси не виконуються або виконуються частково, доставляючи при цьому цілий ряд збоїв при вантажно-розвантажувальних роботах, а також при функціонуванні комплексів в цілому. Отже наші пропозиції, які були прийняті в якості одного із компонентів реформування транспортно-логістичного комплексу «ТІС», мають саме технічний характер [6].

За результатами роботи в 2018 році контейнерний термінал «ТІС», за даними Адміністрації морських портів України, зайняв друге місце серед портів України з переробки вантажопотоку. За підсумками поточного року морські порти України перевалили 846,5 тис. TEU контейнерних вантажів. Так, термінал «ТІС» обробив

124,9 тис. TEU, порт Одеса – 598,6 тис. TEU, в Чорноморську – 122,6 тис. TEU [7].

За 2019 рік обсяг контейнерної перевалки українських морських портів досяг рекордного за попередні десять років показника – 1 млн TEU, перевищивши тим самим показники 2018 року на 18% [8]. Обсяг перевалки портів-лідерів з контейнерних перевезень наведений на рис. 1.

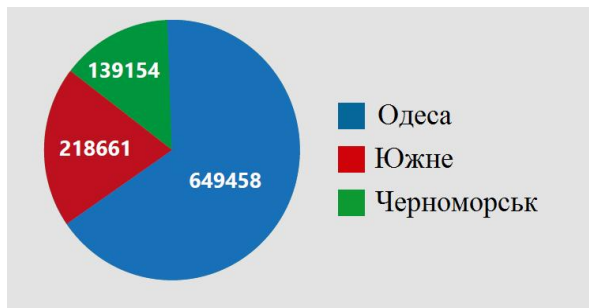


Рис. 1. Обсяг перевалки портів-лідерів, TEU

Як видно з рис. 1 в 2019 році в порівнянні з 2018 роком, зростання перевалки контейнерів постійно зростає, показуючи тим самим необхідність модернізації існуючих технологічних схем, для подальшого збільшення переробки контейнерів.

Для перевалки контейнерів була запропонована технологічна схема з використанням прямого перевантаження із суден на залізничний транспорт, як основного виду виконання вантажно-розвантажувальних робіт з мінімальними витратами часу і ресурсів (див. рис. 2). Сьогодні логістичний термінал «ТІС» працює в звичайному режимі за допомогою перевантажувальних кранів, які вивантажують контейнери і вантажать їх на автомобільні транспортні засоби та потяги. Раніше цей процес відбувався без участі залізничного транспорту.

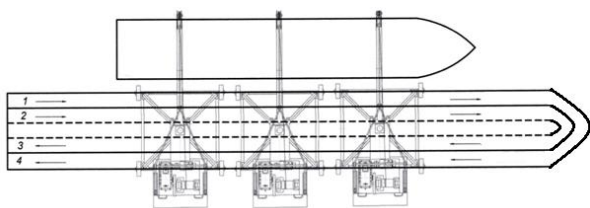


Рис. 2. Технологічна схема з використанням прямого перевантаження контейнерів із суден на залізничний транспорт

У ході виконання досліджень було розраховано і запропоновано використання залізничної колії, яка також може брати участь у вивезенні контейнерів з причалу. Для цього необхідно було прокласти залізничну колію в формі еліпса до контейнерного терміналу. Одним словом, рухомий склад зможе подаватися як з північної

сторони, так і з західної, забезпечуючи при цьому паралельність в роботі з автомобільним транспортом. Вся ця схема зменшить час простоя суден при вантажно-розвантажувальних роботах.

Для даних розрахунків була використана тривалість циклу крану прогонового типу «Super-Post-Panamax» при перевантаженні вантажів:

$$T_{\text{ц}}^{\text{TP}} = t_{\text{зах}} + t_3 + e(t_{\text{п.н}} + t_{\text{пер.н}} + t_{\text{о.н}} + t_{\text{п.п}} + t_{\text{пер.п}} + t_{\text{о.п}}), \quad (1)$$

де $t_{\text{зах}}$, t_3 – тривалість операцій захоплення і застропки вантажу, с;

$t_{\text{пер.н}}$, $t_{\text{пер.п}}$ – тривалість операцій переміщення навантаженого і порожнього захватного пристрою, с;

$t_{\text{п.н}}$, $t_{\text{п.п}}$ – тривалість операції підйому порожнього і навантаженого захватного пристрою, с;

$t_{\text{о.н}}$, $t_{\text{о.п}}$ – тривалість операцій опускання навантаженого і порожнього захватного пристрою, с;

e – коефіцієнт суміщення операцій, $e=0,8$.

Тривалість операцій підйому (опускання) навантаженої і порожньої консолі при перевантаженні контейнерів:

$$t_{\text{TP(O)}} = \left(\frac{H_{\text{п}}}{V_{\text{п}}} + \frac{t_{\text{р}} + t_{\text{г}}}{2} \right), \quad (2)$$

де $H_{\text{п}}$ – висота підйому (опускання) навантаженого і порожнього захватного пристрою, м.

$V_{\text{п}}$ – швидкість механізму підйому крану, м/с; $t_{\text{р}}$, $t_{\text{г}}$ – тривалість операцій розгону і гальмування двигунів механізму підйому, с.

Тривалість операцій переміщення крану визначаємо за формулою:

$$t_{\text{пер}} = \left(\frac{L_{\text{пер}}}{V_{\text{пер}}} + \frac{t_{\text{р}} + t_{\text{г}}}{2} \right) \quad (3)$$

де $L_{\text{пер}}$ – відстань переміщення крану з навантаженим або порожнім захватним пристроєм, м;

$V_{\text{пер}}$ – швидкість механізму пересування, м/с.

Експлуатаційна продуктивність визначається за формулою:

$$W_e = W_{\text{т}} \cdot \eta_u \cdot \gamma_{\text{г}}, \quad (4)$$

де $W_{\text{т}}$ – технічна продуктивність крану;

$\gamma_{\text{г}}$ – коефіцієнт використання крану за вантажопідйомністю;

η_u – коефіцієнт використання крану за часом, $\eta_u=0,8-0,9$.

$$\gamma_{\text{г}} = q_{\text{ф}}/q_{\text{к}}, \quad (5)$$

де q_{ϕ} – фактична вантажопідйомність, т;
 q_k – вантажопідйомність крану, т.

Після виконаних розрахунків були отримані результати експлуатаційної продуктивності, які стали більшими в 2,4 рази в порівнянні з об'ємом переробки за попередньою технологічною схемою.

Висновки

1. Досліджена нами і прийнята терміналом «ТІС» технологічна схема, в якості одного із компонентів реформування транспортно-логістичного комплексу, показала, що щорічний приріст контейнерної перевалки збільшується і стає питанням про те, чи зможуть порти однаково переробляти велику кількість контейнерів.

2. Зміна напрямку залізничних гілок, а саме розташування їх поблизу суден дало можливість збільшити одночасно розвантаження контейнерів з судна на автомобільний і паралельно на залізничний транспорт.

3. Отримані теоретичні результати показали ефективність моделі в 2,4 рази, з урахуванням всіх похибок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кухарчик О. Г. Ринок мультимодальних перевезень регіону та стратегія його розвитку: дис. на здобуття вчен. ступеня канд. економ. наук : спец. 08.00.05. «розвиток продуктивних сил та регіональна економіка» / О. Г. Кухарчик. – Херсон, 2019.

2. Дрожжин О. Л. Організація роботи суден-контейнеровозів на фідерних лініях: дис. на здобуття вчен. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01. «транспортні системи» / О. Л. Дрожжин. – Одеса, 2019.

3. Орда О. О. Формування стратегій організації інтермодальних контейнерних перевезень в ланцюгах

постачань на принципах кооперації учасників: автореф. дис. на здобуття вчен. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01. «транспортні системи» / О. О. Орда. – Харків, 2019.

4. Поспелов А. М. Оптимізація техніко-технологічних параметрів системи контейнерних перевезень на залізниці: автореф. дис. на здобуття вчен. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.08. «управління процесами перевезень» / А. М. Поспелов. – Єкатеринбург, 2009.

5. Кузьменко А. І. Удосконалення транспортно-логістичних процесів обслуговування вантажопотоків на території річкового порту / А. І. Кузьменко, О. В. Трофімов // Системи та технології. – 2018. – № 1. – с. 89–113. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/ujrn/vamsutn_2018_1_9.

6. Кущенко Є. С. Акт про впровадження в практичну діяльність підприємства «ТІС» результатів науково-дослідної роботи від 20 листопада 2017 року, затверджений директором ТОВ «ТІС-Контейнерний Термінал».

7. Морські порти України торік збільшили перевалку контейнерів майже на 19% - АМПУ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2624001-morski-porti-ukraini-torik-zbilsili-perevalku-kontejneriv-majze-na-19-ampu.html>

8. Порти України: підсумки 2019-го і перспективи на 2020-й // Aqua Marine. – 2020. – № 13. – С. 30-32.

9. Кузьменко А. І., Разгонов С. А., Кущенко Є. С., Підвищення ефективності роботи транспортної системи України за рахунок розвитку контейнерних перевезень [текст]: матеріали 79 міжнародної наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», Дніпро, 16-17 травня 2019. – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Надійшла до редколегії 03.06.2020

Прийнята до друку 12.06.2020

А. Н. ПАСЕЧНИК, Е. С. КУЩЕНКО

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ

В статье рассмотрены актуальные вопросы развития транспортно-логистической инфраструктуры на основе внедрения современных технологий переработки грузопотока в морских портах. **Целью** этой статьи является разработка технических предложений по внедрению в работу по перевалке контейнеров на транспортно-логистическом комплексе «ТИС». **Результаты.** В работе проводились расчеты с учетом текущих показателей работы контейнерного терминала «ТИС». За основу были взяты суточные показатели переработки контейнеров. Расчеты проводились при учете всей задействованной техники с соответствующими надлежащими техническими перерывами в работе, которые происходят в реальном времени. Исходя из этого, полученные результаты имеют достаточно высокую достоверность и позволили установить, насколько возможно увеличить объемы переработки контейнеров после проведения модернизации терминала. **К научной новизне** следует отнести внедрение комплекса мер по модернизации технологических схем и техническому оборудованию, включающих: введение структурированного распределения выполнения погрузочно-разгрузочных операций, реконструкция железнодорожных транспортных веток для обеспечения прямой перегрузки контейнеров с судов. **Практическая значимость** заключается в том, что внедрение предложенных мероприятий

позволило терминалу «ТИС» уверенно выйти на первое место среди портов Украины по объемам переработки грузопотока. Предложенная модель допускает обобщение для усовершенствования эффективности работы других портовых транспортно-логистических центров.

Ключевые слова: транспортные технологии; транспортно-логистические комплексы; контейнерные потоки

A. N. PASICHNYK, E. S. KUSHCHENKO

ON THE EFFICIENCY TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PROCESSING CONTAINER FREIGHT FLOWS

The article discusses current issues of the development of transport and logistics infrastructure based on the introduction of modern technologies for processing cargo flow in seaports. **The purpose** of this article is to develop technical proposals for the implementation of container transshipment at the «TIS» transport and logistics complex. **Results.** In the work, calculations were carried out taking into account the current performance indicators of the «TIS» container terminal. The basis was taken daily indicators of container handling. The calculations were carried out taking into account all the involved equipment with the corresponding appropriate technical interruptions in work that occur in real time. Proceeding from this, the obtained results have a rather high reliability and made it possible to establish how much it is possible to increase the volumes of container processing after the terminal modernization. **The scientific novelty** should include the introduction of a set of measures to modernize technological schemes and technical equipment, including: the introduction of a structured distribution of loading and unloading operations, the reconstruction of railway transport lines to ensure direct transshipment of containers from ships. **The practical significance** lies in the fact that the implementation of the proposed measures allowed the «TIS» terminal to confidently take the first place among the ports of Ukraine in terms of cargo flow processing. The proposed model can be generalized to improve the efficiency of other port transport and logistics centers.

Keywords: transport technologies; transport and logistics complexes; container flows

Наукове видання

З Б І Р Н И К

**наукових праць
Дніпровського національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

«ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

Випуск 19

(українською, російською та англійською мовами)

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ № 17328-6098Р від 14.10.2010 р. видане Міністерством юстиції України*

*Відповідальний за випуск М. І. Березовий
Комп'ютерне верстання В. В. Малашкін*

Статті в збірнику друкуються в авторській редакції

Формат 60x84¹/₈. Ум. друк. арк. 5,98. Тираж 100 пр. Зам. № _____

Віддруковано у видавництві Дніпровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.
вул. Лазаряна, 2, кім. 1201, м. Дніпро, 49010, Україна

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003.

Адреса редакції та видавця:
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна
Тел.: +38 (056) 793-19-13, e-mail: n.berezovy@gmail.com
<http://tsst.diit.edu.ua>