

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 18*

Дніпро  
2019

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 30.09.2019 р., протокол № 2*

Збірник наукових праць «Транспортні системи та технології перевезень», наказом Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 р. № 1528, внесено до 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, 2019. – Вип. 18. – 112 с.

ISSN 2313-8688

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, 2019

# ЗМІСТ

**Я. В. БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ** (Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ У МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ..... 5

**Т. В. БОЛВАНОВСЬКА, С. В. БОРИЧЕВА** (Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна), **Ю. М. ГЕРМАНЮК** (Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТА МОРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ..... 16

**О. М. ВОЗНЯК** (Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТИ РУХОМОЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ОДИНИЦІ ШЛЯХОМ ВИМІРЮВАННЯ ВХІДНОГО ІМПЕДАНСУ РЕЙКОВОЇ ЛІНІЇ ..... 23

**В. С. ВОРОПАЙ, В. А. НЕЧЕПОРЕНКО** (Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет»)

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО ОСМОТРА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА СТАНЦИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ..... 31

**А. А. ЖИЛИНКОВ** (Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет»)

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В ПРЕДЕЛАХ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА ..... 37

**А. С. КРАСУЛИН** (Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет»)

ТРАНСПОРТНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЦЕХОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ..... 42

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

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ РОЗФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ ..... 52

**Г. В. МАСЛАК** (Державний вищий учбовий заклад «Приазовський державний технічний університет»)

СТАН І ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ МАТЕРІАЛОРУХУ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ЗОВНІШНЬОГО ВАГОНПОТОКУ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ ..... 59

**О. А. НАЗАРОВ** (Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЯХ ..... 69

**А. М. ОКороков, Р. В. Вернигора, П. С. Цупров, Р. О. Сузак** (Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ПРИВАТНОЇ ТЯГИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЦЕМЕНТНОЇ СИРОВИНИ..... 75

**С. А. ПОЖИДАЕВ** (Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»), **Е. С. КИСЕЛЕВСКИЙ** (РУП «Жлобинское вагонное депо» РУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЁТНЫХ БЕГУНОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК С УЧЁТОМ ИЗМЕНЕНИЯ МАССЫ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ЧАСТЕЙ ВАГОНОВ И ИХ ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ..... 88

**Г. О. ПРИМАЧЕНКО, Л. І. ДМИТРІВ** (Український державний університет залізничного транспорту)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДУМОВ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ.... 97

**І. Я. СКОВРОН, Є. Б. ДЕМЧЕНКО, А. С. ДОРОШ, В. В. МАЛАШКІН** (Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

МЕТОДИ ДВОСТОРОННЬОГО ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ..... 103

УДК 124.456.7:878.9

Я. В. БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ

Каф. «Рухомого складу і колії», Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Іванни Блажкевич, 12-а, 79056, Львів, Україна, тел. +38 (050) 678 15 03, ел. пошта jarik762145@gmail.com, ORCID 0000-0002-4787-1781

## ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ У МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

**Мета.** Метою роботи є підвищення безпеки руху міжнародних вантажних залізничних перевезень шляхом визначення пріоритетних шляхів удосконалення відповідної нормативної бази на основі аналізу фактичного випадку травмування працівника при виконанні ним своїх посадових обов'язків. **Методика.** Дослідження проводилось з використанням методів судової залізнично-транспортної експертизи, які стосуються визначення технічного стану об'єктів залізничного транспорту та побудови механізму залізнично-транспортної пригоди. **Результати.** У статті у контексті безпеки руху розглянуто випадок травмування працівника Державної прикордонної служби України при виконанні ним своїх посадових обов'язків по огляду вагона приналежності однієї з європейських держав – членів ЄС та Організації співробітництва залізниць. Експертне дослідження даного випадку дозволило виявити проблемні питання безпеки руху у міжнародних вантажних залізничних перевезеннях, які пов'язані з недосконалістю нормативної бази та неналежним підходом посадових осіб Укрзалізниці до формування бази місцевих нормативних документів. Проаналізована нормативна база у галузі безпеки руху міжнародних вантажних залізничних перевезень. Встановлено технічний стан елементів вантажного вагону приналежності іноземної держави. Встановлена безпосередня технічна причина травмування працівника. Показано, що недоліки у розробці та веденні нормативно-технічної документації не дозволили встановити першопричини та послідовність проміжних технічних причин, що призвели до травмування працівника. З цієї ж причини не вдалося встановити технічну можливість запобігання травмуванню та провести претензійну роботу з іноземною державою, тобто захистити права громадянина України. **Наукова новизна.** У статті вперше методи дослідження механізму залізнично-транспортних пригод (сходів з рейок та зіткнень рухомого складу) застосовані до аналізу механізму травмування працівника. З використанням даних методів вперше розглянуто випадок травмування громадянина України у вантажному вагоні іноземної держави. **Практична значимість.** Розглянута методика дослідження може бути використана при аналізі подібних випадків у майбутньому. Запропоновані невідкладні шляхи удосконалення нормативної бази з безпеки руху у галузі міжнародних залізничних перевезень, що дозволить підвищити безпеку руху.

*Ключові слова:* безпека руху; вантажні міжнародні перевезення; технічний стан; механізм залізнично-транспортної пригоди

### Вступ

Інтеграція залізниць України у європейський транспортний простір ставить пріоритетними задачі забезпечення безпеки руху при міжнародних залізничних перевезеннях. Вирішенню даного питання присвячена значна кількість робіт [1, 2] та ін.

Україна є членом Організації Співробітництва Залізниць (ОСЗ) [3] і взяла на себе усі зобов'язання щодо забезпечення безпеки міжнародного залізничного руху. У той же час і інші держави-члени ОСЗ повинні виконувати передбачені вимоги безпеки.

Засновник судової залізнично-транспортної експертизи, д.т.н. Сокол Е.М. ще у 2008 році у праці [4] відзначав, що недоліки у нормативних документах є джерелом виникнення небезпеки.

На жаль недосконалість нормативної бази та подекуди неналежне відношення до розробки місцевих нормативних документів, які регулюють питання безпеки руху у міжнародних перевезеннях і у теперішній час призводить до транспортних пригод, що пов'язані зі сходами з рейок рухомого складу та травмуванням людей. Слід зазначити, що у багатьох випадках залізничні адміністрації сусідніх держав, відстоюючи власні інтереси, чинять перешкоди у розслідуванні залізнично-транспортних пригод з вагонами, які приймають участь у міжнародних перевезеннях, а недосконалість вітчизняної нормативної бази цьому сприяє.

Одним з таких прикладів став випадок травмування працівника прикордонної служби при виконанні ним своїх посадових обов'язків по огляду вагону іноземної держави, яка є членом

Євросоюзу і підписантом договору «Про правила користування вантажними вагонами у міждержавному сполученні» [5] у залізничному пункті пропуску через державний кордон України.

З метою нерозголошення даних слідства інформація, яка б дозволила ідентифікувати місце, час та учасників подій, у статті змінена.

### Обставини залізнично-транспортної пригоди

26 лютого 2019 року працівник Державної прикордонної служби України Петренко П.П. у рамках виконання своїх посадових обов'язки на прикордонному залізничному контрольно-пропускному пункті проводив огляд вантажного вагона приналежності держави М, який повертався з України у порожньому стані. Загальний вигляд вагона показаний на рис. 1.

Під час огляду вказаного вагона Петренко П.П. був травмований внутрішньою рухомою перегородкою вказаного вагона (рис. 2), яка злетіла з направляючих при спробі її переміщення.



Рис. 1. Загальний вигляд вантажного вагона, у якому відбулося травмування



Рис. 2. Загальний вигляд рухомої внутрішньої перегородки, яка травмувала прикордонника

У процесі службового розслідування даного випадку оглядач вагонів, який проводив їх огляд після розвантаження, пояснив що під час огляду зауважень до технічного стану вагона виявлено не було.

### Аналіз нормативної бази у галузі міжнародних залізничних перевезень

Базовим нормативним документом, який визначає вимоги до технічного стану вантажних вагонів у міжнародному сполученні є Правила [5].

Відповідно до пункту 1.1 Правил [5], „*настоящие Правила распространяются на все передаваемые в международном сообщении:*

*- вагоны грузового парка, контейнеры, поддоны и перевозочные приспособления железных дорог – Сторон Договора о ПГВ*”.

Відповідно до пункту 2.1 Правил [5], „*к обращению в международном сообщении по железным дорогам допускаются вагоны, годные для эксплуатации и соответствующие Техническим требованиям Приложения 1 к ПГВ*”.

Відповідно до пункту 3.7 Правил [4], „*вагоны могут быть не приняты по следующим причинам:*

*3.7.1 если вагоны не удовлетворяют требованиям настоящих Правил*”.

Відповідно до пункту 12.1 Правил [5], „*специальные приспособления, являющиеся неотъемлемой частью вагона и имеющие номер этого вагона (например, постоянные дверные щиты, стойки), перевозочными приспособлениями не считаются. Ответственность дорожника за повреждение или утрату таких частей определяется §6 ПГВ*”.

Відповідно до пункту 6.15.1 Правил [5], „*съёмными приспособлениями грузового вагона являются те приспособления, которые предусмотрены конструкцией вагона, но не прикреплены неподвижно к нему и во время эксплуатации могут быть сняты временно и снова поставлены на вагон. Перечень съёмных приспособлений изложен в Приложении 44 к ПГВ*”.

Відповідно до пункту 6.15.2 Правил [5], „*съёмные приспособления вагона должны иметь цифровой код железной дороги-собственницы вагона*”.

Відповідно до пункту 6.15.3 Правил [5], „*количество и вид съёмных приспособлений грузовых вагонов должны быть указаны на трафаретах, которые наносятся на обеих наружных боковых стенах вагона согласно Приложению 44 к ПГВ. Ответственность за отсутствие или повреждение съёмных приспособлений грузовых вагонов возникает только в том случае,*

если они указаны на боковых стенках вагона”.

Відповідно до пункту 6.15.4 Правил [5], „съёмные приспособления грузовых вагонов должны устанавливаться в соответствующих местах. Подвижные стойки, если позволяет груз, устанавливаются в скобы, предусмотренные для них.

Когда вид груза не позволяет, чтобы съёмные приспособления вагонов были установлены на свои места, они должны быть установлены так, чтобы их было видно. Их надо закрепить так, чтобы они не могли бы потеряться или же из-за размещения, или выпадения угрожать безопасности движения”.

Відповідно до пункту 6.15.5 Правил [5], „съёмные приспособления не должны отделяться от своего вагона”.

Відповідно до пункту 11.2 Приложения 1 Правил [5], „не допускаются следующие неисправности кузова вагона:

11.2.1. Неисправность стойки или дверного бруса, вызывающая потерю груза, повреждение груза или создающая угрозу безопасности движения”.

Окрім того, обов'язковими для виконання є вимоги національних нормативних документів: Правил [6], Інструкції [7], які стосуються технічного стану будь-якого рухомого складу, що курсує залізницями України. Так згідно вимог пункту 12.1 Правил [6], „забороняється випускати в експлуатацію і допускати до руху в поїздах рухомий склад, що має несправності, які порушують охорону праці, а також ставити в поїзди вантажні вагони, стан яких не забезпечує збереження вантажів, що перевозяться”.

Відповідно до пункту 7.1 Інструкції [7], „забороняється ставити в поїзди:

- вагони з ослабленим кріпленням обладнання, вузлів, деталей і запобіжних пристроїв (болтів, гайок, контргайок, шайб, шплінтів, заклепок) на рамі і кузові вагона”.

Розглянемо вимоги нормативних документів, у яких відображені вимоги до організації комерційного та технічного огляду і обслуговування вагонів, у тому числі вагонів приналежності держави М на території України.

Відповідно до пункту 12.11 Правил [6], „технічне обслуговування без відчеплення та з відчепленням і ремонт вагонів проводиться в пунктах технічного обслуговування, у вагонних депо і на заводах.

Під час технічного обслуговування перевіряється:

стан та зношеність вузлів та деталей;  
справність кузовів, що гарантує збереження вантажів, які перевозяться”.

Відповідно до пункту 12.12 Правил [6], „на станціях формування і розформування, під час прямування – на станціях, передбачених графіком руху поїздів, кожний вагон поїзда має пройти технічне обслуговування, а в разі виявлення несправності – відремонтований”.

Відповідно до пункту 12.13 Правил [6], „працівники пунктів технічного обслуговування мають своєчасно, відповідно до технологічного процесу і графіка руху поїздів, проводити технічне обслуговування та ремонт вагонів”.

Відповідно до пункту 1.4 Правил [8], „пункти комерційного огляду за своїм розташуванням поділяються на:

в) міждержавні – розташовані на залізницях України в зоні, суміжній з іншими державами, де здійснюється комерційний огляд поїздів, що рухаються в міждержавному сполученні”.

Відповідно до пункту 1.5 Правил [8], „на залізницях можуть організовуватися об'єднані (між залізничні або міждержавні) ПКО – із спільним комерційним оглядом поїздів працівниками залізниці, що здає поїзди, і залізниці, яка їх приймає.

Об'єднані ПКО організовуються спільно суміжними залізницями за погодженням з Укрзалізницею”.

Відповідно до пункту 1.6 Правил [8], „начальник залізниці може організувати суміщені пункти комерційного огляду і технічного обслуговування поїздів працівниками ПТО, або працівниками інших господарств, які пройшли відповідне навчання і склали іспити встановленим порядком.

Технологічний процес роботи такого суміщеного пункту затверджується начальником залізниці”.

Відповідно до пункту 1.7 Правил [8], „робота ПКО організовується згідно з технологічним процесом роботи пункту комерційного огляду поїздів, який розробляється на підставі Типового технологічного процесу роботи ПКО з урахуванням технічного оснащення та місцевих умов роботи станції.

Технологічний процес роботи міждержавного об'єданого ПКО затверджується начальниками суміжних прикордонних залізниць”.

Відповідно до пункту 1.14 Правил [8], „робота міждержавного ПКО організовується з урахуванням вимог міждержавних угод про передачу вагонів (контейнерів) та вантажів на кордоні”.

Відповідно до пункту 4.1.4 Інструкції [7], „при технічному обслуговуванні вагонів перевірити:

- наявність деталей і вузлів вагонів і їхню відповідність встановленим нормативам;

- справність кузова вагона”.

Відповідно до пункту 4.1.5 Інструкції [7], „працівники пунктів технічного обслуговування: оглядачі вагонів і оглядачі-ремонтники (далі оглядачі), інші працівники ПТО повинні відповідно до технологічного процесу вчасно виконувати технічне обслуговування”.

Відповідно до пункту 1.1 Правил [5], „настоящие правила распространяются на все передаваемые в международном сообщении:

- вагоны грузового парка, контейнеры, поддоны и перевозочные приспособления железных дорог – Сторон Договора о ПГВ”.

Відповідно до пункту 3.2 Правил [5], „к передаче должны предъявляться вагоны, полностью отвечающие Техническим требованиям Приложения 1 к ПГВ, предварительно осмотренные стающей дорогой и признанные годными в техническом и коммерческом отношении для следования в международном сообщении. Железная дорога-собственница вагонов обязана принимать свои порожние вагоны независимо от их технического состояния за исключением тяжелоповрежденных вагонов или тележек.

В случае передачи на дорогу-собственницу неисправного, поврежденного или разобранного в результате хищения отдельных узлов и деталей непригодного для эксплуатации вагона, не удовлетворяющего Техническим требованиям Приложения 1 к ПГВ, состояние вагона должно быть удостоверено Актом, составленным принимающей дорогой по форме Приложения 2 к ПГВ и подписанным агентами обеих сторон”.

Відповідно до пункту 3.3 Правил [5] „передача вагонов с железной дороги одной страны на железную дорогу другой страны оформляется вагонной ведомостью по форме Приложения 3 к ПГВ, которая составляет сдающей дорогой в четырех экземплярах, по два экземпляра для каждой стороны. Вагонные ведомости должны иметь непрерывную нумерацию с начала календарного года”.

Відповідно до пункту 3.4 Правил [5] „моментом предъявления вагона к передаче считается время вручения вагонной ведомости агенту принимающей дороги. Агент принимающей дороги должен сличить принимающие вагоны с вагонной ведомостью и осмотреть их.

Строк для технического и коммерческого осмотра устанавливается не более 1 мин на ось вагона, независимо от количества вагонов,

предъявленных к передаче.

Технический и коммерческий осмотры вагонов производятся одновременно. Непринятые вагоны должны быть вычеркнуты из вагонной ведомости и в графе «Примечание» сделана отметка «Не принят».

Вагонная ведомость подписывается агентом сдающей стороны и заверяется календарным штемпелем до вручения ее агенту принимающей стороны. Агент принимающей стороны подписывает этот документ и заверяет его календарным штемпелем немедленно по окончании осмотра предъявленных вагонов, но не позднее времени, установленного для их осмотра.

Для европейских железных дорог колеи 1435 мм местные пограничные договоры определяют время передачи вагонов по технологическим процессам работы станции, разработанными на основании расписания движения поездов.

Вагоны считаются переданными с момента подписания вагонной ведомости и наложения календарного штампа агентом принимающей стороны”.

Відповідно до пункту 3.5 Правил [5] „порожние возвращаемые вагоны должны быть освобождены от остатков перевозимых грузов и полностью очищены. Полной очисткой занимается дорога, на которой разгружались вагоны”.

Відповідно до пункту 4.2 Правил [5] „железные дороги одной страны обязаны обращаться бережно с вагонами железных дорог другой страны и содержать их в технически исправном состоянии”.

Відповідно до пункту 6.1 Правил [5] „периодический ремонт и осмотр вагонов производится согласно предписаниям дороги-собственницы”.

Відповідно до пункту 6.2 Правил [5] „текущее обслуживание вагонов (технический осмотр, текущий ремонт, смазка трущихся частей), а также устранение повреждений, возникших во время эксплуатации на данной дороге, производится средствами и за счет дороги, на которой находятся эти вагоны.

Дороге-пользовательнице разрешается отремонтировать только мелкие повреждения, которые не требуют значительных материальных затрат”.

Відповідно до пункту 6.15.4 Правил [5] „в приеме грузовых вагонов не может быть отказано в случае, если их съемные приспособления неправильно установлены или отсутствуют, если это не угрожает безопасности дви-



ження”.

Відповідно до пункту 13.1 Приложения 1 Правил [5], „дорога-собственница не должна передавать на железные дороги другой страны вагоны с простроченным сроком периодического ремонта или осмотра”.

Відповідно до пункту 13.2 Приложения 1 Правил [5], „вагоны с просроченным сроком периодического ремонта или осмотра должны приниматься железными дорогами:

13.2.1. если вагоны в период трех месяцев плюс 14 дней после истечения срока периодического ремонта или осмотра погружены и отправлены железной дорогой-пользовательницей;

13.2.2. если вагоны, годные для движения, погруженные на дорогу-собственницу или на станцию транзитной дороги в направлении дороги-собственницы;

13.2.3. если вагоны возвращаются в порожнем состоянии на дорогу-собственницу, снабженные наклейками по форме Приложения 12 к ППВ”.

Відповідно до пункту 13.3 Приложения 1 Правил [5], „более короткие сроки для ремонта могут устанавливаться дорогой-собственницей. Периодичность срока ремонта должна быть указана соответствующей цифрой перед знаком "REV" по Приложению 19 к ППВ”.

Аналіз тексту Правил [5], Правил [6], Інструкції [7], Правил [8] показав, що у них міститься лише загальні вимоги до технічного стану вагонів іноземних держав при передачі їх через кордон а також ряд посилань на місцеві нормативні документи, які повинні бути розроблені для конкретного пункту міждержавного контролю і прикордонних станцій і у яких повинні бути детально відображені особливості контролю технічного стану вагонів іноземних держав на території України.

З метою встановлення наявності таких вимог у місцевих нормативних документах на адресу слідчого було відправлено клопотання про надання додаткових матеріалів, а саме: вказати тип вагону та надати його технічні характеристики; вказати, які знаки, надписи та трафарети були на вагоні та на його внутрішній перегородці; надати вагонну відомість про передачу вагона на територію держави М; надати місцевий прикордонний договір, яким регулюється передача вагонів між Україною та державою М через пункт прикордонного контролю; надати технологічний процес роботи прикордонної станції Б та інші документи, якими регламентується проведення технічного та комерційного огляду

вагонів, які передаються у державу М; надати посадову інструкцію приймальника поїздів; встановити посадових осіб, які проводили технічний огляд вагона та надати їх посадові інструкції; надати нормативний документ, яким встановлено терміни періодичних ремонтів чи оглядів вагона та вказати, яким чином відповідальні працівники Укрзалізниці пересвідчуються по дотримання терміну періодичного ремонту чи огляду; вказати термін, який пройшов від останнього періодичного ремонту чи огляду вагону.

У Листі-відповіді Укрзалізниці на вказане клопотання містилась наступна інформація:

1. Тип вагону – критий, в Дирекції технічні характеристики вагону відсутні.

2. Щодо знаків, написів та трафаретів, які були на вагоні приналежності держави М інформація в Дирекції відсутня.

3. Місцевий прикордонний договір, яким регулюється передача вагонів між Україною та державою М не передбачений.

4. Технологічний процес, що стосується передачі вагону не передбачений.

5. Технологія взаємодії Укрзалізниці з державою С не передбачена.

6. Акт про приймання вагону Державою М не складався.

7. Технічний огляд вагону здійснювався працівниками залізниці держави М, інформація щодо них та наявність їх посадових інструкцій в Дирекції не передбачено.

8. Періодичні ремонти та огляди вагонів держави М здійснюються працівниками залізниці держави М. Наявність відповідальних працівників Укрзалізниці, які пересвідчуються в дотриманні терміну періодичного ремонту, в Дирекції не передбачено.

9. Відомості щодо терміну, який пройшов від останнього періодичного ремонту чи огляду вагону в Дирекції відсутні”.

Тобто, в даній Дирекції залізничних перевезень відсутні: технологічні процеси та приписи по проведенню огляду та ремонту вагонів, наявність яких передбачена пунктами 1.6, 1.7 Правил [8], пунктами 3.4, 6.1 Правил [5], пункту 4.1.5 Інструкції [7]; прикордонний договір, наявність якого передбачена пунктом 3.4 Правил [5]; передбачена пунктами пункту 6.15.3 Правил [5] інформація про знаки, надписи і трафарети, за якими можна встановити наявність, тип та кількість внутрішньокузовного обладнання у вагоні, у тому числі внутрішньо вагонних перегородок; інформація про терміни періодичного ремонту та огляду вагонів, відомості щодо терміну, який пройшов від останнього періодично-

го ремонту (огляду) вагона а також відповідальні працівники, які повинні пересвідчуватись у дотриманні терміну періодичного ремонту (огляду) вагонів, що належать державі М, що передбачено пунктом 13.1 Приложения 1 Правил [5].

На основі проведених досліджень можна стверджувати, що організація проведення технічного огляду та обслуговування а також комерційного огляду вагонів держави М на території України не відповідає вимогам пунктів 1.6, 1.7, 3.4 Правил [8], пунктів 3.4, 6.1 Правил [5], пункту 4.1.5 Інструкції [7], тексти яких наведені вище.

### **Побудова механізму залізнично-транспортної пригоди**

Встановлення безпосередньої технічної причини травмування та послідовності проміжних технічних причин, що призвели до травмування виконано з використанням теорії побудови механізму залізнично-транспортної пригоди [9].

У даному випадку для виконання поставлених завдань необхідно спочатку встановити відповідність технічного стану елементів кузова вагона вимогам нормативних документів а потім встановити відповідність нормативних та фактичних дій працівників, що причетні до розвитку залізнично-транспортної пригоди.

Технічний стан елементів кузова вагона встановлено з використанням термінології, наведеної у ДСТУ 2860-94 та ІЕС 50 (191).

Розглянемо основні положення вказаних стандартів.

Об'єкт – це система, споруда, машина, підсистема, апаратура, функціональна одиниця, пристрій, елемент чи будь яка їх частина, що розглядається з погляду надійності як самостійна одиниця. Об'єкт може включати технічні засоби, технічний персонал чи будь-які їх поєднання. Сукупність об'єктів, об'єднаних спільним призначенням і метою функціонування (система), може також розглядатися як об'єкт.

Функція об'єкта (задана функція об'єкта) – це виконання в об'єкті процесу, що відповідає його призначенню, виявлення заданої умови чи властивості об'єкта відповідно вимогам нормативної та (чи) конструкторської (проектної) документації.

Основна функція (потрібна функція) – це функція чи сукупність функцій об'єкта, виконання якої розглядають як необхідну умову відповідності об'єкта його призначенню.

ДСТУ 2860-94 визначає шість технічних станів об'єкта – справність, несправність, працездатний стан, непрацездатний стан, гранич-

ний стан та критичний стан.

Справний стан (справність) – це стан об'єкта, за яким він здатний виконувати усі задані функції об'єкта.

Несправний стан (несправність) – це стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоч би одну із заданих функцій об'єкта. Несправність часто є наслідком відмови об'єкта, але може бути й без неї. Несправність може бути незначною, значною, частковою, повною, та критичною.

Працездатний стан (працездатність) – це стан об'єкта, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції.

Непрацездатний стан (непрацездатність) – це стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоч би одну з потрібних функцій.

Критичний стан – це стан об'єкта, що може призвести до травмування людей, значних матеріальних збитків чи інших неприйнятних наслідків. Критичний стан не завжди є наслідком критичної несправності. Для конкретного об'єкта повинні бути встановлені критерії критичного стану. Критерієм критичного стану є ознака чи сукупність ознак критичного стану об'єкта, встановлених нормативною та (чи) конструкторською (проектною) документацією.

Граничний стан – це стан об'єкта, за яким його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне. Граничний стан також має свої критерії, що являють собою ознаку чи сукупність ознак граничного стану об'єкта, встановлених нормативною та (чи) конструкторською (проектною) документацією.

Перехід об'єкта зі справного стану до несправного та з працездатного стану до непрацездатного відбувається у результаті, відповідно, пошкоджень та відмов.

Згідно ДСТУ 2860-94 пошкодження – це подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкта, коли зберігається його працездатність. Відмова – це подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану об'єкта.

Дефект – це кожна окрема невідповідність об'єкта встановленим вимогам.

Розглянемо конструкцією внутрішнього обладнання кузова вагона вказаного типу. Загальний вигляд внутрішньої перегородки вагона наведений на рис. 2, а загальний вигляд системи її переміщення – на рис. 3.



Рис. 3. Загальний вигляд системи переміщення внутрішньої перегородки

Як видно з рис 2, перегородка складається з металевої рами та дерев'яного полотна. Перегородка підвішена на верхній направляючій балці на роликах (рис. 3) і може по вказаній балці переміщатись вздовж вагону. У нижній частині передбачені фіксатори, якими перегородка закріплюється у певному положенні у вагоні.

Вузол кріплення до направляючої балки показаний на рис. 4.



Рис. 4. Вузол кріплення перегородки до направляючої балки

Як видно з рис. 4, кріплення перегородки до кронштейна здійснюється за допомогою пальця, у якому просвердлений отвір, у який вставлений шплінт. Кронштейн переміщується на двох роликах вздовж направляючої балки.

Шплінти є кріпильними елементами, які запобігають само розгвинчуванню корончатих та шліцевих гайок, а також зісковзування деталей, що надіті на гладкий вал (вісь) [10].

Тобто саме наявність шплінта у даному випадку забезпечує утримування пальця у отворі і знаходження перегородки у стійкому (підвішеному) стані. Відсутність шплінта може призвести до випадіння пальця з отвору кронштейна

та падіння перегородки при переміщенні перегородки.

Відповідно до копії Протоколу допиту свідка Іванова М. І., який був наданий на дослідження, „при виникненні необхідності використання перегородки, вантажник, який ознайомлений із правилами безпеки при поводженні із вказаними перегородками, за допомогою двох ручок, наявних на перегородці, натискаючи одночасно на них тим самим вивільняє стопорні металеві штирі, які утримують перегородку в одному місці. В подальшому після вивільнення вказаних штирів вантажник повинен рівномірно пересувати перегородку без перекосів в одну чи іншу сторону. Під час руху перегородки остання рухається за допомогою направляючих роликів по металевій балці, яка знаходиться у верхній частині вагону”.

Таким чином, основна (потрібна) функція системи підвішування перегородки у даному випадку полягає у утриманні перегородки у підвішеному стані при забезпеченні можливості її переміщення на роликах по направляючій балці вздовж вагона (рис. 3).

Слід зазначити, що провести фактичний огляд вагону не виявилось можливим, оскільки вагон був переданий представникам держави М і більше в Україну не повертався. Клопотання щодо огляду вказаного вагону та надання необхідної інформації про його технічний стан зі сторони держави М виконано не було. З цієї причини технічний стан елементів кузова вагону приналежності держави М встановлювався за наданими на дослідження матеріалами.

Відповідно до показів приймача поїздів, „... побачили, що Петренко П.П. лежить на підлозі вагону, а на ньому лежить перегородка для кріплення тарно-штучних вантажів».

У протоколі допиту потерпілого, Петренко П.П. вказав наступне: „...зайшовши у вказаний вагон, я почав просвічувати перегородку та під час її простукування, дана перегородка впала на мене, поваливши мене на підлогу вагону”.

Відповідно до Акту про нещасний випадок, „під час огляду вагону потягу в ході огляду перегородка злетіла з направляючої та впала на Петренка П. П.

Після відкриття приймачем поїзда 9-го вагону (з голови) Петренко П. П. помітив приперту до стіни вагону перегородку. Для ретельного огляду перегородку необхідно було відсунути від стіни. При відсуванні виявилось, що вона не закріплена зверху додатковими кріпленнями та впала на нього”.

Відповідно до Акту розслідування нещасного випадку, „Петренко П.П. під час виконання

*службових обов'язків відсував внутрішню перегородку, яка злетіла з направляючого та впала на нього”.*

*Відповідно до Протоколу допиту оглядача вагонів „після розвантаження всіх вагонів я приступив до огляду вагонів. Недоліків ніяких не було виявлено, вагони в технічно-справному стані і повністю пустими були передані Укрзалізниці”.*

*Відповідно до копії Листа начальника вагонного депо «Б», „на залізницях держави М експлуатуються різні типи критих вагонів, в деяких є в наявності перегородки призначені для кріплення тарно-штучних вантажів. Перегородки відносяться до внутрішнього обладнання вагона, яке неможливо оглянути при завантаженому вагоні. Тому при прийомі та передачі вагонів претензії щодо наявності чи пошкодження перегородок агентами залізниці держави М не пред'являються.*

*Враховуючи вищенаведене працівниками вагонного депо «Б» внутрішнє обладнання не обслуговується”.*

*Відповідно до копії Протоколу допиту начальника пункту огляду, „при неправильному користуванні перегородкою, а саме при її пересуванні на перекис бувають випадки спадання роликів перегородки з направляючих балок, що призводить до падіння самої перегородки”.*

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

Система підвішування внутрішньої перегородки вантажного вагона приналежності держави М перебувала у технічно несправному, непрацездатному стані, тобто не виконувала своєї основної (потрібної) функції – утримання перегородки у підвішеному стані при забезпеченні можливості її переміщення на роликах по направляючій балці. Достовірно встановити причини виникнення вказаної несправності за наданими на дослідження матеріалами неможливо. Ймовірно система підвішування внутрішньої перегородки вагона мала дефект – відсутність шплінта, який запобігав переміщенню пальця у отворі кронштейна (див. рис. 4), або понаднормативне зношення роликів або направляючої балки (див. рис.3), при якому ставало можливим падіння перегородки з направляючої балки. Якщо ймовірність падіння перегородки виникла і при умові відсутності зношення балки та роликів, то це слід розцінювати як конструкційний дефект.

У даному випадку необхідно зазначити, що оскільки перегородки переміщуються вручну людьми і відмова системи підвішування перегородки може призвести до травмування люди-

ни, (що і сталося у даному випадку), то такий системи кріплення згідно ДСТУ 2860-94 може бути визначений як критичний.

Вказаний технічний стан системи підвішування внутрішньої перегородки вагона приналежності держави М не відповідав вимогам пункту 12.1 Правил [6] – у частині забезпечення охорони праці; пункту 7.1 Інструкції [7] – у частині забезпечення кріплення обладнання. Встановити відповідність технічного стану системи підвішування внутрішньої перегородки вагона приналежності держави М вимогам Правил [5] неможливо у зв'язку з відсутністю в дирекції: технічних характеристик вагону; інформації про знаки, надписи та трафарети, які були нанесені на вагоні і які мали містити інформацію про особливості внутрішнього обладнання вагона; інших документів, у яких могли бути наведені параметри вагону, які контролюються при передачі вагонів (технологічного процесу, місцевого прикордонного договору, технології взаємодії між Укрзалізницею та залізницями держави М).

Також встановити відповідність дій працівників господарства перевезень Укрзалізниці (при підготовці вагону до відправлення у державу М), вагонного господарства Укрзалізниці (у процесі технічного обслуговування (огляду) вагона) та комерційного господарства Укрзалізниці (у процесі комерційного огляду вагона) неможливо у зв'язку з відсутністю у Дирекції перевезень технологічних процесів і приписів по проведенню огляду та ремонту вантажних вагонів держави М та вимог до технічного стану вказаних вагонів.

Встановлення безпосередньої технічної причини травмування та послідовності проміжних технічних причин, що призвели до травмування виконано з використанням теорії побудови механізму залізнично-транспортної пригоди [9].

На основі проведених досліджень, результати яких викладені вище, можна стверджувати, що безпосередньою технічною причиною травмування потерпілого Петренка П. П. стала відмова системи підвішування внутрішньої перегородки вагона приналежності держави М, а саме втрата нею здатності виконувати свою функцію - утримання перегородки у підвішеному стані при забезпеченні можливості її переміщення на роликах по направляючій балці. Встановити причини вказаної відмови за наданими на дослідження матеріалами неможливо. Ймовірними причинами є наявність дефектів елементів системи підвішування (відсутність шплінта, понаднормативне зношення роликів або направляючої балки) або конструкційного

дефекту

Неможливо також встановити послідовність проміжних технічних причин, що призвели до формування безпосередньої технічної причини травмування потерпілого Петренка П.П., а також технічної можливості запобігти даній залізнично-транспортній пригоді у момент виникнення небезпеки травмування, оскільки неможливо встановити відповідність дій працівників причетних господарств Укрзалізниці вимогам нормативних документів що діють на залізничному транспорті України у міжнародних перевезеннях у процесі технічного обслуговування (огляду) вагону при підготовці його до відправлення у державу М.

### Висновки

Аналіз реального випадку травмування працівника Державної прикордонної служби внутрішнім обладнанням вагона приналежності іноземної держави дозволив виявити значні недоліки у нормативній базі, яка регламентує порядок організації міждержавних вантажних перевезень. Так у Правилах [1], Правилах [2], Інструкції [3] міститься лише загальні вимоги до технічного стану вагонів іноземних держав при передачі їх через кордон а також ряд посилань на місцеві нормативні документи, які повинні бути розроблені для конкретного пункту міждержавного контролю і прикордонних станцій і у яких повинні бути детально відображені особливості контролю технічного стану вагонів іноземних держав на території України.

У Дирекції залізничних перевезень, на території якої знаходився залізничний пункт пропуску через державний кордон України з державою М відсутні: технологічні процеси та приписи по проведенню огляду та ремонту вагонів, прикордонний договір, інформація про знаки, надписи і трафарети, за якими можна встановити наявність, тип та кількість внутрішньокузовного обладнання у вагоні, у тому числі внутрішньо вагонних перегородок; інформація про терміни періодичного ремонту та огляду вагонів, відомості щодо терміну, який пройшов від останнього періодичного ремонту (огляду) вагона а також відповідальні працівники, які повинні пересвідчуватись у дотриманні терміну періодичного ремонту (огляду) вагонів, що належать державі М.

Це стало загальною організаційною причиною того, що на територію України з держави М зайшов вантажний вагон з непрацездатною системою кріплення внутрішньої перегородки, що і стало безпосередньою технічною причиною травмування громадянина України – пра-

цівника Державної прикордонної служби при виконанні ним своїх посадових обов'язків. Слід зазначити, що, як видно з пояснень причетних працівників, випадки падіння перегородок були непоодинокими і повторення такого випадку, у тому числі з гіршими наслідками, є можливим.

Наведені вище недоліки у нормативній базі унеможливили встановлення першопричин та послідовності проміжних технічних причин травмування, не дозволили виявити осіб, дії яких не відповідали вимогам нормативних документів при огляді вагона. І найголовніше – не вдалося встановити, чи була технічна можливість запобігти даному травмуванню.

Враховуючи постійне зростання обсягів міждержавних перевезень між Україною та сусідніми державами, вважаємо, що дана ситуація є неприпустимою. Першочерговим заходом щодо недопущення подібних ситуацій у майбутньому є перевірка наявності передбачених Правилами [5], Правилами [8], Інструкцією [7] місцевих нормативних документів, які регламентують роботу прикордонних станцій щодо огляду вагонів іноземних держав та детальний аналіз їх змісту на предмет забезпечення безпеки вантажного руху у міжнародних перевезеннях.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дьомін, Ю. В. Шляхи розвитку міжнародних перевезень на основі безперевантажувальних технологій [Текст] / Ю. В. Дьомін, Ю. В. Терещак // Залізничний транспорт України. – 2009. – № 1. – С. 3–6.
2. Терещак, Ю. В. Вимоги з допуску рухомого складу до експлуатації у міжнародному сполученні [Текст] / Ю. В. Терещак // Залізничний транспорт України. – 2011. – № 6. – С. 39–41.
3. Организация сотрудничества железных дорог. Официальный сайт. [Електронний документ] / Режим доступа: <http://www.osjd.org/>
4. Сокол, Э.Н. База нормативных документов – основа безопасности и источник опасности [Текст] / Э.Н. Сокол // Перспективы впровадження технічних засобів безпеки руху на залізницях України : зб. наук.–практ. матер. – Миргород, 2008. – С. 122-124.
5. Правила пользования грузовыми вагонами в международном сообщении [Електронний документ] / Режим доступа: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/933\\_018](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/933_018).
6. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст] : Затв.: Наказ Міністерства транспорту України від 20.12.96 № 41 і зареєстровані Міністерством юстиції України 25.02.97 за № 50/184 (зі змінами). – Київ : Транспорт України, 2002. – 140 с.
7. Інструкція з технічного обслуговування вагонів в експлуатації ЦВ-0043 [Текст] : затв. Наказ Укрзалізниці №417 Ц від 25.09.2008 р.
8. Правила комерційного огляду поїздів та вагонів [Текст] : Київ : Укрзалізниця, 2006 р. – 32 с.

9. Сокол Э.Н. Железнодорожно-транспортное происшествие и его механизм (Судебная экспертиза. Элементы теории и практика). Монография. [Текст] – Львів: ПАІС, 2011. – 376 с.

10. Иванов, М.Н. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальностей вузов [Текст] : / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 12-е изд. испр. – М.: Высш. шк., 2008. – 408 с.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Козаченко Д. М. (Україна)*

Надійшла до редколегії 21.10.2019.

Прийнята до друку 29.10.2019.

Я. В. БОЛЖЕЛАРСКИЙ

## ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ГРУЗОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК

**Цель.** Целью работы является повышение безопасности движения международных грузовых железнодорожных перевозок путем определения приоритетных путей совершенствования соответствующей нормативной базы на основе анализа фактического случая травмирования работника при исполнении им своих должностных обязанностей. **Методика.** Исследование проводилось с использованием методов судебной железнодорожно-транспортной экспертизы, которые применяются при определении технического состояния объектов железнодорожного транспорта и построении механизма железнодорожно-транспортного происшествия. **Результаты.** В статье в контексте безопасности движения рассмотрен случай травмирования работника Государственной пограничной службы Украины при исполнении им своих должностных обязанностей по осмотру вагона, принадлежащего одному из европейских государств - членов ЕС и Организации сотрудничества железных дорог. Экспертное исследование данного случая позволило выявить проблемные вопросы безопасности движения в международных грузовых железнодорожных перевозках, связанные с несовершенством нормативной базы и ненадлежащим подходом должностных лиц АО «Укрзалізниця» к формированию базы местных нормативных документов. Проанализирована нормативная база в области безопасности движения международных грузовых железнодорожных перевозок. Установлено техническое состояние элементов грузового вагона принадлежности иностранного государства. Установлена непосредственная техническая причина травмирования работника. Показано, что недостатки в разработке и ведении нормативно-технической документации не позволили установить первопричины и последовательность промежуточных технических причин, приведших к травмированию работника. По этой же причине не удалось установить техническую возможность предотвращения травмирования и провести претензионную работу с иностранным государством, то есть защитить права гражданина Украины. **Научная новизна.** В статье впервые методы исследования механизма железнодорожно-транспортных происшествий (сходов с рельсов и столкновений подвижного состава) применены к анализу механизма травмирования человека. С использованием данных методов впервые рассмотрен случай травмирования гражданина Украины в грузовом вагоне иностранного государства. **Практическая значимость.** Рассмотренная методика исследования может быть использована при анализе подобных случаев в будущем. Определены первоочередные пути совершенствования нормативной базы по безопасности движения в области международных железнодорожных перевозок, что позволит повысить безопасность движения.

**Ключевые слова:** безопасность движения; грузовые международные перевозки; техническое состояние; механизм железнодорожно-транспортного происшествия

Y. BOLZHELARSKYI

## PROBLEMATIC ISSUES OF THE INTERNATIONAL FREIGHT RAIL TRANSPORTATION TRAFFIC SAFETY

**The aim of the article.** The aim of the work is to increase the safety of international freight rail traffic by identifying priority ways to improve the relevant regulatory framework based on an analysis of the actual case of injury to an employee in the performance of his duties. **Methodology.** The study was conducted using the methods of forensic railway science, which are used to determine the technical condition of the objects of railway transport and the construction of the mechanism of the railway accident. **Results.** The case of injury to an employee of the State Border Service of Ukraine while fulfilling his duties to inspect a car belonging to one of the European Union member states and the Organization for Cooperation between Railways is considered at the article. The forensic investigation of this case revealed the problematic issues of traffic safety in international freight rail transportation associated with the imperfection of the regulatory framework and the inappropriate approach of Ukrzaliznytsia officials to the formation of a database of local regulatory documents. The regulatory framework in the field of traffic safety of inter-

national freight rail transport is analyzed. The technical condition of the elements of a freight wagon belonging to a foreign state is established. The direct technical cause of the injury to the worker has been established. It is shown that the shortcomings in the development and maintenance of regulatory and technical documentation did not allow to establish the root causes and the sequence of intermediate technical reasons that led to injury to the employee. For the same reason, it was not possible to establish the technical possibility of preventing injury and to carry out claims work with a foreign state, that is, to protect the rights of a citizen of Ukraine. **Scientific novelty.** In the article, for the first time, methods for studying the mechanism of railway accidents (derailments and collisions of rolling stock) are applied to the analysis of the mechanism of human injury. Using these methods, the first case of injury to a citizen of Ukraine in a freight car of a foreign state was considered. **Practical significance.** The research technique is considered that can be used in the analysis of similar cases in the future. The priority ways of improving the regulatory framework for traffic safety in the field of international railway transport are identified, which will improve traffic safety.

*Keywords:* railway safety; international freight traffic; technical condition; mechanism of the railway accident

УДК 656.225.025.4:656.614.3

Т. В. БОЛВАНОВСЬКА<sup>1\*</sup>, С. В. БОРИЧЕВА<sup>2\*</sup>, Ю. М. ГЕРМАНЮК<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 793-19-13, ел. пошта valentinovna.upr@gmail.com, ORCID 0000-0001-6462-8524

<sup>2\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 793-19-13, ел. пошта svetikb81@gmail.com, ORCID 0000-0002-2064-6621

<sup>3\*</sup> Каф. «Транспортні технології», Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. І. Блажкевич, 12а, 79052, м. Львів, Україна, тел. +38 (032) 267-99-74, ел. пошта hermanyuk@yandex.ua, ORCID 0000-0002-4905-8313

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТА МОРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

**Мета.** Метою роботи є аналіз обсягів перевалки та перевезення вантажів морським та залізничним транспортом України. **Методика.** Дослідження виконані з використанням методів математичної статистики. **Результати.** У статті проведено аналіз зовнішньої торгівлі України з країнами Європейського Союзу. На даний момент частка ЄС в експорті та імпорті вантажів складає більше 40 %, доля країн СНД майже вдвічі менше. Створення нового міжнародного транспортного коридору Балтійське море – Чорне море – Каспійське море сприятиме створенню комплексної стратегії для розвитку всіх видів перевезень і завантаження існуючої інфраструктури вздовж маршруту. Вантажні перевезення характеризуються коефіцієнтом нерівномірності, який для експортних вантажів у 2018 році склав 1,13, а для імпортних – 1,19; за сім місяців поточного року його величина склала 1,10 та 1,13 відповідно для експорту та імпорту. До основних груп товарів, які експортує Україна, належить продукція агропромислового комплексу та харчової промисловості, металургійного комплексу, машинобудування, мінеральні продукти, деревина і паперова маса, продукція легкої промисловості, різні промислові товари і продукція хімічної промисловості. Останні роки підвищуються обсяги експорту готової продукції та напівфабрикатів та зменшується вивіз сировини, при цьому дохід від зовнішньої торгівлі збільшується. План-схема розвитку порту «Южний» на перспективу до 2038 року передбачає збільшення обсягу прибуття і відправлення вантажу, що в свою чергу викличе необхідність розвитку залізничного та автомобільного транспорту. Для збільшення обсягів перевезення окатишів заплановано поглиблення внутрішнього підхідного каналу до операційної акваторії причалів терміналів ТІС. Найбільші обсяги відправлення залізницями спостерігаються для тих вантажів, які є найбільш експортованими, при цьому інфраструктура залізничного транспорту не відповідає європейським вимогам і без суттєвих капіталовкладень не дозволить конкурувати в перевезенні транзитних вантажів територією України. **Практична значимість.** Результати виконаних досліджень можуть бути використані при розробці перспективних планів розвитку морських портів та напрямків розвитку залізничної інфраструктури.

**Ключові слова:** морський порт; залізничний транспорт; обсяг перевалки; стивідорна компанія, коефіцієнт нерівномірності

### Вступ

Розвиток транспортної інфраструктури та євроінтеграція є головними і незмінними пріоритетами серед задач, що вирішує Міністерство інфраструктури України.

Географічне розташування країни дозволяє розглядати її як основний транзитний шлях між країнами Західної Європи та всією Азією.

Україна, як розвинена європейська країна, повинна бути надійним незмінним партнером Європейського Союзу, а це можливо за умови розвинення транспортно-логістичних систем [1].

У 1993 році Україна приєдналася до участі в запропонованому ЄС проєкті TRASECA з будівництва транспортного коридору Європа – Кавказ – Азія (як альтернативи міжнародних транспортних коридорів, що проходять по терито-



рії Росії). У 2016 року в Одесі відбулося дванадцятье щорічне засідання Міжурядової Комісії TRASECA, в ході якого була розроблена і затверджена Стратегія Міжурядової Комісії TRASECA з розвитку міжнародного транспортного коридору Європа – Кавказ – Азія на період 2016-2026 рр.

Розробка та поширення транзитних з'єднань і коридорів з ЄС в Азію є пріоритетним завданням для України. Створення нового міжнародного транспортного коридору Балтійське море – Чорне море – Каспійське море сприятиме створенню комплексної стратегії для розвитку всіх видів перевезень і завантаження існуючої інфраструктури вздовж маршруту. Таким чином морський та залізничний транспорт мають стати основними перевізниками в мережі транспортних коридорів, що проходять територією України.

### Торгівельні відносини України з країнами ЄС

Україна підписала угоди про вільну торгівлю, які поширені на 45 країн, в тому числі з ЄС (28 країн-членів) та Європейською асоціацією вільної торгівлі (4 країни-учасниці), основними цілями яких є лібералізація торгівлі товарами і послугами, а також державні закупівлі. З лютого 2018 року Україна стала учасником Конвенції Пан-Євро-Мед – розширення доступу для українських експортерів на ринки 24 країн-учасників [2].

За даними офіційної статистики [3], в даний час Європейський Союз є основним зовнішньо-економічним партнером України, прибуток від експорту в країни ЄС становить близько 42 % загального прибутку від експорту товарів. За даними митної статистики [4], частка ЄС в імпорті з України становить близько 43 % (див. рис. 1)

До основних груп товарів, які експортує Україна протягом багатьох років, належить продукція агропромислового комплексу та харчової промисловості, металургійного комплексу, машинобудування, мінеральні продукти, деревина і паперова маса, продукція легкої промисловості, різні промислові товари і продукція хімічної промисловості [3].

За оцінкою обсягів експорту у 2018 році спостерігалось збільшення експорту напівфабрикатів зі сталі, руди та залізрудних концентратів, насіння ріпаку, проводів і кабелю, м'яса птиці, пшениці, телефонних апаратів і запчастин до них, гарячекатаних прутків і брусків, безшовних труб, нафтопродуктів, електричних водонагрівачів, лісоматеріалів, електроенергії

та меблів. Слід відмітити, що за останні роки підвищуються обсяги експорту готової продукції та напівфабрикатів та зменшується вивіз сировини. Україна намагається бути експортером конкурентоспроможних товарів та позбутися статусу експортера сировини, при цьому дохід від зовнішньої торгівлі збільшується.

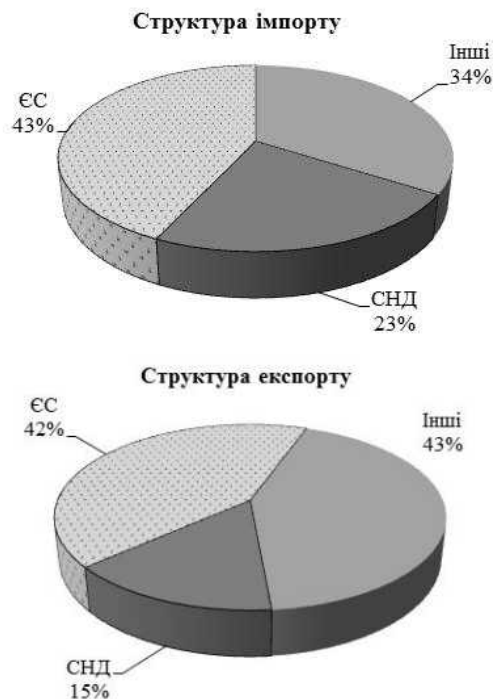


Рис. 1. Основні складові зовнішньої торгівлі України

### Зміна обсягів перевезення у міжнародному сполученні

Відомо, що на транспорті існує річна, сезонна, місячна, тижнева та внутрішньодобова нерівномірності [5]. Наявність нерівномірності вантажних перевезень істотно впливає на точність прогнозування моментів прибуття транспорту та моментів готовності їх до відправлення і, відповідно, має враховуватись при розробці процедури взаємодії декількох видів транспорту та оцінці якості роботи.

Найбільш поширеними є коефіцієнти нерівномірності за часом, що визначаються за формулами:

$$K_n = \frac{\sum P_{\max}^{\text{міс}}}{\sum \bar{P}_{\text{міс}}}, \quad (1)$$

де  $P_{\max}^{\text{міс}}$  – максимальний місячний обсяг перевезень;

$\bar{P}_{\text{міс}}$  – середньомісячний обсяг перевезень.

$$K_n = \frac{\sum P_i}{\sum \bar{P}_{\text{міс}}}, \quad (2)$$

де  $P_i$  – місячний обсяг перевезень.

Значення, отримане за формулою (2) має назву коефіцієнт сезонності.

Для визначення коефіцієнту нерівномірності використані дані Державної служби статистики України [6]. Коефіцієнт річної нерівномірності (1) за 2018 рік склав 1,13 для експортних вантажів та 1,19 для імпортних вантажів, а за період січень-липень 2019 року 1,10 та 1,13 відповідно. Результати розрахунку коефіцієнту сезонності наведені в табл. 1.

Таблиця 1

**Коефіцієнт сезонності при перевезеннях вантажів у міжнародному сполученні**

період	експорт		імпорт	
	2018	2019	2018	2019
січень	0,94	0,99	0,84	0,85
лютий	0,93	0,95	0,86	0,98
березень	1,03	1,05	0,97	1,03
квітень	1,02	1,00	0,87	0,98
травень	1,02	1,10	0,97	1,05
червень	0,96	0,87	0,94	0,97
липень	0,92	1,04	1,06	1,13
серпень	1,02		1,02	
вересень	0,92		1,09	
жовтень	1,08		1,19	
листопад	1,13		1,11	
грудень	1,04		1,06	

Аналіз отриманих даних показує, що найнижчі значення коефіцієнту сезонності характерні для імпорту на початку календарного року в місяць з найбільшою кількістю святкових днів – січень. Найбільша величина коефіцієнту сезонності належить осіннім місяцям – період експорту врожаю зернових культур.

**Аналіз діяльності морських портів України**

Взаємодія морського транспорту з іншими видами транспорту здійснюється в портах.

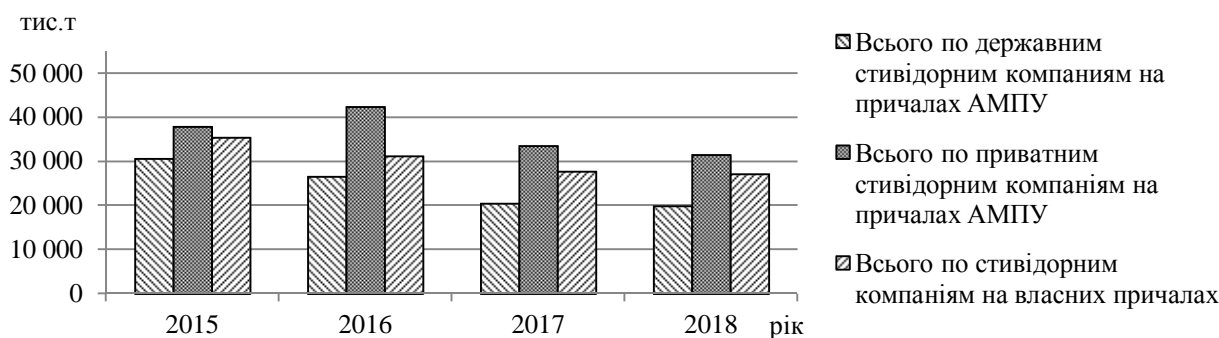


Рис. 2. Розподіл обсягів перевалки експортних вантажів між стивідорними компаніями

В Україні за ефективне використання і розвиток акваторій та інфраструктури морських портів несе відповідальність українська державна компанія Асоціація морських портів України (АМПУ) [7]. АМПУ відносно молода компанія. У 2019 році минуло 6 років з початку її діяльності. Однак, вона входить в ТОП-5 прибуткових державних підприємств.

31 травня 2018 року АМПУ була офіційно прийнята в якості спостерігача в ESPO (Європейська організація морських портів). Це можна розглядати як важливий крок інтеграції українських портів у європейську портову спільноту. Україна отримала можливість брати участь у вирішенні питань розвитку портів Європи, переймати передовий досвід та знання, а також просувати свої термінали на світовому рівні.

Згідно з оновленою Стратегією розвитку портів на період до 2038 року [8] кількість проєктів, яка запланована до реалізації інвесторами у морських портах на зазначений період, становить 44, їх загальна потужність - понад 143 млн. тонн і 1,4 млн. TEU. Сукупна вартість проєктів складає майже 35 млрд грн, кількість додатково створюваних робочих місць до 5 тисяч.

На кінець 2018 року рейтинг портової інфраструктури України в порівнянні з сусідніми державами за даними ЦТС [9] піднявся на 3 позиції та посідає 75 місце зі 137.

У 2018 році через порти було перевалено 135,2 млн т вантажів [10], найбільша частка належить зерновим вантажам – 40,3 млн. т, руда – 28,1 млн. т, чорні метали – 16,1 млн. т, контейнери – 10,9 млн. т та вугілля – 8,1 млн. т. Слід відзначити, що останні роки спостерігається зниження обсягів перевалки вугілля (за 2018 рік обсяг зменшився на 25,1 % в порівнянні з попередніми роками). При цьому більший обсяг перевалки виконують приватні стивідорні компанії (див. рис. 2).

За даними Центра транспортних стратегій [10] 89,5 % перевалки відбувається у п'яти найбільших портах України – Морський порт «Южний», Миколаївський морський порт, Одеський морський порт, Морський порт «Чорноморськ» та Маріупольський морський порт. Серед приватних стивідорних компаній найбільші обсяги перевалки, близько 19 % від загального обсягу країни, виконує ТОВ «Трансінвестсервіс», що розташовується на території МП «Южний». Лідером з перевантаження контейнерів за підсумками минулого року є Одеський морський порт – 599,5 тис. TEU [10].

План-схема розвитку порту «Южний» на перспективу до 2038 року передбачає збільшення обсягу прибуття і відправлення вантажу до 172 млн. т [11] вже в 2023 році, а на довгострокову перспективу заплановано збільшення обсягу до 266,4 млн. т.

Група компаній ТІС звернулася до АМПУ з проханням щодо днопоглибленні внутрішнього підхідного каналу до операційної акваторії причалів терміналів ТІС до 19 метрів у зв'язку з майбутнім дворазовим збільшенням обсягів експорту окатишів Ferrhexo.

Збільшення вантажообігу в портах спричинить збільшення вантажообігу залізничного та автомобільного транспорту, якими здійснюється доставка вантажу в порт від вантажовідправника і з порту вантажоодержувачам.

### Аналіз діяльності залізничного транспорту України

Найбільш масовим перевізником вантажів територією України є залізничний транспорт. У 2018 році залізницею було перевезено 322,3 млн. т [6], що склало 51,6 % від загально-

го обсягу перевезень всіма видами транспорту. У січні–серпні 2019р. залізничним транспортом перевезено у внутрішньому сполученні та на експорт 174,3 млн. т вантажів.

На кінець 2018 року рейтинг інфраструктури залізничного транспорту України в порівнянні з сусідніми державами за даними ЦТС [9] знизився на 4 позиції в порівнянні з попереднім періодом. Однак, 37-е місце є найвищим для України, в порівнянні з іншими видами транспорту. У 2018 році в українських портах було перевалено 846,4 тис. TEU. У тоннах вантажообіг контейнерних вантажів склав 10,9 млн. Цей показник став рекордним за останнє десятиріччя [12].

Обсяги перевезень контейнерів залізницею також виросли. У 2018 році було перевезено майже 335 тис TEU, що на 13 % більше, ніж в 2017 році.

Близько 29 % всіх контейнерів, що перевозилися залізничним транспортом, прямували у складі контейнерних поїздів, яких на постійній основі курсує 17. З загальної кількості контейнерних поїздів 12, серед яких міжнародні «Вікінг» та «ZUBR», пунктом призначення мають порти Чорного моря, що знаходяться на території України.

Якщо розглядати номенклатуру та обсяг вантажів, що відправляються залізничним транспортом, без урахування контейнерів, можна спостерігати зменшення обсягів майже всіх основних найменувань (див. табл. 2).

Аналіз даних [6] дозволяє зробити висновок, що найбільші обсяги відправлення залізницями спостерігаються для тих вантажів, які є найбільш експортованими (див. рис. 3).

Таблиця 2

номенклатура	обсяг відправлення				
	2015	2016	2017	2018	січень – вересень 2019
кам'яне вугілля	58,6	57,2	43,9	42,7	26,1
кокс	6,6	7,1	5,0	4,9	3,0
нафта і нафтопродукти	2,7	3,3	3,8	3,5	2,3
руда залізна та марганцева	75,3	69,2	64,9	66,5	46,6
чорні метали	23	25,2	20,8	20,1	13,0
брухт чорних металів	3	2,7	3,1	3,0	1,6
лісові вантажі	5	4,2	2,8	2,4	0,7
хімічні і мінеральні добрива	4,3	4,1	3,5	3,4	2,9
зерно і продукти перемелу	28,7	31,9	35,7	32,9	25,0
цемент	5,6	5,9	5,9	5,7	3,7
будівельні матеріали	41,2	35,4	41,2	35,9	19,2
інші вантажі	40,3	46,2	46,7	46,6	30,2

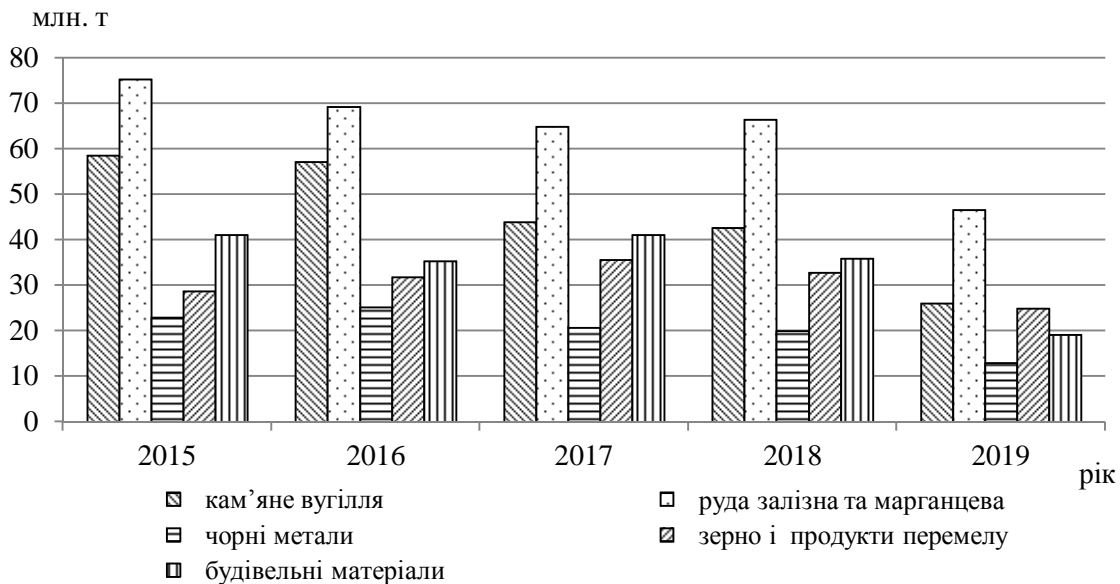


Рис. 3. Розподіл обсягу відправлення основної номенклатури вантажів залізничним транспортом

Така статистика пояснюється досить периферійним географічним положенням України в ЄС та недостатньо якісною транспортною інфраструктурою. Ще один негативних фактор – різниця в ширині колії, що вимагає перевантаження вантажів або додаткових операцій з заміни візків вагонів у пунктах стикування.

Збільшення обсягів зовнішньої торгівлі і транзиту вантажу залізничним транспортом без капітальних вкладень у зміну ширини колії можливо в торгівлі з країнами СНД.

### Висновки

Останні роки підвищуються обсяги експорту готової продукції та напівфабрикатів та зменшується вивіз сировини. Україна намагається бути експортером конкурентоспроможних товарів та позбутися статусу експортера сировини, при цьому дохід від зовнішньої торгівлі збільшується.

На даний момент частка ЄС в експорті та імпорті вантажів складає більше 40 %, для країн СНД ця частка майже вдвічі менше. Створення нового міжнародного транспортного коридору Балтійське море – Чорне море – Каспійське море сприятиме створенню комплексної стратегії для розвитку всіх видів перевезень і завантаження існуючої інфраструктури вздовж маршруту. Збільшення вантажообігу в портах спричинить збільшення вантажообігу залізничного та автомобільного транспорту, якими здійснюється доставка вантажу в порт від вантажовідправника і з порту вантажоодержувачам.

Аналіз даних обсягів міжнародних перевезень показує, що найнижчі значення коефіцієн-

ту сезонності характерні для імпорту на початку календарного року в місяць з найбільшою кількістю святкових днів – січень. Найбільша величина коефіцієнту сезонності належить осіннім місяцям – період експорту врожаю зернових культур.

Якщо розглядати номенклатуру та обсяг вантажів, що відправляються залізничним транспортом, без урахування контейнерів, можна спостерігати останній часом зменшення обсягів майже всіх основних найменувань. Така статистика пояснюється досить периферійним географічним положенням України в ЄС та недостатньо якісною транспортною інфраструктурою. Ще один негативних фактор – різниця в ширині колії, що вимагає перевантаження вантажів або додаткових операцій із заміни візків вагонів у пунктах стикування.

Результати виконаних досліджень можуть бути використані при розробці перспективних планів розвитку морських портів та напрямків розвитку залізничної інфраструктури.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Розвиток інфраструктури та євроінтеграція [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/rozvitok-infrastrukturi-ta-evrointegraciya.html>
2. Розвиток торговельного потенціалу України: 2018 [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: – Режим доступу: [https://issuu.com/mineconomdev/docs/2\\_5206463474808389893.pptx](https://issuu.com/mineconomdev/docs/2_5206463474808389893.pptx)
3. Експорт товарів у січні-серпні 2018 [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://issuu.com/mineconomdev/docs/08-2018>
4. Україна за 10 місяців у величила експорт то-

варов в ЕС на 16 %, - ГФС [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ua/rus/news/ukraina-10-mesyatsev-uvelichila-eksport-tovarov-1541684342.html>

5. Мачерет, Д. А. Планирование и регулирование работы железнодорожного транспорта [Текст]/ Д. А. Мачерет // Экономика железных дорог. – 1999.– № 1. – С.25-31

6. Державна служба статистики України [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

7. Интервью Райвиса Вецкаганса для Европейской организации морских портов [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uspa.gov.ua/ru/mezhdunarodnye-otnosheniya-i-evrointegratsiya/16331-intervyu-rajvisavetskagansa-dlya-evropejskoj-organizatsii-morskikh-portov-2>

8. Транспортний потенціал України: ключові факти, які варто знати [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://informer.od.ua/news/transportnij-potentsial-ukrayini-klyuchovi-fakti-yaki-varto-znati/#top>

9. Рейтинг инфраструктуры Украины в мире [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [https://cfts.org.ua/infographics/rejting\\_infrastruktury\\_ukrainy\\_v\\_mire](https://cfts.org.ua/infographics/rejting_infrastruktury_ukrainy_v_mire)

10. Грузопотоки портов Украины – 2018 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [https://cfts.org.ua/infographics/gruzopotoki\\_portov\\_ukrainy\\_2018](https://cfts.org.ua/infographics/gruzopotoki_portov_ukrainy_2018)

11. План-схема розвитку морського порту «Южний» до 2038 року [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://cfts.org.ua/files/Yuzhn.pdf>

12. Контейнерные поезда и контейнерная перевалка [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [https://cfts.org.ua/infographics/konteynernye\\_poezda\\_i\\_konteynernaia\\_perevalka](https://cfts.org.ua/infographics/konteynernye_poezda_i_konteynernaia_perevalka)

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Козаченко Д. М. (Україна)*

Надійшла до редколегії 17.10.2019.

Прийнята до друку 28.10.2019.

Т. В. БОЛВАНОВСКАЯ, С. В. БОРЫЧЕВА, Ю. Н. ГЕРМАНЮК

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ И МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ

**Цель.** Целью работы является анализ объемов перевалки и перевозки грузов морским и железнодорожным транспортом Украины. **Методика.** Исследования выполнены с использованием методов математической статистики. **Результаты.** В статье проведен анализ внешней торговли Украины со странами Европейского Союза. В данный момент доля ЕС в экспорте и импорте грузов составляет более 40 %, доля стран СНГ почти вдвое меньше. Создание нового международного транспортного коридора Балтийское море – Черное море – Каспийское море будет способствовать созданию комплексной стратегии для развития всех видов перевозок и загрузки существующей инфраструктуры вдоль маршрута. Грузовые перевозки характеризуются коэффициентом неравномерности, который для экспортных грузов в 2018 году составил 1,13, а для импортных - 1,19; за семь месяцев текущего года его величина составила 1,10 и 1,13 соответственно для экспорта и импорта. К основным группам товаров, которые экспортирует Украина, относится продукция агропромышленного комплекса и пищевой промышленности, металлургического комплекса, машиностроения, минеральные продукты, древесина и бумажная масса, продукция легкой промышленности, различные промышленные товары и продукция химической промышленности. Последние годы повышаются объемы экспорта готовой продукции и полуфабрикатов и уменьшается вывоз сырья, при этом доход от внешней торговли увеличивается. План-схема развития порта «Южный» на перспективу до 2038 года предусматривает увеличение объема прибытия и отправления груза, что в свою очередь вызовет необходимость развития железнодорожного и автомобильного транспорта. Для увеличения объемов перевозки окатышей запланировано углубление внутреннего подходного канала к операционной акватории причалов терминалов ТИС. Наибольшие объемы отправления железными дорогами наблюдаются для тех грузов, которые являются наиболее экспортными, при этом инфраструктура железнодорожного транспорта не соответствует европейским требованиям и без существенных капиталовложений не позволит конкурировать в перевозке транзитных грузов по территории Украины. **Практическая значимость.** Результаты выполненных исследований могут быть использованы при разработке перспективных планов развития морских портов и направлений развития железнодорожной инфраструктуры.

**Ключевые слова:** морской порт; железнодорожный транспорт; объем перевалки; стивидорная компания; коэффициент неравномерности

## RESEARCH OF DYNAMICS OF CHANGE OF VOLUMES OF CARGO TRANSPORTATION BY RAILWAY AND MARINE TRANSPORT IN INTERNATIONAL TRAFFIC

**Purpose.** The article aim is to analyze the volumes of transshipment and transportation of goods by sea and rail transport of Ukraine. **Methodology.** The studies were performed using methods of mathematical statistics. **Results.** The article analyzes the foreign trade of Ukraine with the countries of the European Union. Currently, the EU share in export and import of goods is more than 40 %, the share of the CIS countries is almost a half. The creation of a new international transport corridor Baltic Sea - Black Sea - Caspian Sea will contribute to the creation of a comprehensive strategy for the development of all types of transportation and existing infrastructure loading along the route. Freight transportation is characterized by a coefficient of irregularity, which for export goods in 2018 amounted to 1.13, and for import – 1.19; for the seven months of this year its value was 1.10 and 1.13 for export and import respectively. The main groups of goods exported by Ukraine include agricultural products and food industry, metallurgy, engineering, mineral products, wood and paper pulp, light industry products, various industrial products and chemical products. In recent years, the export of finished goods and semi-finished goods has increased and the export of raw materials has been reduced, while the income from foreign trade is increasing. The development plan of the Yuzhny port for the future until 2038 provides for an increase in the volume of cargo arrival and departure, which in turn will necessitate the development of rail and road transport. To increase the transportation volumes of pellets, it is planned to deepen the internal channel to the operational water area of the quays of TIS terminals. The highest volumes of shipment by rail are observed for the most exported goods, while the railway transport infrastructure does not meet European requirements and without the significant investments will not allow competing in the goods transit through Ukraine. **Practical significance.** The results of the research can be used to develop long-term plans for the development of seaports and the railway infrastructure development directions.

*Keywords:* seaport; railway transport; transshipment volume; stevedoring company; coefficient of irregularity

УДК 656.216:625.096

О. М. ВОЗНЯК

Каф. «Транспортні технології», Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. І. Блажкевич, 12а, 79052, Львів, Україна, тел. +38 (032) 267 15 61, ел. пошта ovozom@gmail.com, ORCID 0000-0002-7163-9026

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТИ РУХОМОЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ОДИНИЦІ ШЛЯХОМ ВИМІРЮВАННЯ ВХІДНОГО ІМПЕДАНСУ РЕЙКОВОЇ ЛІНІЇ

**Анотація:** Метою даної роботи є підвищення ефективності контролю параметрів руху залізничних транспортних засобів за рахунок використання удосконаленого методу визначення їх координати у межах рейкового кола. З цією метою використовується удосконалений метод визначення вторинних та первинних параметрів рейкового кола у нормальному режимі роботи із подальшим використанням отриманого значення при визначенні координати рейкової рухомої одиниці у шунтовому режимі роботи рейкової лінії.

За даним методом, у першу чергу, визначається режим роботи рейкового кола вимірювальної ділянки, який базується на визначенні стану за її вхідним імпедансом і передбачає виконання у два етапи: на першому етапі, за станом колійного реле, констатується факт, що рейкове коло не працює у нормальному режимі роботи, а на другому – за значенням вхідного імпедансу рейкової лінії відокремлюється шунтовий режим від контрольного. Вхідний імпеданс рейкового кола визначається як відношення напруги і струму, вимірянних на початку рейкового кола вимірювальної ділянки.

У шунтовому режимі роботи рейкової лінії здійснюється визначення координати, а, за потреби – швидкості та прискорення рухомої одиниці, яка знаходиться у межах рейкового кола. Для підвищення точності визначення зазначених параметрів, у нормальному режимі роботи рейкового кола, за вимірними значеннями струму, напруги і фазового зсуву між ними, уточнюються значення вторинних параметрів рейкової лінії шляхом розв'язання оберненої задачі. Даний метод не потребує проведення значного об'єму обчислень та дає змогу визначити вторинні параметри рейкової лінії, а через них – і опір її ізоляції.

Використання окресленого методу дає змогу визначити відстань, а, за потреби – швидкість та прискорення рухомої одиниці, яка знаходиться в межах рейкового кола. Отримані параметри можна використати для контролю за рухомими рейковими одиницями на перегонах між станціями. Застосування цього методу також може бути корисним при наближенні рухомих одиниць до залізничних переїздів з метою реалізації фіксованого часу сповіщення. Крім цього, завдяки використанню окресленої моделі, можливо також, у контрольному режимі роботи визначити і координату пошкодження рейкової лінії, що дасть змогу зменшити витрати часу на виявлення та усунення пошкодження.

*Ключові слова:* рейкове коло; вхідний імпеданс; координата рухомої одиниці; параметри руху; підвищення стану безпеки

### Вступ

У системах залізничної автоматики і телемеханіки на залізницях України у якості датчика інформації про рух поїздів застосовують електричні рейкові кола, у яких у якості чутливого елемента використовуються рейкові лінії [1, 2]. Рейкові кола працюють у трьох основних режимах роботи [3, 4]: нормальному, шунтовому та контрольному. Стан рейкового кола, коли залізнична лінія знаходиться в справному стані та в його межах відсутній рухомий склад, відповідає його роботі у нормальному режимі. Коли рухома одиниця вступає у межі рейкової лінії рейкове коло переходить у шунтовий режим. Стан пошкодження рейкової лінії відповідає роботі рей-

кового кола у контрольному режимі.

Методи та засоби визначення координати поїзда шляхом контролю електричних параметрів рейкових кіл розглянуто у роботах [5-7], однак залежність первинних параметрів рейкових кіл від опору ізоляції баласту не сприяє забезпеченню необхідної точності методу. Тому у роботі поставлено завдання удосконалити метод визначення режиму роботи рейкової лінії та розробити метод визначення її опору ізоляції.

Однією із задач, які вирішуються у цій роботі є контроль за процесом руху залізничних транспортних засобів рейковою лінією. З цією метою необхідно забезпечити визначення їх координати у реальному часі. Колійне реле, яке увімкнене вкінці рейкового кола, надійно справляється із

виявленню нормального режиму. Однак, шунтовий режим і контрольний за допомогою колійного реле розрізнити неможливо. Тому, протягом останніх років, науковці працюють над методами і засобами, які надають додаткову інформацію щодо режиму, у якому на даний час працює рейкове коло [5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. Одним із таких підходів є визначення режимів роботи за характеристичними параметрами рейкового кола, до яких належать напруги і струми на початку рейкової лінії, або їх відношення, тобто вхідний імпеданс рейкової лінії [14-17].

### Математична модель визначення режимів роботи рейкового кола

Для визначення координати та швидкості рухомої одиниці у реальному часі необхідно задати параметрами, за допомогою яких отримується інформація про стан рейкової лінії, оскільки кожна виміряна величина є деякою її характеристикою. З цією метою здійснюються вимірювання на кожній конкретній лінії та реалізується її математична модель із врахуванням її параметрів. При моделюванні рейкову лінію подають у виді чотириполюсника (електричної довгої лінії) з рівномірно розподіленими параметрами та високим рівнем різноманітних впливів [4, 16, 18, 19]. Зокрема, при вступі на ділянку рейкового кола рухомої одиниці, або при порушенні цілісності рейкових ниток, відбувається перехід з класу характерних ознак нормального режиму у клас ознак шунтового чи контрольного режимів. Однак, на зміну структурної схеми рейкового кола також впливають і інші чинники, наприклад, забруднення баластного шару та шпал, чи наявність різних шпал (дерев'яні, залізобетонні) у межах рейкової лінії, на електрифікованих ділянках – заземлення опор контактної мережі, що є причиною повздовжньої асиметрії у вигляді неоднорідності опору ізоляції рейкової лінії.

На рис. 1 наведено структурну схему проведення таких вимірювань. Тут, у якості інформативних ознак, використовуються напруги і струми на початку рейкової лінії, або їх відношення, тобто вхідний опір (імпеданс).

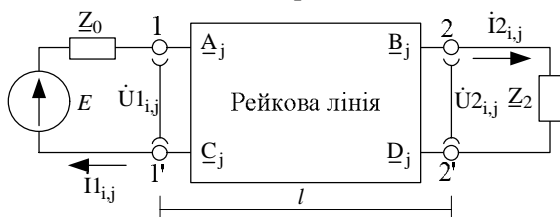


Рис.1 – Структурна схема проведення вимірювань інформативних ознак

На рис. 1 позначено:  $Z_0$  – комплексний опір обмежувача струму на вході рейкової лінії ділянки наближення,  $Z_2$  – комплексний опір навантаження рейкової лінії,  $\dot{U}_{1N}$ ,  $\dot{I}_{1N}$  – відповідно напруга і струм на вході рейкової лінії ділянки наближення,  $\dot{U}_{2N}$ ,  $\dot{I}_{2N}$  – відповідно напруга і струм на виході рейкової лінії ділянки наближення,  $N$  – узагальнений чотириполюсник всієї рейкової лінії із довжиною  $l$ .

Результати вимірювань становлять набір ознак у кожному з режимів роботи рейкового кола у різні моменти часу, які можна подати у наступному вигляді:

$$X_{i,j} = \{U_{1,i,j}, \varphi_{1,i,j}, I_{1,i,j}, \psi_{1,i,j}\}, \quad (1)$$

де:  $U_{1,i,j}$ ,  $\varphi_{1,i,j}$  – амплітуда та фаза напруги на вході рейкової лінії;  $I_{1,i,j}$ ,  $\psi_{1,i,j}$  – амплітуда та фаза струму на вході рейкової лінії;  $i = 1, 2 \dots n$  – поточний номер вимірюваної величини,  $j = 1, 2, 3$  – режим роботи рейкового кола ( $j = 1$  – нормальний,  $j = 2$  – шунтовий,  $j = 3$  – контрольний режим роботи) [15].

Співвідношення між напругами і струмами на вході і виході рейкової лінії виражаються за допомогою рівняння станів [4]:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{U}_2 \cdot \underline{A}_j + \dot{I}_2 \cdot \underline{B}_j \\ \dot{I}_1 = \dot{U}_2 \cdot \underline{C}_j + \dot{I}_2 \cdot \underline{D}_j \end{cases} \quad (2)$$

Коефіцієнти рейкового чотириполюсника рейкової лінії в нормальному режимі роботи мають вид [4]:

$$\begin{cases} \underline{A}_N = ch(\gamma \cdot l) & \underline{B}_N = Z_w \cdot sh(\gamma \cdot l) \\ \underline{C}_N = \frac{1}{Z_w} \cdot sh(\gamma \cdot l) & \underline{D}_N = \underline{A}_N = ch(\gamma \cdot l) \end{cases} \quad (3)$$

де  $l$  – довжина рейкової лінії;  $\gamma$  – коефіцієнт розповсюдження сигналу рейковою лінією

$$\gamma = \sqrt{(r + j\omega L) \cdot (g + j\omega C)} = \sqrt{z/r}, \quad (4)$$

$Z_w$  – хвильовий опір

$$Z_w = \sqrt{\frac{(r + j\omega L)}{(g + j\omega C)}} = \sqrt{z \cdot r_i}, \quad (5)$$

$r$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $g$  – первинні параметри рейкової лінії;  $\omega = 2\pi f$  – частота сигнального струму;  $z$  – питомий опір рейок;  $r_i$  – опір ізоляції рейкової лінії, а на електрифікованих ділянках – еквівалентний опір ізоляції рейкової лінії та заземлення опор контактної мережі:



$$r_e = 0,5 \cdot r_i + \frac{0,5 \cdot r_i \cdot r_o}{0,5 \cdot r_i + r_o}, \quad (6)$$

де  $r_o$  – опір заземлення опор контактної мережі, приведений до 1 км рейкової лінії [4].

Із рис. 1 видно, що

$$\begin{cases} \dot{U}_{1j} = \dot{E} - \dot{I}_j \cdot Z_0 \\ \dot{i}_{2j} = \frac{\dot{U}_{2j}}{Z_2} \end{cases}. \quad (7)$$

Система рівнянь (2), із урахуванням (3) та (7), формує математичну модель рейкового кола ділянки наближення в нормальному режимі роботи.

Із системи рівнянь (2), з урахуванням (7), отримаємо значення напруги і струму на вході рейкової лінії:

$$\dot{U}_{1j} = \frac{\dot{E}}{1 + Z_0 \cdot \frac{C_j \cdot Z_2 + D_j}{A_j \cdot Z_2 + B_j}}, \quad (8)$$

$$\dot{I}_{1j} = \frac{\dot{E}}{Z_0 + \frac{A_j \cdot Z_2 + B_j}{C_j \cdot Z_2 + D_j}}. \quad (9)$$

Значення напруг (8) і струмів (9) на вході рейкової лінії ділянки наближення, залежно від її первинних (вторинних) параметрів, дають змогу отримати множину її образів у нормальному  $N = f(\{\dot{U}_{1N}, \dot{I}_{1N}\})$ , шунтовому  $S = f(\{\dot{U}_{1S}, \dot{I}_{1S}\})$  та контрольному  $K = f(\{\dot{U}_{1K}, \dot{I}_{1K}\})$  режимах роботи.

Їх відношення – становлять множини вхідного імпедансу (опору) рейкової лінії в кожному із режимів роботи  $Z_{1j} = \frac{A_j \cdot Z_2 + B_j}{C_j \cdot Z_2 + D_j}$ .

Оскільки на рейкову лінію ділянки наближення, яка знаходиться в шунтовому режимі роботи дискретно впливає шунт із опором  $R_S$ , то узагальнений чотириполюсник рейкової лінії у шунтовому режимі роботи  $S$  визначається:

$$\begin{bmatrix} \underline{A}_S & \underline{B}_S \\ \underline{C}_S & \underline{D}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{A}_{N1} & \underline{B}_{N1} \\ \underline{C}_{N1} & \underline{D}_{N1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_S} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \underline{A}_{N2} & \underline{B}_{N2} \\ \underline{C}_{N2} & \underline{D}_{N2} \end{bmatrix} \quad (10)$$

де  $[\underline{A}_{N1}, \underline{B}_{N1}, \underline{C}_{N1}, \underline{D}_{N1}]$  — коефіцієнти чотириполюсника  $N_1$  рейкової лінії із довжиною  $X$  км від початку рейкової лінії до місця знаходження поїзного шунта  $R_S$ ;  $[\underline{A}_{N2}, \underline{B}_{N2}, \underline{C}_{N2}, \underline{D}_{N2}]$  – коефіцієнти чотирипо-

люсника  $N_2$  рейкової лінії із довжиною  $(l - X)$  км від місця знаходження поїзного шунта  $R_S$  до кінця рейкової лінії. Коефіцієнти чотириполюсників  $N_1$  та  $N_2$  визначаються, як і у нормальному режимі із (3) при підстановці у формулу замість довжини рейкової лінії  $l$  величин відстаней від початку рейкової лінії до місця знаходження поїзного шунта  $X$  та від місця знаходження поїзного шунта до кінця рейкової лінії  $(l - X)$  відповідно.

У контрольному режимі роботи перелом рейкової нитки моделюється шляхом увімкнення у місці розриву опору  $Z_K$ , величина якого визначається із виразу:

$$Z_K = E \cdot Z_w \sqrt{1 + 2\rho} (cth(\gamma_1 \cdot l_1) + cth(\gamma_1 \cdot l_2)) \quad (11)$$

де  $l_1$  та  $l_2$  – ділянки рейкової лінії зліва і справа від місця обриву і становлять  $(X)$  та  $(l - X)$  відповідно,  $\rho$  – коефіцієнт поверхневої провідності, який характеризує відношення між складовими опору ізоляції,  $E$  – характеристика складових повного опору рейок (постійна земляного тракту), яка залежить від частоти сигнального струму,  $\gamma_1 = \frac{E \cdot \gamma}{\sqrt{1 + 2\rho}}$  – коефіцієнт розпо-

всюдження хвилі земляним трактом рейкової лінії,  $\gamma$  – коефіцієнт розповсюдження сигналу рейковою лінією,  $Z_{XB}$  – хвильовий опір рейкової лінії.

Оскільки на рейкову лінію ділянки наближення, яка знаходиться в контрольному режимі дискретно впливає ділянка у виді перелому рейкової нитки із кінцевим значенням опору  $Z_K$ , то узагальнений чотириполюсник рейкової лінії  $K$  визначається як:

$$\begin{bmatrix} \underline{A}_K & \underline{B}_K \\ \underline{C}_K & \underline{D}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{A}_{N1} & \underline{B}_{N1} \\ \underline{C}_{N1} & \underline{D}_{N1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & Z_K \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \underline{A}_{N2} & \underline{B}_{N2} \\ \underline{C}_{N2} & \underline{D}_{N2} \end{bmatrix} \quad (12)$$

де  $[\underline{A}_{N1}, \underline{B}_{N1}, \underline{C}_{N1}, \underline{D}_{N1}]$  — коефіцієнти чотириполюсника  $N_1$  рейкової лінії із довжиною  $X$  від її початку до місця перелому рейкової нитки  $Z_K$ ;  $[\underline{A}_{N2}, \underline{B}_{N2}, \underline{C}_{N2}, \underline{D}_{N2}]$  – коефіцієнти чотириполюсника  $N_2$  рейкової лінії із довжиною  $(l - X)$  км від місця перелому рейкової нитки  $Z_K$  до кінця рейкової лінії. Ці коефіцієнти визначаються аналогічно, як і у шунтовому режимі роботи рейкової лінії.

Для визначення та дослідження областей існування характеристичних ознак і формування ознак станів рейкової лінії в нормальному, шунтовому та контрольному режимах із застосу-

вання класичного підходу моделювання рейкового кола [3; 4], було реалізовано математичну модель у системі комп'ютерної алгебри Mathcad 15 та середовищі розробки для візуальної мови програмування компанії National Instruments LabVIEW 2012. Моделювання здійснювалось у нормальному, шунтовому та контрольному режимах роботи рейкового кола із урахуванням опору ізоляції рейкової лінії, а для електрифікованих ділянок – еквівалентного опору ізоляції рейкової лінії та заземлення опор контактної мережі. У шунтовому та контрольному режимах роботи моделювання здійснювалось із урахуванням координати накладання шунта (шунтовий режим) чи обриву рейкової лінії (контрольний режим). При цьому шунт, чи еквівалентний опір обриву рейкової лінії прикладалися до її кінця (з релейної сторони). Крім визначення вхідних напруги і струму на кожному кроці також визначався і вхідний імпеданс рейкової лінії.

Оскільки напруга та струм на вході рейкової лінії, а також її вхідний імпеданс – комплексні величини, то доцільно розглянути поведінку кожного із їх компонентів, а саме модуля (абсолютного значення), аргументу (фази), реальної та уявної частин. Однак, як зазначено у роботі [14] найбільш прийнятною величиною для визначення координати поїзда в межах рейкового кола є компонент модуля величин, оскільки залежності решти компонентів комплексних значень напруги, струму та вхідного імпедансу рейкової лінії володіють значно складнішим характером залежності від координати, що може сприяти неоднозначності сприйняття результатів вимірювань. Крім цього, використання дійсних та уявних частин комплексних значень також спряжені із складністю моделей функцій та збільшенням похибок обчислень за рахунок додаткових перетворень чисел.

### Визначення координати рухомої одиниці

Оскільки при вступі рухомої одиниці в межі рейкової лінії остання переходить у шунтовий режим роботи, то необхідно цей факт зафіксувати. Алгоритм визначення режиму роботи рейкової лінії полягає у виявленні, за станом колійного реле, того факту, що рейкове коло на даний момент не працює у нормальному режимі роботи. Наступним кроком є відокремлення контрольного режиму від шунтового. Це можна реалізувати шляхом порівняння значення вхідного імпедансу рейкової лінії у теперішньому стані із його значеннями у іншому режимі роботи. При одному і тому ж значенні опору ізоляції рейкової лінії її вхідний імпеданс у різних

режимах роботи відрізняється. Навіть при значенні опору ізоляції рейкової лінії 0,5 Ом/км мінімальна різниця між значеннями її вхідного імпедансу у контрольному та шунтовому режимах роботи для кодового рейкового кола 50 Гц із довжиною 2,5 км становить 0,34 Ом. При більших значеннях опорів ізоляції рейкової лінії різниця між значеннями вхідного імпедансу у контрольному та шунтовому режимах роботи збільшуватиметься. Тому за модулем вхідного імпедансу рейкової лінії можна відокремити шунтовий режим від контрольного.

Необхідно зазначити, що шунтовий і нормальний режими роботи рейкового кола за допомогою такого підходу відокремити досить складно, оскільки значення вхідного імпедансу рейкової лінії у цих режимах майже не відрізняються (особливо при низьких значеннях опору ізоляції). Тому необхідно ці режими розділяти за станом колійного реле.

При виявленні факту, що рейкове коло на даний момент знаходиться в шунтовому режимі (за результатами визначення режиму роботи рейкового кола), з метою визначення координати накладання шунта (першої колісної пари локомотива), необхідно виконати моделювання рейкового кола у шунтовому режимі роботи. Метою цього моделювання є виявлення залежності значення напруг і струмів на вході рейкової лінії (живильний кінець) та її вхідного імпедансу від координати накладання шунта при різних значеннях опору ізоляції рейкової лінії.

Моделювання кодового рейкового кола частотою 50 Гц у шунтовому режимі роботи здійснювалось із використання класичного підходу за моделлю, яка наведена на рис. 2.

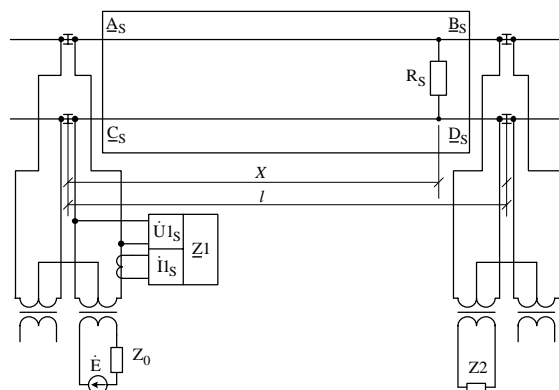


Рис.2 – Модель визначення координати накладання шунта за вхідним імпедансом рейкової лінії

При визначенні координати рухомої одиниці, з метою зменшення кількості інформативних параметрів та спрощення обчислювальних процедур, скористаємося відношенням напруги і струму на вході рейкової лінії, що є її вхідним опором (імпедансом) [20]:

$$Z_1 = \frac{U_{1S}}{I_{1S}} \quad (13)$$

Зв'язок між напругою і струмом на початку рейкової лінії (живильна сторона) із напругою і струмом на її кінці (релейна сторона) виражається за допомогою виразу (2).

Із (13) із урахуванням (2) та значень коефіцієнтів отримаємо:

$$Z_1 = \frac{U_{1S}}{I_{1S}} = \frac{A_S Z_2 + B_S}{C_S Z_2 + D_S} = \frac{Z_{x6}^2 \cdot \text{sh}(\gamma \cdot X) + Z_2 \cdot \text{ch}(\gamma \cdot X) \cdot Z_{x6}}{Z_2 \cdot \text{sh}(\gamma \cdot X) + \text{ch}(\gamma \cdot X) \cdot Z_{x6}} \quad (14)$$

У шунтовому режимі роботи у якості опору навантаження рейкової лінії виступає опір шунта:  $Z_2 = R_S$ . Тому:

$$Z_1 = \frac{Z_w^2 \cdot \text{sh}(\gamma \cdot X) + R_S \cdot \text{ch}(\gamma \cdot X) \cdot Z_w}{R_S \cdot \text{sh}(\gamma \cdot X) + \text{ch}(\gamma \cdot X) \cdot Z_w} \quad (15)$$

Зазначені обчислення здійснювалися для рейкових кіл із сигнальним струмом 25, 50, 420, 480, 580, 720 або 780 Гц. Як приклад, на рис. 3 наведено обчислені значення вхідного імпедансу кодового рейкового кола із сигнальним струмом 50 Гц при зміні опору ізоляції у межах від 1 до 50 Ом/Км з урахуванням заземлення опор контактної мережі та зміні координати накладання шунта у напрямі від релейного до живильного кінця рейкової лінії із кроком 10 м.

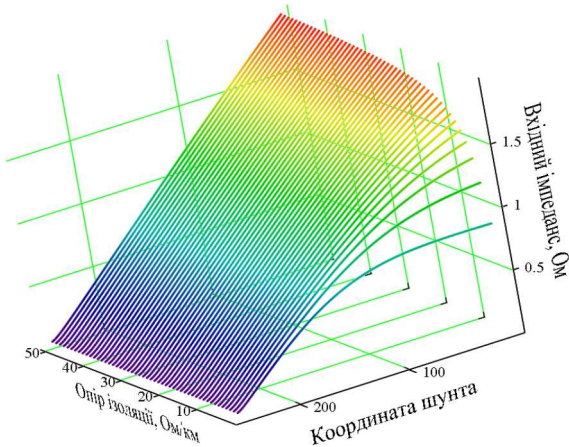


Рис.3 – Залежність вхідного імпедансу рейкової лінії у шунтовому режимі роботи при зміні опору ізоляції (вісь у) та координати шунта (точки 1-250 – вісь х)

Із виразу (15) визначимо координату  $X$  рухомої одиниці:

$$X = \pm \frac{\ln \left( \frac{\sqrt{(Z_1 - Z_w) \cdot (Z_1 - Z_w) \cdot (Z_1 + Z_w) \cdot (Z_1 + Z_w)}}{Z_w^2 - Z_1 \cdot Z_S - Z_1 \cdot Z_w + Z_S \cdot Z_w} \right)}{\gamma} \quad (16)$$

Або, після спрощення:

$$X = \pm \frac{\ln \left( \frac{Z_1 \cdot Z_S - Z_w^2 + Z_1 \cdot Z_w - Z_S \cdot Z_w}{Z_1 \cdot Z_S - Z_w^2 - Z_1 \cdot Z_w + Z_S \cdot Z_w} \right)}{2 \cdot \gamma} \quad (17)$$

Оскільки координата – додатне число, то:

$$X = \frac{\ln \left( \frac{Z_1 \cdot Z_S - Z_w^2 + Z_1 \cdot Z_w - Z_S \cdot Z_w}{Z_1 \cdot Z_S - Z_w^2 - Z_1 \cdot Z_w + Z_S \cdot Z_w} \right)}{2 \cdot \gamma} \quad (18)$$

Використовуючи формулу (18) можна визначити координату накладання шунта (першої колісної пари) у шунтовому режимі роботи рейкового кола.

Залежність вхідного імпедансу кодового рейкового кола змінного струму частотою 50 Гц із довжиною 2,5 км від координати накладання шунта при значеннях опору ізоляції 1, 2, 5 та 50 Ом/км наведена на рис. 4.

Виходячи із рис. 4 можна стверджувати, що при опорі ізоляції 1 Ом/км на координатах накладання більше 1,5 км вхідний імпеданс змінюється у значних межах, тому для таких довгих рейкових кіл (на координатах >1,5 км) визначення достовірного значення координати накладання шунта ускладнене. Однак для тональних рейкових кіл накладання, які використовуються на ділянках наближення до залізничних переїздів (< 1 км) похибка буде до 3%. Незначною буде похибка і для ділянок, на яких використовуються тональні рейкові кола чи системи АБТЦ.

Рис.4 – Залежність координати накладання шунта при опорах ізоляції рейкової лінії 1, 2, 5 та 50 Ом/км від вхідного імпедансу рейкової лінії.

### Визначення вторинних та первинних параметрів рейкової лінії

До складу формули (18) входять значення хвильового опору та коефіцієнту розповсюдження рейкової лінії, які, у свою чергу залежать від опору ізоляції рейкової лінії (на електрифікованих ділянках – еквівалентного опору ізоляції рейкової лінії та заземлення опор кон-

тактної мережі). Оскільки у різних умовах експлуатації зазначений опір різний, його необхідно попередньо визначити. Це можна зробити, або у шунтовому режимі роботи у момент вступу поїзда у межі рейкового кола, коли відоме значення координати, яке рівне довжині рейкової лінії, або в період, коли рейкове коло працює у нормальному режимі роботи.

Для будь-якого рейкового кола із довжиною  $l$ , конкретним значенням питомого опору рейок  $z$  величина вхідного імпедансу рейкової лінії як у нормальному, так і в шунтовому режимах роботи однозначно визначатиметься її опором ізоляції (на електрифікованих ділянках – еквівалентним опором ізоляції рейкової лінії та заземлення опор контактної мережі).

Для визначення опору ізоляції у нормальному режимі роботи скористаємося зв'язками між напругою і струмом на початку та на кінці рейкової лінії (2).

Вхідний опір релейного кінця рейкової лінії визначимо за виразом [4, 19]:

$$Z_2 = \frac{A_2 Z_R + B_2}{C_2 Z_R + D_2} \quad (19)$$

де  $Z_2$  – вхідний опір апаратури і реле, під'єднаних до релейного кінця рейкової лінії;  $Z_R$  – опір колійного реле;  $A_2, B_2, C_2, D_2$  – коефіцієнти чотириполюсника увімкненого між рейковою лінією і колійним реле.

Напругу і струм на початку рейкової лінії ( $U_1, I_1$ ) визначимо засобами вимірювання [19], а далі – визначимо вхідний імпеданс рейкової лінії  $Z_1 = \frac{U_1}{I_1}$ .

У свою чергу вхідний опір через значення коефіцієнтів чотириполюсника рейкової лінії

$$Z_{1N} = \frac{A_N \cdot Z_2 + B_N}{C_N \cdot Z_2 + D_N},$$

звідки, із урахуванням властивостей коефіцієнтів чотириполюсника  $A_N = D_N$  та  $A_N \cdot D_N - B_N \cdot C_N = 1$  [4], визначимо їх розв'язавши систему рівнянь.

Далі – визначимо коефіцієнт розповсюдження рейкової лінії:

$$\gamma = \frac{\operatorname{arcch}(A)}{l}, \quad (20)$$

та її хвильовий опір

$$Z_w = \frac{B}{\operatorname{sh}(\operatorname{arcch}(A))}. \quad (21)$$

Крім цього, враховуючи, що питомий опір рейок визначається як

$$z = Z_w \cdot \gamma, \quad (22)$$

значення коефіцієнту розповсюдження та хвильового опору рейкової лінії можна відкоригувати, оскільки питомий опір відомий для усіх типів рейок та не залежить від погодних та інших факторів.

Визначивши вторинні параметри рейкової лінії, можна визначити й опір ізоляції:

$$r_i = \frac{Z_w}{\gamma}. \quad (23)$$

Оскільки за невеликий проміжок часу опір ізоляції різко не змінюється, то отриманими таким чином вторинними параметрами рейкової лінії можемо скористатися при визначенні координати через вхідний імпеданс рейкової лінії у шунтовому режимі роботи.

Крім зазначеного можливо організувати внутрішню логіку із застосуванням потужного математичного апарату при використанні комп'ютерної техніки, який дасть змогу, шляхом використання також і алгоритмів класифікації, підвищити точність розпізнавання, що, у свою чергу, забезпечить нечутливість таких систем до зовнішніх впливів, а, в цілому – до підвищення як надійності таких систем так і безпеки руху поїздів [6, 17].

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Брылеев А. П. Теория, устройство и работа рельсовых цепей [Текст] / А. П. Брылеев, Ю. А. Кравцов, А. В. Шишляков – М.: Транспорт, 1978. – 344 с.
2. Дмитриев В. С. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты [Текст] / В. С. Дмитриев, В. А. Минин – М.: Транспорт, 1992. – 182 pp.
3. Котляренко Н.Ф. Путевая блокировка и авторегулировка: Учебник для вузов [Текст] / Н.Ф. Котляренко, А.В. Шишляков, Ю.В. Соболев [и др.]; Под ред. Котляренко Н.Ф. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Транспорт», 1983. – 408 с.
4. Аркатов В. С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: Справочник [Текст] / В. С. Аркатов, Ю. В. Аркатов, С. В. Казеев, Ю. В. Ободовский – 3-е издание, переработанное и дополненное. – М.: «ООО Миссия-М», 2006. – 496 с.
5. Грачев Г. Н. Применение метода импульсного зондирования для организации переездной сигнализации [Текст] / Г. Н. Грачев, М. Б. Гуменик // Автоматика, телемеханика и связь. – М.:1997. – № 11. – С. 28–30.
6. Тарасов Е. М. Повышение безопасности на переездах, оборудованных светофорной сигнализацией [Текст] / Е. М. Тарасов, А. Н. Носов // Материалы второй международной научно-практической конференции «Безопасность транспортных систем». – Самара: 2000. – С. 3–4.
7. Патент РФ №2169678 МПК В 61 L 23/18; В 61 L 29/22 Устройство для переездной сигнализации /

Тарасов Е. М., Белоногов А. С., Мохонько В. П. [и др.]; заявитель СамИЖТ заяв. 06.16.2000, опублик. 27.06.2001.

8. Возняк О. М. Застосування методів розпізнавання станів рейкової лінії для визначення режиму роботи рейкових кіл [Текст] / О. М. Возняк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. 2013. – № 6. – С. 66–70. (Режим доступу: URL: <http://ecsrt.diit.edu.ua/article/view/51290>).

9. Matoba K. Grade crossings: A look to the future / K. Matoba // Railway Track & Structures. Simmons-Boardman Publishing Corporation, 2000. Vol. 96. – No. 6. – P. 23–30.

10. Грибков О. И. Разработка систем контроля бдительности и оповещения железнодорожников об опасности наезда. Диссертация кандидата технических наук [Текст] / О. И. Грибков – М.: 1996. – 199 с.

11. Масайтис Ю. Л. Переездной автоматический комплекс устройств [Текст] / Ю. Л. Масайтис // Автоматика, телемеханика и связь. 1997. – № 11. – С. 27.

12. Debiolles A. Track circuit automatic diagnosis based on a local electrical modelling / A. Debiolles, L. Oukhellou, P. Aknin, T. Denoeux // 7th World Congress on Railway Research. – Montreal: 2006. (4–8 June 2006, Montreal, Canada).

13. Patra A. P. Availability analysis of railway track circuits / A. P. Patra, U. Kumar // Institution of Mechanical Engineers. Proceedings. Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. Professional Engineering Publishing Ltd., 2010. Vol. 224. – No. 3. – P. 169–177.

14. Havryliuk V. I. Improving the positioning accuracy of train on the approach section to the railway crossing / V. I. Havryliuk, O. M. Voznyak, V. V. Meleshko // Наука та прогрес транспорту. 2016. – № 1 (61). – С. 9–18. (doi: 10.15802/stp2016/60936).

15. Возняк О. М. Визначення режимів роботи рейкових кіл за їх характеристичними параметрами [Текст] / О. М. Возняк // Збірник наукових праць

Донецького інституту залізничного транспорту. – Донецьк: [б. в.], 2013. – № 33. – С. 219–224. (Режим доступу:

URL:<http://ea.drtpi.donetsk.ua:8080/jspui/handle/123456789/389>).

16. Возняк О.М. Метод визначення режиму роботи рейкового кола за його характеристичними параметрами [Текст] / О.М. Возняк // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: Управління, економіка, технології: Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. – Серія «Техніка, технології». – К.: 2013. – С. 149–150.

17. Мохонько В. П. Использование информации о входном сопротивлении рельсовой линии для определения координаты и скорости подвижной единицы [Текст] / В. П. Мохонько // Материалы второй международной научно-практической конференции «Безопасность транспортных систем». – Самара: 2000. – P. 75–76.

18. Возняк О. М. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах : Монографія [Текст] / О. М. Возняк, В. І. Гаврилюк; Під ред. Гаврилюка В. І. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2016. – 282 с. (ISBN 978-966-8471-70-4).

19. Дмитренко И. Е. Измерения и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / И. Е. Дмитренко, В. В. Сапожников, Д. В. Дьяков – М.: Транспорт, 1994. – 263 с.

20. Каганов З. Г. Электрические цепи с распределенными параметрами и цепные схемы [Текст] / З. Г. Каганов – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 247 с.

*Стаття рекомендована до публікації д.фіз.-мат.н., проф. Гаврилюком В. І. (Україна)*

Надійшла до редколегії 09.09.2019.

Прийнята до друку 16.09.2019.

О. М. ВОЗНЯК

## **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТЫ ПОДВИЖНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЕДИНИЦЫ ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ВХОДНОГО ИМПЕДАНСА РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ**

Целью данной работы является повышение эффективности контроля параметров движения железнодорожных транспортных средств за счет использования усовершенствованного метода определения их координаты в пределах рельсовой цепи. С этой целью используется усовершенствованный метод определения вторичных и первичных параметров рельсовой цепи в нормальном режиме работы с дальнейшим использованием полученного значения при определении координаты рельсовой подвижной единицы в шунтовом режиме работы рельсовой линии.

За данным методом, у первую очередь, определяется режим работы рельсовой цепи измерительного участка, который базируется на определении ее состояния за входным импедансом и предусматривает выполнение в два этапа: на первом этапе, за состоянием путевого реле, констатируется факт, что рельсовая цепь не работает в нормальном режиме работы, а на втором – за значением входного импеданса рельсовой линии отделяется шунтовой режим от контрольного. Входной импеданс рельсовой цепи определяется как отношение напряжения и тока, измеренных вначале рельсовой цепи измерительного участка.

В шунтовом режиме работы рельсовой линии осуществляется определение координаты, а, при необходимости – скорости и ускорения подвижной единицы, которая находится в пределах рельсовой цепи. Для

повышения точности определения указанных параметров, в нормальном режиме работы рельсовой цепи, по измеренным значениям тока, напряжения и фазового сдвига между ними, уточняются значения вторичных параметров рельсовой линии путем решения обратной задачи. Данный метод не требует проведения значительного объема вычислений и позволяет определить вторичные параметры рельсовой линии, а через них – и сопротивление ее изоляции.

Использование данного метода позволяет определять координату, а при необходимости – скорость и ускорение подвижной единицы, которая находится в пределах рельсовой цепи. Полученные параметры можно использовать для контроля над подвижными рельсовыми единицами на перегонах между станциями. Применение этого метода также может быть полезным при приближении подвижных единиц к железнодорожным переездам с целью реализации фиксированного времени уведомления. Кроме этого, благодаря использованию очерченной модели, возможно также, в контрольном режиме работы определять и координату повреждения рельсовой линии, что позволит уменьшить затраты времени на выявление и устранение повреждения.

*Ключевые слова:* рельсовая цепь; входной импеданс; координата подвижной единицы; параметры движения; повышение безопасности

O. VOZNYAK

## **METHOD OF DETERMINING THE COORDINATES OF A MOVING RAILWAY UNIT BY MEASURING THE INPUT IMPEDANCE OF THE RAIL LINE**

The aim of this work is to increase the efficiency of monitoring the movement parameters of railway vehicles through the use of an improved method for determining their coordinates within the rail circuit. For this purpose, an improved method is used to determine the secondary and primary parameters of the rail circuit in normal operation, with further use of the obtained value when determining the coordinates of the rail moving unit in the shunt mode of operation of the rail line.

For this method, the operating mode of the rail circuit of the measuring section is first determined, which is based on determining its state behind the input impedance and involves performing in two stages: at the first stage, the state of the trip relay states that the rail circuit does not work in normal operation, and in the second stage, the shunt mode from the control mode is separated using the value of the input impedance of the rail line. The input impedance of the rail circuit is defined as the ratio of measured voltage and current at the beginning of the rail circuit of the measuring section.

In the shunt mode of operation of the rail line, the coordinates are determined, and, if necessary, the speed and acceleration of the moving unit, which is located within the rail circuit. To increase the accuracy of determining these parameters, in the normal mode of operation of the rail circuit, the measured values of the current, voltage and phase shift between them, clarifies the values of the secondary parameters of the rail circuit by solving the inverse task. This method does not require a significant amount of computation and allows you to determine the secondary parameters of the rail line, and through them the resistance of its insulation.

Using this method allows you to determine the coordinate, and if necessary - the speed and acceleration of the moving unit, which is located within the rail chain. The obtained parameters can be used to control the moving rail units between stations. The application of this method can also be useful when moving units approach railroad crossings in order to implement a fixed notification time. In addition, due to the use of the outlined model, it is also possible, in the control mode of operation, to determine the coordinate of damage to the rail line, which will reduce the time spent on identifying and eliminating damage.

*Keywords:* rail circuit; input impedance; coordinate of the moving unit; parameters of movement; improvement safety

УДК 656.223.28

В. С. ВОРОПАЙ<sup>1\*</sup>, В. А. НЕЧЕПОРЕНКО<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Транспортные технологии предприятий», ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87555, Украина, тел. +38(098) 278 19 75, эл.адрес vvoropay86@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5831-3120

<sup>2\*</sup> Каф. «Транспортные технологии предприятий», ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87555, Украина, тел. +38(068) 438 39 00, эл.адрес valerixxx97@gmail.com

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО ОСМОТРА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА СТАНЦИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье проведена оценка целесообразности внедрения автоматической системы коммерческого осмотра поездов и вагонов. Проанализировано предназначение системы и её устройство. Изучен и описан процесс работы системы на станции. Рассмотрены основные преимущества системы - осмотр движущегося грузового подвижного состава и находящихся на нем грузов с последующим сбором, обработкой, хранением и документированием информации о коммерческом состоянии вагонов и грузов и передачей ее в автоматизированную систему оперативного управления перевозками; повышение эффективности операций коммерческого осмотра вагонов; увеличение пропускной способности железнодорожной станции, сокращение времени доставки грузов; своевременного выявления коммерческих неисправностей, повышения безопасности движения поездов и сохранности перевозимых грузов, высвобождения контингента. Внедрение на станциях предприятий, пунктах коммерческого обслуживания автоматизированной системы осмотра поездов и вагонов даст возможность при коммерческих осмотрах составов переходить на безбумажную технологию работы. Результаты исследования дают основание утверждать, что внедрение данной систем позволяет значительно улучшить качество осмотра подвижного состава, вагонов и грузов, сократить время на его проведение, и как следствие - своевременно выявлять коммерческие неисправности, создающие угрозу безопасности движения поездов. Данная система значительно улучшает процедуру коммерческого осмотра, сокращает время на её проведение, увеличивает пропускную способность станции, а также обеспечивает соблюдение охраны труда сотрудниками станции. За счет внедрения автоматической системы коммерческого осмотра поездов и вагонов можно существенно сэкономить денежный бюджет железной дороги путём сокращения штата приемосдатчиков, осуществляющих коммерческий осмотр поездов.

*Ключевые слова:* автоматизированная система; коммерческий осмотр; датчик; телевизионная система; габарит; оператор

### Вступление

Прошло уже более 150 лет со дня возникновения железных дорог в Украине. Их появление было вызвано объективным процессом развития общества. Рост промышленности, укрепление национального рынка, освоение окраинных земель, быстрые, массовые и дешёвые перевозки пассажиров и товаров, бурное расширение торговли – таково положительное влияние железных дорог на экономическую и социальную жизнь страны. Ни одно из великих открытий 19 века не имело такого значения в становлении цивилизации как железные дороги. С тех пор темп нашей жизни значительно ускорился. Расстояния, на которые перевозятся грузы, увеличиваются, все больше возрастает потребность в интенсивности перевозок и высокой скорости доставки грузов [1].

В связи с увеличением объёмов перевозки грузов одной из приоритетных задач для УЖД является повышение пропускной способности железнодорожных станций, ускорение продвижения вагонопотоков и, соответственно, увеличение скорости доставки грузов. Для решения указанных задач требуется повсеместная автоматизация технологических процессов, связанных с обработкой данных о проходящих грузовых составах на узловых железнодорожных станциях [2].

В частности, с проблемой идентификации номерных знаков подвижного состава сталкиваются железнодорожники и обслуживающий персонал при проведении многочисленных операций как при приемке вагонов, так и в технологическом процессе материалодвижения на предприятии, что требует усовершенствования процесса обработки информационных характе-



ристик подвижного состава и урезания человеческого фактора при проведении подобных операций.

Одним из основных элементов процесса перевозки грузов железнодорожным транспортом в настоящее время является операция коммерческого осмотра вагонов в пути следования на пунктах коммерческого осмотра (ПКО). В условиях оптимизации эксплуатационной работы железных дорог решение проблемы обеспечения сохранности грузов в пути следования, повышения безопасности движения осуществляется за счет внедрения комплексов технических средств выявления коммерческих неисправностей на ПКО. Немаловажным является факт необходимости быстрого действия на станциях переработки массового вагонопотока, какими являются станции металлургических предприятий по приемке грузов с внешней сети на этапе снабжения производства исходным сырьем. Таким современным комплексом является автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов – АСКОПВ.

#### Изложение основного материала

Первые системы АСКОПВ были разработаны в 1995 году. Они усовершенствовались и модернизировались, расширялся спектр функциональных возможностей системы. На сегодняшний день АСКОПВ представляет собой комплекс устройств, предназначенных для визуального контроля и регистрации состояния вагонов и грузов поездов в процессе движения, визуального контроля качества крепления грузов, контроля соблюдения габарита погрузки, улучшения условий труда и повышения уровня личной безопасности работников, занятых осмотром вагонов. [1]

Система АСКОПВ предназначена для:

- визуального контроля и регистрации состояния вагонов и грузов (на открытом подвижном составе) на ходу поезда, а также состояния открытого подвижного состава в части очистки и качества крепления грузов;
- контроля габаритов грузов, погруженных на подвижной состав, в процессе их движения;
- обеспечивается возможность визуальной оценки состояния люков цистерн на предмет наличия пломб;
- проверки правильности размещения и крепления груза на открытом подвижном составе, наличия остатков груза, реквизитов крепления и определение веса каждого вагона.

В состав АСКОПВ входят:

- электронные габаритные ворота (ЭГВ);

- средства контроля в составе телевизионной системы видеоконтроля (ТС);
- тепловизионный комплекс (ТПВ);
- весы-рельсы (ВР) тензометрические для взвешивания железнодорожных составов (рис. 1);
- вспомогательное оборудование;
- средства вычислительной техники в составе рабочего места оператора автоматизированного (АРМ О ПКО) и автоматизированного рабочего места приемосдатчика (приемщика поездов) (АРМ ПС ПКО).



Рис. 1. Весы вагонные тензометрические

АСКОПВ представляет собой своеобразные электронные ворота, устанавливаемые на станции (рис. 2) и оснащённые телекамерами, датчиками контроля негабаритности, тепловизорами.

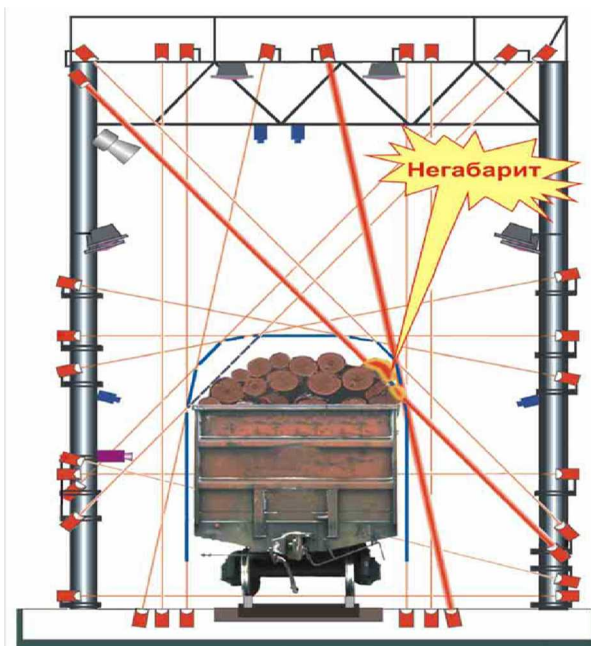


Рис. 2. Система контроля негабаритности



Через них на скорости до 40км/ч проходят поезда. Изображение автоматически передается оператору пункта коммерческого осмотра, который обрабатывает его на компьютере и с возможными замечаниями передает приемщику. При обнаружении неисправностей или негабаритности вагон отцепляют [2].

Система обеспечивает автоматический контроль зонального габарита погрузки по девяти зонам, основного габарита погрузки по двум зонам и максимального по ширине габарита подвижного состава по двум зонам. Этим возможности АСКОПВ не исчерпываются. С помощью системы создается видеоархив. Видео запись воспроизводится в различных режимах, которые позволяют получить полную и наглядную характеристику любого поезда или вагона. Кроме того, существует возможность подготовить и распечатать отчет с четкими изображениями допущенных неисправностей. Всё это помогает при необходимости разрешать спорные вопросы с грузоотправителями или соседними станциями. [1, 3]

Состав осматривается АСКО ПВ с помощью средств телевизионной системы (рис. 3). При осмотре выявляются коммерческие неисправности, угрожающие безопасности движения поездов и сохранности перевозимого груза, проверяется правильность размещения и крепления груза на открытом подвижном составе, исправность крыш вагонов и цистерн, наличие остатков груза и реквизитов крепления.



Рис.3. Телевизионная система

Оператор начинает контролировать работу автоматических средств. В это время произво-

дится запись четырех (два сверху и два сбоку) изображения вагонов.

Результаты осмотра состояния вагонов и грузов с помощью автоматических средств обрабатываются на ПЭВМ оператора и передаются на ПЭВМ приемщика в виде сообщения. Сообщение состоит из одной служебной и нескольких информационных фраз.

Приемщик поездов, получив информацию о зарегистрированных автоматическими средствами коммерческих неисправностях, обрабатывает и формирует сообщение в автоматизированную систему управления (АСУ) станции о наличии негабаритных грузов и неисправных в коммерческом отношении вагонов в прибывшем поезде. Данное сообщение по команде приемщика поездов передается средствами АСУ станции на автоматизированное рабочее место (АРМ) станционного технологического центра (СТЦ), где о результатах осмотра вагонов в коммерческом отношении автоматически выдается на печать информация в виде справки с отметкой о запрете ставить вагон в поезд. Старший оператор СТЦ, получив справку, вносит необходимые корректировки в сортировочный листок. Дежурный по станции (горке) совместно со старшим по смене приемщиком поездов на основании этой информации принимает решение об отцепке вагона или пропуске его по назначению с устранением коммерческого брака в парке отправления.

При выявлении коммерческого брака, требующего отцепки вагона от состава, данный вагон размещается на отдельный путь сортировочного парка.

Другим важным элементом технологии работы станций, является контроль соответствия инвентарных номеров вагонов принимаемого состава телеграмме – натурному листу (ТГНЛ). Для оптимизации этого процесса на станциях уже сегодня внедряется автоматизированная система контроля инвентарных номеров вагонов (АСКИН) [1, 3].

АСКИН помогает решить часть функциональных задач, однотипных и для АСКО ПВ. Это счет вагонов в составе, видеоконтроль бортов вагонов, освещение бортов вагонов в темное время суток, информационный обмен между напольным оборудованием и автоматизированным рабочим местом и оператором системы. Поэтому на железнодорожных станциях, где, исходя из технологии работы, требуется внедрение АСКО ПВ и АСКИН, целесообразно устанавливать данные системы совместно [4]. Это позволит значительно сократить затраты на

монтаж двух систем. Система АСКИН устанавливается на путях приема-отправления железнодорожных станций, а также промышленных предприятий, в сортировочных парках станций с целью организации процесса формирования поездов. В состав системы АСКИН входят: напольное оборудование постов считывания (ПСЧ); подсистема телевизионного наблюдения; подсистема освещения; подсистема счета вагонов; подсистема передачи информации; сервер распознавания; автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора.

Входными данными в системе АСКИН являются видеоизображения боковых поверхностей и рам вагонов проходящего состава с двух сторон, сформированные телекамерами из состава напольного оборудования постов считывания ПСЧ. Видеоизображения передаются на сервер распознавания, где с помощью специализированного программного обеспечения производится их обработка и распознавание инвентарных номеров вагонов (рис. 4) [5].

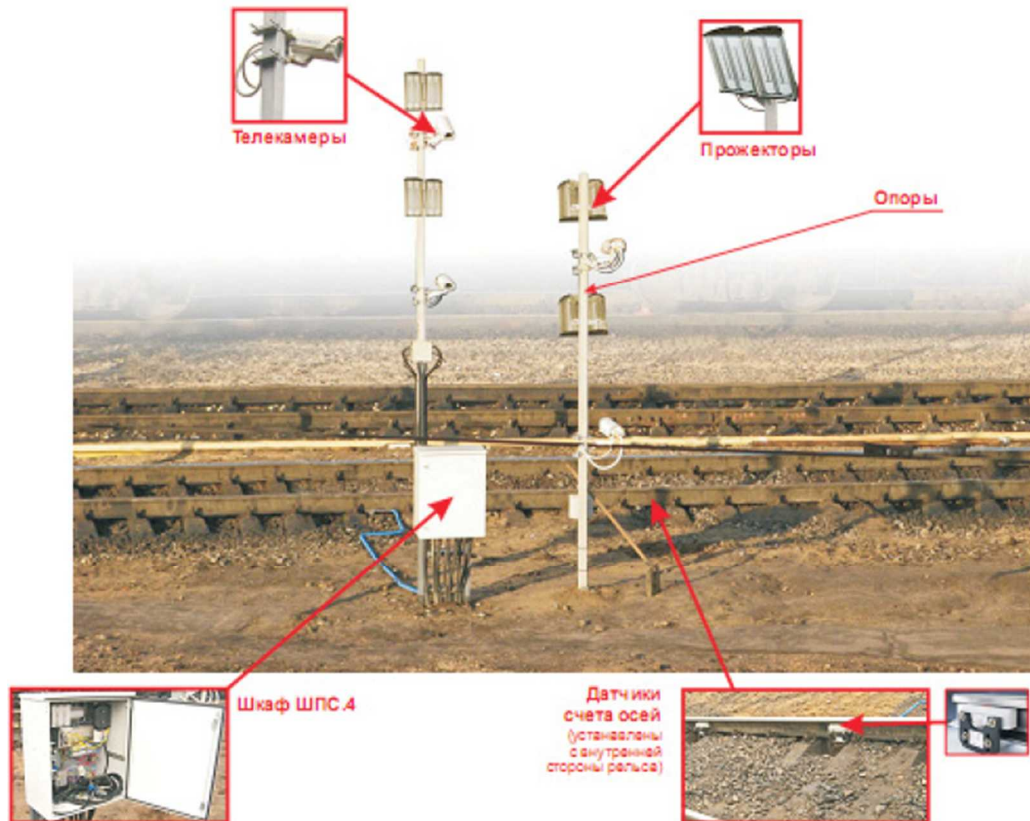


Рис.4. Расстановка элементов АСКИН на железнодорожных путях

Результаты распознавания передаются в АСУ СТ (АСУ предприятия), на АРМ оператора производится их сравнение с данными телеграммы – натурального листа ТГНЛ и формируются списки рассогласования [1, 6].

Внедрив систему АСКО ПВ можно существенно сэкономить денежный бюджет железной дороги путём сокращения штата приемосдатчиков, осуществляющих коммерческий осмотр поездов. Как правило, в соответствии с действующим технологическим процессом станции, для работы необходимо наличие 3 приемосдатчиков в течение рабочей смены. Таким образом, при пяти сменной работе штат приемосдатчиков составляет 15 человек [7, 8]. Внедрение системы АСКО ПВ позволит сокра-

тить количество приемосдатчиков работающих в смену с 3 человек до 2, сократив тем самым штат с 15 до 10 человек.

Экономия заработной платы ( $\mathcal{E}_3$ ) можно определить по формуле [9, 10]:

$$\mathcal{E}_3 = 3 \times \mathcal{U}, \text{ грн} \quad (1)$$

где  $\mathcal{U}$  – сокращение числа работников, чел.

3 – годовые затраты железной дороги, приходящиеся на одного приемосдатчика, грн.

### Выводы

Внедрение данной систем позволяет значительно улучшить качество осмотра подвижного состава, вагонов и грузов, сократить время на

его проведение, и как следствие: своевременно выявлять коммерческие неисправности, создающие угрозу безопасности движения поездов, сохранности перевозимых грузов; сократить время на прием-отправление вагонов-грузов на железнодорожных станциях путем автоматизированного контроля инвентарных номеров вагонов; увеличить скорость продвижения вагонопотоков и сократить время оборота вагонов на территории Украины; обеспечить соблюдение охраны труда и профилактику травматизма среди работников, задействованных на пунктах коммерческого осмотра ПКО, за счет выведения людей из опасной зоны.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Селиверов, Д. И. Современные системы коммерческого осмотра вагонов [Текст] / Д. И. Селиверов, М. А. Карпухина // Технические науки в России и за рубежом (II): материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2012 г.). – Москва: Буки-Веди, 2012. – С. 125-127.
2. Технологические системы железнодорожного транспорта. [Электрон. ресурс] Режим доступа: [www.alfa-pribor.ru](http://www.alfa-pribor.ru)
3. Проверка поездов системой АСКО ПВ. [Электрон. ресурс] Режим доступа: [www.taminfo.ru](http://www.taminfo.ru)
4. Автоматизированная система коммерческого осмотра «Смотровая вышка» АСКОСВ. [Электрон. ресурс] Режим доступа: [www.alfa-pribor.ru](http://www.alfa-pribor.ru)
5. Кустов, В. Н. Технология грузовой и коммерческой работы станции: методические указания [Текст] / Сост. В. Н. Кустов, И. И. Романова,

В. М. Семенов, О. А. Комина, Н. Г. Янковская // СПб: ПГУПС, 2001.-58с.

6. Тильк, И.Г. Новые устройства автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта [Текст]. – Екатеринбург : УрГУПС, 2010. – 168 с.

7. Казаков, А.А. Системы автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте: Пособие по дипломному проектированию для техникумов ж.-д. трансп. [Текст] / А.А. Казаков, В.Д. Бубнов, Е.А. Казаков, В.И. Белов. М.: Транспорт, 1988. – 230 с.

8. Рахмангулов, А.Н. Железнодорожные транспортно-технологические системы: организация функционирования: монография [Текст] / А.Н. Рахмангулов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 300 с.

9. Аникеева-Науменко, Л.О. Методы повышения эффективности использования грузового парка на железнодорожном транспорте: автореферат дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. 08.00.05 [Текст] / Л.О. Аникеева-Науменко; ФГБОУ ВПО «Моск. гос. ун-т путей сообщ.» МГУПС (МИИТ) – Москва, 2014. – 21 с.

10. Угрюмов, А. К. Технология переработки вагонопотоков на сортировочной станции: методические указания [Текст] / Сост. А. К. Угрюмов, В. А. Кудрявцев, В. И. Бадах, Ю. И. Холодов // СПб: ПГУПС, 1994.-68с.

*Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Губенко В. К. (Украина)*

Поступила в редколлегию 09.10.2019.

Принята к печати 16.10.2019.

В.С. ВОРОПАЙ, В. О. НЕЧЕПОРЕНКО

## ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОГЛЯДУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ НА СТАНЦІЯХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті проведена оцінка доцільності впровадження автоматичної системи комерційного огляду поїздів і вагонів. Проаналізовано призначення системи і її пристрій. Вивчений і описаний процес роботи системи на станції. Розглянуто основні переваги системи - огляд вантажного рухомого складу, який знаходиться в стадії руху та знаходяться на ньому вантажі з подальшим збором, обробкою, зберіганням і документуванням інформації про комерційний стан вагонів і вантажів і передачею її в автоматизовану систему оперативного управління перевезеннями; підвищення ефективності операцій комерційного огляду вагонів; збільшення пропускної здатності залізничної станції, скорочення часу доставки вантажів; своєчасного виявлення комерційних несправностей, підвищення безпеки руху поїздів і схоронності вантажів, що перевозяться, вивільнення контингенту. Впровадження на станціях підприємств, пунктах комерційного обслуговування автоматизованої системи огляду поїздів і вагонів дасть можливість при комерційних оглядах складів переходити на безпаперову технологію роботи. Результати дослідження дають підставу стверджувати, що впровадження даної систем дозволяє значно поліпшити якість огляду рухомого складу, вагонів і вантажів, скоротити час на його проведення, і як наслідок - своєчасно виявляти комерційні несправності, що створюють загрозу безпеці руху поїздів. Дана система значно покращує процедуру комерційного огляду, скорочує час на її проведення, збільшує пропускну здатність станції, а також забезпечує дотримання охорони праці співробітниками станції. За рахунок впровадження автоматичної системи комерційного огляду поїздів і вагонів можна істот-

но заощадити грошовий бюджет залізниці шляхом скорочення штату приймальників, які здійснюють комерційний огляд поїздів.

*Ключові слова:* автоматизована система; комерційний огляд; датчик; телевізійна система; габарит; оператор

V. VOROPAI, V. NECHEPORENKO

## **APPLICATION OF COMMERCIAL INSPECTION AUTOMATED SYSTEM OF CARGO CARS IN STATIONS OF ENTERPRISES**

The article assessed the feasibility of introducing an automatic system for the commercial inspection of trains and wagons. The purpose of the system and its device are analyzed. Studied and described the process of the system at the station. The main advantages of the system are examined - inspection of moving freight rolling stock and the goods on it with the subsequent collection, processing, storage and documentation of information on the commercial condition of cars and goods and its transfer to an automated system for the operational management of transportation; improving the efficiency of operations for the commercial inspection of wagons; increasing the capacity of the railway station, reducing the time of delivery of goods; timely detection of commercial malfunctions, improving the safety of train traffic and the safety of transported goods, the release of the contingent. The introduction at the stations of enterprises, points of commercial service of an automated system for examining trains and wagons will make it possible for commercial inspections of trains to switch to paperless work technology. The results of the study suggest that the introduction of this system can significantly improve the quality of inspection of rolling stock, wagons and cargo, reduce the time it takes to conduct, and as a result, timely identify commercial failures that pose a threat to the safety of train traffic. This system significantly improves the procedure of commercial inspection, reduces the time for carrying out it, increases the throughput of the station, and also ensures compliance with labor protection by station employees. By introducing an automatic system for the commercial inspection of trains and wagons, it is possible to significantly save the monetary budget of the railway by reducing the staff of transceivers performing commercial inspection of trains.

*Keywords:* automated system; commercial inspection; sensor; television system; size; operator

УДК 656.135.2:004.16

А. А. ЖИЛИНКОВ

Каф. «Транспортные технологии предприятий», Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», ул. Университетская, 7, 87555, Мариуполь, Украина, тел. +38 (0629) 44 65 63, ел. почта aa.zhilinkov@gmail.com, ORCID 0000-0002-3252-8577

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В ПРЕДЕЛАХ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

В статье рассмотрены актуальные вопросы оценки общих экономических потерь от грузовых автомобильных перевозок. **Целью** исследования является оценка экономических потерь при осуществлении грузовых автомобильных перевозок в пределах крупного промышленного узла с учетом всех затрат и величины наносимого ущерба. **Методика.** В ходе исследования применены методы натуральных наблюдений, научного поиска, интеллектуального и статистического анализа данных.

**Результаты.** В основу разработки приняты отдельные методы и методики расчетов, которые используются в европейских странах и странах СНГ. Установлено, что значительный материальный ущерб наносится объектам и элементам транспортной и городской инфраструктуры. Объекты промышленных узлов (города и другие населенные пункты) подвержены вредному экологическому воздействию. Несут значительные потери и перевозчики, используя автотранспорт в сложных дорожных условиях. Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) с участием грузового автотранспорта также наносят ущерб экономике региона, перевозчикам, владельцам дорог, третьим лицам.

Количественная оценка представляет собой совокупность отдельных экономических расчетов различных затрат и сумм ущербов. Проведена оценка и выполнены соответствующие расчеты по определению затрат на ремонты, восстановление, реконструкцию и эксплуатацию дорожного хозяйства; на ремонт, восстановление подвижного состава, ущерба из-за недоиспользования его производительности; ущерба от аварийности на дорогах и затрат на ликвидацию последствий ДТП; приведенных экологических затрат.

**К научной новизне** следует отнести то, что впервые предложен укрупненный метод расчета (количественной оценки) суммарного ущерба, который наносится грузовым автомобильным транспортом инфраструктуре и транспортной сети регионов, промышленных узлов, городов и других населенных пунктов.

**Практическая значимость** заключается в том, что методика количественной оценки позволит объективно оценивать экономический ущерб, затраты и потери в системах грузовых перевозок. Внедрение предложенных разработок будет способствовать выбору более эффективных вариантов организации перевозок, применению более рациональных типов подвижного состава, полному или частичному исключению вредного воздействия автомобильного транспорта.

*Ключевые слова:* экономический ущерб; автомобильный транспорт; грузовые перевозки

### Введение

Грузовой автомобильный транспорт является важным звеном любой транспортной системы, осуществляя разнообразные перевозки. При этом для доставки грузов применяются автотранспортные средства различного типажа и назначения с различными габаритно-весовыми параметрами.

Грузовой автотранспорт используется как отдельно, так и во взаимодействии с другими видами транспорта (железнодорожным, морским, речным, авиационным). Магистральный автотранспорт работает в системах городских, междугородных, международных (интермодальных и мультимодальных) перевозок. Также его используют в качестве промышленного

транспорта для доставки сырья и вывоза готовой продукции с предприятий.

Транспортные коммуникации автомобильного транспорта (автодороги) имеют различные категории, характеризуются различными дорожными условиями, уровнем организации движения. Маршруты движения проходят по территории крупных промышленных узлов, центров, отдельных населенных пунктов, а также между данными объектами.

На многих перевозках автомобильный транспорт имеет ряд достоинств и применяется весьма эффективно. В то же время он негативно воздействует и наносит вред транспортной инфраструктуре и окружающей среде.

## Постановка проблемы

В настоящее время весьма актуальной является проблема уменьшения вредного воздействия грузового автотранспорта на элементы транспортной сети, а также транспортную инфраструктуру крупных промышленных центров, узлов, населенных пунктов.

Значительная часть автомобильных дорог и городских улиц имеет недостаточные по величине транспортно-эксплуатационные показатели и технические параметры для интенсивного движения грузового автотранспорта, в том числе и большегрузного. В ряде случаев грузовые перевозки осуществляются со значительным перегрузом.

Такое положение дел способствует преждевременному износу, разрушению и выходу из строя элементов дорожной и городской инфраструктуры (дорожного полотна, дорожных сооружений, технических устройств и средств регулирования).

Основными причинами негативного воздействия грузового автотранспорта являются превышение весовых параметров (полной массы и нагрузок на оси), значительные объемы перевозок и, как следствие, высокая интенсивность движения, повышенная грузонапряженность [1].

Кроме того, некоторые перевозчики эксплуатируют устаревший подвижной состав, который не отвечает нормативным требованиям по габаритно-весовым, экологическим параметрам и безопасности дорожного движения. Это приводит к увеличению аварийности (рост ДТП с участием грузового автотранспорта), ухудшению условий движения (разрушение и износ дорожной одежды), экологической обстановки (шумность, загазованность, запыленность).

Значительный материальный ущерб наносится объектам и элементам транспортной и городской инфраструктуры. Промышленные узлы и города подвержены вредному экологическому воздействию (экологический ущерб). Перевозчики, используя автотранспорт в сложных дорожных условиях, также несут значительные потери (затраты на внеплановые ремонты, недоиспользование производительности подвижного состава из-за простоев). ДТП при осуществлении грузовых автомобильных перевозок также наносят ущерб экономике региона, перевозчикам, владельцам дорог, отдельным гражданам и др. [2, 10, 11].

## Анализ последних исследований

Методика и порядок расчетов стоимости ремонтных работ и эксплуатационных расходов на содержание автомобильных дорог и всей дорожной инфраструктуры достаточно исследованы, а основные положения приведены в [3, 4]. Методы и алгоритмы определения экономических потерь от недоиспользования подвижного состава содержатся в литературных источниках по расчетам технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей работы автомобильного транспорта [5]. Ущерб от ДТП с участием грузового автотранспорта определяется по методике [6]. В странах Евросоюза экологический ущерб от воздействия автомобильного транспорта определяют с использованием специальной программы «External Costs of Energy Conversion (ExternE)» [7]. Однако существуют также другие программы и методики [8, 9]. При этом в литературных источниках нет обобщенных методов и моделей по определению суммарных экономических потерь при осуществлении грузовых автомобильных перевозок с учетом различных затрат и видов ущерба.

## Цель статьи

Целью настоящей статьи является оценка экономических потерь при осуществлении грузовых автомобильных перевозок в пределах крупного промышленного узла с учетом всех затрат и величины наносимого ущерба.

## Изложение основного материала

Экономические потери при осуществлении грузовых автомобильных перевозок в пределах крупного промышленного узла можно определить из выражения [2]:

$$C_0 = C_d + C_{пс} + C_{дтп} + C_э, \quad (1)$$

где  $C_0$  - общие годовые потери при осуществлении грузовых автомобильных перевозок в пределах крупного промышленного узла, тыс. грн.;

$C_d$  - годовые экономические затраты на восстановление, ремонт, реконструкцию и эксплуатацию автомобильных дорог, улиц, сооружений и средств регулирования (городскую и транспортную инфраструктуру), тыс. грн.;

$$C_d = C_d^{рем} + Э_d \quad (2)$$

где  $C_d^{рем}$  - затраты на текущий ремонт улиц, автодорог, их элементов и технических

устройств (восстановление покрытия, заделка выбоин, подсыпка основания, работы по ремонту и замене средств регулирования движения, дорожного оборудования), тыс. грн.;

$$C_{\text{Д}}^{\text{рем}} = \sum_i^n (C_{\text{Д}}^{\text{рем}})_i = \Pi_{\text{рем}}^{1\text{кв.м}} B_i L_i \quad (3)$$

где  $\Pi_{\text{рем}}^{1\text{кв.м}}$  - стоимость ремонта 1 м<sup>2</sup> автодороги, грн.;

$B_i$  - ширина автомобильной дороги (улицы) на  $i$ -м участке маршрута перевозки, м;

$L_i$  - длина  $i$ -го участка маршрута перевозки, м.

$C_{\text{ПС}}$  - годовые экономические потери от недоиспользования подвижного состава по техническим причинам ввиду неудовлетворительного состояния дорог, тыс. грн.;

$$C_{\text{ПС}} = C_m - C_{\text{ф}} + C_{\text{ПС}}^{\text{р}} + C_{\text{ПС}}^{\text{гсм}} \quad (4)$$

где  $C_m$ ,  $C_{\text{ф}}$  - стоимость годового объема перевозок, который теоретически мог бы быть освоен и стоимость фактически выполненного объема перевозок соответственно, тыс. грн.;

$C_{\text{ПС}}^{\text{р}}$ ,  $C_{\text{ПС}}^{\text{гсм}}$  - годовые затраты на внеплановые ремонты и дополнительный расход горюче-смазочных материалов при работе в сложных дорожных условиях соответственно, тыс. грн.

$C_{\text{ДТП}}$  - годовые экономические потери от ДТП с участием грузового автотранспорта, тыс. грн.;

$$C_{\text{ДТП}} = N_{\text{ср}}^{\text{ДТП}} \sum (\Pi_1^{\text{ДТП}} + \Pi_2^{\text{ДТП}} + \Pi_3^{\text{ДТП}} + \Pi_4^{\text{ДТП}} + \Pi_5^{\text{ДТП}} + \Pi_6^{\text{ДТП}} + \Pi_7^{\text{ДТП}}) \quad (5)$$

где  $N_{\text{ср}}^{\text{ДТП}}$  - усредненное количество ДТП с грузовыми автотранспортными средствами, тыс. грн.;

$\Pi_1^{\text{ДТП}}$  - затраты на транспортировку, восстановление и ремонт поврежденных автотранспортных средств, тыс. грн.;

$\Pi_2^{\text{ДТП}}$  - потери из-за простоев подвижного состава с момента совершения ДТП до полного восстановления, тыс. грн.;

$\Pi_3^{\text{ДТП}}$  - затраты на ремонт и замену технических средств, устройств регулирования дорожного движения, элементов автодорог, улиц, объектов городской инфраструктуры;

$\Pi_4^{\text{ДТП}}$  - ущерб от порчи грузов после ДТП, тыс. грн.;

$\Pi_5^{\text{ДТП}}$  - затраты, связанные с нарушением режима и условий движения в местах ДТП (перепробеги и простои при объездах), тыс. грн.;

$\Pi_6^{\text{ДТП}}$  - потери от вовлечения человека в ДТП (потеря части национального дохода, оплата медицинских услуг, оплата больничных, пособий, пенсий и др.), тыс. грн.;

$\Pi_7^{\text{ДТП}}$  - затраты органов и подразделений Национальной полиции, юридических органов на расследования, оформление материалов ДТП, тыс. грн.

$C_{\text{Э}}$  - годовые экологические потери, тыс. грн.

$$C_{\text{Э}} = y N_{\text{ТС}} t_{\text{инф}} n_{\text{дн}}^{\text{год}} \quad (5)$$

где  $y$  - ущерб от двигателя грузового автомобиля при работе его в течение 1 часа, грн./час;

$N_{\text{ТС}}$  - среднесуточное количество грузовых автомобилей, проходящих через исследуемый объект (промышленный узел, населенный пункт), ед.;

$t_{\text{инф}}$  - среднее время нахождения одного грузового автотранспортного средства на объектах и элементах городской инфраструктуры, час.;

$n_{\text{дн}}^{\text{год}}$  - число дней в году.

## Выводы

1. Транспортная сеть крупных промышленных узлов обеспечивает значительные объемы грузовых автомобильных перевозок. При этом транспортная инфраструктура по своим параметрам в целом ряде случаев не рассчитана на существующие грузопотоки автотранспорта.

2. Автотранспорт оказывает негативное воздействие на транспортную инфраструктуру, экологию объектов промышленных узлов, приносит вред населению и наносит ущерб экономике регионов.

3. Предложен метод количественной оценки экономических потерь при осуществлении грузовых автомобильных перевозок в пределах крупного промышленного узла с учетом всех затрат и величины наносимого ущерба.

4. Внедрение предложенных разработок будет способствовать выбору более эффективных вариантов организации перевозок, применению более рациональных типов подвижного состава, полному или частичному исключению вредного воздействия автомобильного транспорта.



## БІБЛІОГРАФІЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жилинков, А. А. Оценка грузонапряженности улично-дорожной сети г. Мариуполя [Текст] / А. А. Жилинков, О. Г. Золотницкая // Наука та виробництво. – 2018. – № 18. – С. 24-31.
2. Жилинков, А. А. Метод расчета суммарного экономического ущерба городской инфраструктуре от воздействия грузового автотранспорта [Текст] / А. А. Жилинков // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей VI Міжнар. науково-техн. конф. Молодих учених та студентів (Тернопіль, 16-17 листоп. 2017 р.). – Тернопіль, 2017. – Т. 3. – С. 31-32.
3. ГБН Г.1-218-182:2011. Ремонт автомобільних доріг загального користування. Види ремонтів та перелік робіт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://dbn.at.ua/load/normativy/ostn/gbn\\_g\\_1\\_218\\_182\\_2011/38-1-0-1034](http://dbn.at.ua/load/normativy/ostn/gbn_g_1_218_182_2011/38-1-0-1034)
4. СОУ 42.1-37641918-105:2013. Класифікація робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://budstandart.ua/normativ-document.html?id\\_doc=53114&minregion=23027](http://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=53114&minregion=23027)
5. Горев, А. Э. Грузовые перевозки [Текст] / Л. А. Иванова. – Москва : «Академия», 2013. – С. 304.
6. Инструкция по учету потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий при проектировании автомобильных дорог. ВСН 3-1 [Текст] : Минавтодор РСФСР. – М. : Транспорт, 1982. – 52 с.
7. ExternE 2000. “External Costs of Energy Conversion – Improvement of the ExternE Methodology And

Assessment Of Energy-Related Transport Externalities”. Final Report for Contract JOS3-CT97-0015, published as Environmental External Costs of Transport. R. Friedrich and P. Bickel, editors. Springer Verlag Heidelberg 2001. ExternE 2004. “New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies (NewExt).” Final Report to the European Commission, DG Research, Technological Development and Demonstration (RTD), [http://www.ier.uni-stuttgart.de/public/de/organisation/abt/tfu/projekte/newext/newext\\_final.pdf](http://www.ier.uni-stuttgart.de/public/de/organisation/abt/tfu/projekte/newext/newext_final.pdf).

8. Методика оценки эколого-экономической эффективности применения антитоксичных мероприятий [Текст] / В.Ф. Кутенев, В.А. Звонов, Г.С. Корнилов и др. - М.:НАМИ, 1999. - 15 с.

9. Павлова Е. И. Экология транспорта [Текст]: учебник для студентов вузов / Е. И. Павлова. - М.: Высшая школа, 2006. - 344 с.

10. Прокофьев, М. В. Автомобильные транспортные средства. Международные требования к конструкции и эксплуатации [Текст] / М. В. Прокофьев. - Москва: ТРИАДА ЛТД, 2005. - 120 с.

11. Правила ЕЭК ООН, Стандарты ИСО и Директивы ЕС в области автомобилестроения. САТР. [Текст] - Москва, 1994. - 121 с.

*Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Губенко В. К. (Украина)*

Поступила в редколлегию 09.10.2019.

Принята к печати 16.10.2019.

О. О. ЖИЛИНКОВ

## ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ВТРАТ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В МЕЖАХ ВЕЛИКОГО ПРОМИСЛОВОГО ВУЗЛА

У статті розглянуто актуальні питання оцінки загальних економічних втрат від вантажних автомобільних перевезень. **Метою** дослідження є оцінка економічних втрат при здійсненні вантажних автомобільних перевезень в межах великого промислового вузла з урахуванням всіх витрат і величини шкоди, що завдається. **Методика.** В ході дослідження застосовано методи натурних спостережень, наукового пошуку, інтелектуального і статистичного аналізу даних.

**Результати.** В основу розробки прийняті окремі методи і методики розрахунків, які використовуються в європейських країнах і країнах СНД. Встановлено, що значні матеріальні збитки наносяться об'єктам і елементам транспортної та міської інфраструктури. Об'єкти промислових вузлів (міста та інші населені пункти) схильні до шкідливого екологічного впливу. Зазнають значних втрат і перевізники, використовуючи автотранспорт в складних дорожніх умовах. Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) за участю вантажного автотранспорту також завдають шкоди економіці регіону, перевізникам, власникам доріг, третім особам.

Кількісна оцінка являє собою сукупність окремих економічних розрахунків різних витрат і сум збитків. Проведено оцінку та виконані відповідні розрахунки по визначенню затрат на ремонти, відновлення, реконструкцію та експлуатацію дорожнього господарства; на ремонт, відновлення рухомого складу, збитку через недовикористання його продуктивності; збитку від аварійності на дорогах і витрат на ліквідацію наслідків ДТП; наведених екологічних витрат.



До наукової новизни слід віднести те, що вперше запропонований укрупнений метод розрахунку (кількісної оцінки) сумарного збитку, який наноситься вантажним автомобільним транспортом інфраструктурі і транспортній мережі регіонів, промислових вузлів, міст та інших населених пунктів.

**Практична значимість** полягає в тому, що методика кількісної оцінки дозволить об'єктивно оцінювати економічні збитки, витрати і втрати в системах вантажних перевезень. Впровадження запропонованих розробок сприятиме вибору більш ефективних варіантів організації перевезень, застосуванню більш раціональних типів рухомого складу, повного або часткового виключення шкідливого впливу автомобільного транспорту.

*Ключові слова:* економічний збиток; автомобільний транспорт; вантажні перевезення

O. ZHYLINKOV

## ON THE ISSUE OF ESTIMATING ECONOMIC LOSSES IN THE CARRIAGE OF CARGO TRANSPORTATION WITHIN A LARGE INDUSTRIAL UNIT

The article deals with topical issues of estimation of the general economic losses from freight transport. **The purpose** of the study is to estimate the economic losses incurred in the carriage of goods by road within a large industrial unit, taking into account all the costs and the amount of damage. **Methodology.** In the course of the study, the methods of field observations, scientific search, intellectual and statistical data analysis were applied.

**Findings.** Separate calculation methods and methods are used as a basis for development, which are used in European and CIS countries. It is established that considerable material damage is caused to objects and elements of transport and urban infrastructure. Industrial sites (cities and other settlements) are subject to harmful environmental impacts. They incur considerable losses and carriers, using vehicles in difficult road conditions. Road accidents (road accidents) involving freight vehicles also cause damage to the region's economy, carriers, road owners, third parties.

Quantitative assessment is a set of separate economic calculations of different costs and amounts of damage. An assessment was made and appropriate calculations were made to determine the cost of repairs, restoration, reconstruction and operation of the road farm; for repair, restoration of rolling stock, damage due to underutilization of its performance; damage from road accidents and costs of eliminating the consequences of an accident; reduced environmental costs.

**The originality** is that for the first time an extended method of calculation (quantification) of total damage, which is inflicted by road freight transport to the infrastructure and transport network of regions, industrial units, cities and other settlements, is proposed.

**The practical value** is that the quantitative assessment will allow an objective assessment of the economic damage, costs and losses of freight transport systems. Implementation of the proposed developments will facilitate the choice of more efficient options for the organization of transportation, the application of more rational types of rolling stock, the complete or partial elimination of the harmful effects of road transport.

*Keywords:* economic damage; road transport; freight

УДК 658.788:656

А.С. КРАСУЛИН

Каф. «Транспортные технологии предприятий», ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», 87555, Мариуполь, Украина, тел. +38 (097) 330 84 60, e-mail: krasulin2@gmail.com, orcid.org/0000-0001-8919-3264

## ТРАНСПОРТНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЦЕХОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В условиях рыночной экономики крайне важным является вопрос эффективности транспортного обслуживания производственных объектов предприятий различных отраслей промышленности и объектов строительства и народного хозяйства. В этой связи на современном этапе для таких предприятий весьма актуальным и важным вопросом является совершенствование транспортного обслуживания на основе разработки и внедрения прогрессивных энергосберегающих транспортных технологий.

Цель настоящей статьи - внедрение новых логистических энергосберегающих транспортных технологий в рабочий процесс грузопереработки вагонов при отгрузке грузов в цехах металлургических предприятиях.

В статье рассмотрены вопросы эффективности обслуживания пункта отгрузки шлама металлургических предприятий на основе логистического подхода к вопросу применения энергосберегающих транспортных технологий. Снижение затрат на перевозку грузов, оплату за пользование вагонами Укрзалізничі и увеличение объёмов отгрузки является важным вопросом на транспорте промышленных предприятий.

Вопрос транспортного обслуживания шлакоперерабатывающего цеха на металлургическом предприятии имеет большое значение с точки зрения эффективности использования железнодорожных тяговых средств - локомотивов в процессе подачи и уборки вагонов на пункт погрузки-выгрузки грузов, а также операций по взвешиванию, дозировке и планировке которое осуществляется на железнодорожных путях, обслуживающих погрузочно-разгрузочную площадку цеха.

В соответствии с эксплуатационными условиями пункта погрузки шлама предложена новая логистическая энергосберегающая транспортная технология с использованием мобильных тяговых средств на железнодорожном и автомобильном ходу. Новый подход к вопросу эффективности транспортного обслуживания пункта погрузки шлама позволяет сократить простои вагонов в ожидании выполнения транспортных операций с вагонами, а также увеличить объемы отгрузки и высвободить локомотив для выполнения маневровых работ на других участках, сократив при этом затраты на энергоносители и улучшить экологическую обстановку прилегающих сельских территорий.

*Ключевые слова:* логистические энергосберегающие транспортные технологии; поточный метод; грузопереработка; транспортное обслуживание; тепловоз; маневровый тягач

### Введение

Промышленный железнодорожный транспорт обслуживает предприятия различных отраслей существенно различающиеся по производственной мощности, величине вагонопотока (ваг/сут) и перерабатывающей способности транспортной инфраструктуры.

Наиболее многочисленную группу (до 70% общего числа) составляют производственные и ремонтные предприятия, строительные и снабженческие фирмы и предприятия агропромышленного комплекса, которые характеризуются ограниченным объемом (10,0-300,0 т.т. в год) производства, вагонопотоком, не превышающим обычно 20-30 вагонов в сутки, а также нерегулярностью перевозок [1, 2, 3].

Кроме того, к этой группе относятся территориально обособленные вспомогательные и

ремонтные цеха и складские комплексы металлургических, машиностроительных и химических предприятий, а также морские и речные порты с их многопричальной системой грузопереработки судов.

Однако для транспортного обслуживания каждое такое предприятие, как правило, вынуждено содержать весь комплекс транспортной инфраструктуры: железнодорожные пути (от 3-5 до 15-20 км), тепловозный (2-5 ед.) и вагонный (10-15 ед.) парк и устройства для их эксплуатации, содержания и ремонта.

Наиболее затратной частью их транспортного обслуживания являются эксплуатация и, особенно, ремонт тепловозов. Создавшееся положение связано с тем, что за последние 15-20 лет рассматриваемые предприятия вывели из эксплуатации по мере выработки ресурса практически все имевшееся тепловозы малой мощ-

ности (400 л.с.). Приобретение новых тепловозов требовало значительных затрат. В этой связи, многие металлургические комбинаты вынуждены приобретать мощные тепловозы (1000-1200 л.с.), выведенные из эксплуатации в связи с сокращением объемов транспортной работы [2, 3, 4].

В настоящее время, для преобладающего числа предприятий с ограниченным вагонопотоком и нерегулярностью перевозок основными типами тепловозов стали ТГМ6, ТЭМ1, ТЭМ2, М62 и др. с мощностью 1000-2000 л. с. и сцепной массой 90-120 т. При этом, для обеспечения производственного процесса, кроме тепловозов рабочего парка предприятие должно иметь резерв для технического обслуживания и ремонта. Это приводит к существенному ухудшению показателей использования тепловозов [4, 5].

Анализ показывает, что на предприятиях рассматриваемой группы тепловозы используются крайне не рационально: по мощности – на 10-20%, по сцепному весу – на 5-15%, по времени – на 25-40%. Следует также учитывать, что большая часть тепловозов уже отрабатывает свой ресурс и их поддержание становится все более затратным. Только за несколько последних лет затраты на эксплуатацию и ремонт имеющегося тепловозного парка возросли на 25-30%, а в их структуре весьма значительно увеличились расходы на энергоресурсы [3, 4].

Другим весьма негативным фактором применения в рассматриваемых условиях мощных тепловозов является крайняя неэффективность технологии переработки вагонопотока, предусматривающая последовательную подачу на несколько грузовых пунктов, погрузку (выгрузку) и переработку (взвешивание, дозировку) групп вагонов внешнего парка (ВП) в составе до 3-5 единиц. Причем такая технология применяется постоянно и повсеместно, и является весьма затратной, поскольку существенно возрастает объем транспортной работы, и, как следствие, издержки транспорта и производственные потери.

### **Цель статьи**

Целью настоящей статьи является обоснование условий внедрения новых логистических энергосберегающих транспортных технологий в рабочий процесс грузопереработки вагонов при отгрузке грузов в цехах металлургических предприятиях.

### **Основная часть**

Таким образом, крайне важной и актуальной задачей транспортного обслуживания предприятий различных отраслей промышленности и агропромышленного комплекса является переход в условиях ограниченного и нерегулярного вагонопотока на логистические энергосберегающие технологии с заменой тепловозов (в первую очередь мощных) на более экономичные многофункциональные тяговые средства [10].

В зарубежной практике, где уже давно установлена нерациональность повсеместного применения маневровых тепловозов, принят принципиально иной подход к выбору тяговых средств для конкретных производственно-эксплуатационных условий предприятий. В его основу положен минимальный сцепной вес локомотива, необходимый для применяемой технологии переработки вагонопотока. При этом величина силы тяги устанавливается исходя из реализации максимально возможной величины коэффициента сцепления. Указанное достигается за счет применения пневмошинного движителя колесного трактора или специального шасси. На этом принципе было создано новое эффективное тяговое средство для предприятий – локотрактор.

Впервые локотрактор был разработан и изготовлен фирмой «Zweiweg», входящей в корпорацию «Mercedes-Bens», на базе колесного трактора с дополнительным рельсовым движителем. Они показали себя как работоспособные, надежные и высокоэффективные тяговые средства для условий промышленных предприятий различных отраслей и получили широкое распространение во многих Европейских странах [4, 5, 6, 9].

В последние годы локотракторы изготавливаются несколькими фирмами, среди которых наиболее крупной является «Zephir», которая выпускает такие тяговые средства с мощностью двигателя от 80 до 440 л.с. и массой от 6 до 50 т. со специализацией для предприятий металлургической, химической и других отраслей. Они отличаются экономичностью, высокой надежностью в эксплуатации, наличием автоматизированной системы управления и простотой перевода с пневмошинного на рельсовый ход.

Многолетний опыт эксплуатации в различных условиях показал, что применение локотракторов обеспечивает эффективную замену тепловозов на тех видах транспортных работ, где их тяговые, скоростные и тормозные характеристики полностью соответствуют условиям

работы. При этом обеспечивается сокращение эксплуатационных затрат от снижения расхода энергоресурсов, текущих затрат и расходов на ремонты.

Дополнительный эффект достигается также от применения локотрактора в качестве тягача на пневмошинном ходу, при вынужденных перерывах (особенно целосуточных), вызванных нерегулярным поступлением вагонов с внешней сети [4, 7, 8, 9].

По зарубежным данным использование локотракторов на выполнении транспортной работы, отвечающей их характеристикам, позволяет снизить эксплуатационные затраты на 40-50 % по сравнению с тепловозами мощностью до 500 л.с. и на 75-80 % – с тепловозами мощностью 750-1000 л.с. Поэтому в Европейских странах локотрактеры составляют в настоящее время до половины локомотивного парка предприятий.

В отечественной практике, к сожалению, должного внимания этому вопросу не уделялось, о чем свидетельствует тот факт, что на Украине локотрактеры используются в нескольких портах.

Приведенные данные дают основание считать, что одним из основных направлений повышения эффективности транспортного обслуживания рассматриваемой группы предприятий практически всех отраслей промышленности, портов и АПК является переход на логистические энергосберегающие транспортные технологии с применением локотракторов [4, 7, 8].

На основании подробного изучения зарубежного опыта и проведенных исследований кафедрой «Транспортные технологии предприятий» ГВУЗ «ПГТУ» был предложен новый подход к вопросу широкого использования локотракторов в промышленности и АПК. В его основу положена логистическая энергосберегающая транспортная технология с применением локотракторов для замены мощных тепловозов. Прежде чем подробно говорить об этой технологии рассмотрим основные функции транспортного обслуживания обозначенных предприятий (цехов), которые представлены на функциональной схеме (см. рис. 1).

Проведенный анализ показал, что процесс транспортного обслуживания рассматриваемых предприятий представляет собой поточную, логистическую технологию продвижения и переработки материального потока и характеризуется следующими специфическими особенностями:

– фазовой трансформацией потока на этапе взаимодействия производства и транспорта и

его преобразованием по схеме «вагонопоток – грузопоток» или «грузопоток – вагонопоток», то есть грузопереработкой;

– наличием функциональных циклов, то есть комплекса определенным образом взаимосвязанных и организованных операций, обеспечивающих прием сырья или выдачу продукции в заданном объеме и в установленные сроки.

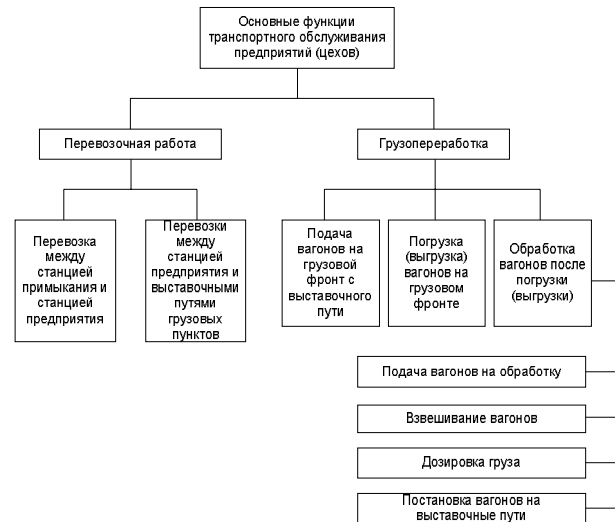


Рис. 1. Функциональная схема транспортного обслуживания предприятий (цехов) с ограниченным вагонопотоком

Следовательно, определяющей в их транспортном обслуживании становится грузопереработка, ее организации и обеспечение выполнения заданного технологического регламента: показателей объема переработки груза, фронтов грузовых работ, продолжительности погрузки-выгрузки и перечня операций по обработке вагонов.

Одновременно с этим, и основываясь на параметрах грузопереработки определяется общая схема транспортного обслуживания, порядок взаимодействия со станцией примыкания и принимается решение о выборе тягового средства. При этом обоснование сцепной массы и мощности локомотива производится для конкретных эксплуатационных условий предприятия.

С целью практической реализации энергосберегающих транспортных технологий были проанализированы и идентифицированы производственные требования и эксплуатационные технические условия предприятий основных отраслей промышленности и разработаны ТЭО и исходные технические требования на создание отечественного маневрового тягача (локотрактора).

Промышленный образец первого в Украине маневрового тягача ТМ1.175 (локотрактора) был разработан и создан совместно с ООО Тор-

говый дом «Азовмашпром» и Харьковским тракторным заводом (см. рис. 2).



Рис. 2. Общий вид маневрового тягача ТМ1.175

Подробные конструктивные и технические данные, а также результаты промышленной проверки нового маневрового тягача приведены в [4, 5].

Техническая характеристика маневрового тягача типа ТМ1.175 приведена в таблице 1.

Опытный образец маневрового тягача прошел широкие промышленные испытания на металлургическом комбинате им. Ильича (г. Мариуполь), а также в производственных условиях ряда предприятий Украины (Бердянский торговый порт, Докучаевский горно-обогатительный комбинат, Мариупольское ППЖТ и др.) [5, 8].

Результаты испытаний полностью подтвердили его работоспособность, высокие эксплуатационно-технические качества и соответствие производственным требованиям предприятий. Конструкция основных узлов тягача оригиналь-

на и защищена патентами. По результатам испытаний маневровый тягач прошел государственную сертификацию и подготовлен для промышленного производства.

По своим тягово-эксплуатационным свойствам (мощность 175 л.с., масса 12 т, сила тяги 60 кН) на целом ряде участков транспортной работы маневровый тягач ТМ1.175 способен полностью заменить мощный тепловоз (ТГМ4 или ТГМ6А), а при отсутствии транспортной работы в качестве локомотива использоваться как тягач на пневмоходу. Он соответствует зарубежным аналогам локотракторов данного класса, но имеет значительно более низкую стоимость (около 100 тыс. долларов США). Экономический эффект от его применения оценивается в 25-30 тыс. долларов в год. [3, 4, 8].

Таким образом, при функционировании рассматриваемых предприятий пункты приема сырья и отгрузки готовой продукции, осуществляющие в производственном процессе грузопереработку, играют весьма важную роль. В свою очередь, их транспортные обслуживания технологически и организационно является достаточно сложным процессом поскольку требует эффективного взаимодействия с производством и включает подачу и уборку вагонов с погрузкой или выгрузкой грузов на большом числе (2-5) фронтов, ограниченной длины (от 1-2 до 8-10 вагонов), необходимость повагонного взвешивания и дозировки грузов, а также оформление товаросопроводительной и грузовой документации.

Таблица 1

Техническая характеристика маневрового тягача типа ТМ 1.175

№ п/п.	Наименование показателей	Ед. изм.	Величина	
1	2	3	4	
1	Базовая машина		ХТЗ-150К-09	
2	Мощность двигателя	кВт (л.с.)	128,7 (175)	
3	Служебная масса	кг	11800	
4	Габаритные размеры (длина, ширина, высота)	мм	6500, 2406, 3195	
5	Сила тяги на крюке	кН	60	
6	Скорость движения	км/ч	3,36-30,08	
	- передний ход			5,1-9,1
	- задний ход			30,08
7	Ширина колеи	мм	1680	
	- автомобильного хода			1524
8	Продолжительность установки тягового средства на железнодорожный путь	мин	2	

Переход на новые энергосберегающие технологии обслуживания этих предприятий предусматривает логистическое единство, требующее в процессе грузопереработки технической, технологической и организационной сопряженности всех его участников и создания, на этой основе, единой системы управления, обеспечивающей работу транспортно-грузового комплекса в рамках заданных эксплуатационных и технико-экономических показателей.

С этой целью для каждого конкретного производственного объекта комплекса производится параметрическая увязка транспортных и грузовых операций в единую параллельную (поточную) технологию грузопереработки от подачи вагонов на предприятия до их возвращения на станцию примыкания. Поточный метод организации производства – это метод, основанный на ритмичной повторяемости согласованных во времени и пространстве грузовых, вспомогательных и транспортных операций, выполняемых на специализированных рабочих местах.

В соответствии с методологией производственного менеджмента за главный показатель этой технологии принимается производственный цикл с заданной продолжительностью ( $T_{цз}$ ), который становится критерием оптимальной работы комплекса. То есть по сравнению с ним может оцениваться продолжительность альтернативной технологии.

Причем экономическое значение продолжительности цикла заключается в том, что его сокращение дает возможность выполнить заданный объем грузопереработки с меньшими затратами и производственными потерями.

Предложен метод определения оптимального производственного цикла, который заключается в следующем.

Грузовое звено технологического процесса является ведущим, поскольку его перерабатывающая способность (ваг/час) устанавливается в соответствии с требованиями обслуживаемого производства. Поэтому, в рамках производственного цикла, продолжительность грузовых операций принимается в качестве нормативной величины. Достаточно определенным во времени цикла являются и вспомогательные операции. Следовательно, варьировать величину продолжительности цикла можно только путем сокращения времени транспортного обслуживания, за счёт изменения способа его организации.

В настоящее время он основан на использовании тепловозов с избыточным сцепным весом и мощностью, и применение неэффектив-

ного способа организации переработки вагонопотока. При этом, мощный тепловоз последовательно выполняет все транспортные операции от приема вагонов на станции примыкания, погрузки (выгрузки), до сдачи вагонов на внешнюю сеть.

Более эффективным и перспективным является поточный (параллельный) способ организации транспортного обслуживания. При его применении в каждом конкретном случае производится параметрическое сопряжение грузовых и транспортных операций в конечный процесс, определяются исходные эксплуатационные показатели и, на этой основе, устанавливается требуемый сцепной вес локомотива ( $P_{сц}$ ). Расчётная формула для определения необходимого сцепного веса локомотива имеет вид

$$P_{сц} = \frac{Q(w''_0 + i_p)}{1000\psi_k - w'_0 - i_p}, \text{ т} \quad (1)$$

где  $Q$  – масса группы вагонов в маневровой передаче, т;

$w'$  и  $w''$  – удельное основное сопротивление движению соответственно тягового средства и вагонов, кгс/тс;

$\psi_k$  – коэффициент сцепления колес с рельсами;

$i_p$  – расчетный подъем железнодорожного пути, ‰.

Анализ формулы (1) показывает, что при увеличении принятого коэффициента сцепления уменьшается сцепной вес локомотива. При фактически установленном гарантированном значении коэффициента сцепления при использовании локомотива обеспечивается существенное сокращение продолжительности производственного цикла, снижение транспортных издержек и сокращения производственных потерь. Это позволяет обосновать техническую возможность применения локомотива и эффективно его использовать на большом числе предприятий, обеспечивая при этом логистическую энергосберегающую технологию грузопереработки вагонопотока.

Покажем эффективность применения логистической энергосберегающей технологии на примере цеха переработки шлака крупного металлургического комбината. В результате производственной деятельности этих предприятий происходит накопление значительного количества шлаков, которые составляют основную часть отходов и хранятся в отвалах. Для освобождения площадей занятых шлаковыми отва-

лами необходимо более интенсивно производить переработку и отгрузку шлака, который представляет собой достаточно дешевый материал для строительного производства, дорожного строительства и др. Кроме того, ликвидация накопленных шлаковых отвалов способствует значительному улучшению экологической обстановки прилегающих селитебных территорий.

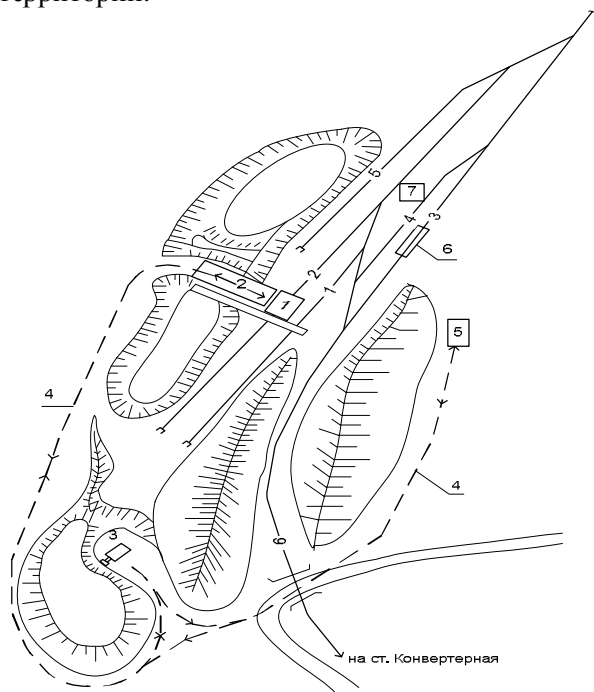


Рис. 3. Схема расположения сооружений и устройств участка ЦПМШ:

1 – бункер для загрузки вагонов из автосамосвала БЕЛАЗ; 2 – погрузочная эстакада; 3 – участок погрузки шлака в автосамосвалы; 4 – маршрут движения автосамосвала к автовесовой и к погрузочному бункеру (1); 5 – автомобильные весы; 6 – железнодорожные весы; 7 – участок корректировки и дозирования вагонов.

Цех по переработке металлургических шлаков (ЦПМШ) отгружает шлак потребителям железнодорожным транспортом через транспортно-грузовой комплекс (ТГК) производительностью 1200 т или 20 вагонов в сутки. Он включает (см. рис. 3): погрузочную эстакаду для прямой погрузки из автосамосвалов в вагоны, дозирочного экскаватора, электротолкателя вагонов, железнодорожных и автомобильных весов и железнодорожных путей.

Под погрузку шлаковой продукции порожние вагоны УЗ подаются со станции Конвертерная в количестве 10 единиц в смену на 1-й путь, затем локомотивом забираются со 2-го пути груженные вагоны, а порожние выставляются на 2-й путь для осуществления операций по осмотру и обработке (подготовка под погрузку).

Погрузка шлака производится двумя автомобилями БЕЛАЗ через приёмный бункер 1 загрузочной эстакады 2 погрузочного пути. С груженными вагонами локомотив осуществляет операции по провеске, дозировке и выставку вагонов на планировку шлаковой продукции, затем локомотив уходит на ст. Конвертерная. По окончании работ с вагонами осуществляется оформление товаросопроводительных документов и вызов локомотива, а затем вагоны оправляются на станцию Конвертерная. Технологический график отгрузки 10 вагонов 2-я автосамосвалами БЕЛАЗ представлен на рис. 4.

При существующей технологии отгрузка продукции занимает 675 мин (11,25 часа) в смену. При этом:

– общее время погрузки 10 вагонов составляет 320 мин (5,33 часа), из них порядка 1,5 часа чистое время погрузки и 3,83 часа - простой вагонов в ожидании прибытия автосамосвала для загрузки;

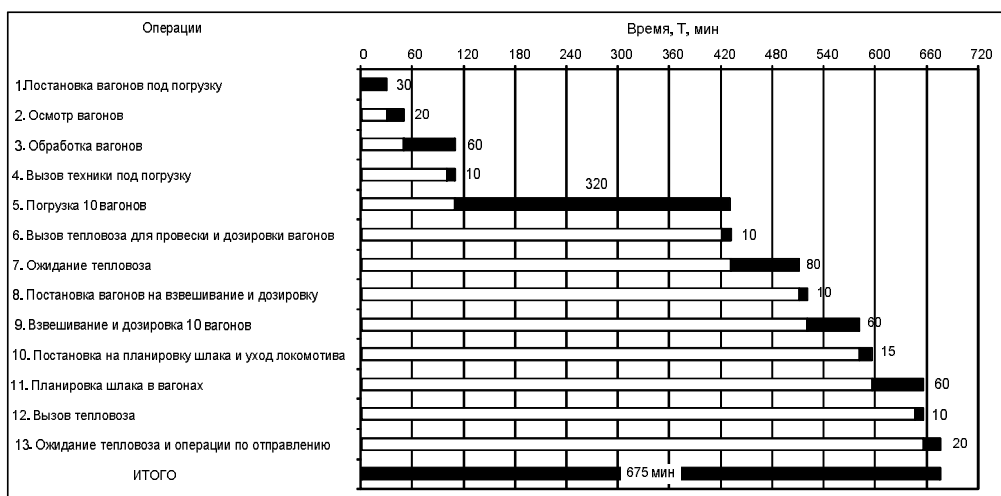


Рис. 4. Существующая технология обработки 10 вагонов при отгрузке шлака двумя автосамосвалами

– простой вагонов в ожидании прибытия локомотив для выполнения маневровых и передаточных работ до 3,5 часа;

– работа локомотива составляет 125 мин (2 час 5 мин).

Исходя из вышеуказанного следует сделать вывод, что вагоны при отгрузке шлака простаивают в ожидании выполнения различных операций в течение суток более 8 часов.

Технология работы локомотива по обработке вагонов на пункте погрузки шлаковой продукции представлена в табл. 2.

В результате проведенных исследований и опыта зарубежных и отечественных предприятий установлено, что одним из направлений повышения эффективности транспортного обслуживания ЦПМШ является разработка и применение логистической энергосберегающей транспортной технологии с использованием маневрового тягача на базе колёсного трактора ХТЗ-150К-09. Функциональным преимуществом данного предложения является тот факт, что применение поточного метода организации грузопереработки с использованием маневрового тягача на данном участке позволит сократить время нахождения вагонов под грузовыми и транспортными операциями, увеличить тем самым объём отгрузки в сутки и высвободить тепловоз ТГМ6А для выполнения транспортной и маневровой работы на других участках или станциях.

В основу разработки логистической технологии принимается методология производственного менеджмента, которая развивается применительно к условиям транспортного обслуживания предприятия с ограниченным и нерегулярным вагонопотоком.

Основные положения этой методологии исходят из того, что эффективное взаимодействие звеньев процесса грузопереработки достигается путем формирования оптимального производственного цикла выпуска продукции. При этом экономическое значение производственного

цикла заключается в том, что сокращение его продолжительности позволяет выполнить заданную программу с меньшими затратами и потерями производства [1, 2, 3].

Организация производственного процесса во времени характеризуется двумя параметрами: продолжительностью и структурой производственного цикла. Календарное время от запуска изделия в производство до момента выдачи готовой продукции определяет продолжительность цикла. Структура цикла – это соотношение его основных элементов: продолжительности выполнения технологических операций (рабочий период) времени перерывов (в первую очередь межоперационных ожиданий).

В соответствии с методологией производственного менеджмента за основной показатель логистической технологии принимается производственный цикл с заданной продолжительностью ( $T_{ц}$ ), который становится критерием управления работой по транспортному обслуживанию грузового пункта.

Предлагаемый метод оптимальной продолжительности производственного цикла при грузопереработке заключается в следующем.

В процессе грузопереработки ведущим является грузовое звено поскольку его перерабатывающая способность (ваг/час) устанавливается в соответствии с требованиями обслуживаемого производства. Поэтому, в рамках производственного цикла, продолжительность грузовых операций принимается в качестве нормативной величины. Достаточно определенным во времени цикла являются и вспомогательные операции.

Следовательно, изменять величину продолжительности цикла можно только путем сокращения общего времени транспортного обслуживания, за счёт изменения способа его организации.

Таблица 2

**Технология работы локомотива по обработке вагонов на пункте погрузки шлака**

№ п/п.	Наименование операций	Показатель	Время, мин
1	Подача порожних вагонов и постановка на погрузочный путь (2)	$t_1$	30
2	Постановка груженых вагонов на взвешивание и дозировку	$t_2$	10
3	Взвешивание и дозировка вагонов (10 вагонов)	$t_3$	60
4	Постановка вагонов на планировку и уход локомотива	$t_4$	15
5	Подача локомотива, операции по отправлению и уход груженого состава	$t_5$	15
Итого			125



Грузопереработка характеризуется тем, что в структуре производственного цикла наиболее продолжительной является ведущая операция – погрузка-выгрузка состава с установленным числом вагонов. Переход на поточный способ позволяет применить поэтапное параллельное выполнение всего комплекса грузовых и сопутствующих операций и обеспечить их синхронизацию.

В основу такого перехода принимается принцип разделения процесса погрузки-выгрузки на такты с параллельным выполнением в каждом из них всего комплекса операций с установленным числом вагонов в перерабатываемой группе. При этом продолжительность такта определяется путем варьирования раз-

личного числа вагонов в группе и устанавливается на основе синхронизации продолжительности грузовой и сопутствующих ей операций, а количество тактов принимается по числу групп вагонов, формирующих состав.

Предложенный методический подход позволяет осуществить переход рассматриваемой группы предприятий на более эффективный поточный способ грузопереработки, обеспечивающий существенное улучшение эксплуатационных и технико-экономических показателей производства. Новая логистическая транспортная технология грузопереработки позволяет производить отгрузку шлака в количестве 12 вагонов в смену. Новая технология при отгрузке 12 вагонов в смену представлена рис. 5.

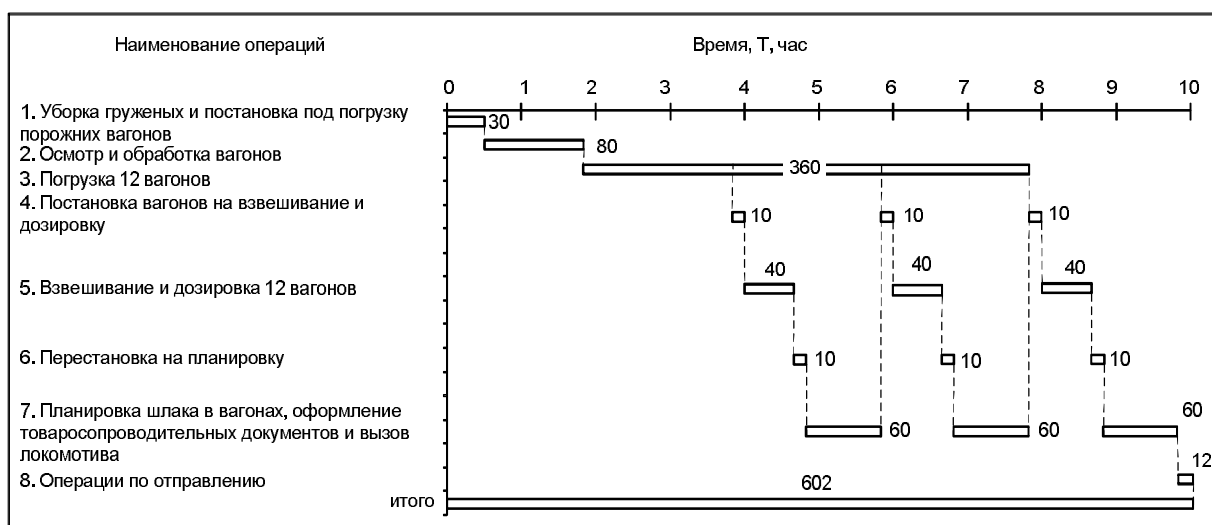


Рис. 5. Технология обработки 12 вагонов при отгрузке шлака

Представленная технология позволяет сделать вывод, что применение маневрового тягача и параллельной обработки вагонов позволяет увеличение отгрузки до 12 единиц в смену и высвобождение локомотива при обработке вагонов. Локомотив необходим для подачи порожних вагонов и передачи грузных вагонов на станцию Конвертерная.

На основании вышеизложенного ожидаемый экономический эффект от применения новой транспортной технологии в условиях транспортного обслуживания ЦПМШ определяется в соответствии со следующими положениями:

- увеличение отгрузки вагонов за сутки до 32 единиц;
- снижение эксплуатационных расходов на обработку вагонов;
- сокращения расходов горючесмазочных материалов;
- сокращения расходов на техническое обслуживание и ремонт.

Предварительная оценка показывает, что применение новой логистической энергосберегающей технологии и организации транспортного обслуживания пункта грузопереработки при отгрузке вагонов шлаком позволит получить экономический эффект более 1,0 млн. грн. в год. Данное положение даёт основание считать, что применение маневрового тягача на комбинированном ходу, в условиях Мариупольского металлургического комбината даст весьма значительный эффект, и это мероприятие единственно правильное решения транспортной задачи в условиях по отгрузке шлака.

### Выводы

1. В настоящее время горно-металлургический комплекс Украины насчитывает более 500 больших и малых предприятий и организаций, включая 19 крупных металлургических комбинатов и заводов, в результате производственной деятельности которых происходит накопление значительных запасов

шлаков, составляющих основную часть отходов и хранящихся в отвалах.

2. Транспортное обслуживание таких предприятий характеризуется применением традиционных транспортных технологий с использованием тепловозов повышенной мощности (до 1200 л.с.) и увеличение простоев вагонов Укрзалізниці.

3. Совершенствование транспортного обслуживания пункта погрузки шлама на основе применения логистической традиционной транспортной технологии с использованием маневрового тягача позволит увеличить объемы отгрузки на 20-30 % и получить значительный экономический эффект более 1,0 млн. грн. в год.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Парунакян, В. Э. Оценка энергозатратного механизма транспортных технологий промышленных предприятий [Текст] / В. Э. Парунакян, А.С.Красулин, Ю. В. Гусев // Захист металургійних машин від поломок: темат. сб. науч. тр. – Маріуполь : ГВУЗ «ПГТУ», 2006. – Вип. 9. – С. 184-192.

2. Красулин, А. С. Анализ транспортного обслуживания производственных объектов с ограниченными вагонопотоками [Текст] / А. С. Красулин, М. Э. Слободяник // Вісник Східноукраїнського нац. ун-т ім. В. Даля. – Луганськ, 2006. – № 6(100) Ч. 1. – С. 154-156.

3. Парунакян, В. Э. Оценка энергозатрат транспортных технологий промышленных предприятий [Текст] / В. Э. Парунакян, А. С. Красулин, Ю. В. Гусев, А. В. Рябухин // Металлургические процессы и оборудование, 2007, – № 2(8), – С. 49-53.

4. Применение энергосберегающей транспортной технологии для повышения эффективности обслуживания предприятий [Текст] / В. Э. Парунакян, В. Я. Агарков, А. С. Красулин, А. Ф. Примак // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – № 4. – С. 138-140.

5. Парунакян В. Э. К вопросу использования тепловозного парка на промышленном железнодорожном транспорте [Текст] / В. Э. Парунакян, А. С. Красулин // Захист металургійних машин від поломок: зб. наук. праць / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2014. – Вип. 16. – С. 49-58.

6. Маслак А. В. Анализ эксплуатационных показателей и пути повышения эффективности транспортного обслуживания прокатных цехов металлургических предприятий [Электронный ресурс] / А. В. Маслак, Г. А. Линник // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту : зб. наук. праць / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2016. – Вип. 32. – С. 215-221. – Режим доступа: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/10015>

7. Маслак А. В. Анализ эксплуатационных показателей работы локомотивного парка при транспортном обслуживании прокатных цехов металлургических предприятий [Электронный ресурс] / А. В. Маслак, А. С. Красулин // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту : зб. наук. праць / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2017. – Вип. 32. – С. 201-209. – Режим доступа: <http://eir.pstu.edu/handle/>

8. Красулин, А. С. Анализ использования тепловозного парка на железнодорожном транспорте промышленных предприятий [Текст] / А. С. Красулин // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе. Проблемы и перспективы рационального использования: Сборник научных трудов, – Воронеж, 2017. – Том 4. – Вып. 1(7). – С.47-55.

9. Красулин А. С. К вопросу о структуре локомотивного парка на железнодорожном транспорте промышленных предприятий [Текст] / Вісник національного транспортного університету. Серія: «Технічні науки»: Науково-технічний збірник. – Київ: НТУ, 2018. – №1(40). – С.155-163.

10. Бардышев, О. А. Машины на комбинированном ходу. / О. А. Бардышев, А. В. Кудряшов, В. И. Тэттер / М.: Транспорт, 1975, – 136 с.

*Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Парунакяном В. Э. (Украина)*

Поступила в редколлегию 10.10.2019.

Принята к печати 18.10.2019.

О. С. КРАСУЛІН

## ТРАНСПОРТНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЦЕХІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛОГІСТИЧНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В умовах ринкової економіки дуже важливим є питання ефективності транспортного обслуговування виробничих об'єктів підприємств різних галузей промисловості та об'єктів будівництва та народного господарства. У зв'язку з цим на сучасному етапі для таких підприємств досить актуальним та важливим питанням є вдосконалення транспортного обслуговування на основі розробки і впровадження прогресивних енергозберігаючих транспортних технологій.

Мета цієї статті - впровадження нових логістичних енергозберігаючих транспортних технологій в робочий процес вантажопереробки вагонів при відвантаженні вантажів у цехах металургійних підприємствах.

У статті розглянуто питання ефективності обслуговування пункту відвантаження шлаку металургійних підприємств на основі логістичного підходу до питання застосування енергозберігаючих транспортних тех-

нологій. Зниження витрат на перевезення вантажів і оплату за користування вагонами Укрзалізниці та збільшення обсягів відвантаження є важливим питанням на транспорті промислових підприємств.

Питання транспортного обслуговування шлакоперерабатуючого цеху на металургійному підприємстві має велике значення з точки зору ефективності використання залізничних тягових засобів - локомотивів у процесі подачі і прибирання вагонів на пункт навантаження-вивантаження вантажів, а також операцій по зважуванню, дозуванні і плануванні яке здійснюється на залізничних коліях, які обслуговують вантажно-розвантажувальну площадку цеху.

Відповідно до експлуатаційних умов пункту навантаження шлаку запропонована нова логістична енергозберігаюча транспортна технологія з використанням мобільних тягових коштів на залізничному та автомобільному ході. Новий підхід до питання ефективності транспортного обслуговування пункту навантаження шлаку дозволяє скоротити простій вагонів в очікуванні виконання транспортних операцій з вагонами, а також збільшити обсяги відвантаження і вивільнити локомотив для виконання маневрових робіт на інших ділянках, скоротивши при цьому витрати на енергоносії і поліпшити екологічну обстановку прилеглих сільськогосподарських територій.

*Ключові слова:* логістичні енергозберігаючі транспортні технології; потоковий метод; вантажопереробка; транспортне обслуговування; тепловоз; маневровий тягач

A.S. KRASULIN

## **TRANSPORT SERVICES FOR INDUSTRIAL PLANTS WITH THE USE OF LOGISTICS ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES**

In the conditions of market economy the question of efficiency of transport service of production facilities of the enterprises of various industries and objects of construction and national economy is extremely important. In this regard, at the present stage for such enterprises is very relevant and important issue is the improvement of transport services through the development and implementation of advanced energy-saving transport technologies.

The purpose of this article is the introduction of new logistics energy-saving transport technologies in the working process of freight cars during the shipment of goods in the shops of metallurgical enterprises.

The article deals with the efficiency of the service point of shipment of slag metallurgical enterprises on the basis of logistics approach to the use of energy-saving transport technologies. Reducing the cost of transportation of goods, payment for the use of cars Ukrzaliznytsia and increasing the volume of shipment is an important issue in the transport of industrial enterprises.

The question of transport service of slag processing shop at the metallurgical enterprise is of great importance from the point of view of efficiency of use of railway traction means - locomotives in the process of giving and cleaning of cars on point of loading and unloading of cargoes, and also operations on weighing, dosage and planning which is carried out on the railway tracks serving a loading and unloading platform of shop.

In accordance with the operational conditions of the slag loading point, a new logistics energy-saving transport technology using mobile traction means on the railway and road course is proposed. A new approach to the issue of the efficiency of transport service of the slag loading point allows to reduce the downtime of cars in anticipation of transport operations with cars, as well as to increase the volume of shipment and release the locomotive to perform shunting works on other sites, while reducing energy costs and improving the environmental situation of the adjacent residential areas.

*Keywords:* logistic energy-saving technologies and organizations; flow method; cargo processing; transport service; locomotive; shunting tractor

УДК 656.212.5

A. KUDRIASHOV<sup>1\*</sup>, O. MAZURENKO<sup>2\*</sup>, K. SHARAPANIUK<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта andkyd81@gmail.com, ORCID 0000-0002-5965-3378

<sup>2\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта uamazurenko@gmail.com, ORCID 0000-0001-5591-1790

<sup>3\*</sup> Факультет «Управління процесами перевезень», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373 15 70, ел. пошта shboom008@gmail.com

## IMPROVEMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE PROCESS OF SEPARATION OF COMPOSITION ON THE SORTING HUMPS

**The purpose** of the study is dedicated to improving the quality of sorting process using the developed method to determine rational regimes of the train breaking up. These modes provide maximum of reliability division of the wagon cuts at switches, as well as the possibility of implementing a safe speed collision of wagons in marshalling tracks. **Methodology.** Investigations of the separations of the cut of the train at switches were carried out using simulation modeling. For research, we used the model for the running cut from sorting hump, which allows us to realize the set exit speeds from the brake positions when adjusting the braking zone of the cut. **Findings.** A quantitative assessment of the indicators of the sorting process was carried out using the developed method for optimizing the braking modes of the cuts to control the process of decomposition of trains on one of the sorting hump of Ukraine. The performed analysis of the results showed sufficient efficiency of the developed method, which can be recommended for calculating the exit speeds of cuts from brake positions in automation systems of the sorting process. The braking modes obtained as a result of optimization can provide a sufficiently high quality of interval regulation, as well as the possibility of realizing a safe approach speed of cuts to wagons on the sorting paths of automated humps. **The scientific novelty** of the work is to prove the effectiveness of the considered method of optimizing the composition breaking mode. **Practical value** of the thesis as well as developed models and methods can be used to create an automated process control system for breaking up of the stocks on sorting humps, as well as to assess the quality of the construction of projected sorting humps. Automation of humps will help to improve the economic performance of stations, reduce the cost of processing cars, save energy for braking cuts and shunting, improve working conditions and safety of workers of the sorting hump.

*Keywords:* braking modes; cut; sorting hump; optimization; automated system

### Introduction

Automation of the process of disbanding trains is one of the main ways to improve the efficiency of the operation of sorting humps, improving the quality of the process of disbanding the compositions and effective using of technical facilities. Creating a modern automated control system for the sorting process would improve the productivity of sorting humps, reduce downtime of wagons at sorting stations, and due to this way speed up the process delivery of goods, reduce the turnover of wagons and their fleet. In addition, the automation of the humps will further improve the economic performance of the stations, reduce the cost of processing cars, saving of energy resources for braking cars and shunting work, improve the conditions and safety of humps workers.

An element of creating an integrated automation system is the introduction of the microproces-

sor system of automatic speed control (ASC). The ASC system is designed for calculating and then setting in real time the cut speed values at the exit from the brake positions, ensuring that the conditions for separating the cut routes for separating switches (interval control) and the safe connection of carriages on sorting paths (aiming control).

As the analysis of existing systems showed automation of the disbanding process compositions on the sorting humps, the automatic regulation of cut the rolling speed is a rather complicated task [1-4]. It's necessary to determine the optimal braking modes (BM) of the composition cut and ensure their implementation with sufficient accuracy in the process of realization [5-7] to ensure reliable separation of the sliding cut on the switches and the safe speed of their collision with the cars on the tracks.

Research of the rolling cut process with different parameters under the conditions of the random factors action [8] showed that their influence significantly complicates the determination of BM of cut during the dissolution of the compositions. Random errors in measuring the parameters of cuts, used to determine the optimal BM, as well as errors in their implementation can significantly increase the likelihood of separation of cut on the switches. In this regard, it is necessary to search for such BM, at which the calculated intervals on the separating elements between all detachments of the composition reach a maximum. This will preserve the minimum interval between cuts, necessary for their successful separation in the event of an adverse combination of influencing factors occurring and thereby reducing the likelihood of non-separation during the dissolution of the compositions on the sorting humps.

### Main part

Mathematical models of rolling cut is carried out with a uniform distribution of the energy height which the cut braking, redeemable throughout the range of the brake position, not entirely consistent with the actual braking process.

An improved mathematical model for rolling off from the sorting humps was proposed in [9], which allows you to control the choice of a zone of brake release. The cut is braked by the rated power of the moderator at the selected degree of braking. In the model, the braking mode of each cut rolling down the hump is represented by the vector  $\mathbf{U}=(U', U'')$  of the speeds of its release from the brake positions of the discharge part of the sorting hump and the vector  $S_{sb}=(S'_{sb}, S''_{sb})$  the points of the beginning of braking at the corresponding brake positions (BP).

As the analysis has shown, in real conditions, the given output speed of the detachment  $U$  can be implemented using many modes that differ in the coordinate of the point of the start of braking  $S_{sb}$ . In this case, the length of the braking zone  $L_b$  is uniquely determined by the coordinate  $S_{sb}$  and the given speed  $U$ .

The analysis performed in [10] showed that each of the output speeds  $U'$ ,  $U''$  may have several restrictions of a different nature; all possible values of the vector  $\mathbf{U}=(U', U'')$  belong to the region of permissible speeds (RPS) of the output from the upper (UBP) and middle (UMP) brake positions.

The constraints that form the RPS are determined by four groups of factors:

- braking power retarder brake positions;

- permissible speed of rolling of cut on the downhill part of the sorting hump;
- requirements of aiming speed control cut;
- the possibility of implementing a given speed of cut out of the brake position.

The research results showed that the configuration, dimensions and positions of the RPS significantly depend on the design of the hump, as well as on the cut parameters and rolling conditions [7]. Therefore, the methodology was formalized and the algorithm for constructing the RPS taking into account the above parameters was developed. The method is based on the use of simulation modeling of rolling out of an unhooking from a hill; it also makes it possible to identify and exclude inactive restrictions on the speed of cut from the BP before starting the optimization problem.

The choice of braking modes is determined both by the parameters of the rolling-off cut of the train, and by the sequence of numbers of switches of their separation. Thus, in almost all systems of automation of the sorting process [11], the choice of modes for separation the trains and rolling them out takes into account the coordinates of the separation switches, which, in turn, are determined by the rolling routes of the adjacent cut trains.

Meanwhile, in [12] the possibility of surges on beam switches between non-adjacent cuts of the composition (cut separated in the composition by one or several other cut) and, consequently, the need to take into account such situations between these cut was noted.

The analysis of cut divisions on switches using the probabilistic approach, performed in [13], allowed us to obtain an analytical expression (1) to determine the probability of separating an arbitrary pair of composition cut on some switch  $\sigma$ . In order for this separation to take place, it is necessary that the  $i$  and  $(i+k)$  cut pass the switch  $\sigma$  in different directions; at the same time, all cuts from  $(i+1)$  to  $(i+k-1)$  should not proceed through this switch. Then the specified probability can be defined as

$$P_{i,i+k}(\sigma) = \frac{2m_i(\sigma) \cdot m_r(\sigma) \cdot (M - m_i(\sigma) - m_r(\sigma))^{k-1}}{M(M-1)^k} \quad (1)$$

It was shown that the conditions of separation of non-adjacent cut not less affect the quality of the management of dissolution than the normally controlled conditions of separation of adjacent cut of the composition.

For the convenience of analyzing the divisions of routes of a particular composition, they were represented by an upper triangular matrix [14], the rows and columns of which were assigned to the number of ways to assign its release sequence. The

elements of the matrix  $\sigma_{ij}$ ,  $i < j$  are the numbers of the switch positions, which separate the routes of the cut  $i$  and  $j$ ; following, respectively, on the way  $W_i, W_j$ .

A method was developed to determine the actual number of cut separations in specific compositions. The method provides for the definition of all elements of the matrix of numbers of switches for a particular sorting hump and composition using the Boolean functions:

$$\sigma_{ij} = \varphi(\zeta_i, \zeta_j),$$

$\zeta_i, \zeta_j$  – codes of destination paths of the  $i$  and  $j$  cuts.

The code of each sorting path  $\zeta$  is formed in such a way that it is possible to determine the position of the switches in the route to this path. The specified code in binary form consists of  $N$  digits by the number of switch positions on the sorting hump.

The proposed method allows you to determine the elements of a triangular matrix for each specific composition, disbanded on the sorting hump with any design of the switch mouth. The analysis of the matrix allows you to set the total number of divisions of cut composition, as well as their distribution among individual switch positions.

The results of statistical processing of sorting sheets on one of the large sorting stations in Ukraine showed that the total number of separations is on average 1,71 times higher than the number of separations of adjacent pairs of cuts. The number of separations in the composition is linearly dependent on the number of cut (fig.1); the correlation coefficient between the number of cut and the number of divisions is 0.96.

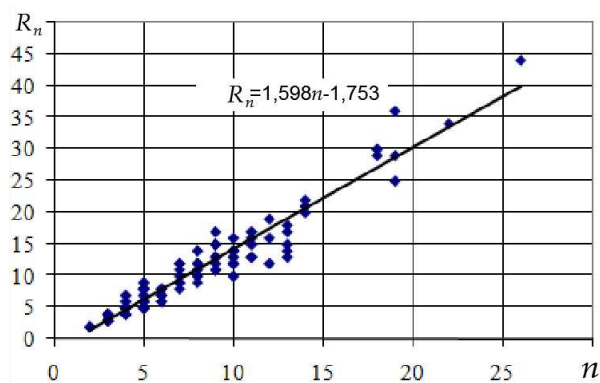


Fig. 1. Correlation dependence between the number of divisions  $R_n$  and the number of cuts  $n$  in the composition for Odessa-Sortuvalna station

Thus, the data obtained allow us to conclude that a sufficiently large number of cuts compounds have multiple separations with non-adjacent cuts

and therefore they need to be taken into account when solving a wide range of practical tasks aimed at improving the efficiency of the sorting process on the humps, including and when optimizing the mode of dissolution of the compositions.

In [15], a method was developed to optimize the mode of dissolving of the composition, which takes into account the conditions of separation between non-adjacent cuts of the composition.

The task of optimizing the mode of dissolving trains to improve the quality of interval speed control is to maximize the intervals on the switches between all pairs of cut units. Therefore, as an optimization criterion, it is advisable to use the vector of intervals between the cuts of the composition, constructed taking into account the multiple divisions of each of them:

$$\delta t = (\delta t_1, \delta t_2, \dots, \delta t_c) \rightarrow \max \quad (2)$$

$c$  – is the total number of cut separations in the composition, in composition including non-adjacent.

As the analysis showed, the  $\delta t_i$  intervals in (2) are not independent. A change in the mode of inhibition of an cut leads to a change in the values of the set of intervals  $\delta t_i$  of the vector  $\delta t$ . In this case, those intervals with which the controlled detachment has a separation on the switches, incl. and secondary.

In this regard, it is obvious that it is necessary to control all the specified intervals in the process of solving the optimization problem. To this end, when choosing the braking mode of the  $i$  cut, it was proposed to consider the tuple of all cut members of the train, which are separated from this cut (fig. 2). In this tuple, in addition to the controlled  $i$  cut and adjacent cut with numbers  $p_1 = (i-1)$  and  $q_1 = (i+1)$  it is necessary to include all other cut units that have a separation with the  $i$  cut. These are cuts with numbers  $p_2, \dots, p_N$ , located in the composition up to the controlled one ( $p < \dots < p_2 < p_1 = i-1$ ) and also cut numbers  $q_2, \dots, q_N$ , located after it ( $q_1 = i+1 < q_1 < q_2 < \dots < q_N$ );  $N$  – is the number of switch positions on the hump.

The number of cuts in a tuple depends on the combination of their purpose in the composition and on the design of the hump neck; the maximum number of cuts having a separation with a controlled one and located before and after it is  $2N$ . The tuple composition of the  $i$  cut can be unambiguously determined according to the matrix of numbers of dividing switches of the composition cut.

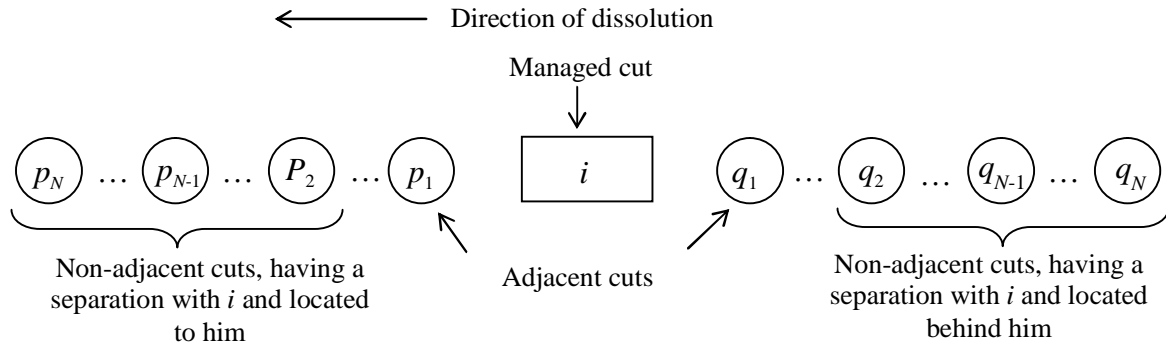


Fig. 2. Scheme of tuple managed cut

Then, the partial criterion of the optimality of the braking mode of the  $i$  cut, determined at fixed modes of all cut, which have separation with controlled, will be the absolute value of the difference of the minimum intervals with the cut, which are located in the composition before and after the  $i$ .

$$\Delta t_i(\mathbf{r}_i) = \left| \min \{ \delta t_{p_1}, \delta t_{p_2}, \dots, \delta t_{p_n} \} - \min \{ \delta t_{q_1}, \delta t_{q_2}, \dots, \delta t_{q_n} \} \right| \rightarrow \min$$

Using the given partial criterion for individual cut, it is possible to construct a target function to optimize the mode of dissolution of the composition:

$$\Delta T = \{ \Delta t_2, \Delta t_3, \dots, \Delta t_{n-1} \} \rightarrow \min$$

In this expression, all values  $\Delta t_i$  associated with appropriate cut  $\overline{2, n-1}$  and ordered by their composition.

To take into account the relationship between interval and sighting regulation of the speed of cut, as well as the existing restrictions on the speed of

their rolling down when selecting braking modes, their affiliation to the area of permissible speeds of their exit  $\Omega_i$  from the upper BP and average BP is controlled. These areas should be determined for each detachment of the composition prior to the start of solving the optimization problem and are its restrictions.

In the process of optimization, the composition is gradually divided into groups in which the alignment of the values of adjacent intervals occurs; at the same time, the alignment of the intervals does not occur in each group separately, but at the same time throughout the whole composition (fig. 3). This result is achieved due to the use of reserves of intervals between the detachments of the composition, which are in groups with favorable conditions of separation and redistribution of these reserves between the detachments of the composition, which are in groups with unfavorable conditions of separation.

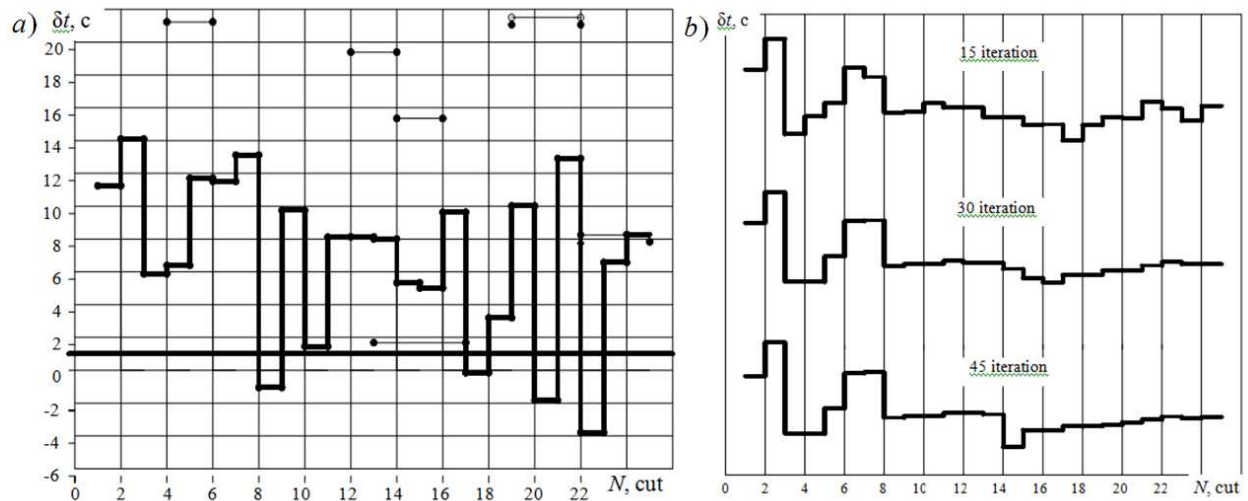


Fig. 3 Changing the size of adjacent intervals in the optimization process: a) before optimization; b) after some iterations

As a result of optimization, such modes of braking of cut are established, at which the maximum possible intervals on the separating switches are provided for all unfavorable conditions of separation of the groups of cuts (fig. 4). The boundaries of the groups are cut with extreme modes of rolling: fast (F) and slow (S).

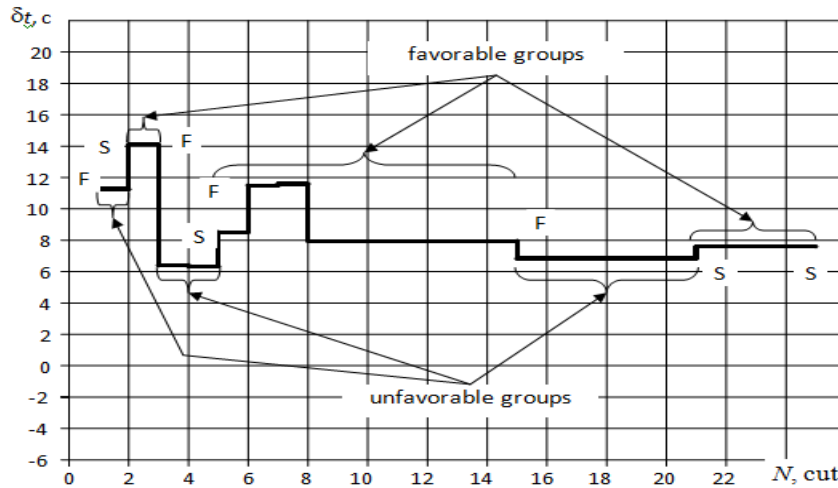


Fig. 4. Distribution of intervals between cuts after the end of optimization braking modes

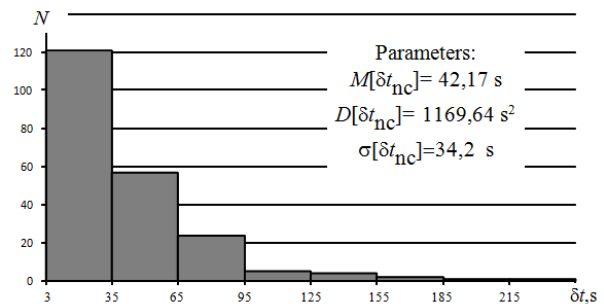
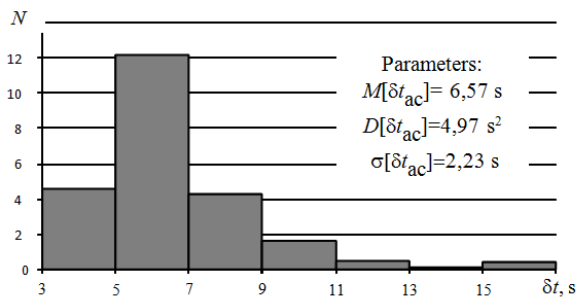


Fig. 5 Histogram of the distribution of the size of the intervals between cuts: a) adjacent; b) non-adjacent

## Conclusions

The analysis of the indicators of the sorting process showed a sufficient efficiency of the method for optimizing the modes of dissolving the compositions developed in [12], which can be recommended for calculating the release rates of the cut positions in the automation systems of the sorting process.

The braking modes obtained as a result of optimization provide a sufficiently high quality of interval control, as well as the possibility of implementing a safe speed of collision of cuts on the sorting tracks of automated humps.

## REFERENCES

1. Zářecký, S. The newest trends in marshalling yards automation / S. Zářecký, J. Grůň, J. Žilka // Transport problems. – 2008. – T. 3. – Vol. 4. – Part 1. – P. 87-95.

2. Adadurov, S. E. Kompleksnaja sistema avtomatizacii sortirovochnykh processov / S. E. Adadurov, V. N. Sokolov // Zh.-d. transp. - 2010. -№ 8. - S. 37-38.

3. Sepetyj, A.A. Sistema kompleksnoj avtomatizacii sortirovochnykh processov / A. A. Sepetyj, A. Yu. Sergeev // Avtomatika, svyaz, informatika. - 2009. - № 2. - p. 6-7

4. Gapanovich, V. O razrabotke avtomatizirovannykh sortirovochnykh sistem / V. A. Gapanovich, A. N. Shabelnikov // Zheleznodorozhnyj transport - 2010. - № 8. - p. 23-25.

5. Tianming, M. The Research of Hump Retarder Assistant Speed Control System / M. Tian-ming, Z. Lian-xiang // Retarders & Speed Control Technology. – 2011. – Iss. 1. – P. 1-7.

6. Ning, H. Discussion on Hump Rolling Vehicle Speed Control Problem / H. Ning, L. Xinghan // Retarders & Speed Control Technology. – 2011. – Iss. 3. – P. 9-16.

7. Shengjun, F. Research on Application of Braking Retarder Speed Control System / F. Shengjun // Retard-



ers & Speed Control Technology. – 2012. – Iss. 4. – P. 11-16.

8. Kozachenko, D. M. Simulation of work under hump uncertain parameters unhooked and environmental conditions / D. M. Kozachenko, M. I. Berezovji, O. I. Taranets // Science and Transport Progress, Iss. 16. – 2007. – p. 73–76.

9. Bobrovskij, V.I. Vpliv rezhimiv galmuvannya na trivalist skochuvannya vidchepiv z girki / V.I. Bobrovskij, A.V. Kudryashov, L.O. Yelnikova // Zb. nauk. prac. – Harkiv: UkrDAZT, 2009. – Vip. 102. – S. 147-15.

10. Kozachenko, D. M. Doslidzhennja dopustymykh rezhymiv ghaljmuwannja vidchepiv na sortuvaljnykh ghirkakh /D. M. Kozachenko // Vostochno-evropejskij zhurnal peredovykh tekhnologij. – 2013. - № 4/3 (64) – s. 25-28.

11. Kozachenko, D. M. Studies of the conditions of the interval speed control rolling unhook on automated slides / D. M. Kozachenko // Science and Transport Progress, Iss. 34 – 2010. – p. 46-50.

12. Shafyt, E.M. K voprosu alghorytmizacyu rascheta peremenoj skorosty rospuska sostavov na sortirovochnykh ghorkakh / E.M. Shafyt, A.Gh. Savyckyj // Avtomatyzirovannje systemy upravlenija

tekhnologicheskyj processamy na zheleznodorozhnykh stancyjakh: Mezhvuz. sb. nauch. tr. DYYT. - Dnepropetrovsk, 1982. - Vyp. 224/11. - s. 39-47.

13. Bobrovskij, V.I. Probabilistic characteristics of the sections of the rolling stock cuts on the arrows / V.I. Bobrovskij, A.V. Kudriashov, Yu.V. Chibisov // Science and Transport Progress, Iss. 18. –2007. – p. 146-150.

14. Bobrovskij, V.I. The statistical analysis of number of separations on the switch during dissolution of trains / V.I. Bobrovskij, A.V. Kudriashov, L.O. Ephimova // Science and Transport Progress, Iss. 20 – 2008. – p. 13-19.

15. Bobrovskij, V.I. Optimization of the modes of decomposition of trains on sorting humps / V.I. Bobrovskij, A.V. Kudriashov // Science and Transport Progress, Iss. 32 – 2010. – p. 224-229.

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

Надійшла в редколегію 15.10.2019.

Прийнята до друку 22.10.2019.

А. В. КУДРЯШОВ, А. А. МАЗУРЕНКО, К. О. ШАРАПАНИЮК

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РАСФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ

**Целью** исследования является повышение качества сортировочного процесса с помощью определения рациональных режимов расформирования составов. Указанные режимы обеспечивают наилучшие условия разделения отцепов состава на разделительных элементах, а также возможность реализации безопасной скорости соударения вагонов на сортировочных путях. **Методика.** Исследования разделений отцепов состава на стрелках выполнено с помощью имитационного моделирования. Для исследований была использована модель скатывания отцепов с горки, позволяющая реализовать заданные скорости выхода из тормозных позиций при регулировании зоны торможения отцепа. **Результаты.** Была выполнена количественная оценка показателей сортировочного процесса при использовании разработанного метода оптимизации режимов торможения отцепов для управления процессом расформирования составов на одной из сортировочных горок Украины. Выполненный анализ результатов показал достаточную эффективность разработанного метода, который может быть рекомендован для расчета скоростей выхода отцепов из тормозных позиций в системах автоматизации сортировочного процесса. Полученные в результате оптимизации режимы торможения могут обеспечить достаточно высокое качество интервального регулирования, а также возможность реализации безопасной скорости подхода отцепов к вагонам на сортировочных путях автоматизированных горок. **Научная новизна** работы заключается в доказательстве эффективности рассмотренного метода оптимизации режима расформирования составов. **Практическая значимость** работы заключается в том, что рассмотренный метод определения рациональных режимов расформирования составов может быть использован при создании автоматизированной системы управления процессом расформирования составов на сортировочных горках, а также для оценки качества конструкции проектируемых сортировочных горок. Автоматизация горок будет способствовать улучшению экономических показателей работы станций, снижению себестоимости переработки вагонов, экономии энергоресурсов на торможение вагонов и на маневровую работу, улучшению условий и безопасности труда работников горки.

**Ключевые слова:** режимы торможения; отцеп; сортировочная горка; метод оптимизации; автоматизированная система.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ РОЗФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

**Метою** дослідження є підвищення якості сортувального процесу за допомогою визначення раціональних режимів розформування составів. Зазначені режими забезпечують найкращі умови розділення відцепів составу на розділових елементах, а також можливість реалізації безпечної швидкості зіткнення вагонів на сортувальних коліях. **Методика.** Дослідження розділень відцепів составу на стрілками виконано за допомогою імітаційного моделювання. Для досліджень було використано модель скочування відцепів з гірки, що дозволяє реалізувати задані швидкості виходу з гальмівних позицій при регулюванні зони гальмування відчепа. **Результати.** Була виконана кількісна оцінка показників сортувального процесу при використанні розглянутого методу оптимізації режимів гальмування відцепів для управління процесом розформування составів на одній з сортувальних гірок України. Виконаний аналіз результатів показав достатню ефективність розглянутого методу, який може бути рекомендований для розрахунку швидкостей виходу відцепів з гальмівних позицій в системах автоматизації сортувального процесу. Отримані в результаті оптимізації режими гальмування можуть забезпечити достатньо високу якість інтервального регулювання, а також можливість реалізації безпечної швидкості підходу відцепів до вагонів на сортувальних коліях автоматизованих гірок. **Наукова новизна** роботи полягає в доведенні ефективності розглянутого методу оптимізації режиму розформування составів. **Практична значимість** роботи полягає в тому, що розглянутий метод визначення раціональних режимів розформування складів може бути використаний при створенні автоматизованої системи управління процесом розформування составів на сортувальних гірках, а також для оцінки якості конструкції сортувальних гірок, що проектуються. Автоматизація гірок сприятиме поліпшенню економічних показників роботи станцій, зниження собівартості переробки вагонів, економії енергоресурсів на гальмування вагонів і на маневрову роботу, поліпшенню умов і безпеки праці працівників гірки.

*Ключові слова:* режими гальмування; відцеп; сортувальна гірка; метод оптимізації; автоматизована система

УДК 658.788:629.463:669.013

Г. В. МАСЛАК

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

## СТАН І ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ МАТЕРІАЛОРУХУ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ЗОВНІШНЬОГО ВАГОНОПОТОКУ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Проведено ідентифікацію зовнішнього вагонопотоків великого металургійного підприємства з розробкою принципової схеми здвоєних операцій. Визначено чотири функціональних етапи переробки зовнішнього вагонопотоку в процесі матеріалоруку: вивантаження масової сировини у транспортно-вантажному комплексі, підбір вагонів під навантаження в транспортному комплексі, навантаження готової продукції у транспортно-вантажному комплексі цеху і відправка вагонів на зовнішню мережу. Кожен етап був досліджений з точки зору використовуваних технічних засобів, технології та організації взаємодії виробничих і транспортних ланок при просуванні вагонів зовнішнього парку, а також управління потоковими процесами при вантажопереробці. Були виявлені фактори, що впливають на тривалість переробки зовнішнього вагонопотоку на кожному з етапів. Встановлено, що найбільшою тривалістю перебування рухомого складу при здвоєних операціях, а також впливом факторів різного характеру, характеризуються транспортно-вантажні комплекси вивантаження сировини і відвантаження готової продукції, в яких транспортна технологія безпосередньо взаємодіє з виробничою і, найчастіше, підлаштовується під останню. Дана обставина істотно ускладнює роботу транспорту в умовах динаміки, як виробничого процесу, так і зовнішнього середовища, що призводить до збільшення транспортних витрат підприємства при обороті вагонів зовнішнього парку. Проведені дослідження дозволили визначити шляхи вирішення проблеми, пов'язані з розробкою оптимізаційних моделей роботи підсистем ВТС з використанням ресурсів виробництва, їх інтеграцією у єдину систему і переходом на логістичне управління процесом матеріалоруку. В основу системного управління поточковими процесами приймається концепція Just-in-time, яка дозволяє сформувати оптимальний системний цикл здвоєних операцій, що забезпечує ефективність виробничого процесу підприємства.

*Ключові слова:* зовнішній вагонопоток; металургійне підприємство; здвоєні операції; процес матеріалоруку підприємства

### Вступ

Крупні металургійні комбінати характеризуються складною технологією виробничого процесу, великими об'ємами надходження сировини (від 600 до 950 вагонів на добу) і виробництва металопродукції (від 150 до 250 вагонів на добу, а в деяких випадках і більше).

Відмінною особливістю матеріальних потоків цих підприємств є те, що по всьому технологічному ланцюгу від аглодоменного переділу до прокатного, вони обов'язково включають в свою структуру промисловий транспорт. При цьому частка залізничного транспорту в загальному вантажообігу досягає 80 – 85 %. Таким чином, в процесі матеріалоруку металургійного підприємства має місце багатоточкова, різнофункціональна взаємодія виробництва і транспорту, що вимагає ефективного системного управління.

Функції залізничного транспорту у виробничо-транспортній системі (ВТС) підприємств зводяться до виконання зовнішніх перевезень

по взаємодії з магістральним транспортом на прийомі сировини і відвантаженні готової продукції, а також забезпечення внутрішньовиробничих технологічних перевезень напівфабрикатів. Перехід на ринкові механізми господарювання радикально змінили виробниче середовище підприємств і, як наслідок, вимоги виробництва і експлуатаційні умови роботи залізничного транспорту. Значні коливання обсягу випуску металопродукції окремих цехів (від 30-50 до 200-250 тис. т на місяць), істотні зміни і розширення сортаменту прокатної продукції, а також її постачання на експорт в країни далекого зарубіжжя зумовили постійну аритмію виробничого процесу [1].

З іншого боку, значно збільшилася добова динаміка вхідного поїздопотоків з сировиною, зросло число і ускладнилися вимоги операторів-перевізників.

Вплив цих факторів привів до постійної неузгодженості ритмів роботи виробничих цехів і транспорту, що відбилося на міжопераційних

простоях вагонів зовнішнього парку (ЗП) в комплексах вивантаження сировини і навантаження готової продукції. Так, при середньому обороті вагонів ЗП на підприємствах, що становить 30-35 годин, він зазвичай перевищує 45-50 годин. При цьому в загальній тривалості його переробки вивантаження-навантаження досягає 65-70 % [2].

У зв'язку з вказаним, по всьому ланцюгу процесу матеріалоруху, вантажні комплекси цехів, а також залізничні станції, що обслуговують цей процес, стали об'єктами хвилеподібного збільшення обсягів транспортної роботи і зростання тривалості простою вагонів.

Стає очевидним, що в нових умовах функціонування ВТС, при транспортному обслуговуванні виробництва, акценти в управлінні процесами матеріалоруху при відвантаженні готової продукції споживачеві необхідно зміщувати із залізничних перевезень на вантажні комплекси цехів, тобто на пункти прийому компонентів сировини і відвантаження металопродукції.

В зв'язку з цим дуже важливим завданням на першому етапі стають аналіз стану і визначення шляхів підвищення ефективності управління процесом матеріалоруху при переробці зовнішнього вагонопотоку металургійних підприємств.

### **Аналіз останніх досліджень**

Однією з перших робіт, в якій була дана системна оцінка функціонування ВТС металургійного підприємства є робота [3].

У ній наголошується, що розуміння промислового транспорту, як обслуговуючого підрозділу, який лише підлаштовується під функціонування виробництва, вже не відповідає існуючій дійсності. Вирішення проблем взаємодії виробництва і транспорту можливо здійснити при активізації можливостей і ресурсів виробництва, оскільки це дозволить добитися більш значущих економічних результатів.

У роботах [4, 5] даний підхід отримав подальший розвиток. Дана проблема розглядається з погляду адаптаційного циклу, реалізація заходів якого дає можливість поліпшити експлуатаційні показники ВТС.

Однією з робіт, в якій представлений комплексний розгляд процесу матеріалоруху, є робота [6]. Запропонований новий підхід з формування структури виробничо-транспортної системи, а також в загальному вигляді описані шляхи підвищення ефективності управління транспортними процесами на металургійних підприємствах.

Таким чином, дане питання набуло для ме-

талургійних підприємств дуже важливе і актуальне значення, оскільки його рішення дозволить значною мірою виключити втрати виробництва і скоротити транспортні витрати.

### **Мета статті**

Метою роботи є оцінка стану і визначення шляхів підвищення ефективності управління процесом матеріалоруху при переробці зовнішнього вагонопотоку в здвоєних операціях металургійного підприємства, що забезпечують ефективну взаємодію виробництва і транспорту.

### **Виклад основного матеріалу**

В якості базового підприємства для досліджень приймається маріупольський металургійний комбінат повного циклу, транспортне обслуговування якого є одним з складних з причини наявності двох станцій примикання Укрзалізниці, одна з яких є вантажною станцією.

Надходження сировини на підприємство складає 850 – 900 вагонів щодоби. По приналежності весь рухомий склад є операторським. Основна маса вагонів прибуває на вантажну станцію для агломераційного виробництва, де після вивантаження, очищення і сортування частина вагонів слідує під відвантаження готової продукції, остання – маршрутами порожніх вагонів здається на ЗМ. Відвантаження готової продукції проводиться по заявках виробництва три рази на добу на вантажних фронтах прокатних цехів підприємства. Після навантаження, яке включають також документальне оформлення металу і рухомого складу, вагони прямують на заводську сортувальну станцію (ЗСС) для формування поїздів і здачі їх на ЗМ.

Принципова схема руху зовнішніх вагонопотоків представлена на рис. 1.

Аналіз приведеної схеми показує, що переробка вагонів зовнішнього парку на підприємстві є складною динамічною системою, що включає багатоеlementну, потокову технологію, що складається з чотирьох етапів. Кожен етап просування вагонопотоків по даній траєкторії характеризується технологією переробки вагонів ЗП, фазовою трансформацією поточного процесу (вантажопереробка), а також тривалістю виконання операцій з вагонами ЗП.

Розглянемо процеси вантажопереробки при вивантаженні і навантаженні продукції, а також транспортне обслуговування поточкових процесів з виділенням чинників, що впливають на їх тривалість.

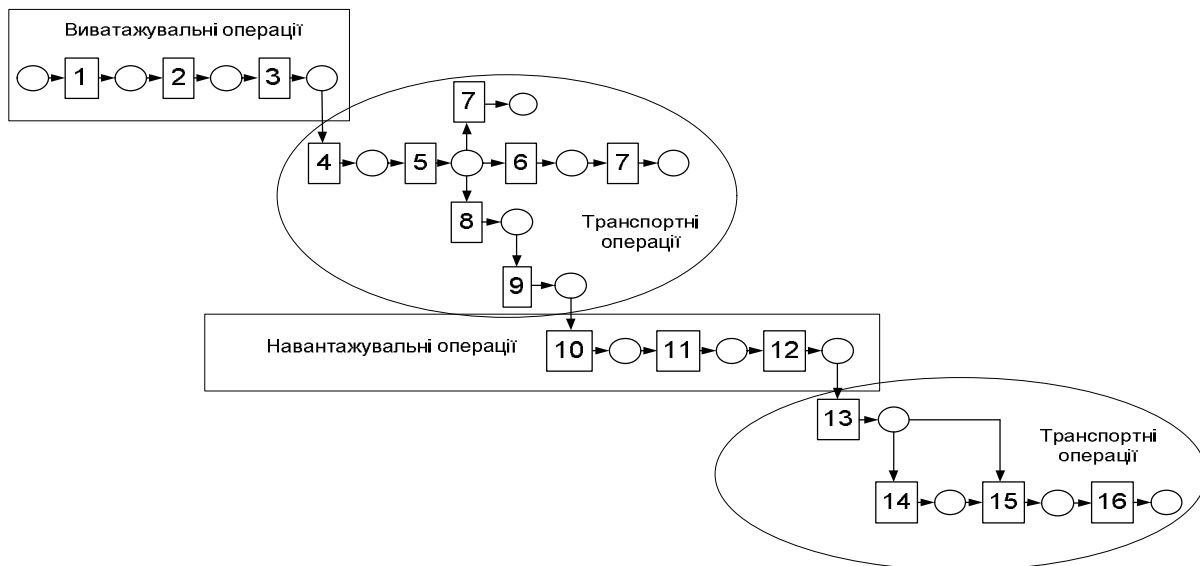


Рис.1 Схема руху зовнішніх вагонопотоків на базовому підприємстві: 1 – прибуття маршрутів сировини з ЗМ, приймально-здавальні операції; 2 – вивантаження вантажів; 3 – накопичення порожніх вагонів; 4 – очищення вагонів після вивантажувальних операцій; 5 – сортування порожніх вагонів; 6 – накопичення порожніх вертушок; 7 – формування порожніх складів і відправлення на ЗМ; 8 – формування порожніх передач для цехів підприємства під вивантаження готової продукції; 9 – доставка порожніх вагонів на станції вивантаження готової продукції; 10 – постановка вагонів на вантажний фронт цеху; 11 – навантаження вагонів; 12 – прибирання навантажених вагонів з вантажного фронту і формування вивізних передач; 13 – доставка навантажених передач на ЗСС; 14 – накопичення маршрутів; 15 – технічний і комерційний огляд складів, документальне оформлення здачі; 16 – формування поїздів і відправлення на ЗМ.

**Перший етап** – процес вивантаження сировини на вантажній станції, що обслуговує сировинну сторону аглофабрики. Вивантажувальні операції забезпечуються за допомогою комплекту вивантажувального устаткування, а також коліями приймально-відправного парку вантажної залізничної станції.

Комплект вивантажувального устаткування включає: вагоперекидачі роторні стаціонарні (ВРС) – для розвантаження вагонів з рудним концентратом і рудою, вагоперекидач бічний стаціонарний (ВБС) для розвантаження вагонів з флюсами і паливом, вагоперекидач роторний пересувний (ВРП) – для розвантаження вагонів із залізовмісними відходами виробничих цехів та їх утилізації в агловиробництві; передаючі конвеєрні лінії; рудну естакаду; склади для усереднювання і оперативного зберігання компонентів шихти.

Вантажна станція є багатофункціональною станцією і, окрім прийому зовнішнього вантажопотоку сировини, проводить підбір і підготовку порожніх вагонів для подачі під навантаження готової продукції, формує і відправляє на зовнішню мережу поїзди з порожніми вагонами, обслуговує виробничі цехи підприємства. Для виконання цих функцій станція оснащена приймально-відправними (ПВП) і сортувальним (СП) парками, спеціальними парками накопичення вагонів після вивантаження, парком очищення вагонів та ін.

Основою розвантажувального комплексу аглофабрики відповідно до проекту є потокова лінія з прийому, переробки і вивантаження вагонів з металовмісною сировиною. Вона включає дві ланки: транспортну (спеціалізовані колії ПВП станції) і вантажну (вивантажувальне устаткування з коліями насуву). Для реалізації процесу прийому і вивантаження маршрутів прийнятий потоковий спосіб, при якому безперервність процесу досягається за рахунок взаємодії вантажної і транспортної ланок в ритмі, відповідному переробній здатності вантажної ланки (ваг./добу), як ведучої, що здійснює основну операцію процесу – вивантаження сировини з вагонів і її передачу на усереднювальний склад аглофабрики.

Переробна здатність вантажної ланки приймається за звітними даними базового комбінату за найбільш стабільний період його роботи. У цей період вантажна станція аглофабрики щодобово приймала до 580-600 навантажених вагонів, зокрема близько 430-450 вагонів або 8 маршрутів із залізовмісною сировиною. Встановлено, що фактичні показники переробної здатності вантажної ланки складають 450-460 ваг./добу.

Таким чином, вантажна ланка технологічної лінії з прийому, переробки і вивантаження маршрутів має детерміновану величину переробної здатності, виходи якої однозначно залежать від входів. Слід зазначити, що технічних резерв-

вів переробної здатності у вантажної ланки потокової лінії не передбачено.

Транспортна ланка потокової лінії проводить прийом маршрутів з сировиною із зовнішньої мережі, комерційний і технічний прийом вагонів, відстій маршрутів і груп вагонів в очікуванні вивантаження і подачу груп вагонів маршруту на колії насуву вагоноперекидачів. Вказані операції виконуються на спеціалізованих коліях приймально-відправного парку, що мають вихід на вагоноперекидачі.

Порядок і нормативи роботи транспортної ланки визначаються технічною документацією станції (техніко-розпорядчим актом, а також проектною технологією переробки маршрутів та ін.)

Пропускна спроможність транспортної ланки визначається проектною технологією прийому і переробки маршрутів і забезпечується необхідною в рамках цих вимог кількістю колій та їх корисною довжиною.

### *Технологія і організація переробки вагонів ЗП.*

Технологія прийому і вивантаження маршрутів ґрунтується на переробній здатності прийнятого вивантажувального устаткування, конструктивній схемі і параметрах потокової лінії, і ув'язується з ваговою нормою поїздів, встановленої для прилеглої до комбінату ділянки магістральної залізниці.

Прийнята вагова норма складає 55 вагонів вантажопідйомністю 67-70 т. При прийнятій місткості колій насуву вантажної ланки (22 ваг.) проектна технологія вивантаження передбачає поділ маршруту на три групи вагонів (22+22+11) і одночасна подача на колії насуву вагоноперекидачів двох груп вагонів (22+22). Третя група вагонів чекає і подається на вивантаження з аналогічною групою (11+11) наступного маршруту.

Відповідно до переробної здатності вантажної ланки проектна технологія передбачає переробку 8 маршрутів або 450-460 вагонів на добу. У цих умовах тривалість циклу переробки і вивантаження маршруту складає в середньому близько 5,3 годин, включаючи очікування вивантаження другої і третьої групи вагонів, що не перевищують 2 години.

Нааявний досвід показує, що в умовах відносного рівномірного підходу маршрутів і нетривалої дії випадкових виробничих чинників (позапланових ремонтів розвантажувального устаткування, перешитовки сировини та ін.), робота вантажної станції за проектною технологією повною мірою забезпечує переробку планового

вагонопотока з сировиною, а також виконання інших функцій.

Проте в останній період істотно змінилися ритми роботи магістрального транспорту і виробництва, що викликано нерівномірністю поставок і відсутністю необхідних запасів сировини відповідної якості, збільшенням числа операторів-перевізників і обсягів переробки їх рухомого складу, зростанням числа несправних вагонів. В результаті положення, що склалося, зростає динаміка транспортного процесу і, як наслідок, істотно збільшилися коливання інтервалів прибуття маршрутів із зовнішньої мережі.

Статистичний аналіз звітних даних показав, що в даний час добуве прибуття фактично складає від 6 до 15 маршрутів, а інтервали прибуття коливаються від 20-40 хв. до 500 хв. і більше. В окрему добу станція приймає до 15 маршрутів. Мають місце випадки, коли протягом двох діб підряд прибуває по 11-12 маршрутів. Встановлено також, що близько 76-80 % всього числа розглянутих випадків припадає на інтервали прибуття, які складають менше 2,0-2,5 годин.

У таких умовах проектна технологія потокової переробки і вивантаження маршрутів з сировиною, яка заснована на розрахунковому інтервалі, повністю деформується. Маршрути, що надходять на вантажну станцію, своєчасно проходять комерційний і технічний прийом вагонів в транспортній ланці і пред'являються до вивантаження. Проте розрахунки показали, що в ці моменти часу тільки в 16-18 % випадків вільними виявляються обидва вагоноперекидачі і може реалізуватися проектна технологія. У 26-28 % випадків на вивантаженні маршрутів, які прибули раніше, вже працює один вагоноперекидач, а в 52-54 % випадків – зайняті обидва вагоноперекидачі.

Проте навіть в таких умовах маршрути з вантажем із зовнішньої мережі продовжують підходити. Тому при порушенні проектною технологією на вантажній станції мають місце значні міжопераційні очікування маршрутів і груп вагонів з використанням для їх відстою ємності колій потокової лінії, приймально-відправного парку, а в окремих випадках (зимовий період) – і під'їзної колії до станції примикання.

Встановлено також, що в ситуаціях, коли проектна технологія не реалізується, тривалість циклу переробки і вивантаження маршруту зростає до 7,3-9,8 годин, а міжопераційні очікування вивантаження – до 4,3-6,6 годин.

У ситуації, що склалася ускладнюється виконання станцією інших її функцій і, насамперед, підбір і передача прокатним цехам вагонів

під навантаження металопродукції, а також формування поїздів з невикористаних порожніх вагонів по кожному операторові-перевізникові та їх відправка на зовнішню мережу. Так, в найбільш складних експлуатаційних умовах тривалість формування складу з порожніх вагонів збільшується на 18-22 % і досягає 8 годин і більше. При цьому істотно збільшується обсяг транспортної роботи (ваг-год) і плата за користування вагонами ЗП.

*Управління потоковими процесами при вантажопереробці.*

В даний час оперативне управління роботою вантажної станції здійснюється диспетчерським апаратом.

У практиці оперативного управління станцією змінно-добові плани (завдання) з виконання певних обсягів переробки поїздопотоку відсутні. Оперативне управління здійснюється у формі контролю і регулювання поточної роботи потокової лінії. В процесі управління використовується два види інформації: про залізничну сировину, що надходить, і про оперативну ситуацію на станції.

Інформація про сировину містить дані про підприємства-постачальників, його якість, склад, фізико-механічні властивості і необхідна аглофабриці для забезпечення заданого технологічного режиму виробництва агломерату. Дана інформація надходить із значним попередженням (з моменту відвантаження у постачальника) і передається на електронних і паперових носіях.

Крім того, у цілому ряді випадків за даною інформацією, керуючись вказівками оператора аглофабрики, диспетчер встановлює черговість вивантаження маршрутів і конкретний вагоноперекидач.

Інформація диспетчера про станційні процеси обмежується в основному даними про інтервали прибуття маршрутів із зовнішньої мережі з попередженням на 1-1,5 години, залишком невивантажених вагонів на початок зміни і наявністю доступних путніх місткостей в парках станції, як правило, дуже обмежених.

Диспетчер також не має в своєму розпорядженні додаткових ресурсів, які він може використовувати в процесі управління.

Досить очевидно, що за наявності такої обмеженої інформації оперативне управління може бути ефективним тільки при ритмічній роботі потокової лінії і реалізації проектної технології переробки маршрутів.

В умовах непрогнозованих коливань інтервалів прибуття маршрутів порушення взаємодії

ланок і потокової переробки маршрутів, а також значного завантаження технічних пристроїв станції, традиційні методи оперативного управління необхідних результатів не приносять.

**Другий етап** – підбір рухомого складу під навантаження готової продукції і відправлення порожніх вагонів на зовнішню мережу. Реалізація даного етапу здійснюється на вантажній станції, що обслуговує агломераційну фабрику, технічні засоби якої описані вище.

*Технологія і організація переробки вагонів ЗП.*

Транспортна технологія складається з послідовності виконання операцій з очищення вагонів після вивантаження на вагоноперекидачах, сортування та їх накопичення відповідно до вимог прокатних цехів під відвантажувану металопродукцію.

Дослідження поточних процесів другого етапу дозволили встановити, що при підборі ЗП і подальшого їх накопичення виникає вагомий чинник експлуатаційного характеру – наявність значної кількості власників рухомого складу, що пред'являє додаткові вимоги до подальшого їх використання. Сортування і накопичення вагонів проводяться за фірмами-операторами, за технічним станом вагонів, за номенклатурою відвантажуваних вантажів, за адресою одержувача. Крім того, введені певні умови повернення порожніх вагонів їх власникам.

Відмічені обставини призводять до значного обсягу транспортної роботи і, як наслідок, до появи додаткового відстою вагонів в парках сортування і очищення вагонів.

*Управління переробкою ЗП* при організації відправлення їх на ЗМ або в прокатні цехи здійснюється диспетчерським апаратом станції і було описано вище.

**Третій етап** – процес навантаження готової продукції в прокатних цехах. Взаємодіючими елементами в цьому процесі є вантажні фронти прокатного цеху і станція, що обслуговує даний цех.

Вантажні фронти прокатного цеху спеціалізуються за виглядом відвантажуваних продукції і оснащені електромостовими кранами відповідної вантажопідйомності. Крім того, кожен вантажний фронт має певну місткість в рухомому складі.

Станція, що обслуговує прокатний цех, здійснює технічний і комерційний огляди складів, подачу, прибирання вагонів на/з вантажного фронту для відвантаження готової продукції, формування навантаженої здачі для передачі їх

на ЗСС, відстій порожніх вагонів перед поставкою на вантажний фронт, обслуговування технологічних перевезень цеху, а також комерційний облік вагонів зовнішнього і заводського парку. Для виконання цих функцій станція має приймально-відправні колії, колії для відстою вагонів, вантажні фронти прокатного цеху.

### *Технологія і організація переробки вагонів ЗП.*

Проектна технологія роботи транспорту пов'язана з відвантаженням металопродукції три рази на добу згідно виробничій програмі цеху.

Порожні вагони подаються на районну станцію заздалегідь зі станцій вивантаження. Після уточнення заявки на початок кожної зміни вагони з районної станції прямують на станцію, що обслуговує прокатний цех, де чекають подачі під навантаження. Після навантаження вагони об'єднують в здачу і передають на заводську сортувальну станцію для відправки на зовнішню мережу.

Відмітною особливістю цехів, що відвантажують споживачам готову продукцію залізничним транспортом, є той факт, що, окрім виробничих операцій виконується цілий комплекс операцій, безпосередньо з виробництвом не зв'язаних, без яких вантаж відправці не підлягає, що істотно ускладнює процес.

При існуючому нормативному часі транспортного обслуговування прокатного цеху тривалість операцій з підготовки і навантаження металопродукції в цеху встановлена рівній тривалості зміни.

Згідно цій вимозі будується вся безскладська технологія і організація процесу підготовки і відвантаження готової продукції, включаючи рух метало- і документального потоків. При цьому операції процесу здійснюються в наступній послідовності.

На стадії завершення виробництва, цех на підставі змінного завдання, виконує різання, підготовку і сортування металопрокату і уточнює заявку на вагони залізничному цеху (ЗЦ). Паралельно ВТК проводить його випробування на якість за результатами, яких надалі оформлюється сертифікат якості.

Після отримання уточненої заявки ЗЦ, при вільності вантажної колії, виставляє вагони на фронт навантаження, де вони чекають початку навантаження.

Після завершення підготовчих робіт, прийнятий для відправки споживачам металопрокат передається вже як вантаж на ділянку відвантаження (листообробка) для виконання транспортно-експедиційних робіт. Вони включають

сортування і комплектацію продукції в партії, відповідні за масою вагонної норми, на основі якої оформлюється формувальна картка. Після цього проводиться упаковка і маркування вантажу і його подача на вантажний фронт.

Паралельно по формувальній картці складаються інші документи: сертифікат якості, комплект перевізних документів і проводиться навантаження вантажу у вагони.

Після завершення всієї транспортно-експедиційної роботи, вагони з вантажем (металопродукцією) забираються з вантажного фронту на колії станції, що обслуговує прокатний цех.

Так здійснюється технологія і організація процесу підготовки і відвантаження готової продукції, включаючи рух метало- і документального потоків.

Поопераційний аналіз потокового процесу при відвантаженні готової продукції показав, що операції з підготовки металу не перевищують 7 годин, навантаження продукції у вагони 1,5-2 години. Таким чином, рух матеріального потоку відбувається протягом зміни, а перебування рухомого складу на вантажних фронтах в середньому складає 11 годин. Вказана обставина, насамперед, пов'язана з необхідністю підготовки даних і оформлення відповідного комплекту супровідних документів на відвантажувани вагони. Цей процес є досить складним, що вимагає чіткого узгодження роботи ряду цехових підрозділів.

Слід зазначити, що документальна робота проводиться паралельно руху матеріального потоку, проте загальний час її руху складає за розрахунками 9-14 годин (у середньому значенні 11 годин) і перевищує тривалість підготовки вантажу, а також тривалість зміни.

### *Управління поточними процесами при вантажопереробці.*

В даний час оперативне управління роботою станції, що обслуговує прокатний цех, здійснюється черговим по станції при взаємодії із змінним відповідальним по транспорту прокатного цеху. Крім того, відповідальний по транспорту має постійний зв'язок із змінним персоналом залізничного цеху (вантажним диспетчером, начальником зміни служби Експлуатації).

Змінні відповідальні по транспорту призначені для цілодобового оперативного вирішення питань при відвантаженні готової продукції. Відвантаження готової продукції здійснюється відповідно до змінно-добових заявок виробничого цеху. Оперативне управління здійснюється у формі контролю і регулювання поточної



роботи з огляду, подачі, прибирання, навантаження вагонів, оформлення перевізних документів, дотримання норм простою, техніки безпеки та ін.

**Четвертий етап** – задача навантажених вагонів на ЗМ. Реалізація даного етапу здійснюється на заводській сортувальній станції підприємства.

*Технологія і організація переробки вагонів ЗП.*

Транспортна технологія складається з послідовності виконання операцій по здачі вагонів на зовнішню мережу, а також документальному оформленні рухомого складу і знятті його з обліку на підприємстві.

Дослідження потокових процесів четвертого етапу дозволили встановити, що його робота тісно пов'язана з експлуатаційною діяльністю станції примикання УЗ, а саме, виконання нею плану формування поїздів. Значною мірою вказаний незалежний чинник впливає на тривалість перебування навантажених вагонів на коліях приймально-відправного парку станції, проте не впливає на загальний час знаходження вагонів на підприємстві.

Проведений аналіз дозволив встановити, що даний процес переробки вагонів зовнішнього парку на металургійних підприємств характеризується цілим рядом специфічних особливостей, які були відмічені ще в роботах проф. О. О. Смехова [7].

Підсумки аналізу дозволяють зробити наступні висновки.

1. Вантажопереробка є по всій траєкторії багатоетапною, потоковою технологією просування предметів праці, що включає етапи функціональної взаємодії виробництва і транспорту, тобто фазову трансформацію потокового процесу.

2. Вантажопереробка предметів праці проводиться по схемах «вагонопотік – вантажопотік», «вантажопотік – вагонопотік» і характеризується різними обсягами і видами вантажу, експлуатаційними умовами, застосуванням різних технічних засобів і рухомого складу. Проте, до теперішнього часу показники їх тривалості не ідентифіковані, а процеси не формалізовані, що перешкоджає їх інтерпретації і моделюванню.

3. По всій траєкторії просування вагонопотоків від прийому сировини до відвантаження продукції постійно доводиться мати справу з тими, що повторюються в часі і послідовно виконуваними комплексами операцій з вагонами заданої кількості і різного призначення. Ці

комплекси операцій утворюють загальний системний цикл переробки вагонів ЗП при здвоєних операціях.

4. Найбільшою тривалістю переробки вагонів ЗП загалом системному циклі характеризуються пункти вантажопереробки. Саме тут концентруються основні транспортні витрати ВТС (до 65-70 % загальних витрат), які у свою чергу відбиваються на оплаті простою рухомого складу.

Таким чином, в даний час виробничо-транспортна система підприємств в цілому функціонує на рівні, який вже не відповідає вимогам виробничого середовища, що ускладнилися.

Вказане положення обумовлене, головним чином, тим, що на всіх етапах матеріалоруку відсутня єдина технологія роботи виробництва і транспорту, а управління процесами їх взаємодії ґрунтується на організаційних графіках і здійснюється виключно за рахунок використання ресурсів транспорту.

При цьому транспортна система функціонує в умовах хронічного відставання переробних потужностей від фактичних обсягів станційної і перевізної роботи, викликаних неузгодженістю вимог виробництва і можливостей транспорту і обумовлених динамікою виробничого середовища. Таке положення призводить до значного збільшення тривалості використання вагонів ЗП. Так, за даними ряду металургійних комбінатів при плановій тривалості, що становить 30-35 годин, фактична досягає 45-50 годин.

Проте традиційний підхід продовжує мати місце і реальних заходів по зміні положення, що склалося, на підприємствах не робиться, всупереч прогресивним технічним рішенням, вживаним в світовій практиці.

Проведений аналіз дозволив встановити, що, у виробничому середовищі, що змінилося, при функціонуванні виробничо-транспортної системи металургійних підприємств, прийняті форми і способи взаємодії виробництва і транспорту неефективні, а управління процесом матеріалоруку засновано на односторонньому підході, при якому транспорт лише підлаштовується під потреби виробництва. Такий підхід практично виключає участь в процесі матеріалоруку виробничих ресурсів і зумовлює невинуватене витрачання ресурсів транспорту. У результаті, це призводить до значних транспортних витрат і істотних виробничих втрат.

Тим часом, є всі підстави вважати, що процес матеріалоруку даних підприємств у рамках ВТС вимагає глибокої функціональної інтеграції виробництва і транспорту на основі єдиної

технології їх роботи, оскільки утворює ланцюг загальної вартості по всій його траєкторії від прийому масової сировини до відправки металопродукції споживачам.

Вищевикладене повною мірою підтверджує, що в нових умовах пріоритетним для підприємств стає перехід з управління перевезеннями на управління процесом матеріалоруку.

Таким чином, в найближчій перспективі для даних підприємств необхідне створення дієвого механізму управління, що забезпечує на всіх етапах високу ефективність взаємодії виробництва і транспорту з перенесенням акценту на активізацію ресурсів виробництва і що створює основу для максимального виключення виробничих витрат.

Поставлена проблема може бути вирішена тільки з переходом на логістичні принципи управління процесом матеріалоруку підприємств. Основою для такого підходу є спільність виробничих інтересів і робота учасників процесу на єдиний економічний результат, - тобто забезпечення конкурентоспроможності продукції.

Відповідно до функціональних особливостей, що характерні для транспортного обслуговування металургійних підприємств, логістичне управління процесом матеріалоруку в системному циклі переробки вагонів ЗП має ґрунтуватися на концепції (технології) ЛТ - точно в строк, яка широко поширена в практиці корпорацій [8,9].

Основна ідея концепції ЛТ - гарантія того, що всі елементи логістичного ланцюга на базі графіків організації виробничої системи систематизовані, точно збалансовані і встановлено час поставок і поповнення запасів та прибирання виробничих напівфабрикатів і готової продукції [10].

Транспортні системи, в яких використовують технологію ЛТ, є системами, що тягнуть, в яких замовлення на поповнення запасів проводиться тоді, коли їх кількість досягає критичного рівня. Запаси «витаються» по каналах фізичного розподілу від попереднього учасника логістичного ланцюга або посередника.

Таким чином, при переробці вагонів ЗП, логістична технологія ЛТ формує системний цикл, який ґрунтується на синхронізації процесів вантажопереробки і оптимізації тривалості транспортних циклів.

Така інтеграція забезпечує вивантаження і перевезення компонентів сировини, напівфабрикатів і відвантаження готової продукції в установленому обсязі, задані терміни, необхідної якості і, що особливо важливо, оптимізацію

загальних логістичних витрат.

Подальші дослідження пов'язані з необхідністю диференціювання процесу матеріалоруку і розробки методів і моделей оптимізації роботи етапів просування вагонопотоків у загальному системному циклі при реалізації концепції ЛТ на металургійних підприємствах.

## Висновки

1. На основі аналізу системи здвоєних операцій крупного металургійного підприємства розроблена принципова схема просування зовнішнього вагонопотоку і виділено чотири етапи, в яких здійснюється переробка рухомого складу. Встановлено, що найбільшою тривалістю переробки вагонів ЗП у загальному системному циклі характеризуються пункти вантажопереробки. Саме тут концентруються основні транспортні витрати ВТС (до 65-70 % загальних витрат), які у свою чергу відбиваються на оплаті простою рухомого складу.

2. Рішення задачі підвищення ефективності управління процесом матеріалоруку при організації зовнішніх вагонопотоків пов'язано з необхідністю розробки оптимізаційних моделей роботи пунктів вантажопереробки, а також транспортних елементів з використанням ресурсів виробництва та їх інтеграцію в єдину систему логістичного управління процесом матеріалоруку підприємства.

3. Для реалізації системного управління процесом матеріалоруку металургійних підприємств приймається концепція (технологія) Just-in-time-ЛТ (точно в строк). Вона ґрунтується на оптимізованому системному циклі і забезпечує вивантаження і доставку компонентів сировини, перевезення проміжної і відвантаження готової металопродукції у необхідній кількості, потрібної якості і в терміни, встановлені вимогами виробництва.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Парунакян, В. Э. Состояние и пути повышения эффективности системы управления процессом материалодвижения металлургических предприятий [Текст] / В. Э. Парунакян // Научные труды SWorld: международное периодическое научное издание. – Иваново: Научный мир, 2016. – Вып. 45. - Т. 1. – С. 4-15.
2. Маслак, А. В. Проблемы переработки вагонопотоков внешнего парка в системе двояных операций металлургических предприятий [Текст] / А. В. Маслак // Вестник Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля. – Луганск, 2014. №10 (152), ч. 1. – с. 159-173.
3. Козлов, П. А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой

технологии транспортного обслуживания заводов черной металлургии [Текст] / Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: 05.22.12.: М., - 1988. – 350 с.

4. Андриянов, В. И., Трофимов С.В. Сущность проблемы взаимодействия производства и промышленного транспорта [Текст] / В. И. Андриянов, С. В. Трофимов // Вестник ВНИИЖТа. – 2003. – С. 34 – 39.

5. Трофимов, С. В. Научно-методические основы функционирования и развития промышленных транспортных систем [Текст] / Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: 05.22.12.: М., - 2004. – 245 с.

6. Парунакян, В. Э. Повышение эффективности управления производственно-транспортной системой металлургических предприятий [Текст] / В. Э. Парунакян, А. В. Маслак // Вестник Восточно-укр. нац. ун-та им. В. Даля. – Луганск, 2017, № 3 (233), – с. 125-131.

7. Смехов, А. А. Основы транспортной логистики [Текст]: учебник для вузов / А. А. Смехов. – М.:

Транспорт, 1995. – 197 с.

8. Парунакян, В. Э. Методология повышения эффективности управления процессом материалодвижения металлургических предприятий на основе логистических принципов [Текст] / В. Э. Парунакян // Научные труды SWorld: международное периодическое научное издание. – Иваново: Научный мир, 2017. – Вип. 49. - Т. 1. – С. 73-97.

9. Модели и методы теории логистики [Текст]: учебное пособие. 2-е изд. / Под ред. В. С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2007. 448 с.

10. Корпоративная логистика: 300 ответов на вопросы профессионалов / Под ред. В. И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004. 929 с.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Парунакяном В. Е. (Україна)*

Надійшла до редколегії 09.10.2019.

Прийнята до друку 18.10.2019.

А. В. МАСЛАК

## **СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ МАТЕРИАЛОДВИЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ВНЕШНЕГО ВАГОНПОТОКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Проведена идентификация внешнего вагонотока крупного металлургического предприятия с разработкой принципиальной схемы двоярных операций. Определены четыре функциональных этапа переработки внешнего вагонотока в процессе материалодвижения: выгрузка массового сырья в транспортно-грузовом комплексе, подбор вагонов под погрузку в транспортном комплексе, погрузка готовой продукции в транспортно-грузовом комплексе цеха и отправка вагонов на внешнюю сеть. Каждый этап был исследован с точки зрения используемых технических средств, технологии и организации взаимодействия производственных и транспортных звеньев при продвижении вагонов внешнего парка, а также управления потоковыми процессами при грузопереработке. Были выявлены факторы, влияющие на продолжительность переработки внешнего вагонотока на каждом из этапов. Установлено, что наибольшей продолжительностью пребывания подвижного состава при двоярных операциях, а также влиянием факторов различного характера, характеризуются транспортно-грузовые комплексы выгрузки сырья и отгрузки готовой продукции, в которых транспортная технология непосредственно взаимодействует с производственной и, зачастую, подстраивается под последнюю. Данное обстоятельство существенно усложняет работу транспорта в условиях динамики, как производственного процесса, так и внешней среды, что приводит к увеличению транспортных расходов предприятия при обороте вагонов внешнего парка. Проведённые исследования позволили определить пути решения проблемы, связанные с разработкой оптимизационных моделей работы подсистем ПТС с использованием ресурсов производства, их интеграцией в единую систему и переходом на логистическое управление процессом материалодвижения. В основу системного управления потоковыми процессами принимается концепция Just-in-time, которая позволяет сформировать оптимальный системный цикл двоярных операций, обеспечивающий эффективность производственного процесса предприятия.

*Ключевые слова:* внешний вагоноток; металлургическое предприятие; двоярные операции; процесс материалодвижения предприятия

## **THE STATE AND WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE MATERIAL MOVEMENT PROCESS MANAGEMENT IN THE PROCESSING OF EXTERNAL WAGON TRAFFIC OF METALLURGICAL ENTERPRISES**

The external wagon flow of a large metallurgical enterprise was identified with the development of a concept of dual operations. Four functional stages of processing an external carriage stream in the process of material movement were identified: unloading of bulk raw materials in the transport and cargo complex, selection of cars for loading in the transport complex, loading of finished products in the transport and cargo complex of the workshop, and sending cars to an external network. Each stage was investigated from the point of view of the used technical means, technology and organization of the interaction of production and transport links during the promotion of wagons of the external fleet, as well as the management of stream processes during cargo processing. Factors were identified that affect the duration of processing of the external car flow at each stage. It has been established that the longest duration of rolling stock during double operations, as well as the influence of various factors, are characterized by transport and cargo complexes for unloading raw materials and shipping finished products, in which transport technology interacts directly with production and, often, adapts to the latter. This circumstance significantly complicates the work of transport in terms of the dynamics of both the production process and the external environment, which leads to an increase in transportation costs of the enterprise during the turnover of wagons of the external fleet. The studies conducted allowed us to identify ways to solve the problem associated with the development of optimization models for the operation of PTS subsystems using production resources, their integration into a single system and the transition to logistics management of the material movement process. The basis of system control of stream processes is the Just-in-time concept, which allows you to create the optimal system cycle of dual operations, ensuring the efficiency of the enterprise's production process.

*Keywords:* external wagon flow; metallurgical enterprise; dual operations; enterprise material movement process

УДК 656.212.5

О. А. НАЗАРОВ

Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 636 43 22, ел. пошта nazarovalex65@gmail.com, ORCID 0000-0001-8837-2041

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЯХ

**Метою** роботи є запропонувати варіанти удосконалення системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях та шляхом пошуку раціонального поєднання параметрів системи визначити потенційні можливості кожного варіанта удосконалення. **Методика.** Дослідження виконано на основі аналізу результатів імітаційного моделювання процесу заповнення вагонами сортувальних колій, що оснащені системою розподіленого регулювання швидкості відчепів. Задля досягнення найліпших показників якості заповнення вагонами сортувальної колії варіювалися параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів. В підсумку отримані результати моделювання по варіантах було проаналізовано та порівняно між собою та з базовим варіантом. **Результати.** В роботі за базовий варіант прийнято систему розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях, оснащену некерованими точковими вагонними уповільнювачами та запропоновано два принципово різні варіанти удосконалення системи з метою покращення показників якості заповнення сортувальних колій вагонами: 1) використовувати в системі в якості точкових регуляторів швидкості відчепів замість некерованих точкових вагонних уповільнювачів некеровані точкові вагонні прискорювачі-уповільнювачі; 2) запровадити в системі керування точковими вагонними уповільнювачами. Перший варіант удосконалення системи в порівнянні з базовим варіантом може забезпечити покращення ступеня заповнення сортувальних колій вагонами на 1,5 % на вдвічі меншому ухилі та вдвічі меншою кількістю точкових регуляторів швидкості вагонів. Другий варіант удосконалення системи в порівнянні з базовим забезпечує такі самі показники якості заповнення сортувальних колій вагонами на меншому ухилі сортувальної колії та меншою кількістю точкових регуляторів швидкості на 5-10 %. **Практична значимість.** Результати дослідження можуть бути використані в разі впровадження системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях станцій.

*Ключові слова:* точковий вагонний регулятор швидкості; відчеп; ухил; сортувальна колія; заповнення колій вагонами

### Вступ

Сортувальні гірки розраховують ґрунтуючись на забезпеченні докочування розрахункового відчепа з поганими ходовими властивостями до розрахункової точки на розрахунковій важкій колії за несприятливих умов [1]. Розрахункову точку розташовують на відстані 50 м від кінця паркової гальмової позиції. Тому на будь-якій сортувальній гірці, яку розраховано за чинними нормами, відчепа з поганими ходовими властивостями зупиняються на початку сортувальних колій через те, що їм не вистачає запасу енергії, щоб прокотитися далі. Таким чином на сортувальній колії утворюються вікна між вагонами, що прокотилися вглиб сортувального парку, і тими вагонами, що зупинилися ближче до початку сортувальної колії.

Вікна між вагонами на сортувальній колії зазвичай ліквідують в перервах між розпусками составів шляхом осаджування вагонів гірковим локомотивом з боку сортувальної гірки або

шляхом підтягування вагонів маневровим локомотивом, що виконує операції закінчення формування составів в хвості сортувального парку.

Наявність вікон між вагонами, що накопичуються на сортувальній колії – це одна сторона якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами. Якість процесу заповнення сортувальних колій вагонами з цього боку зазвичай характеризують ступенем заповнення сортувальних колій вагонами.

На деяких сортувальних станціях вікна між вагонами на сортувальних коліях намагаються ліквідувати шляхом проштовхування відчепів, які передчасно зупинилися, наступними відчепами з хорошими ходовими властивостями, випускаючи їх з паркової гальмової позиції з підвищеною швидкістю. Але така практика призводить до погіршення показників, що характеризують процес заповнення сортувальних колій вагонами з іншого боку. Зростає швидкість підходу відчепів до вагонів, що вже зупинилися на

сортувальній колії. За нормами безпечною вважається швидкість підходу відчепів до вагонів до 5 км/год [2]. Більша швидкість може призвести до пошкодження вагонів та вантажів аж до сходу вагонів з рейок. Тобто це погана практика поліпшення одного показника якості заповнення сортувальних колій вагонами – ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з допустимою швидкістю ( $P$ ) за рахунок погіршення іншого – ступеня заповнення сортувальної колії вагонами ( $\gamma$ ).

За результатами натурних спостережень на переважній більшості сортувальних станцій середня швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях є більшою за нормативну [3, 4]. Це означає що багато відчепів підходять до вагонів з недопустимо високою швидкістю.

На сортувальних станціях, де середня швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях близька до нормативної, ступінь заповнення сортувальних колій вагонами сягає 45%. На станціях, середня швидкість більше за нормативну, ступінь заповнення вище. За середньої швидкості на рівні 7 км/год ступінь заповнення сортувальних колій вагонами зростає до рівня 80 % [5].

Таке становище викликано практично відсутністю регулювання швидкості відчепів після їх виходу з паркової гальмової позиції. Регулювальник швидкості в сортувальному парку встигає проконтролювати швидкість скочування лише кількох відчепів одного состава, тому що він має зону відповідальності від 8 до 16 сортувальних колій, а якщо відчепи скочуються на різні колії, він може не мати змоги або не встигнути перейти на іншу колію, тому що треба обходити колії, цілком зайняті вагонами або зайняті вагонами в зоні гальмування на сусідній колії.

### Постановка задачі

Для вирішення вище зазначених проблем необхідне регулювання швидкості скочування відчепів на сортувальних коліях після паркової гальмової позиції. Бажано щоб регулювання здійснювалося автоматично.

На низці сортувальних станцій за кордоном для цього використовують системи розподіленого регулювання швидкості відчепів, де в якості регуляторів швидкості відчепів використовують некеровані точкові вагонні уповільнювачі. Можливість використання аналогічної системи на вітчизняних сортувальних станціях розглянуто в [6].

За результатами цього дослідження встановлено, що система розподіленого регулювання

швидкості відчепів некерованими точковими вагонними уповільнювачами спроможна забезпечити швидкість підходу практично усіх відчепів до вагонів на сортувальній колії в допустимих межах з ймовірністю 95% та водночас збільшити ступінь заповнення сортувальних колій вагонами до 80% [7]. За для досягнення таких показників якості заповнення сортувальних колій вагонами потрібно збільшити ухил сортувальних колій до 3,5-4‰, а щільність розташування точкових вагонних уповільнювачів уздовж шляху скочування відчепів повинна складати біля 0,9-1°од./м.

Тобто задачею поточного дослідження є підвищити ступінь заповнення сортувальних колій вагонами, не погіршуючи при цьому показники швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії.

### Мета

Немає універсального показника якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами, тому що в процесі заповнення потрібно, щоб з одного боку всі відчепи докочувалися до кінця сортувальної колії або до вагонів на ній, тобто без утворення вікон між вагонами, а з іншого боку, щоб усі відчепи підходили до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю. Тому якість заповнення сортувальної колії оцінюватимемо за двома показниками, які характеризують ступінь досягнення кожної з вище зазначених цілей:

1) ступінь заповнення сортувальної колії вагонами;

2) ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю.

Можна покращити один показник якості заповнення сортувальних колій вагонами за рахунок іншого, але треба запропонувати такі умови, щоб обидва показники покращувалися.

Метою даної роботи є запропонувати та проаналізувати способи покращення показників якості заповнення сортувальних колій вагонами за рахунок удосконалення системи розподіленого регулювання швидкості відчепів. Тобто метою дослідження є запропонувати варіанти удосконалення системи розподіленого регулювання швидкості відчепів та шляхом пошуку раціонального поєднання параметрів системи визначити потенційні можливості кожного варіанту удосконалення.

### Методи дослідження

Дослідження виконано на основі імітаційного моделювання процесу заповнення вагонами сортувальної колії, яка обладнана точ-

ковими регуляторами швидкості. В якості вихідних даних в моделі використано результати статистичної обробки характеристик вагонопотоку, що підлягає переробці, на сортувальних станціях Нижньодніпровськ-Вузол та Одеса-Сортувальна. Задля досягнення найліпших показників якості заповнення вагонами сортувальної колії  $P$  та  $\gamma$  варіювалися параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів – ухил сортувальної колії ( $i$ ) та щільність розташування точкових регуляторів швидкості вагонів ( $\rho$ ). В підсумку отримані результати по варіантах було проаналізовано та порівняно між собою та з базовим варіантом.

### Результати

За базовий варіант прийнято систему розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях, оснащену некерованими точковими вагонними уповільнювачами. Запропоновано два принципово різні варіанти удосконалення системи з метою покращення показників якості заповнення сортувальних колій вагонами:

1) використовувати в системі в якості регуляторів швидкості відчепів замість некерованих точкових вагонних уповільнювачів некеровані точкові вагонні прискорювачі-уповільнювачі;

2) запровадити в системі керування точковими вагонними уповільнювачами.

Результати моделювання процесу заповнення сортувальної колії, обладнаної системою розподіленого регулювання швидкості відчепів некерованими точковими вагонними прискорювачами-уповільнювачами засвідчили можливість деякого покращення показників якості заповнення вагонами сортувальної колії. Вдалося на 1,5% збільшити ступінь заповнення сортувальної колії вагонами за фактично сталого (з ймовірністю 95%) забезпечення швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії в безпечних межах. Слід зазначити, що такого рівня показників якості заповнення сортувальної колії вагонами вдалося досягти на вдвічі меншому ухилі сортувальної колії (біля 2‰) та вдвічі меншою кількістю точкових регуляторів швидкості. Задля досягнення вище зазначеного рівня показників щільність розташування некерованих точкових вагонних прискорювачів уповільнювачів повинна бути в межах 0,4-0,45 од./м.

Стосовно конкурентоспроможності даного варіанту системи розподіленого регулювання швидкості відчепів в порівнянні з варіантом системи з використанням некерованих точко-

вих вагонних уповільнювачів зарано робити остаточний висновок, тому що по-перше точкові вагонні уповільнювачі-прискорювачі приблизно вдвічі дорожчі за точкові вагонні уповільнювачі, а по-друге точкові вагонні уповільнювачі працюють цілком автономно, а точкові вагонні уповільнювачі-прискорювачі працюють лише за умови живлення стислим повітрям. Тобто всі плюси та мінуси обох варіантів системи треба ретельно зважувати та оцінювати шляхом техніко-економічного порівняння.

Що стосується другого способу удосконалення системи розподіленого регулювання швидкості відчепів шляхом впровадження системи керування точковими вагонними уповільнювачами, то результати дослідження не показали помітного покращення показників якості заповнення сортувальної колії вагонами.

Цей варіант удосконалення системи розподіленого регулювання швидкості відчепів виник через складнощі під час осаджування та підтягування вагонів на сортувальній колії, обладнаної некерованими точковими вагонними уповільнювачами, а також під час перестановки составів з сортувального парку в парк відправлення. Некеровані точкові вагонні уповільнювачі чинять додатковий опір під час пересування вагонів маневровим локомотивом та обмежують швидкість маневрових пересувань. Для вирішення проблеми виникла ідея під час маневрових пересувань переводити точкові вагонні уповільнювачі в пасивне положення, в якому виключається можливість контакту гребеня колеса вагона зі штоком точкового вагонного уповільнювача, а під час розпуску повертати назад в активне положення.

Точкові вагонні уповільнювачі в активному положенні чинять додатковий опір руху всіх відчепів, в тому числі й відчепів, що рухаються зі швидкістю, яка є нижчою за швидкість, на яку вони налаштовані. Щоб збільшити дальність скочування відчепів з поганими ходовими властивостями пропонується переводити певні групи точкових вагонних уповільнювачів в пасивне положення під час розпуску перед такими відчепами.

Очікувалося отримати збільшення ступеня заповнення сортувальної колії за рахунок переведення групи точкових вагонних уповільнювачів в пасивне положення перед тим, як ними пройде група повільний відчеп з поганими ходовими властивостями. Відсутність позитивного ефекту я пов'язую з тим, що не вдалося розробити більш менш досконалого алгоритму переведення групи точкових вагонних уповіль-

нювачів в пасивне положення та повернення їх назад в активне положення.

До того ж відкритим залишається питання як розподіляти точкові вагонні уповільнювачі на групи. В дослідженні прийнято в одну групу об'єднати точкові вагонні уповільнювачі, розташовані на ділянці сортувальної колії довжиною 40 м. Таким чином початок сортувальної колії довжиною 400 м, де розташовано точкові вагонні уповільнювачі, поділено на 10 ділянок. Переведення точкових вагонних уповільнювачів здійснюється окремо для кожної групи.

Алгоритм управління групами точкових вагонних уповільнювачів запропоновано наступний. На вході відчепа на чергову ділянку сортувальної колії фіксується швидкість відчепа. Якщо швидкість є менше за 1,25 м/с, група точкових вагонних уповільнювачів, розташована на наступній за черговою ділянці сортувальної колії, переводиться в неробоче положення і залишається в неробочому положенні доти, поки швидкість наступного відчепа на вході на попередню ділянку сортувальної колії не буде вище за 1,25 м/с.

В результаті дослідження не вдалося покращити показники якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами за рахунок впровадження керування точковими вагонними уповільнювачами. Але слід зауважити, що такого рівня показників якості вдалося досягти на приблизно на 5 % меншому ухилі та меншою на 10 % кількістю регуляторів швидкості.

В таблиці наведено показники якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами, яких можна досягти, якщо обладнати сортувальні колії системою розподіленого регулювання швидкості відчепів різного типу:

Таблиця

**Показники якості заповнення сортувальних колій вагонами та параметри відповідних систем розподіленого регулювання швидкості відчепів**

Система розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням	Показники якості		Параметри системи	
	<i>P</i> , %	$\gamma$ , %	<i>i</i> , ‰	$\rho$ , од/м
некерованих точкових вагонних уповільнювачів	95	80	3,5–4,0	0,9–1,0
точкових вагонних прискорювачів-уповільнювачів	95	82	1,5–2,0	0,4–0,45
керованих точкових вагонних уповільнювачів	95	80	3,3–3,8	0,8–0,9

**Практична значимість**

Результати дослідження можуть бути використані в разі впровадження системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях сортувальних, дільничних та вантажних станцій.

**Висновок**

В роботі розглянуто та проаналізовано два варіанти покращення показників якості заповнення сортувальних колій вагонами за рахунок удосконалення системи розподіленого регулювання швидкості відчепів.

За допомогою використання точкових вагонних прискорювачів-уповільнювачів в системі розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях можливо не лише покращити ступінь заповнення сортувальних колій вагонами на 1,5 % в порівнянні з аналогічною системою з використанням точкових вагонних уповільнювачів, а ще і вдвічі зменшити ухил сортувальних колій тим самим наблизити його до нормативного ухилу. При цьому ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю не зменшується та лишається на рівні 95. Потрібна кількість точкових регуляторів швидкості для досягнення такого результату ніж в аналогічній системі з використанням точкових вагонних уповільнювачів.

Позитивного ефекту від впровадження в системі керування точковими вагонними уповільнювачами стосовно покращення показників якості заповнення сортувальних колій вагонами досягти не вдалося через недосконалий алгоритм керування групою точкових вагонних уповільнювачів. Натомість вдалося оптимізувати параметри самої системи за рахунок зменшення ухилу сортувальної колії та зменшення щільності розташування на колії точкових регуляторів швидкості.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Галузеві будівельні норми України. ГБН-В.2.3-37472062-1:2012 [Текст]: Затв.: Наказ Міністерства інфраструктури України 17.01.13. № 25 / Мінінфраструктури України. – К., 2012. – 112 с.
2. Муха Ю. А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / Ю. А. Муха, И. В. Харланович, В. П. Шейкин. – М. : Транспорт, 1985. – 248 с.
3. Атаманенко Е. Г. Регулирование скоростей при роспуске составов [Текст] / Е. Г. Атаманенко // Ж.-д. транспорт. 1991. – № 1.– С. 12–14.
4. Шейкин, В. П. Эксплуатация механизированных сортировочных горок [Текст] / В. П. Шейкин. –



Москва: Транспорт, 1992. – 240 с.

5. Муха Ю. О. Управління швидкістю скоочування вагонів на коліях накопичення в сортувальному парку [Текст] / Ю. О. Муха, О. А. Назаров // Зб. наук. праць КУЕТТ «Транспортні системи і технології». – Вип. 4. – К.: КУЕТТ, 2004. – С. 61–66.

6. Николаев, А. В. Сопоставительный анализ технических средств для механизации и автоматизации сортировочных станций, применяемых на Российских железных дорогах и за рубежом. Научно-исследовательский отчет [Текст] / А.В. Николаев, И.Н. Перов, Н.А. Ефимов. – М.: ВНИИАС МПС России, 2007. – 356 с.

7. Назаров О. А. Визначення раціонального співвідношення між ухилом сортувальної колії та щільності розташування точкових регуляторів швидкості відцепів [Текст] / О. А. Назаров // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. праць – Вип. 3. – Дніпропетровськ.: ДПТ, 2012. – С. 77-80.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Бобровським В. І. (Україна)*

Надійшла до редколегії 10.10.2019.

Прийнята до друку 15.10.2019.

А. А. НАЗАРОВ

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ОТЦЕПОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ПУТЯХ

**Целью** работы есть предложить варианты усовершенствования системы распределенного регулирования скорости отцепов на сортировочных путях и путем поиска рационального сочетания параметров системы определить потенциальные возможности каждого варианта усовершенствования. **Методика.** Исследование выполнено на основе анализа результатов имитационного моделирования процесса заполнения вагонами сортировочных путей, которые оснащены системой распределенного регулирования скорости отцепов. Ради достижения наилучших показателей качества заполнения вагонами сортировочного пути варьировались параметры системы распределенного регулирования скорости отцепов. В итоге полученные результаты моделирования по вариантам были проанализированы и сравнены между собой и с базовым вариантом. **Результаты.** В работе за базовый вариант принято систему распределенного регулирования скорости отцепов на сортировочных путях, оснащенную неуправляемыми точечными вагонными замедлителями и предложено два принципиально разных варианта усовершенствования системы с целью улучшения показателей качества заполнения сортировочных путей вагонами: 1) использовать в системе в качестве точечных регуляторов скорости отцепов вместо неуправляемых точечных вагонных замедлителей неуправляемые точечные вагонные ускорители-замедлители; 2) ввести в систему управление точечными вагонными замедлителями. Первый вариант усовершенствования системы в сравнении с базовым вариантом может обеспечить улучшение степени заполнения сортировочных путей вагонами на 1,5 % на вдвое меньшем уклоне и вдвое меньшим количеством точечных регуляторов скорости вагонов. Второй вариант усовершенствования системы в сравнении с базовым обеспечивает такие же показатели качества заполнения сортировочных путей вагонами на меньшем уклоне сортировочного пути и меньшим количеством точечных регуляторов скорости на 5-10%. **Практическая значимость.** Результаты исследования могут быть использованы в случае внедрения системы распределенного регулирования скорости отцепов на сортировочных путях станций.

*Ключевые слова:* точечный вагонный регулятор скорости; отцеп; уклон; сортировочный путь; заполнение путей вагонами

NAZAROV OLEKSII

## IMPROVEMENT OF QUASI-CONTINUOUS SPEED CONTROL SYSTEM OF CUTS ON THE SORTING TRACKS

**Purpose.** The aim of the work is to propose options for improving the quasi-continuous speed control system of cuts on the sorting tracks and to search for a rational combination of system parameters to determine the potential possibilities of each improvement option. **Methodology.** The research was carried out on the basis of an analysis of the results of simulation modeling of the filling process for sorting tracks with cars, which are equipped with a quasi-continuous speed control system of cuts. In order to achieve the best quality indicators for filling the sorting track with cars, the parameters of the quasi-continuous speed control system of cuts were varied. As a result, the obtained simulation results for the options were analyzed and compared with each other and with the base option. **Findings.** In the work, the basic option is a quasi-continuous speed control system of cuts on the sorting tracks, equipped with uncontrolled point wagon retarders and two fundamentally different options for improving the system are proposed in order to improve the quality indicators of filling the sorting ways with cars: 1) to use uncontrolled point car accel-

erators-retarders instead of uncontrolled point wagon retarders in the system as point wagon speed controllers; 2) to introduce control of point wagon retarders in the system. The first option of improving the system as compared with the basic option can provide an improvement in the degree of filling of the sorting tracks with cars by 1.5% for a half as much slope and half as many point controllers for the speed of cars. The second option of improving the system as compared with the basic one provides the same quality indicators of filling the sorting tracks with cars on a smaller slope of the sorting track and with a smaller number of point speed controllers by 5-10%. **Practical value.** The results of the study can be used in the case of the introduction of a quasi-continuous speed control system of cuts on the sorting tracks of yards.

*Keywords:* point wagon speed controller; cut; slope; sorting track; filling the tracks with wagons

УДК 656.13

А. М. ОКороков<sup>1\*</sup>, Р. В. Вернигора<sup>2\*</sup>, П. С. Цупров<sup>3\*</sup>, Р. О. Сузак<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup> 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

<sup>2\*</sup> 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

<sup>3\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 637-42-08, ел. пошта ps.tsuprov@gmail.com, ORCID 0000-0002-5555-5842

<sup>4\*</sup> Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 361-41-08, ел. пошта r.suzak@gmail.com, ORCID 0000-0003-2777-3057

## УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ СИРОВИНИ НА ВИРОБНИЦТВО ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИВАТНОЇ ТЯГИ

**Метою** роботи є дослідження ефективності впровадження приватної локомотивної тяги на обмеженому полігоні залізниці для перевезення сировини окремого підприємства від місця видобутку до місця основного виробництва. **Методика.** В процесі дослідження використані методи аналізу і синтезу для вивчення змісту та основних положень наукових публікацій щодо стану та перспектив використання приватної локомотивної тяги на залізничному транспорті України; методи статистичного аналізу для визначення параметрів функціонування окремих елементів логістичного ланцюга постачання сировини на підприємства від місця видобутку; метод техніко-економічних розрахунків для визначення строку окупності та економічної ефективності запропонованих заходів. **Результати.** Зважаючи на ситуацію, яка склалася на сьогодні з перевезеннями вантажів залізничним транспортом, а саме – з локомотивною тягою, можна стверджувати, що впровадження на окремих напрямках приватної тяги дозволить покращити ситуацію. Таким методом можна значно скоротити оборот рухомого складу, зменшити витрати на транспортування, а також значно скоротити запаси сировини на підприємстві-виробнику. В той же час застосування приватної тяги лише для перевезення приватних вагонів на адресу одного підприємства жодним чином не порушує технологію роботи залізничного транспорту та монополію УЗ в цілому. Позитивний досвід використання аналогічної схеми транспортування в Україні та за кордоном показав, що за наявності можливості залізничних перевезень альтернативними перевізниками або власними локомотивами підприємств підвищується якість та зменшується вартість відповідних транспортних операцій. **Наукова новизна.** Одержані в результаті дослідження результати дозволяють підвести наукове підґрунтя під впровадження на окремих напрямках приватної локомотивної тяги, а також оптимізацію логістичних ланцюгів по перевезенню вантажів залізничним транспортом. **Практична значимість.** Оптимізація перевезень вантажів залізничним транспортом за рахунок впровадження приватної тяги здатна зменшити витрати підприємств за рахунок інвестицій у рухомий склад та запаси, що в свою чергу дозволить зменшити собівартість та покращити конкурентоспроможність вироблених товарів на світовому ринку.

*Ключові слова:* логістика; приватний тяговий рухомий склад; оптимізація перевізного процесу; економічна ефективність, строк окупності інвестицій

### Вступ

Зважаючи на промисловий та експортний потенціал України, залізничний транспорт є і у найближчі часи буде лишатися базовою галуззю національної економіки та основою національної транспортної системи.

Разом з тим, доводиться констатувати, що на сьогодні резерви технічних потужностей транспортної інфраструктури, яка створювалася здебільшого 30...40 років тому, є майже вичер-

паніми, через що зменшується ефективність використання рухомого складу, зростає неритмічність перевезень, збільшуються терміни доставки вантажів та, відповідно, витрати на логістику. Ця ситуація погіршується на тлі відсутності достатнього обсягу інвестицій та наявності перехресного фінансування на пасажирські перевезення [1].

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження розповсюджені у світі практи-

ки, що полягає у залученні до виконання перевезень приватних перевізників, можливість роботи яких передбачена проектом нового Закону про залізничний транспорт [2] та одним з діючих нормативних документів [3], у вигляді відповідної тарифної схеми.

### Мета дослідження

Навіть, враховуючи складну ситуацію, яка склалася на ринку залізничних перевезень через нестачу тягового рухомого складу, необхідно дуже зважено підходити до питання впровадження приватної тяги. Побоювання залізниць щодо втрати найбільш прибуткових перевезень є достатньо обґрунтованими, тому необхідно виробити науковий підхід до вибору найбільш доцільних напрямків впровадження приватної тяги.

У зв'язку з цим метою даного дослідження є напрацювання наукового підходу до вибору ділянок впровадження приватної тяги на магістральному залізничному транспорті та проведення техніко-економічного обґрунтування доцільності її застосування.

### Аналіз поточної ситуації на мережі

Станом на початок 2019 р. інвентарний парк тягового рухомого складу АТ «Укрзалізниця» складав 1628 магістральних електровозів, 680 магістральних тепловозів та 1258 маневрових тепловозів. При цьому середній рівень зношеності локомотивів складає 96,8 %, зокрема електровозів 93,3 %, магістральних тепловозів – 99,6 %, а маневрових тепловозів – 99,9 %. Середній термін експлуатації електровозів складає 40,6 років при нормативі 30 років, магістральних тепловозів – 30,7 років при нормативі 20 років, маневрових тепловозів – 35,8 років при нормативі 25 років [4].

Протягом незалежності України існував ряд окремих програм з оновлення тягового рухомого складу, проте відсутня була наскрізна стратегія та підхід до цього питання, а окремі спроби реновації чи відновлення локомотивного парку були виконані частково. Так, ще у 2011 р. між Укрзалізницею та ЗАТ «Трансмашхолдінг» (Луганськтепловоз) були проведені перемови щодо постачання 292 електровозів, проте далі підписання меморандуму про наміри справа не пішла. Не виконано було і комплексну програму «Оновлення локомотивного парку залізниць України на 2012-2016 роки», в межах якої, окрім іншого, планувалася закупівля в Грузії 110 нових магістральних електровозів [5].

Водночас на фоні зменшення загального парку локомотивів середня продуктивність українського локомотива за роки незалежності зросла на 55 %: якщо в 1992 р. вона становила 962 тис. т·км брутто/добу, то в 2017-му – уже 1 490 тис. т·км брутто/добу [6, 7].

Прийнята у 2017р. «Стратегія розвитку ПАТ «Українська залізниця» до 2021 року» передбачає до 2021 р. зростання середньодобової продуктивності вантажного локомотива ще на 15 % (до 1700 тис. т·км брутто) [8].

Фактично першою вдалою спробою оновити тяговий рухомий склад є укладання у 2018 р. договору про постачання в Україну протягом 15 років 225 нових локомотивів компанії General Electric та модернізації 75 діючих локомотивів, з яких у 2019 р. було поставлено 30 одиниць [9, 10]. Проте значний термін постачання не дає підстав робити прогнози щодо суттєвого покращення ситуації, оскільки тільки протягом 2019 р. списанню через технічний стан підлягає близько 100 локомотивів [11].

Така ситуація вкрай негативно впливає як на клієнтів залізниць, так і на стан економіки в цілому. Через дефіцит тяги погіршуються показники використання рухомого складу. Так, за даними Укрзалізниці за останні 15 років середній обіг вагону збільшився майже удвічі, сягнувши у 2018 р. показника 10,4 діб для вагонів УЗ, а для приватних вагонів – більше 14 діб [12]. Це відповідно негативно відображається на продуктивності вагонів та потрібному розмірі робочого парку, через що виникає штучний дефіцит вагонів. Внаслідок цього компанії, які ще декілька років тому стало збільшували власний парк вагонів наразі повністю відмовляються від подальших інвестицій в цьому напрямку, оскільки за такої ситуації вагони перетворюються у «склади на колесах». Окрім того, в останні роки спостерігається стійкий перерозподіл вантажопотоку на інші види транспорту – водний та автомобільний. Так, обсяги аграрних вантажів, що перевозяться залізницею, зменшилися у 2018 р. на 6,4 %, у порівнянні з 2017 р; в той же час на автотранспорті – збільшилися на 6,9%, а на річковому – на 22,4 % [13].

До певної міри проблеми дефіциту локомотивної тяги можна вирішувати за рахунок удосконалення системи оперативного планування роботи наявного локомотивного парку [14] та впровадження на залізницях відповідних сучасних автоматизованих систем [15]. Перспективним напрямком скорочення обігу вагона, зокрема приватного парку, є відправницька маршрутизація [16]. Однак усі ці організаційні заходи не можуть у повній мірі покращити ситуацію, що наразі склалася на Укрзалізниці щодо

забезпечення вантажних перевезень локомотивною тягою. Особливо гостро питання дефіциту локомотивів постає у галузях, пов'язаних з перевезенням масових вантажів, зокрема на експорт – у сільському господарстві, металургійній та гірничо-видобувній промисловості. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є допуск до магістральних залізничних перевезень незалежних перевізників з власними (приватними) локомотивами [6].

### **Аналіз досвіду організації перевезень приватними локомотивами**

У більшості країн світу існує практика виконання залізничних перевезень за участю приватних залізничних транспортних компаній, а у деяких – навіть, з використанням приватної залізничної інфраструктури.

Проте процес створення та допуску до інфраструктури приватних перевізників у більшості країн був поступовим та не обходився без невдалих експериментів. Так, у Великій Британії націоналізація, а в подальшому, і приватизація залізничної галузі призвели до відсутності інвестицій в інфраструктуру та банкрутства новоствореної приватної залізничної компанії Railtrack [17].

Натомість, у Сполучених Штатах залізниця від початку розвивалася як приватні компанії з мінімальним втручанням як на федеральному, так і на регіональному рівні. У США на ринку залізничних перевезень працюють близько 500 компаній, які володіють як інфраструктурою, так і рухомим складом; 7 з них відносяться до залізниць першого класу (найбільші компанії, на які припадає 65-70 % всієї експлуатаційної довжини та більше 90 % прибутків), більше 30 – до регіональних залізниць, більше 300 компаній – до місцевих залізниць [18].

Крім того, існує близько 200 приватних компаній, які володіють окремими сортувальними станціями та контейнерними терміналами. Державна участь у залізничному транспорті представлена компанією Amtrak, яка виконує абсолютну більшість пасажирських перевезень, але не займається вантажними перевезеннями, а також Alaska Railroad – державна залізниця на Алясці.

За таких умов у США склалася одна з найбільш ефективних в економічному плані транспортних систем. Ступінь ефективності можна проілюструвати таким показником, як кількість працівників залізниць на 1 км експлуатаційної довжини колії – на початку XXI століття цей показник в США складав одну особу на км [19].

Для порівняння – в Україні цей показник становить близько 12 осіб/км.

Разом з тим, в Україні є успішні приклади впровадження приватної тяги на окремих магістральних ділянках залізниці. Зокрема компанія «Івано-Франківськцемент» в рамках експерименту перевозила вантажі у напрямку станції Ходорів, при цьому вартість такого перевезення зменшилася майже втричі [20].

Готуються до впровадження приватної тяги й інші компанії. Зокрема компанія Fergexro планує закупівлю електровозів французької компанії Alstom для забезпечення перевезень окотишів між станцією Золотнішіно та портом Чорноморськ. Анонсовано закупівлю власної тяги і компанією «Метінвест» [21].

При цьому слід зазначити, що в більшості випадків компанії планують придбати локомотиви не для надання послуг в якості перевізника іншим компаніям, а для скорочення власних витрат на перевезення та зменшення обігу вагонів. Необхідність введення в експлуатацію власного тягового рухомого складу тягне за собою, крім переваг, і велику кількість організаційних та технічних проблем, вирішення яких потребує людських та фінансових ресурсів. Тому говорити про всебічне впровадження приватної тяги на українських залізницях поки зарано.

### **Дослідження ефективності впровадження приватної тяги на прикладі ПАТ «ХЦУ»**

За аналогією до «Івано-Франківськцемент» дослідимо можливість використання приватного локомотива для виконання перевезень власної сировини на обмеженому полігоні залізниці.

Розглянемо ланцюг постачання основної сировини – вапнякового каміння. Для Криворізького цементного заводу ПАТ «ХЦУ» основним постачальником цієї сировини є Жовтокам'янський кар'єр. Перевезення відбувається виключно залізничним транспортом від станції Жовтокам'янка до станції Батуринська Придніпровської регіональної філії АТ «УЗ».

Відповідно до [22] тарифна відстань становить 51 км, схема маршруту перевезення наведена на рис. 1 (для побудови схеми використано демонстраційну версію програмного пакету ТМ Карта).

Для дослідження потенційних проблемних ділянок, було досліджено історію вагонів, які переміщуються у напрямку ПАТ «ХЦУ». На основі даних АСК ВП УЗ Є за перше півріччя 2019 року було виконано дослідження тривалості доставки вапнякового каміння із станції

Жовтокам'янка до станції Батурињська. Тривалість доставки обчислювалась з моменту виставлення повного маршруту вагонів після завантаження на станції Жовтокам'янка до моменту здавання її на під'їзну колію ПАТ «ХЦУ» на станції Батурињська (див. рис. 2).



Рис. 1. Схема постачання вапнякового каміння залізницею із Жовтокам'яньського кар'єру

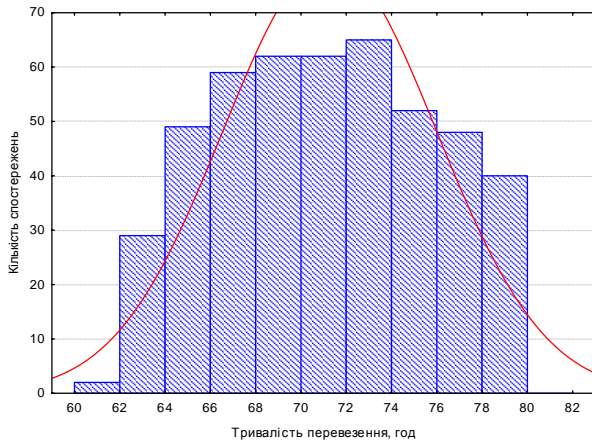


Рис. 2. Розподіл випадкової величини тривалості доставки сировини

Аналізуючи тривалість доставки вантажу, можна зробити наступні висновки, що у більшості випадків вона є керованою та прогнозованою. Операції з навантаження, виконання передавальних операцій, операцій по прибуттю та відправленню нормуються відповідними нормативними документами [23-26].

Проте є ряд складових технології обробки вагонопотоку, тривалість яких носить випадковий характер. Це перш за все, накопичення составів на етапі навантаження та очікування поїзних локомотивів. Слід зазначити, що відповідно до проведеного аналізу історії вагонів (за даними АСК ВП УЗ-Є), які забезпечують постачання сировини до ПАТ «ХЦУ», можна зробити висновок, що саме остання операція здійснює найбільший вплив на загальну тривалість доставки вантажу. При цьому фактично відсутня можливість зі сторони відправника або одержувача будь-яким чином впливати на тривалість цієї операції.

Відповідно до одержаного розподілу була висунута гіпотеза про нормальний розподіл даної випадкової величини. Якщо розглянути одержані параметри, то можна побачити, що середня тривалість доставки становить 71,2 год, або 2,97 доби.

Нормативний (статутний) термін доставки складає:

$$T_{ст} = \frac{L}{V} + t_{п} + t_{к} + t_{дод} \quad (1)$$

де  $L$  – тарифна відстань перевезення, км;

$V$  – швидкість перевезення, км/добу;

$t_{п}$  – час на початкові операції, діб;

$t_{к}$ ,  $t_{дод}$  – відповідно час на кінцеві та додаткові операції, діб.

Відповідно до [24], швидкість перевезення складає для повагонних відправок вантажною швидкістю – 200 км/добу, для перевезень маршрутами вантажною швидкістю – 320 км/добу.

Відстань між станцією відправлення та станцією призначення становить 51 км [22]. Тривалість виконання початкових та кінцевих операцій становить по 0,5 доби на кожен операцію [24]. Додаткові операції в даному випадку не передбачено. Таким чином, розрахунковий термін доставки згідно (1) складає 1,16 доби, а нормативний, відповідно, 2 доби. Порівняння середньої тривалості фактичного терміну доставки з нормативним показує, що фактичний термін перевищує нормативний майже у 1,5 рази. При цьому слід зазначити, що навіть, у випадку відправлення вагонів стандартною швидкістю для повагонних відправок – 200 км/добу, розрахунковий термін доставки становитиме 1,25 діб, тобто також 2 доби.

Аналіз внутрішньої структури та складових частин технологічного процесу перевезення вантажу наведено на рис. 3.

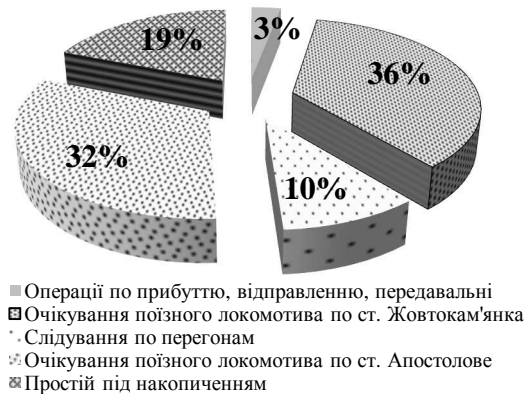


Рис. 3. Структура витрат часу у завантаженому рейсі

Виходячи з наведеного аналізу, можна побачити, що основна частка часу (близько 70 %) складає тривалість очікування поїзних локомотивів по станції відправлення та по станції зміни виду тяги. Аналіз параметрів тривалості очікування локомотива на станції відправлення наведено на рис. 4.

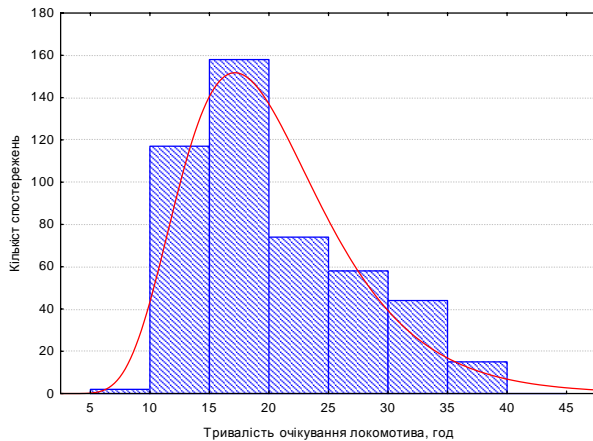


Рис. 4. Розподіл випадкової величини тривалості очікування локомотива по станції відправлення (Жовтокам'янка)

Аналогічним чином виконані дослідження тривалості очікування локомотива по станції зміни виду тяги – Апостолове. Результати дослідження наведені на рис. 5.

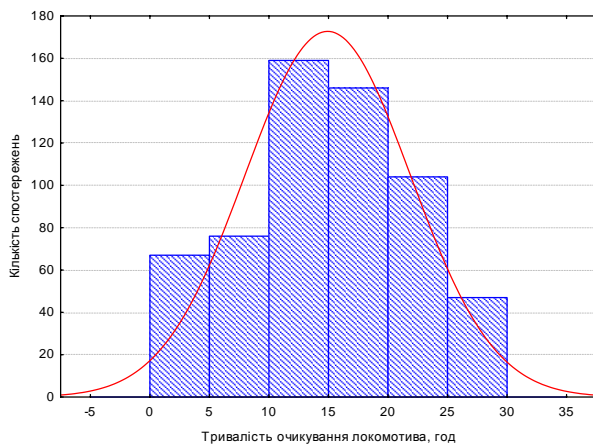


Рис. 5. Розподіл випадкової величини тривалості очікування локомотива по станції зміни тяги (Апостолове)

Таким чином, можна зробити висновок, що порушення термінів доставки вантажів відбувається, в першу чергу, внаслідок очікування поїздами локомотивів, як на станції відправлення, так і на станції зміни виду тяги.

Оскільки вагони рухаються по кільцевому маршруту, було виконано аналіз і зворотного рейсу після розвантаження. На основі даних АСКВП УЗ-С, було встановлено розподіл випадкової величини тривалості перевезення по-

рожніх вагонів у зворотному напрямку (див. рис. 6).

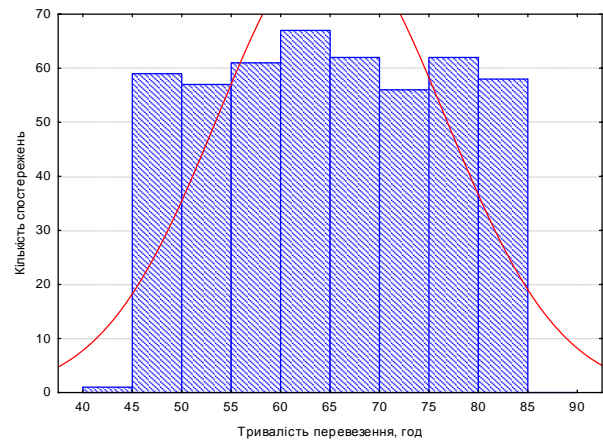


Рис. 6. Розподіл випадкової величини тривалості порожнього рейсу

Досліджуючи маршрут повернення рухомого складу можна побачити, що основною відмінністю щодо технології виконання перевезення в даному випадку є очікування поїзного локомотива на станції відправлення. Аналіз структури часу на повернення рухомого складу після розвантаження наведено на рис. 7.

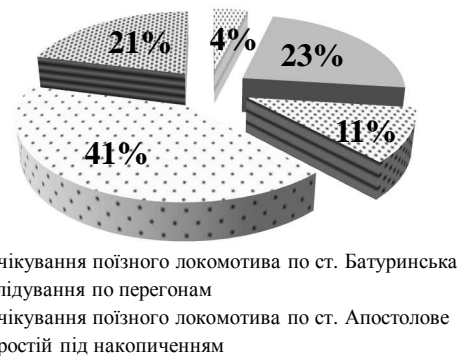


Рис. 7. Структура витрат часу повернення рухомого складу

З рис. 7 видно, що в даному випадку також більшість часу припадає на очікування поїзних локомотивів; проте значно більшу частину займає очікування на станції зміни виду тяги. Це пояснюється, в першу чергу, значним дефіцитом тепловозної тяги на мережі залізниць. Так, відповідно до дослідження [14] станом на 2017 р. ступінь зношення електровозів сягав 91,5 %, а тепловозів – 99,5 %. Таким чином, імовірність відмов та виходів з ладу тепловозів значно вище ніж електровозів, відповідно збільшується тривалість очікування придатного для виконання перевезення локомотива.

Для оцінки можливості впровадження на напрямку приватної локомотивної тяги був виконаний розрахунок витрат на забезпечення існуючої логістики. При були розглянуті лише змінні витрати, а саме – витрати на оренду ру-

хомого складу та тариф на перевезення, з урахуванням штрафів за порушення термінів доставки вантажів.

Порядок розрахунку тарифів на перевезення вантажів територією України визначається відповідно [27]. На основі даних номерного обліку вагонів на ПАТ «ХЦУ» визначено, що 26,63% перевезень виконується вагонами власності державного перевізника ЦТЛ, більшість перевезень виконується рухомим складом інших власників, які працюють на умовах добової оренди. Для такого рухомого складу окремо необхідно розрахувати тариф за перевезення та додати його до добової вартості оренди. При цьому необхідно визначити як вартість перевезення вантажу у завантаженому рейсі, так і вартість повернення вагонів на станцію навантаження у порожньому.

Для перевезення вагонами власності ЦТЛ для розрахунку використовується тарифна схема № 1. При цьому тариф розраховується за формулою:

$$B = I_{\text{зал}} + B_{\text{зал}} \quad (2)$$

де  $I_{\text{зал}}$  – інфраструктурна складова тарифу для вагонів парку залізниць (перевізника), грн;

$B_{\text{зал}}$  – вагонна складова тарифу для вагонів парку залізниць (перевізника), грн.

Відповідно до [3] та з врахуванням коефіцієнтів індексації (для «каміння вапнякового» – 1,484) [28] для відстані 51 км та маси вантажу 70 т/ваг, тариф на перевезення (2) складе 2398 грн/ваг, а з ПДВ (20%) – 2878 грн/ваг.

Загальні витрати на перевезення також включають плату за повернення вагону у порожньому стані. Провізна плата за повернення порожнього рухомого складу визначається за тарифною схемою 14 [3]. Для порожнього 4-вісного піввагону (5,5 т/вісь) та відстані 51 км з врахуванням коефіцієнта індексації (1,088) плата за перевезення складе 179 грн/ваг, а з ПДВ – 215 грн/ваг.

Добова ставка за користування піввагоном перевізника (з ПДВ) складає 650 грн [29]. Тривалість завантаженого рейсу відповідно (1) складає 1 добу, порожнього рейсу – з врахуванням коефіцієнту порожнього пробігу (0,55) [30] – також 1 добу. Таким чином, повна вартість перевезення у вагоні ЦТЛ на маршруті Жовтокам'янка – Батуринська складає:

$$B_{\text{повн}}^{\text{ЦТЛ}} = 2878 + 215 + 650 + 650 = 4393 \text{ грн.}$$

У випадку, коли перевезення здійснюється у власних або орендованих вагонах (які не належать розраховуються аналогічним чином; єдина відмінність полягатиме у витратах на оренду рухомого складу.

Для визначення вартості оренди піввагону приватних компаній виконано аналіз комерційних пропозицій власників рухомого складу. При цьому встановлено, що середня вартість оренди піввагону у приватних компаній коливається в межах 1300...1400 грн/добу, тому для подальших розрахунків прийняте значення 1350 грн/добу. Таким чином, вартість оренди приватного вагону для виконання перевезення на маршруті (тривалість обігу 71 год.) становитиме:

$$B_{\text{повн}}^{\text{ВЛ}} = 2878 + 1350 \cdot \frac{71}{24} = 6872 \text{ грн/ваг}$$

Тобто, витрати на перевезення в вагонах приватних компаній більш як на половину більші, ніж при перевезенні й вагонах ЦТЛ. Проте великий попит на вагони ЦТЛ, та їх порівняно незначна кількість (біля 8 % від загального парку) змушують вантажовідправників звертатися до послуг приватних вагоновласників.

Оскільки постачання здійснюється вагонами змішаної власності, виконаємо розрахунок вартості умовного вагона:

$$B_{\text{ваг}} = \alpha_i \cdot B^{\text{ваг}_i} \quad (3)$$

де  $\alpha_i$  – частка вагонів  $i$ -ї власності в загальному обсягу рухомого складу, що задіяний у постачанні сировини;

$B_{\text{ваг}}$  – вартість транспортування сировини вагоном  $i$ -ї власності, грн.

$$B_{\text{зал}} = 0,26 \cdot 4393 + (1 - 0,26) \cdot 6872 = 6227 \text{ грн.}$$

Для оцінки рівня впливу логістичної складової на ціну кінцевої продукції необхідно виконати ряд досліджень, які пов'язані як безпосередньо з прямим впливом вартості транспортування на ціну кінцевої продукції, так і з опосередкованим – витратами на запаси. З цією метою необхідно вирішити наступні задачі:

- встановити середньодобові обсяги споживання сировини (вапнякового каміння);
- визначити рівень ціни на вапнякове каміння;
- встановити частку вартості вапнякового каміння у вартості кінцевої продукції – цементу різних марок;
- визначити рівень витрат на логістику у вартості цементу.

На основі аналізу даних АСКВП УЗ-Є за 2017/2018 р.р. були визначені місячні обсяги споживання сировини Криворізьким цементним заводом ПАТ «ХЦУ» (див. рис. 8).



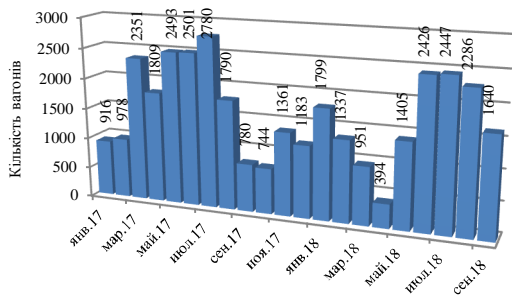


Рис. 8. Обсяги розвантаження каменю вапнякового по станції Батуринська на адресу ПАТ «ХЦУ»

На основі цих даних було визначено середньодобові обсяги розвантаження, що склали 126 ваг/добу. Транспортні витрати на перевезення такого обсягу сировини:

- для вагонів власності ЦТЛ (перевізника):

$$C_{\text{міс}}^{\text{ТЛЦ}} = (126 \cdot 0,26) \cdot 4393 = 143914 \text{ грн/добу};$$

- для вагонів власних або орендованих:

$$C_{\text{міс}}^{\text{ВЛ}} = (126 \cdot 0,74) \cdot 6872 = 640745 \text{ грн/добу}.$$

Відповідно загальні витрати на транспортне забезпечення на умовну добу становитимуть:

$$C_{\text{міс}}^{\text{заг}} = 143914 + 640745 = 784659 \text{ грн/добу}.$$

Для визначення вартості вапнякового каміння виконано дослідження відкритих джерел, розмічених у мережі Інтернет, а також наявної інформації з комерційних пропозицій. На основі аналізу визначено, що середня закупівельна ціна (без урахування вапняку власного видобутку) складає приблизно 220 грн/т.

Для визначення впливу вартості вапнякового каміння на собівартість цементу було виконане дослідження технології виготовлення цементу та вмісту в ньому вапнякового каміння. Відповідно до даних [31], в структурі собівартості цементу всі сировинні складові становлять близько 68%. Зважаючи на хімічний склад цементу, вапнякове каміння становить до 70% від усіх добавок. Відповідно, у кінцевій собівартості готової продукції 48% складає саме вартість вапнякового каміння. Аналіз виконаний Західноукраїнською торговою компанією [32] показав, що отримання вапняку та доведення до необхідного порошкоподібного стану з додаванням гіпсу або інших добавок, від яких залежить склад та марка цементу, є найдорожчим етапом виробництва, на нього припадає 70% від собівартості цементу. В цьому випадку складова собівартості на вапняк підвищується до 49%. З наведених даних можна зробити висновки, що за оцінками різних досліджень складова собівартості, віднесена на вартість вапнякового каміння змінюється в межах від 47% до майже 53%. Проте, навіть якщо виходити з

нижньої межі, можна побачити, що це майже половина кінцевої вартості, отже зменшення транспортних витрат дає можливість значно зменшити і кінцеву споживчу ціну.

Для визначення транспортної складової у вартості цементу, проаналізовано зміну ціни 1 т цементу навалом, який реалізується ПАТ «ХЦУ» на ринку України (рис. 9).

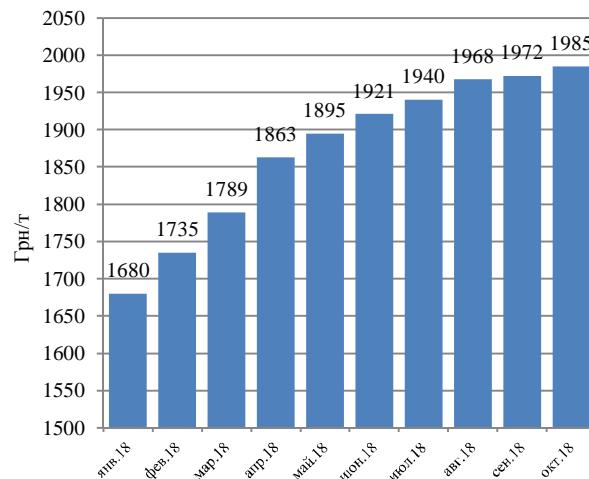


Рис. 9. Аналіз вартості 1 т цементу ПАТ «ХЦУ» у 2018 р.

Як можна побачити з рис. 9, ціна цементу постійно зростає, що, зокрема, пов'язано і зі змінами вартості транспортування та оренди залізничного рухомого складу. Для подальших розрахунків прийнято середню ціну 1875 грн/т.

Використовуючи визначений раніше обсяг споживання вапнякового каміння, визначимо добовий обсяг споживання в тонах за формулою:

$$Q_{\text{доб}} = n_{\text{ср}} \cdot q_i \quad (4)$$

де  $q_i$  – норма завантаження вагону, т/ваг.

Таким чином, добове споживання складати-ме:

$$Q_{\text{доб}} = 126 \cdot 70 = 8820 \text{ т}.$$

Визначимо умовну вартість постачання 1 тони вапнякового каміння:

$$c_{1\text{т}}^{\text{транс}} = \frac{779626}{8820} = 88,4 \text{ грн/т}.$$

Визначимо частку транспортної складової у кінцевій ціні готової продукції, виходячи з середньої вартості цементу:

$$C_{1\text{т}}^{\text{логіст}} = \frac{88,4}{1875} \cdot 100\% = 4,7\%.$$

Таким чином, у кінцевій вартості цементу витрати на логістичну частину постачання основної сировини – каміння вапнякового, не перевищують 5%. Не дивлячись на відносно невелику частку, оптимізація цього напрямку, з

урахуванням обсягів реалізації може принести значні переваги.

Тому необхідно розглянути можливість оптимізації логістичного ланцюга постачання основної сировини на підприємство та визначити можливість зменшення транспортної складової у вартості готової продукції. Попередні дослідження дають можливість стверджувати, що існує декілька витоків завищеної вартості транспортування вапнякового каміння для забезпечення ПАТ «ХЦУ». До основних з них відносяться:

- повна відсутність власного рухомого складу для забезпечення перевезення сировини, що вимагає залучення транспорту сторонніх компаній;

- неможливість повністю забезпечити перевезення вагонами ЦТЛ через їх недостатню кількість та політику рівного доступу – після розвантаження вагони надходять у вільне регулювання, відповідно немає гарантій надання їх для подальшого використання саме ПАТ «ХЦУ»;

- висока вартість орендованого рухомого складу, що пояснюється транспортною кон'юнктурою – великий обіг вагону на мережі викликає підвищений попит на рухомий склад;

- значна тривалість обігу вагонів між станціями відправлення та призначення, яка викликана перш за все дефіцитом тягового рухомого складу залізниці.

Серед цих факторів є керовані, некеровані та умовно керовані.

До безумовно некерованих факторів відноситься потенційна можливість використання для перевезення вагонів належності ЦТЛ. Порядок роботи з вагонами перевізника визначається АТ «Українська залізниця» та не піддається впливу окремих вантажовідправників, не залежно від їх обсягів відправлення та ринкового становища. Такі вагони є більш придатними для використання їх при повагонних відправленнях, або у якості своєрідного «буферу», для доповнення власного або орендованого рухомого складу у випадку зростання обсягів перевезень. Крім того, тарифна політика по відношенню до вартості оренди цих вагонів, а також коефіцієнтів порожнього пробігу після завантаженого рейсу демонструє сталу тенденцію до збільшення відповідно до загальної ринкової кон'юнктури. Небажання втрачати потенційні прибутки спонукає АТ «УЗ» до поступового приведення вартості їх використання у відповідність до ринкової ціни орендних вагонів.

Також некерованим є вартість оренди рухомого складу інших власників. Як показали рин-

кові дослідження, ринок оренди вагонів є досить негнучким. В окремих випадках у разі залучення великої кількості вагонів на відносно тривалий період часу можна досягти консенсусу відносно ціни, проте знижки на вартість добової оренди незначні, і частіше за все не перевищують 10% від вартості.

Відносно керованим фактором є тривалість обігу вагонів. Існуюча технологія перевезень заснована на використанні тягового рухомого складу перевізника та відправлення поїздів відповідно до плану формування та по міністерських нитках графіку. Відповідно з'являється ряд непродуктивних простоїв – на станції відправлення та зміни тяги в очікуванні локомотивів та в очікуванні відправлення. Проте відповідно до [3] існує можливість використовувати для перевезень власний тяговий рухомий склад, що перебачено тарифною схемою № 29. Передбачено диференціацію цього тарифу в залежності від умов та виду перевезень, а також типу рухомого складу, який перевозиться.

В даному випадку відстань між станціями цілком дає можливість здійснювати перевезення без зміни локомотивних бригад та проведення ТО, а на території Жовтокам'янського кар'єру та на під'їзній колії цементного заводу є необхідні для цього потужності.

Також одним із можливих варіантів зменшення вартості перевезень є придбання власного рухомого складу з метою повного, або часткового забезпечення потреб підприємства при перевезенні сировини.

Для оцінки доцільності кожного з запропонованих варіантів, або їх комбінації, виконано відповідні техніко-економічні розрахунки.

Для здійснення перевезень на вказаному маршруті доцільно використовувати тепловоз, оскільки частина шляху проходить через неелектрифіковану ділянку залізниці. На основі аналізу комерційних пропозицій на ринку обрано магістральний локомотив 2ТЭ116 вартістю 19,8 млн. грн.

Для оцінки доцільності запровадження приватної тяги необхідно виконати розрахунки щодо зміни тарифу та розрахувати термін окупності. Тариф для перевезень приватним локомотивом (схема №29) визначається в залежності від виду тяги (тепловоз чи електровоз), належності вагона (парку залізниць, власний або орендований), його стану (завантажений чи порожній) та іншого рухомого складу, що перевозиться [3].

Загальна вартість перевезення одного вагону «вертушки» власним локомотивом визначається за формулою:

$$B = B_{\text{лок}} + B_{\text{ваг}} \quad (5)$$

де  $B_{\text{лок}}$  – плата за слідування приватного локомотива по інфраструктурі перевізника, грн;

$B_{\text{ваг}}$  – плата за перевезення вагонів по інфраструктурі перевізника, грн.

При цьому слід зазначити, що вартість перевезення вагонів по інфраструктурі перевізника визначається за різними схемами – № 29.3 за вагони перевізника та № 29.4 – за власні або орендовані вагони. Плата за використання власного тепловоза визначається за тарифною схемою № 29.1; для відстані 51 км тарифна ставка становить 3536 грн., а з врахуванням коефіцієнта індексації (3,259) [28] та ПДВ – 13829 грн. Перевезення на маршруті здійснюється «вертушками» у складі 20 вагонів, відповідно додаткова плата за слідування власного локомотива складе 691 грн/ваг.

Тарифна ставка за вагон власності ЦТЛ з врахуванням коефіцієнта індексації (1,484) та ПДВ складатиме 1991 грн. Крім того, до цієї провізної плати додається вартість повернення вагону у порожньому стані 215 грн., а також плата за користування вагоном у завантаженому та порожньому рейсі – 1084 грн. Таким чином кінцева вартість перевезення вагоном власності перевізника складатиме:

$$B^{\text{варЦТЛ}} = 1991 + 215 + 1084 = 3290 \text{ грн.}$$

Тарифна ставка за власний (орендований) вагон з врахуванням коефіцієнта індексації та ПДВ складатиме 1266 грн. До провізної плати додаємо вартість добової оренди в одному напрямку, одержимо кінцеву вартість орендованого вагону:

$$B^{\text{варВЛ}} = 1266 + 1350 \cdot \frac{71}{24} = 5260 \text{ грн.}$$

Оскільки постачання здійснюється вагонами змішаної власності, виконаємо розрахунок вартості умовного вагона (3):

$$B_{\text{заг}} = \frac{26}{100} \cdot 3290 + \frac{100 - 26}{100} \cdot 5260 + 691 = 5426 \text{ грн.}$$

Вартість транспортування 1 тони вапнякового каміння:

$$c_{1\text{т}}^{\text{транс}} = \frac{5426}{70} = 77,5 \text{ грн/т.}$$

У порівнянні з існуючим варіантом вартість транспортування 1 т сировини зменшиться на:

$$\Delta c_{1\text{т}}^{\text{транс}} = 87,78 - 77,5 = 10,26 \text{ грн/т.}$$

Частка логістичної складової у вартості цемента складатиме:

$$C_{1\text{т}}^{\text{логіст}} = \frac{77,5}{1875} \cdot 100\% = 4,1 \text{ \%}.$$

Визначимо необхідну кількість локомотивів для забезпечення потреб у сировині. Відповідно до результатів дослідження, середньодобовий потік складає 126 вагонів, причому розмір «вертушки» складає 20 вагонів. Отже, необхідно:

$$n_{\text{сост}} = \frac{126}{20} = 6,3 \text{ состави.}$$

Приймаємо потрібну кількість составів рівною 6, а решту обсягів (6 вагонів) будуть забезпечувати через повагонні відправки, або через збільшення довжини составу, що обертається на 1 вагон.

Дослідженням було встановлено, що тривалість завантаженого рейсу в середньому складає 71,2 год, при цьому 68 % від цього часу складає очікування локомотивів на станції відправлення та станції зміни тяги. При використанні власного локомотива вважатимем очікування рівними 0, тобто на цю частку тривалість завантаженого рейсу скоротиться та становитиме:

$$T_{\text{зав}} = 71,2 \cdot (1 - 0,68) = 22,8 \text{ год.}$$

Після прибуття на станцію призначення та передачі на під'їзну колію рухомий склад знаходиться під вантажними та додатковими (очищення, ремонт тощо) операціями, які також входять в тривалість обігу. На основі аналізу даних АСКВП УЗ-Є було встановлено середня тривалість знаходження рухомого складу на під'їзній колії складає 23,2 год. Також встановлено, що середня тривалість знаходження рухомого складу на території Жовтокам'янського кар'єру складає 19,4 год.

Аналогічно до завантаженого рейсу, порожній рейс за умови наявності власного локомотива не включатиме простій в очікуванні тяги на станції відправлення (в даному випадку – Батуринська) та на станції зміни тяги – Апостолове. Відповідно до виконаних досліджень загальна тривалість порожнього рейсу становить в середньому 65 год, а простій в очікуванні локомотивів складає 54 % від загальної тривалості. Отже, «чиста» тривалість порожнього рейсу складатиме:

$$T_{\text{пор}} = 64,998 \cdot (1 - 0,54) = 29,9 \text{ год.}$$

Тривалість обігу «вертушки» за умови наявності власного локомотива складе:

$$\theta = T_{\text{зав}} + t_{\text{цем}} + T_{\text{пор}} + t_{\text{жк}} \quad (6)$$

де  $T_{\text{зав}}$ ,  $T_{\text{пор}}$  – відповідно тривалість «чистого» завантаженого та порожнього рейсу, год;

$t_{\text{цем}}, t_{\text{жк}}$  – тривалість знаходження вагонів на під'їзних коліях цементного заводу та кар'єру відповідно, год.

$$\theta_{\text{вл}} = 22,8 + 23,2 + 29,9 + 19,4 = 95,3 \text{ год} \approx 3,97 \text{ доби}$$

Тривалість обігу для базового варіанту з використанням тягового рухомого складу перевізника:

$$\theta_{\text{баз}} = 71,2 + 23,2 + 65 + 19,4 = 178,8 \text{ год} \approx 7,45 \text{ доб}$$

Економію часу при використанні власного локомотива:

$$\Delta\theta = 178,8 - 95,3 = 83,5 \text{ год} \approx 3,48 \text{ доб}$$

Таким чином, використання власного локомотива майже вдвічі скорочує обіг рухомого складу на ділянці.

Потрібний робочий парк вагонів складе:

$$N = n_{\text{доб}} \cdot \theta_i \quad (7)$$

де  $n_{\text{доб}}$  – добове навантаження, ваг/добу;

$\theta_i$  – обіг рухомого складу, дб.

Для варіанту з власним локомотивом:

$N_{\text{вл}} = 126 \cdot 3,97 = 500,22$  ваг, приймаємо 521 ваг, або 25 «вертушок».

Для базового варіанту з локомотивом перевізника:

$N_{\text{пер}} = 126 \cdot 7,45 = 938,7$  ваг, приймаємо 939 ваг, або 47 «вертушок».

Таким чином, за рахунок впровадження приватної тяги економія робочого парку складе:

$$\Delta N = 939 - 521 = 418 \text{ ваг.}$$

Оскільки кількість рухомого складу досить велика, необхідно визначити потрібну для його переміщення кількість локомотивів. Для цього було виконано аналіз «чистого» часу руху локомотива з составом, як у завантаженому, так і у порожньому рейсі. Тривалість технологічних операцій, які відбуваються на шляху слідування, та операцій з технічного огляду локомотивів було прийнято відповідно до нормативних документів. Час руху по перегонах розраховується за формулою:

$$t_{\text{рух}}^{\text{пер}} = \frac{L}{V_x} + t_{\text{п/у}} \quad (8)$$

де  $L$  – відстань перевезення, км;

$V_x$  – ходова швидкість, км/год;

$t_{\text{п/у}}$  – час на розгін-уповільнення, год.

Виконаємо розрахунки:

$$t_{\text{рух}}^{\text{пер}} = \frac{57}{60} + 0,033 = 0,983 \text{ год.}$$

Розрахуємо час на обіг локомотива, з урахуванням додаткових операцій:

$$\theta_{\text{лок}} = 0,08 + 0,67 + 0,98 + 0,08 + 0,67 + 0,98 = 3,47 \text{ год}$$

Отже, протягом доби (з рахуванням перерв 2 год.) один локомотив може здійснити:

$$n = \frac{24 - 2}{3,47} = 6,34 \text{ рейси (прийнято 6 рейсів)}$$

Виходячи з проведених розрахунків, а саме – розрахунку потрібної кількості составів та кількості можливих рейсів локомотива, можна зробити висновок, що за умови придбання одного локомотива цілком можливо забезпечити добову потребу виробництва у сировині (6 составів/доб).

Капітальні витрати на придбання локомотива є відомими (19,8 млн. грн.), відповідно необхідно розрахувати додаткові експлуатаційні витрати, які понесе власник у зв'язку із наявністю локомотива протягом року:

$$P_{\text{екс}} = 24 \cdot (c_{\text{л-год}} + c_{\text{бр-год}}) \cdot 365 \quad (9)$$

де  $c_{\text{л-год}}$  – витратна ставка вартості 1 локомотиво-години роботи тепловозу у вантажному русі, грн;

$c_{\text{бр-год}}$  – вартість 1 бригадо-години, грн.

За даними УЗ ці витратні ставки складають відповідно 228,63 грн. та 550,23 грн, звідси:

$$P_{\text{екс}} = 24 \cdot (228,63 + 550,23) \cdot 365 = 6,82 \text{ млн. грн.}$$

При використанні власного локомотива з'являється економія логістичних витрат за рахунок зменшення тарифу на перевезення вантажів та витрат на оренду вагонів.

Економія витрат на різниці тарифів (при цьому вважаємо, що співвідношення вагонів ЦТЛ та орендованих у складі поїздів залишається незмінним) складе:

$$\Delta C_{\text{тар}} = 6227 - 5426 = 801 \text{ грн/ваг.}$$

Зважаючи на потребу (126 вагонів на добу), розрахуємо економію на рік:

$$C_{\text{тар}} = 801 \cdot 126 \cdot 365 = 36,8 \text{ млн. грн.}$$

Термін окупності власного локомотива складе:

$$P_{\text{окуп}} = \frac{K}{\Pi} \quad (10)$$

де  $K$  – капіталовкладення в придбання локомотива та його модернізацію, грн;

$\Pi$  – чистий прибуток за рік, грн.

При цьому чистий прибуток  $\Pi$  розраховується за формулою:

$$\Pi = \Pi_{\text{заг}} - \Pi_{\text{екс}} \quad (12)$$

де  $\Pi_{\text{заг}}$  – загальний прибуток, грн;  
 $\Pi_{\text{екс}}$  – експлуатаційні та поточні витрати, грн.

До витратної частини віднесемо як витрати на придбання локомотива, так і на його подальшу модернізацію з метою приведення у належний технічний стан для виходу на загальну мережу та виконання перевезень. Також необхідно врахувати витрати на експлуатацію (паливо, поточні ремонти, заробітну плату персоналу тощо) та створення відповідної інфраструктури для обслуговування. Проведений аналіз показав, що вартість експлуатації одного локомотива з урахуванням перелічених вище складових становить біля 20,6 млн. грн. Таким чином,

$$\Pi = 36,8 - 20,6 = 16,2 \text{ млн. грн.}$$

$$P_{\text{окуп}}^{\text{лок}} = \frac{19,86}{16,20} = 1,23 \text{ року.}$$

Отже, придбання власного локомотива окупиться до кінця 2 року експлуатації. Однак слід врахувати, що витрати на експлуатацію розраховані із рядом припущень, отже реальний строк окупності може відрізнятись в більшу сторону.

### Висновки

Проведений в роботі аналіз логістичного ланцюга постачання сировини на виробництво ПАТ «ХЦУ» показав, що головним недоліком існуючої схеми є необґрунтовано великий обіг вагона на напрямку, що призводить до збільшення потрібного рухомого складу, а відповідно і до витрат на нього. Крім витрат безпосередньо на рухомий склад також зростають опосередковані витрати – на запаси в русі (вантажна маса на колесах) та на запаси всередині підприємства, оскільки нестабільна робота транспорту викликає підвищення запасів на кінцевому виробництві.

Аналіз недоліків показав два основних можливих шляхи покращення існуючої ситуації – придбання та експлуатація у вантажному русі власного локомотива, а також придбання приватного рухомого складу. Проведені розрахунки показали, що обидва варіанти є прийнятними, зі строками окупності капітальних інвестицій, що не перевищують 2-4 роки. Проте слід зважати на те, що ряд показників щодо експлуатаційних витрат був прийнятий умовно, отже при прийнятті рішення щодо таких дій потрібні більш детальні розрахунки з урахуванням індексу інфляції та дисконтованого прибутку.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року (Проект) [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/news/28581.html>
2. Про залізничний транспорт України: проект закону № 9512 від 30.01.2019 р [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=65395](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=65395)
3. Тарифне керівництво №1. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ними послуги [Текст] – К.: «Укрзалізниця», 2009 – 200 с.
4. Поки неясно, коли на залізницю прийде приватна тяга – «Укрзалізниця»: матеріали III міжнародної виставки RAIL EXPO [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://delo.ua/business/poka-ne-jasno-kogda-na-zheleznuju-dorogu-pridet-347322/>
5. Інформаційна агенція УНІАН: УЗ отложила переговори с «Трансмашхолдингом» по закупке 292 електровозов [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.unian.net/economics/transport/551624-uz-otlozila-peregovoryi-s-transmashholdingom-po-zakupke-292-elektrovozov.html>
6. Козаченко Д. Н. Проблемы использования частных локомотивов для выполнения перевозок на магистральном железнодорожном транспорте [Текст] / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый / Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 3. – с. 40-46
7. Транспорт і зв'язок України. Статистичний збірник [Текст]. – Київ: Державна служба статистики України, 2017. – 175 с.
8. Стратегія розвитку ПАТ «Укрзалізниця» 2017-2021 роки [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://www.uz.gov.ua/about/documents/strategiya/>
9. «Укрзалізниця» підписала з General Electric угоду про спільне виробництво рухомого складу на \$1 млрд [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.5.ua/ekonomika/ukrzaliznytsia-pidpysala-z-general-electric-uhodu-pro-spilne-vyrobnytstvo-rukhomoho-skladu-na-1-mlrd-165560.html>
10. ПАТ «Державний експортно-імпортерний банк України»: звіт про укладений договір № 192-00/1/230218 [Текст] – К.: 2018.
11. Стало известно точное количество локомотивов «Укрзалізниць» и сколько из них на ходу [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [https://cfts.org.ua/news/2018/09/30/stalo\\_izvestno\\_tochnoe\\_kolichestvo\\_lokomotivov\\_ukrzaliznytsi\\_i\\_skolko\\_iz\\_nikh\\_na\\_khodu\\_info\\_grafika\\_49703](https://cfts.org.ua/news/2018/09/30/stalo_izvestno_tochnoe_kolichestvo_lokomotivov_ukrzaliznytsi_i_skolko_iz_nikh_na_khodu_info_grafika_49703)
12. Рослик, И. Почему кастет время оборота вагонов УЗ / И. Рослик [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [https://biz.censor.net.ua/resonance/3146735/pochemu\\_rastet\\_vremya\\_oborota\\_vagonov\\_uz](https://biz.censor.net.ua/resonance/3146735/pochemu_rastet_vremya_oborota_vagonov_uz)
13. Быстрицкая О. Грузоперевозки по железной дороге в 2018 году. Итоги / Быстрицкая О. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://cfts.org.ua/>

articles/itogi\_gruzoperevozok\_po\_zheleznoy\_doroge\_v\_2018\_godu\_1504/106439

14. Підвищення ефективності оперативного керування локомотивним парком залізниць України: монографія [Текст] / Д.М. Козаченко, Р.В. Вернигора, Л.О. Єльнікова, М. І. Березовий – Дніпро: «Герда», 2017 – 164 с.

15. Вернигора Р. В. Перспективи створення адаптивної системи оперативного керування роботою локомотивів та локомотивних бригад [Текст] / Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова // Збірник наукових праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень.– 2012. – Вип. 4. – С. 25–29.

16. Верлан, А.І. Підвищення ефективності управління приватним вагонним парком за рахунок відправницької маршрутизації порожніх вагонопотоків [Текст] / А.І. Верлан, Д.М. Козаченко, Р.В. Вернигора // Залізничний транспорт України. – 2012. – № 6. – С. 35-37.

17. Кузик В., Горбач Д. Как европейцы меняли железную дорогу [Електрон. ресурс] – Режим доступа:

[https://lb.ua/economics/2015/02/17/295752\\_evropeytsi\\_menyali\\_zheleznuyu\\_dorogu.html](https://lb.ua/economics/2015/02/17/295752_evropeytsi_menyali_zheleznuyu_dorogu.html)

18. Железные дороги США – Википедия: свободная энциклопедия [Електрон. ресурс] – Режим доступа:

[https://ru.wikipedia.org/wiki/Категория:Железные\\_дороги\\_США](https://ru.wikipedia.org/wiki/Категория:Железные_дороги_США)

19. Хусаинов Ф. Как политика определила экологию железных дорог в США [Електрон. ресурс] – Режим

доступа: <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2018/08/01/777075-politika-opredelila-ekonomiku>

20. Локомотив General Electrics «Івано-Франківськцемент» більше не їздить по шляхах УЗ [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [https://espresso.tv/news/2019/06/14/lokomotyv\\_general\\_electrics\\_quotivano\\_frankivskcementquot\\_bilshe\\_ne\\_yi\\_zdyt\\_na\\_shlyakhakh\\_uz](https://espresso.tv/news/2019/06/14/lokomotyv_general_electrics_quotivano_frankivskcementquot_bilshe_ne_yi_zdyt_na_shlyakhakh_uz)

21. Допуск приватних локомотивів: як готуються вантажовідправники [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.ameu.org.ua/news/3642-dopusk-privatnikh-lokomotiviv-yak-gotuyutsya-vantazhovidpravniki>

22. Тарифне керівництво №4 залізниць України [Текст] – Київ : Логос, 2001. – 403 с.

23. Правила комерційного огляду поїздів / затв.: наказ Укрзалізниці від 24.03.2006 р №110-Ц [Текст] / Укрзалізниця – К.: 2006 р.

24. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Частина 1 [Текст] / Укрзалізниця – К.: 2004 р.

25. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи вантажної станції ЦД-0082 [Текст] / затв.: наказ Укрзалізниці № 163-Ц від 03.03.2010 / Укрзалізниця - К., 2011. – 224 с.

26. Статут залізниць України [Текст] / Мін-во трансп. та зв'язку України. - К.: Транспорт, 1998. – 87 с.

27. Укрзалізниця – офіційний сайт [Електронний ресурс] / Режим доступу:[https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/tariff\\_conditions/transportation\\_in\\_ukraine/](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/transportation_in_ukraine/)

28. Офіційний сайт Укрзалізниці. Коефіцієнти до збірника тарифів [Електрон. ресурс]. — Режим доступу: [https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/tariff\\_conditions/transportation\\_in\\_ukraine/the\\_coefficients\\_of\\_the\\_collection\\_rates/](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/transportation_in_ukraine/the_coefficients_of_the_collection_rates/)

29. Офіційний сайт Укрзалізниці. Вантажні перевезення. Вільні тарифи. Ставки плати за використання власних вагонів перевізника ПАТ «Укрзалізниця» (19.02.2018) [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [https://uz.gov.ua/cargo\\_transportation/dogtariffs/stavky/483020/](https://uz.gov.ua/cargo_transportation/dogtariffs/stavky/483020/)

30. Офіційний сайт Укрзалізниці. Вантажні перевезення. Вільні тарифи. Коефіцієнти порожнього пробігу (13.11.2018) [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/dogtariffs/kpp/483046/](http://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/dogtariffs/kpp/483046/)

31. Цементу – офіційний сайт: що впливає на вартість цементу [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://cementu.com/cement-cena/chto-vliyaet-na-stoimost-cementa>

32. Західноукраїнська торгова компанія [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://ztk.in.ua/virobnitstvo\\_tsementu](http://ztk.in.ua/virobnitstvo_tsementu)

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Лаврухіним О. В. (Україна)*

Надійшла до редколегії 28.10.2019.

Прийнята до друку 31.10.2019.

А. М. ОКороков, Р. В. Вернигора, П. С. Цупров, Р. А. Сузак

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТАВОК СЫРЬЯ НА ПРОИЗВОДСТВО ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТНОЙ ТЯГИ

**Целью** работы является исследование эффективности внедрения частной локомотивной тяги на ограниченном полигоне железной дороги для перевозки сырья отдельного предприятия от места добычи к месту основного производства. **Методика.** В процессе исследования использованы методы анализа и синтеза для изучения содержания и основных положений научных публикаций о состоянии и перспективах использования частной локомотивной тяги на железнодорожном транспорте Украины; методы статистического анализа для определения параметров функционирования отдельных элементов логистической цепи поставок сырья

на предприятия от места добычи; метод технико-экономических расчетов для определения срока окупаемости и экономической эффективности предложенных мероприятий. **Результаты.** Учитывая ситуацию, которая сложилась на сегодня с перевозками грузов железнодорожным транспортом, а именно - с локомотивной тягой, можно утверждать, что внедрение на отдельных направлениях частной тяги позволит улучшить ситуацию. Таким методом можно значительно сократить оборот подвижного состава, уменьшить затраты на транспортировку, а также значительно сократить запасы сырья на предприятии-изготовителе. В то же время применение частной тяги только для перевозки частных вагонов в адрес одного предприятия никоим образом не нарушает технологию работу железнодорожного транспорта и монополию УЗ в целом. Положительный опыт использования аналогичной схемы транспортировки в Украине и за рубежом показал, что при наличии возможности железнодорожных перевозок альтернативными перевозчиками или собственными локомотивами предприятий повышается качество и уменьшается стоимость соответствующих транспортных операций. **Научная новизна.** Полученные в результате исследования результаты позволяют подвести научную основу под внедрение на отдельных направлениях частной локомотивной тяги, а также оптимизацию логистических цепей по перевозке грузов железнодорожным транспортом. **Практическая значимость.** Оптимизация перевозок грузов железнодорожным транспортом за счет внедрения частной тяги способна уменьшить расходы предприятий за счет инвестиций в подвижной состав и запасы, в свою очередь позволит уменьшить себестоимость и улучшить конкурентоспособность производимых товаров на мировом рынке.

*Ключевые слова:* логистика; частный тяговый подвижной состав; оптимизация перевозочного процесса; экономическая эффективность, срок окупаемости инвестиций

A. M. OKOROKOV, R. V. VERNIHORA, P. S. TSUPROV, R. A. SUZAK

## IMPROVEMENT OF THE LOGISTICS OF RAW MATERIALS SUPPLIES THROUGH INTRODUCTION OF PRIVATE TRACTION

**The aim** of the work is to study the effectiveness of introducing private locomotive traction at a limited railway landfill for transporting raw materials from an individual enterprise from the place of production to the place of main production. **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 using private locomotive traction in the railway transport of Ukraine; methods of statistical analysis to determine the functioning parameters of individual elements of the logistics chain of supply of raw materials to enterprises from the place of production; method of technical and economic calculations to determine the payback period and economic efficiency of the proposed measures. **Results.** Considering the current situation with the transportation of goods by rail, namely locomotive traction, it can be argued that the introduction of private traction in certain areas will improve the situation. This method can significantly reduce the turnover of rolling stock, reduce transportation costs, as well as significantly reduce the stock of raw materials at the manufacturer. At the same time, the use of private traction only for the transportation of private cars to one enterprise in no way violates the technology of railway transport and the monopoly of UZ. The positive experience of using a similar transportation scheme in Ukraine and abroad has shown that, if there is the possibility of rail transportation by alternative carriers or own locomotives of enterprises, the quality increases and the cost of the corresponding transport operations decreases. **Scientific novelty.** The results of the study allow us to bring the scientific basis for the introduction of private locomotive traction in certain areas, as well as the optimization of logistics chains for the transportation of goods by rail. **Practical significance.** Optimization of cargo transportation by rail through the introduction of private traction can reduce the costs of enterprises by investing in rolling stock and stocks, which in turn will reduce the cost and improve the competitiveness of manufactured goods in the world market.

*Keywords:* logistics; private traction rolling stock; optimization of the transportation process; economic efficiency, payback period of investments

УДК 629.463:656.212.5

С. А. ПОЖИДАЕВ<sup>1\*</sup>, Е. С. КИСЕЛЕВСКИЙ<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «УЭР и ОТ», Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель, Республика Беларусь, тел. (0232) 95-39-48, эл. почта pgsergey2006@yandex.ru, ORCID 0000-0002-6929-1008

<sup>2\*</sup>РУП «Жлобинское вагонное депо» РУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги», ул. Первомайская, 199, 247210, г. Жлобин, Гомельская область, Республика Беларусь, тел. (2334) 6-22-22, эл. почта kisevgenix@mail.ru

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЁТНЫХ БЕГУНОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК С УЧЁТОМ ИЗМЕНЕНИЯ МАССЫ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ЧАСТЕЙ ВАГОНОВ И ИХ ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

**Целью** исследования является совершенствование подходов к определению параметров расчётных бегунов (отцепов) при проектировании и обследовании сортировочных устройств с учётом изменения в процессе эксплуатации фактического состояния вагонов. **Методика.** На основе методов теории вероятностей и математической статистики установлено, что в образовании массы тары вагонов наибольшей дисперсией обладает масса колёс вагонов, т. к. их состояние изменяется в наибольшей степени. Произведена обработка статистического материала для установления зависимости между размерами колёс и массой вагонов. **Результаты** исследования показали, что трудно учитываемое уменьшение массы вагонов в процессе эксплуатации незначительно влияет на основные расчётные параметры сортировочных устройств, но ее фактическая величина важна для регулирования режимов их работы, особенно в неблагоприятных условиях. **Научная новизна.** Получены эмпирические зависимости массы вагонов и колёсных пар от толщины обода колес, учитывающие как непостоянство их размеров, так и неравномерность износа контактных поверхностей, что в совокупности позволяет точнее определять массу расчётных бегунов на основе статистического анализа. **Практическая значимость.** Учёт фактического состояния вагонов, техническая информация о которых будет формироваться в автоматизированной системе «Цифровая модель сортировочной станции» или современных системах контроля и диагностики состояния подвижного состава, позволяет повысить качество инженерных решений в проектах новых или реконструкции существующих сортировочных устройств для повышения безопасности и надёжности их работы, а также упреждения возникновения нештатных технологических ситуаций при расформировании составов в реальных условиях.

*Ключевые слова:* сортировочная горка; масса расчётного бегуна; колёсная пара; толщина обода колеса

### Вступление

Сортировочные горки по прежнему остаются основным техническим средством переработки вагонов и формирования составов грузовых поездов на сортировочных станциях. Но в настоящее время, построенные 30 лет назад и более, они не в полной мере соответствуют современным требованиям обеспечения безопасной работы, в том числе по причине того, что на сети железных дорог колеи 1520 мм происходят существенные изменения как в структуре и величине перерабатываемого на сортировочных горках вагонопотока, так и его физических характеристиках.

Одними из наиболее важных характеристик, определяющих конструктивные и технологические параметры сортировочных горок, являются род вагона и расчётная масса брутто одиночных отцепов, которые устанавливаются в

соответствии с нормативными требованиями [4], а при наличии статистической информации – с помощью методов математической статистики и теории вероятностей.

В случае оборудования сортировочных горок (как правило, автоматизированных) весомерными устройствами, расчётная масса отцепов определяется обработкой данных с этих устройств в автоматическом режиме. При отсутствии весомерных устройств определение расчётной массы отцепов осуществляется с использованием различных источников информации. Основным источником такой информации служат натурно-сортировочные листки (или сами перевозочные документы), в соответствии с которыми определяется масса перевозимого груза и (или) номер вагона. По номеру вагона устанавливается его род и тара. Масса брутто отцепа определяется суммированием полученных значений нетто и тары каждого вагона.



Однако, в данном случае при определении весовых характеристик расчётных бегунов не учитывается фактор изменения в процессе эксплуатации массы порожних вагонов (тары). Так, согласно руководства [7] тара вагона всегда определяется только для вновь построенных вагонов, а также по окончании капитального ремонта. Это значение массы порожнего вагона заносится в технический паспорт вагона и в периоды его эксплуатации до капитального ремонта или списания, как правило, не изменяется. Паспортная масса тары в указанные периоды является для вагона величиной постоянной и отражает наибольшее её значение, т. к. все комплектующие после ремонта имеют минимально нормируемые геометрические отклонения или, если вагон новый, не имеют их вовсе. Однако, в процессе эксплуатации происходит нигде не фиксируемое уменьшение массы тары вагона ввиду действия различных факторов, наиболее значимым из которых является уменьшение толщины обода колёсных пар, происходящее как вследствие нормального износа, так и ремонта методом обтачивания, необходимого для восстановления профиля ободьев колёс.

Как показано в [8], вследствие уменьшения толщины обода колёс происходит снижение тормозного эффекта на 30 % при торможении отцепов на механизированных тормозных позициях, а на немеханизированных горках уменьшение толщины обода приводит к образованию эффекта «пластиковых колёс», в результате чего допустимая длина юза должна уменьшаться с 15 до 2,5–10 м, т.е. в 6–1,5 раза (соответственно при максимальной и средней степени износа колеса) для предотвращения термомеханических повреждений поверхности катания [3]. В этих условиях необходимо прогнозировать резерв мощности тормозных позиций в расчётах горок с помощью коэффициента увеличения  $K_y = 1,3 \dots 1,6$ , а не  $1,2 \dots 1,25$ , как сейчас рекомендуется в [4]. При этом «ручные» или автоматизированные системы управления роспуском функционируют в условиях неопределённости, связанной с отсутствием точной информации о массе отцепов и (или) размерах колёс вагонов. Это создает предпосылки для возникновения опасных технологических ситуаций: образование нагонов при сочетании отцепов с различными ходовыми свойствами, их неразделение на тормозных позициях, стрелочных переводах и образование «чужаков» – вагонов, попадающих на незапланированные пути, а также выкатывание колёс на шину замедлителя во время торможения.

Стоит отметить, что сейчас уже создана и функционирует автоматизированная система учёта и контроля ремонтов и комплектации грузовых вагонов (АС УКВ), которая представляет собой в составе автоматизированного банка данных парка грузовых вагонов (АБД ПВ) самостоятельную базу данных комплектаций вагонов ходовыми частями. АБД ПВ ведётся в режиме реального времени информационным вычислительным центром железнодорожных администраций (ИВЦ ЖА) и формируется на основе их заявок [5]. В базе данных АС УКВ также в режиме реального времени формируется информация о толщине обода колёс вагонов после ремонтов, однако в настоящее время эта информация в АСУ СС и автоматизированных системах роспуска составов на сортировочных горках является невостребованной.

Принимая во внимание вышеизложенные проблемы, становится необходимым изменение подходов к определению масс расчётных бегунов (отцепов) и повышение уровня развития алгоритмов автоматизации процессов на сортировочных горках, реализуемых за счёт учёта актуальных значений технических параметров вагонов.

### Цель

Целью исследования является совершенствование подходов к определению масс расчётных бегунов (отцепов), учитывающих при проектировании и обследовании сортировочных устройств и моделировании режимов их работы изменение в процессе эксплуатации фактического состояния вагонов.

### Методика

На основе статистических данных о перерабатываемом на сортировочной горке вагонопотоке образуется простой статистический ряд значений масс одиночных четырёхосных вагонов (отцепов). Ввиду дискретности изменения массы вагонов в 0,1 тонны (что отражено в технических паспортах формы ВУ-4ЖА) масса брутто отцепов является непрерывной величиной, следовательно, сгруппированный простой статистический ряд разбивается на интервалы, разделяющие все отцепы по их массе и ходовым свойствам на следующие категории [4, таблица 4.2]:

- 1) «очень плохие» и «плохие» бегуны – вагоны массой  $q_{оп}$  с основным удельным сопротивлением движению  $w_{оп}$ ;
- 2) «хорошие» бегуны – вагоны массой  $q_x$  с основным удельным сопротивлением движению  $w_x$ ;

3) «очень хорошие» бегуны – вагоны массой  $q_{ох}$ , с основным удельным сопротивлением движению  $w_{ох}$ .

С целью определения параметров перерабатываемого на сортировочной горке станции Жлобин вагонопотока и определения числовых характеристик расчётных бегунов был произведён анализ натурно-сортировочных листов с выделением одиночных отцепов в количестве более 3100 вагонов. Проанализированы технические паспорта на данные вагоны. По результатам обработки получен вариационный ряд изменения массы одиночных четырёхосных вагонов (отцепов), согласно которому наименьшее значение массы одиночного отцепа  $q_{min}$  составило 18,4 т, а наибольшее значение  $q_{max}$  – 94 т.

Длины интервалов, соответствующие каждой категории бегунов, приняты одинаковыми. Тогда, согласно расчётам, к «очень плохим» и «плохим» бегунам  $q_{оп}$  отнесены одиночные отцепы с массой в пределах от 18,4 до 43,6 т, к «хорошим» бегунам  $q_x$  – отцепы с массой в пределах от 43,6 до 68,8 т, а к «очень хорошим»  $q_{ох}$  – вагоны с массой от 68,8 до 94 т.

Для каждой категории бегунов определена средняя масса расчётных отцепов, составившая для «плохих» и «очень плохих» бегунов  $q_{оп} = 23,77$  т, «хороших» бегунов –  $q_x = 61,23$  т и «очень хороших» бегунов –  $q_{ох} = 85,97$  т.

На рис. 1 показана гистограмма распределения массы порожних вагонов (тары), вошедших в состав выборки по определению числовых характеристик расчётных бегунов для сортировочной горки станции Жлобин.

По результатам расчёта наименьшее значение величины критерия  $\chi^2$  получено для нормального закона распределения ( $\chi^2 = 1194,75$ ). Математическое ожидание массы таких вагонов составило  $M[m_b] = 23,54$  тонны.

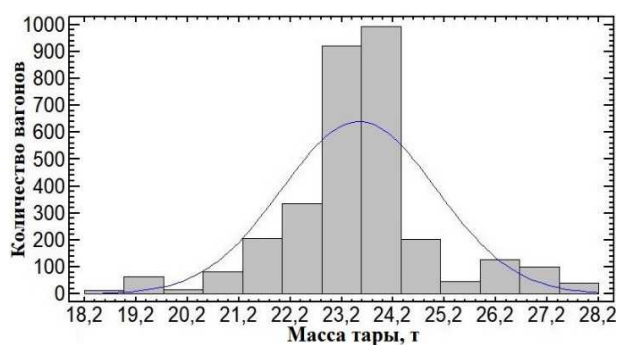


Рис. 1. Гистограмма распределения массы порожних вагонов

В соответствии с техническими условиями комплектующие детали вагонов заменяются

только на аналогичные по конструкции или совместимые со схожими параметрами. При этом масса комплектующих деталей  $m_k$  рассчитывается исходя из среднего поля допусков на их размеры, но на практике изменяется относительно некоторой средней величины, являющейся их математическим ожиданием  $M[m_k]$ . Тогда, согласно центральной предельной теоремы сумма масс комплектующих деталей каждого вагона распределяется по нормальному закону распределения с математическим ожиданием  $M[m_b]$ , равным сумме математических ожиданий масс отдельных комплектующих деталей вагонов или  $M[m_b] = \sum_{k=1}^n M[m_k]$ .

Как было установлено выше, тара вагона более всего изменяется на величину изменения массы колёс в зависимости от толщины их ободьев  $\Delta m_{об}^{\Delta h}$  с математическим ожиданием  $M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]$ , характеризующим её среднее изменение. Принимая значения масс расчётных бегунов  $q$  за их математическое ожидание  $M[q]$ , скорректированная масса расчётных бегунов  $M[q']$  определяется соотношением

$$M[q'] = M[q] - M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]. \quad (1)$$

Следовательно, необходимо определить численное значение параметра  $M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]$ .

Известно, что колёса вагонов с максимальной расчётной осевой нагрузкой 230,5 и 245,3 кН и более имеют различную форму диска (плоскоконическую и криволинейную) и не являются взаимозаменяемыми [1, таблица 1]. Однако линейные размеры профилей ободьев у них являются унифицированными. Также в одинаковых пределах изменяются значения диаметров колёс и их дисков. Так, согласно [1, приложение А] диаметр новых колёс нормируется в пределах 950...964 мм, а диаметры дисков – в пределах 800...810 мм. В случае соответствия данных параметров крайним значениям максимальная толщина обода в новых колёсах может достигать величины 82 мм, минимальная – 70 мм. Однако в реальных условиях такое сочетание параметров встречается крайне редко. Также в процессе эксплуатации происходит постепенное уменьшение как толщины обода колёс, так и их диаметров, из-за чего у колёс с одинаковым диаметром может встречаться различная толщина обода и наоборот. Данное утверждение справедливо как для новых колёс, так и для колёс с восстановленным

после обточки профилем и основано на анализе реального статистического материала.

Статистические данные выбраны из журналов ремонта и оборота колёсных пар (формы ВУ-53) в двух вагонных депо. В первом случае вагонное депо по характеру производственной деятельности является ремонтным, поэтому из журналов ВУ-53 произведён отбор необходимых данных о выбывших из эксплуатации колёсных парах (418 единиц) и о колёсных парах с новыми колёсами (443 единицы). Во втором случае вагонное депо по характеру производственной деятельности является эксплуатационным, поэтому из журналов ВУ-53 произведён отбор необходимых данных о более чем 2800 колёсных парах, подвергшихся восстановлению профиля ободьев колёс (обточке). Важно отметить, что в журналах ВУ-53 не заносятся значения диаметров дисков.

Для определения  $M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]$  анализируются толщина обода и диаметр колёс. В условиях значительного разброса их значений определена взаимозависимость этих величин, а также установлены верхняя и нижняя границы.

По данным журналов ВУ-53 ремонтного и эксплуатационного вагонных депо для колёсных пар, выбывших из эксплуатации, и колёсных пар с изношенными поверхностями катания получено регрессионное выражение для определения зависимости среднего диаметра изношенных колёс  $\bar{D}$  от толщины их обода  $\bar{h}_{об}$  вида

$$\bar{D} = \sqrt{(638598 + 3734,44\bar{h}_{об})} + \varepsilon. \quad (2)$$

На рис. 2 показан характер поведения  $\bar{D} = \hat{f}(\bar{h}_{об})$ , наилучшим образом описываемой квадратичной зависимостью (коэффициент детерминации  $R^2 = 98,71\%$ ).

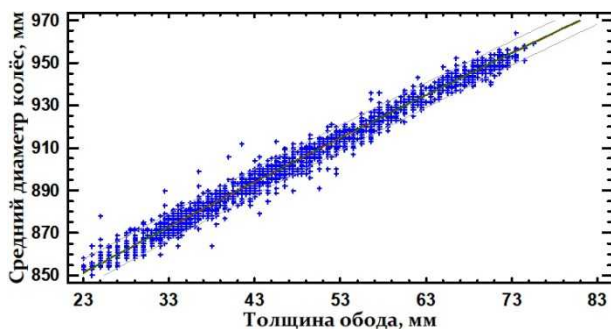


Рис. 2. График квадратичной зависимости среднего диаметра изношенных колёс от толщины обода

В выражении (2) учитывается, что по мере вывода из эксплуатации колёсных пар ввиду достижения ими предельно минимальных размеров (согласно [2, 6] толщина обода должна

быть не менее 22 мм) в эксплуатации остаются колёсные пары с крайними малыми значениями диаметров диска, и, следовательно, диаметров колёс. Также учитывается неравномерность износа поверхностей катания в зависимости от диаметра колёс. Так, при уменьшении диаметра колёс с 964 до 844 мм и связанным с этим увеличением частоты вращения колёсной пары, интенсивность износа контактных поверхностей колёс увеличивается на 12,4%. Дополнительно к неравномерному износу ободьев колёс, уменьшению их толщины способствует постепенное изменение твёрдости металла по мере приближения к зоне перехода обода колеса в диск. Уменьшение твёрдости регламентировано [1] и для колёс из стали марки Т твёрдость обода в точке перехода его в диск должна быть ниже твёрдости на глубине 30 мм от поверхности катания не менее чем на 30 НВ, а для колёс из стали марок 1, 2 и Л – не менее чем на 15 НВ.

Верхней границей, используемой для определения параметра  $M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]$ , может быть принято значение средней толщины обода в новых колёсных парах  $\bar{h}_{max}^{об}$ . В табл. 1 приведён сгруппированный статистический ряд значений толщины обода для 886 колёс в поступивших в эксплуатацию колёсных парах (по данным журналов ВУ-53 ремонтного вагонного депо).

Таблица 1

Толщина обода новых колёс в колёсных парах

Толщина обода $h_{max}^{об}$ , мм	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
Количество измерений, $k$	2	1	2	7	19	51	153	198	249	156	35	11	2

Согласно данным табл. 1 среднее значение максимальной толщины обода  $\bar{h}_{max}^{об}$  во вводимых в эксплуатацию колёсных парах составит

$$\bar{h}_{max}^{об} = \frac{\sum h_{max}^{об} k_i}{\sum k_i}; \bar{h}_{max}^{об} = 74,4 \text{ мм.}$$

Нижней границей для определения параметра  $M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]$  может быть принято среднее значение толщины обода  $\bar{h}_{min}^{об}$  в выбывших из эксплуатации колёсных парах. В табл. 2 приведён сгруппированный статистический ряд значений толщины обода для 836 колёс в выбывших из эксплуатации колёсных парах (по данным журналов ВУ-53 ремонтного вагонного депо).

Таблица 2

**Толщина обода колёс в выбывших из эксплуатации колёсных парах**

Толщина обода $h_{\min}^{об}$ , мм	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Количество измерений, $k$	4	11	32	53	91	108	93	193	86	88	41	21	10	5

Согласно данным табл. 2 среднее значение минимальной толщины обода  $\bar{h}_{\min}^{об}$  в выводимых из эксплуатации колёсных парах составит

$$\bar{h}_{\min}^{об} = \frac{\sum h_{\min}^{об} k_i}{\sum k_i}; \bar{h}_{\min}^{об} = 29,4 \text{ мм.}$$

По полученным значениям минимальной и максимальной толщины обода колёс определяется её средняя величина, используемая при определении параметра  $M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]$ :

$$\bar{h}^{об} = (\bar{h}_{\min}^{об} + \bar{h}_{\max}^{об}) / 2 = 51,9 \text{ мм.}$$

По результатам статистического анализа данных таблиц 1 и 2 определено, что указанное в них распределение наилучшим образом описывается нормальным законом (значения  $\chi^2$  соответственно равны 38,69 и 50,71). Исходя из этого можно утверждать, что распределение значений толщины обода в диапазоне от 23 до 79 мм также описывается нормальным законом с математическим ожиданием, приближённо равным параметру  $\bar{h}^{об}$ . Проверка данного утверждения произведена при определении среднего значения толщины обода колёс в эксплуатирующихся колёсных парах 224 вагонов (3 расформировываемых состава).

На рис. 3 показана гистограмма распределения 1792 значений толщины ободьев, вошедших в состав выборки.

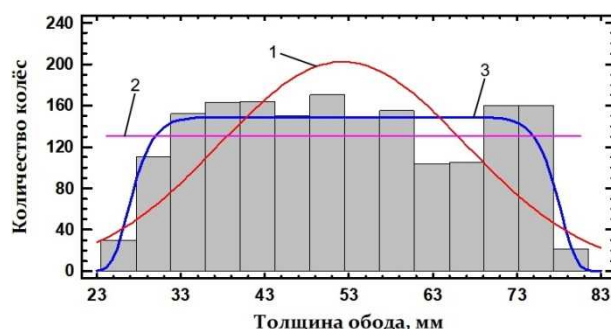


Рис. 3. Гистограмма и кривые распределений значений толщины обода: 1 – нормального; 2 – равномерного; 3 – экспоненциального

Распределение значений толщины обода хорошо описывается нормальным законом ( $\chi^2 = 460,42$ ), а средняя толщина обода  $\bar{h}^{об}$  составила 52,3 мм, что сопоставимо со значением, определённым выше (51,9 мм).

Результаты расчётов средних диаметров колёс по выражению (2) и изменения их радиусов представлены в табл. 3. По выражению (2) при толщине обода 74,4 мм средний диаметр изношенных колёс  $\bar{D}$  составил 957,3 мм. Относительно этого среднего значения диаметра колёс, равного 957,3 мм, определяется изменение их массы и тары вагонов в зависимости от уменьшения толщины обода, начиная с величины 74,4 мм с интервалом 10 мм. Расчёт произведён с учётом плотности стали 7850 кг/м<sup>3</sup> [1, приложение А]. Результаты расчётов приведены в табл. 3.

В регрессионном выражении (2) учитывается неравномерность износа обода в зависимости от его твёрдости и диаметра колеса. По данным табл. 3 разность соответствующих значений диаметров колёс при кратном изменении толщины обода увеличивается с их уменьшением, что говорит об адекватном описывании обозначенных выше явлений.

Таблица 3

**Изменение массы колёс и тары вагона в зависимости от толщины обода колёс после обточки**

Толщина обода $h_{об}$ , мм	Диаметр колёс с изношенным профилем по кругу катания $\bar{D}$ , мм	Уменьшение радиуса колеса $\Delta R$ относительно предыдущего, мм	Изменяемый объём*, мм <sup>3</sup>	Изменение массы колеса* $\Delta m_{h_{об}^{кол}}$ , кг	Изменение массы колёс** $\Delta m_{об}^{\Delta h}$ , кг
74,4	957,3	0	0	0	0
64,4	937,6	9,9	3848259***	30,2	241,7
54,4	917,5	10,1	3849018***	30,2	483,4
44,4	896,9	10,3	3849827***	30,2	725,2
34,4	875,8	10,5	3850694***	30,2	967,0
24,4	854,2	10,8	3851625***	30,2	1208,9

Исходя из среднего поля допусков на размеры профиля катания колеса и относительно предыдущих результатов расчёта.

\*\* При условии одинаковой толщины обода у всех колёс в вагоне.

\*\*\* Определено построением трёхмерного тела в среде AutoCAD по значениям  $\bar{D}$  и  $\Delta R$  без их промежуточных округлений.

Анализируя данные табл. 3 можно увидеть, что изменение массы колеса и тары вагона в зависимости от толщины обода носит линейный характер. Так, определена зависимость изменения массы колёс  $\Delta m_{об}^{\Delta h}$  и, следовательно, тары вагона  $m_b$  от средней толщины обода  $\bar{h}^{об}$  вида

$$\Delta m_{об}^{\Delta h} = 1798,96 - 24,1777\bar{h}^{об} + \varepsilon, \quad (3)$$

а также зависимость изменения массы одного колеса  $\Delta m_{h^{об}}^{кол}$  от фактической толщины его обода  $h^{об}$ :

$$\Delta m_{h^{об}}^{кол} = 224,864 - 3,02215h^{об} + \varepsilon. \quad (4)$$

Для определения изменения массы одиночного или состоящего из  $n$ -го количества вагонов отцепа может использоваться выражение, учитывающее толщину обода каждого из восьми колёс 4-осного вагона:

$$m_{h^{об}}^{отп} = n \sum_{i=1}^8 \Delta m_{h_i^{об}}^{кол}. \quad (5)$$

Согласно [6] разница диаметров колёс по кругу катания в одной тележке должна составлять не более 20 мм, а в двух тележках вагона – не более 40 мм. После плановых видов ремонта для инновационных тележек эти требования установлены ещё более жёсткие.

На основе анализа выражений (3) и (5) можно сделать вывод, что величина  $\Delta m_{об}^{\Delta h}$ , на которую необходимо корректировать массу тары одиночного вагона или состоящего из малого количества вагонов отцепа, будет обладать большой погрешностью. В то же время расчёты с применением выражения (5) для большого количества вагонов достаточно трудоёмки.

На основании вышеизложенного необходимо установить минимальное количество вагонов в отцепе (маневровом составе), для которых по уровню допускаемой погрешности возможно применение выражения (3).

В связи с тем, что масса колеса изменяется линейно с толщиной обода, то для допустимой ошибки в 1 т для вагона (отцепа) из (3) ошибка толщины обода одного колеса (соответствующая 125 кг его массы) составит:

$$X(h^{об}) = 74,4 - \frac{1798,96 - 125}{24,1777} = 5,16 \approx 5,2 \text{ мм.}$$

Минимальное количество вагонов  $n$  в отцепе или маневровом составе, корректировку массы которых с допустимой ошибкой возможно произвести по выражению (3), составит:

$$n = \frac{1}{8} \cdot \left( \frac{\tau_{\beta} \sigma}{X(h^{об})} \right)^2 = \frac{1}{8} \cdot \left( \frac{27,1}{5,2} \right)^2 = 3,39 \approx 4 \text{ вагона.}$$

Для допустимой ошибки 0,5 т при корректировке массы отцепов и маневровых составов по выражению (3) определено, что их длина не должна быть менее 14 вагонов. Таким образом, с увеличением количества вагонов ошибка в корректировке массы отцепов будет уменьшаться.

Известно, что скатыванию вагонов (отцепов) с горки препятствует оказываемое на них основное удельное сопротивление, а также сопротивление от воздушной среды и ветра, влияние которых возрастает с уменьшением массы вагонов (отцепов). Как указано в [4, п. 6.1], высота сортировочной горки проверяется по условию обеспечения докатывания вагонов расчётной весовой категории до расчётной точки «трудного» пути сортировочного парка. Этим выражается одно из требований надёжности работы сортировочных горок, которую возможно повысить корректировкой (уменьшением) массы расчётных «очень плохих» и «плохих» бегунов  $q_{оп}$  на величину  $M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]$ . При средней толщине обода  $\bar{h}^{об} = 51,9$  мм в перерабатываемом вагонопотоке  $M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]$  составит:

$$\begin{aligned} M[\Delta m_{об}^{\Delta h}] &\approx \Delta m_{об}^{\Delta h} = 1798,96 - 24,1777 \cdot 51,9 = \\ &= 544 \text{ кг или } 0,54 \text{ т.} \end{aligned}$$

С наибольшей вероятностью по выражению (1)  $q'_{оп} = M[q'_{оп}] = 23,77 - 0,54 = 23,23$  тонны.

Но в самых трудных условиях вероятно изменение массы расчётных «очень плохих» бегунов на  $\Delta m_{об}^{\Delta h}$  с учётом отклонения среднеквадратической толщины обода от своего математического ожидания на величину

$$3\sigma = h_{\max}^{об} - \bar{h}^{об} = 79 - 51,9 = 27,1 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \Delta m_{об}^{\Delta h} &= 1798,96 - 24,1777 \cdot (51,9 - 27,1) = \\ &= 1199 \text{ кг или } \approx 1,2 \text{ тонны.} \end{aligned}$$

Величины основного удельного сопротивления  $w_0$  и от воздушной среды и ветра  $w_{св}$  являются необходимыми составляющими при определении основных параметров сортировочных горок (расчётная высота, мощность тормозных средств и др.). Уменьшение массы расчётных бегунов на величину  $M[\Delta m_{об}^{\Delta h}]$  влечёт за собой увеличение как расчётных значений сопротивления движению от воздушной

среды и ветра [4, формула 4.3], так и расчётной высоты сортировочной горки [4, формула 6.3].

В то же время более значительное влияние на расчётную высоту горки оказывает величина основного удельного сопротивления, также определяемая в зависимости от массы расчётных бегунов соответствующей весовой категории (легкой, легко-средней) [4, таблица 4.1].

В настоящее время, в основном, значения масс расчётных «плохих» и «очень плохих» бегунов относятся к «лёгкой» весовой категории, однако с переходом на современный подвижной состав происходит их смещение в сторону «легко-средней» категории. Так, в настоящее время современные модели самого массового типа подвижного состава – полувагонов – имеют коэффициент тары 0,29. В перспективе при достижении нагрузки на ось в 294,3 кН (30 тс) и сохранении такого же коэффициента тары, она может достигнуть значения 27 тонн. Для цистерн с коэффициентом тары 0,4 тара вагона будет составлять порядка 34 тонн. Суммарная масса экипажной части и съёмного кузова будет больше по сравнению с обычными вагонами аналогичной грузоподъёмности, что также справедливо для связки платформа-контейнер. Также увеличению массы расчётных бегунов способствует постепенная утилизация вагонов с осевой нагрузкой до 230,5 кН (23,5 тс).

На оснащённых автоматизированными системами сортировочных горках возможно расширение перечня разрешённых к роспуску вагонов с опасными грузами. В результате в перерабатываемый вагонопоток будут включены специализированные вагоны с повышенной массой тары.

С учётом вышеперечисленных факторов расчётная масса легковесных отцепов в ближайшее время может существенно возрасти, что нивелирует уменьшение тары вагона в течение срока его эксплуатации и ее влияние на рассматриваемые процессы.

Актуальные значения массы расчётных бегунов (отцепов) наиболее важны при моделировании режимов работы сортировочной горки, определении скоростей движения отцепов и интервалов их следования, а также определении наличной перерабатывающей способности.

Информация о толщине обода и массе отцепов на автоматизированных сортировочных горках может быть использована для контроля скорости выхода отцепов с парковых тормозных позиций с целью максимального заполнения путей сортировочного парка и ликвидации окон между вагонами, а также для упреждения возникновения нештатных технологических

ситуаций с целью обеспечения работы горки в непрерывном режиме.

Таким образом, повысить надёжность и безопасность работы сортировочных горок возможно за счёт использования актуальной информации о фактическом техническом состоянии комплектующих частей вагона и учёта изменения его массы в процессе эксплуатации.

## Результаты

Результаты исследования показали, что в расчётах по определению основных параметров сортировочных горок фактически используются завышенные на 0,5-1,2 т массы расчётных бегунов. Это даёт основание утверждать, что учёт фактического состояния подвижного состава, перерабатываемого на сортировочных горках, с использованием данных «от колеса», незначительно влияет на расчётные параметры сортировочных устройств. Так, на основе полученной зависимости изменения тары вагонов от толщины обода колёс (3) выполнена корректировка массы расчётного «очень плохого» бегуна и произведена проверка основных параметров сортировочной горки малой мощности станции Жлобин. Выявлено незначительное занижение фактической высоты горки. В то же время, прогнозируемый резерв мощности тормозных средств должен соответствовать  $K_y = 1,3 \dots 1,6$ .

Установлено, что с увеличением количества вагонов погрешность определения массы отцепов уменьшается.

## Научная новизна и практическая значимость

Получены эмпирические зависимости изменения массы вагонных колёс и тары вагонов от толщины обода, учитывающие как непостоянство размеров колёс, так и неравномерность износа их контактных поверхностей.

Практическая значимость исследования заключается в том, что определение массы расчётного «очень плохого» бегуна с учётом уменьшения массы колёс вагонов в процессе эксплуатации позволяет повысить объективность инженерных решений в проектах новых или реконструкции существующих сортировочных горок для их безопасной и надёжной работы. Также результаты исследования могут быть использованы при создании интегрированного автоматизированного комплекса «Цифровая сортировочная станция», реализующего единую модель расположения подвижных единиц в пределах сортировочной станции в реальном времени на основании данных «от



колеса» [9] для предупреждения возникновения нестандартных технологических ситуаций при расформировании составов на автоматизированных сортировочных горках.

Кроме того, дополнительный эффект от использования результатов исследования заключается в возможном повышении провозной способности железных дорог в случае реализации в едином информационном пространстве обмена данными между АС УКВ и АСУ СС для формирования ТГНЛ со скорректированной по выражению (5) массой поезда.

### Выводы

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Учёт фактического состояния вагонов позволил обосновать уменьшение массы «очень плохого» бегуна в расчётах по определению основных параметров сортировочных горок и показать, что влияние этого фактора на них незначительно. Так, для сортировочных горок всех типов мощности увеличение расчётной высоты может достигать от 2 до 10 см, особенно при расположении сортировочного комплекса в зоне с сильными ветрами. В связи с тенденцией увеличения массы тары современного подвижного состава влияние исследуемого фактора на конструктивные параметры горки снижается.

2. Уменьшение толщины обода вагонов оказывает большее влияние на регулируемые параметры движения при скатывании отцепов с сортировочной горки. На сортировочных горках с механизированными тормозными позициями информация о толщине обода может быть использована для более точного выбора силы нажатия замедлителей и исключения недотормаживания или перетормаживания отцепов с учётом значительного снижения тормозного эффекта (до 30 %) при уменьшении толщины обода [8]. Это особенно важно при переходе от четырёхступенчатой системы управления вагонными замедлителями к восьмиступенчатой. Кроме того, полученная информация о фактических параметрах вагонов может быть использована в интегрированной цифровой модели сортировочной станции, функционирующей на основе данных «от колеса» [9]. Уменьшение толщины обода значительно сокращает и допустимую длину юза (до 2,5...10 м) на немеханизированных сортировочных горках для предотвращения образования термомеханических повреждений поверхностей катания колёс [3].

В этих условиях прогнозируемый резерв мощности тормозных средств горки должен рассчитываться при  $K_{\gamma} = 1,3...1,6$ .

3. Метод учёта изменения массы вагонов в зависимости от толщины обода может быть использован для оценки повышения провозной способности железных дорог при неизменной норме массы поездов. При этом установлено, что погрешность определения массы в вагонах уменьшается с увеличением количества вагонов в составе.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 10791-2011 Колёса цельнокатаные. Технические условия [Текст]. Взамен ГОСТ 10791-2004 и ГОСТ 9036-88 ; введён в действие в качестве национального стандарта РФ приказом №142 от 01.01.2012 г. – М. : Стандартинформ, 2011. – 32 с.

2. Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации (инструкция осмотрику вагонов) [Текст] : №808-2017 ПКБ ЦВ. Утверждена Советом по железнодорожному транспорту Государств-участников Содружества. Протокол от 21-22 мая 2009 г. №50

3. Пожидаев С. А. Повышение эффективности сортировочной работы при расформировании составов грузовых поездов на немеханизированных сортировочных горках [Текст] / С. А. Пожидаев, Ю. Д. Росликова // Сборник научных работ ДНУЖТа им. ак. В.Лазаряна: Транспортные системы и технологии перевозок, г. Днепропетровск – 2013. – № 6. – С. 76-81.

4. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах. ВСН-207-89. – М. : Транспорт, 1992 – 104 с.

5. Правила эксплуатации и пономерного учёта собственных грузовых вагонов [Текст] : Утверждены на 68-м заседании Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества от 17-18 мая 2018 г.

6. Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колёсных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм [Текст] : РД ВНИИЖТ 27.05.01-2017: Введено в действие: с 01 января 2018 года.

7. Руководящий документ. Руководство по капитальному ремонту грузовых вагонов [Текст] : РД 32 ЦВ 168-2017: Введено в действие на Белорусской железной дороге указанием №06/262 от 26.07.2011 г.

8. Шабельников А. Н. Влияние толщины обода колеса на тормозной эффект в системах автоматизации [Текст] / А. Н. Шабельников, В. Н. Соколов, И. А. Ольгейзер, С. А. Рогов // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – №12. – с. 2–4.

9. Шабельников А. Н. От механизации к цифровизации сортировочной станции [Текст] / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер, С. А. Рогов // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – №1. – с. 21–23.

Стаття рекомендована к публікації  
д.т.н., проф. Негреем В. Я. (Республика Бела-  
русь)

Поступила в редколлегию 21.10.2019.  
Принята к печати 30.10.2019.

С. О. ПОЖИДАЄВ, Є. С. КИСЕЛЕВСЬКИЙ

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРАХУНКОВИХ БІГУНІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК З УРАХУВАННЯМ ЗМІНИ МАСИ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ЧАСТИН ВАГОНІВ ТА ЇХ ФАКТИЧНОГО СТАНУ

**Метою** дослідження є вдосконалення підходів до визначення параметрів розрахункових бігунів (відчепів) при проектуванні і обстеженні сортувальних пристроїв з урахуванням зміни у процесі експлуатації фактичного стану вагонів. **Методика.** На основі методів теорії ймовірностей і математичної статистики встановлено, що в освіті маси тари вагонів найбільшою дисперсією володіє маса коліс вагонів, т. к. їх стан змінюється в найбільшою мірою. Проведена обробка статистичного матеріалу для встановлення залежності між розмірами коліс і масою вагонів. **Результати** дослідження показали, що важко враховують зменшення маси вагонів в процесі експлуатації незначно впливає на основні розрахункові параметри сортувальних пристроїв, але її фактична величина важлива для регулювання режимів їх роботи, особливо в несприятливих умовах. **Наукова новизна.** Отримані емпіричні залежності маси вагонів і колісних пар від товщини обода коліс, що враховують як мінливість їх розмірів, так і нерівномірність зносу контактних поверхонь, що в сукупності дозволяє точніше визначати масу розрахункових бігунів на основі статистичного аналізу. **Практична значимість.** Облік фактичного стану вагонів, інформація про яких буде формуватися в автоматизованій системі «Цифрова модель сортувальної станції» або сучасних системах контролю і діагностики стану рухомого складу, що дозволяє підвищити якість інженерних рішень у проектах нових або реконструкції існуючих сортувальних пристроїв для підвищення безпеки і надійності їх роботи, а також попередження виникнення нештатних технологічних ситуацій при розформуванні составів у реальних умовах.

*Ключові слова:* сортувальна гірка; маса розрахункового бігуна; колісна пара; товщина обода колеса

S. POZHIDAEV, YE. KISELEVSKIИ

## DETERMINATION OF CALCULATED RUNNERS PARAMETERS WHEN DESIGNING SORTING HUMPS TAKING INTO ACCOUNT CHANGE IN THE WEIGHT OF COMPONENT PARTS OF CARS AND THEIR ACTUAL CONDITION

**The purpose** of the study is to improve approaches to determining the parameters of the calculated runners (unhooks) in the design and inspection of sorting devices, taking into account changes in the operation of the actual condition of the cars. **Methodology.** Based on the methods of probability theory and mathematical statistics, it is established that the mass of wagon wheels has the greatest dispersion in the formation of wagon tare mass, since their state changes to the greatest extent. Processing of statistical material for establishment of dependence between the sizes of wheels and weight of cars is made. **The results** of the study showed that it is difficult to take into account the decrease in the mass of cars in operation has slightly effect on the basic design parameters of sorting devices, but its actual value is important for regulating the modes of their operation, especially in adverse conditions. **Originality.** The empirical dependences of the mass of cars and wheel pairs on the thickness of the wheel rim are obtained, taking into account both the variability of their sizes and the uneven wear of the contact surfaces, which together allows to more accurately determine the mass of the calculated runners on the basis of statistical analysis. **Practical value.** The view of the actual condition of cars, which will be formed in the automated system "a Digital model of marshalling yard" or modern systems of control and diagnostics of a rolling stock allows to improve the quality of engineering decisions in projects new or reconstruction of existing screening devices to improve security and reliability of their work and to lead an emergency technological situations when dissolution of compounds in real conditions.

*Keywords:* hump; the estimated weight of the runner; a pair of wheels; the thickness of the wheel rim



УДК 656.222.1

Г. О. ПРИМАЧЕНКО<sup>1\*</sup>, Л. І. ДМИТРІВ<sup>2\*</sup>, Я. Є. ТУЗ<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Транспортні системи та логістика», Український державний університет залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 19 55, ел. пошта gannaprymachenko@gmail.com, ORCID 0000-0001-7326-8997

<sup>2\*</sup> Каф. «Транспортні системи та логістика», Український державний університет залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 19 55, ел. пошта anadmitriv@gmail.com

<sup>3\*</sup> Каф. «Транспортні системи та логістика», Український державний університет залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 19 55, ел. пошта tuz@gmail.com

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДУМОВ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ

**Мета** роботи полягає в удосконаленні технології обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини шляхом вибору раціональних вартісних та часових параметрів логістичного ланцюга, що дозволить покращити показники роботи прикордонних залізничних станцій. Шляхом методів аналізу існуючого досвіду європейських країн встановити можливі заходи щодо інтеграції залізниць України до транспортної мережі Європейського Союзу на засадах активної співпраці у розбудові колії 1520 мм на території Західної Європи, а також модернізації існуючої в Україні колії європейського зразка, що пролягає до Ковеля. Для досягнення поставленої мети в роботі отримані наступні результати: проведено аналіз існуючих технологій та наукових підходів до формування технології обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини; розроблено комплекс математичних моделей для дослідження та вибору ефективного способу передавання вагонопотоків з колії шириною 1435 мм на колію шириною 1520 мм та у зворотному напрямку. **Наукова новизна** полягає у теоретичному обґрунтуванні процесів обслуговування вагонопотоків на основі впровадження логістичних підходів. **Практична значимість** полягає у розробці моделі декомпозиції вагонопотоків різнорідної структури на станціях стикування колій різної ширини, що дозволяє мінімізувати експлуатаційні витрати і час перебування вагонів на цих станціях; формалізації та вирішенні з використанням методів векторної оптимізації завдання щодо визначення раціональних параметрів процесу обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини, що дозволяє покращити систему експлуатаційних показників роботи станції під час виконання перевантаження вантажів, зміни візків вантажних вагонів та проходження вагонів через систему SUW-2000.

**Ключові слова:** розсувні колісні пари; залізничні лінії; система SUW-2000; логістика пасажирських залізничних перевезень

### Вступ

До 2030 року основним викликом перед розвитком в Україні залізничної інфраструктури європейського зразка буде вирішення питання відмінності між українськими та європейськими стандартами прокладання доріг і технічними характеристиками самої колії. Європейський зразок передусім відрізняється вужчим розташуванням залізничних рейок, а також довжиною залізничних рейок, яка в Україні становить 25 м, а в більшості країн Європи – 75 м і більше.

Попри те що в деяких регіонах України вже здійснюються роботи з будівництва колії європейського зразка, станом на 2019 рік в цілому по країні фактично відсутні потужності для руху високошвидкісного залізничного транспорту.

Актуальність теми статті полягає у проблематиці впровадження швидкісного руху поїздів, доводиться необхідність використання системного підходу, який включає аналіз світового досвіду, дослідження передумов організації високошвидкісного руху поїздів в Україні, способів стикування вітчизняної мережі залізниць з європейською, проектування високошвидкісних магістралей, що передбачає розробку вимог і нормативів щодо проектування необхідного плану. Також проблемою розвитку високошвидкісного транспорту є те, що інфраструктура й рухомий склад майже цілком залишається в спадок ще з радянських часів. Тому в розрізі проблеми швидкісного руху на території України слід вирішити низку основних завдань, а саме:

- реконструювати колії та контактні мережі;
- модернізувати рухомий склад під швидкісну колію;

– повністю оновити пристрої сигналізації, централізації та блокування на сучасніші, призначені для швидкісного руху;

– розробити нові моделі організації руху вантажних і пасажирських поїздів.

Якщо Україна прагне інтеграції в транспортну систему Європи, то залізничний транспорт має відповідати європейським стандартам щодо комфорту, надійності та безпеки. Такі провідні країни, як Німеччина, Франція, Італія, Іспанія, Китай та Японія, вже давно застосовують та впроваджують проекти щодо розвитку швидкісних систем для здійснення перевезень. Прикладами інвестиційних проектів є швидкісна колія «Тью-синкансен» (Японія), вартість якої становить 57 млрд дол. на 287 км шляху, і євротунель під Ламаншем (Британія – Франція), протяжністю понад 50 км і вартістю понад 14 млрд дол.

Отже, оптимальним сценарієм для розвитку залізничного транспорту в Україні є плавний перехід до нової інфраструктури з вищими швидкісними параметрами та більшою пропускну здатністю. У перспективі Україна також має розширювати обсяги інвестицій у проекти, пов'язані з розвитком швидкісного залізничного транспорту.

### **Мета дослідження**

Встановити можливі заходи щодо інтеграції залізниць України до транспортної мережі Європейського Союзу (ЄС) на засадах активної співпраці у розбудові колії шириною 1520 мм на території Західної Європи, а також модернізації існуючої в Україні колії європейського зразка, що пролягає до Ковеля.

### **Основна частина дослідження**

З кожним роком зростає попит пасажирів на туристичні подорожі та відпочинок на вітчизняних курортах, а також їх вимогливість до сервісу та комфорту під час подорожі. Звідси і збільшення лояльності пасажирів саме до швидкісних поїздів Інтерсіті та Інтерсіті+. Тому для АТ «Українська залізниця» (АТ «УЗ») є концептуально важливим покращувати ефективність роботи високошвидкісного транспорту в усіх його виявах: удосконалення професійних знань працюючого персоналу, розширення географії сполучення, інновації для забезпечення приємного дозвілля.

Загалом за 2018 рік швидкісними поїздами категорій Інтерсіті+ та Інтерсіті було перевезено 5 млн. 660 тис. пасажирів, що більше ніж за аналогічний період минулого року на 475 тис.

пасажирів, в якому було перевезено 5 млн. 185 тис. пасажирів.

Розглянемо світовий досвід впровадження швидкісного залізничного руху. Досвід країн Західної Європи та Японії показує, що найбільшої швидкості руху – 200-350 км/год. – можна досягти за умови організації високошвидкісного руху поїздів на спеціалізованих високошвидкісних магістралях. Проте їх будівництво і виробництво спеціалізованого рухомого складу вимагає великих капіталовкладень, бо їм має передувати будівництво окремих швидкісних магістралей. У світі застосовують таку класифікацію швидкісних залізниць для перевезення пасажирів за трьома категоріями максимальної швидкості руху потягів: перша – 200-250 км/год.; друга – 250-350 км/год.; третя – понад 350 км/год. Високошвидкісні залізниці (що також називаються Lignes Grande Vitesse, або швидкісні лінії LGV) визначаються Міжнародним союзом залізниць та ЄС як стандартні, з допустимою максимальною швидкістю понад 200 км/год., або як нові лінії, з передбаченою максимальною швидкістю понад 250 км/год. Усі високошвидкісні залізниці LGV Великобританії, Франції, Німеччини, Бельгії, Голландії, Іспанії та Італії, прокладені протягом останніх 30 років, мають проектну швидкість лінії 300 км/год. або більше. Французька національна залізниця є світовим рекордсменом зі швидкості із зареєстрованою швидкістю 575 км/год. на показовому пробігу по лінії LGV Est у 2007 році між Парижем та Страсбургом. Ці лінії використовуються лише для денних перевезень швидкісними пасажирськими поїздами з відносно низьким навантаженням на вісь, а рух поїздів вночі відсутній. На високошвидкісних лініях зазвичай немає вантажних перевезень (але є поодинокі випадки легких, наприклад, пошти і посилок, вантажних перевезень, які створюють навантаження на вісь, порівнянне з пасажирськими потягами, і дозволяється на цих залізницях). Швидкість найсучасніших поїздів перевищує 350 км/год., а на окремих ділянках досягає швидкості 486,1 км/год. (магістраль Пекін–Шанхай). Загальна протяжність високошвидкісних залізничних магістралей у світі зараз 7000 км, зокрема 3750 км в Європі, причому високошвидкісні поїзди обслуговують також полігон протяжністю близько 20 тис. км звичайних залізничних ліній, реконструйованих під швидкісний рух. Але процес проектування й будівництва нових ліній високошвидкісного руху не припиняється: так, поряд з розвитком високошвидкісної залізничної мережі Південної Європи, довжина якої до 2020 р. може становити

приблизно 10 тис. км, передбачається зростання кількості високошвидкісних ліній у країнах Азії. Перше місце в рейтингу високошвидкісних магістралей займає Китай, де швидкість руху перевищує 350 км/год. В Китаї до 2020 р. планується будівництво високошвидкісних ліній залізниць протяжністю близько 45 тис. км. Влада Китаю планує пов'язати країну ще з 17 державами. Це надасть Китаю статус світового лідера в галузі швидкісних залізничних перевезень, а протяжність високошвидкісних залізничних магістралей у країні перевищить 50% від загального обсягу подібних магістралей у всьому світі. Сьогодні Китай відмовився від ідеї повсюдного будівництва високошвидкісних магістралей і залучив нову стратегію на період до 2020 року, спрямовану на розвиток магістралей із різною швидкістю руху. Незважаючи на комфортабельність високошвидкісних експресів, вони виявляються недоступними для значної категорії людей з низьким рівнем доходів. На відносно коротких маршрутах перевага високошвидкісних поїздів зовсім нівелюється високою вартістю проїзду. Поява поїздів з різними швидкостями руху надасть змогу пасажиром купувати дешевші квитки на «повільні» потяги, а також збільшить кількість зупинок.

Підвищення швидкості руху пасажирських поїздів було і залишається однією з основних проблем розвитку залізниць у всіх індустріально розвинених країнах світу, що викликано прагненням забезпечити масові перевезення пасажирів у регіонах з високою щільністю населення; бажанням скоротити час поїздок пасажирів; необхідністю збільшення провізної здатності існуючих залізничних ліній, економії ресурсів. Світовий досвід свідчить, що підвищення швидкості руху поїздів реалізується поетапно: під швидкісний рух реконструюються існуючі залізничні магістралі, при цьому максимальна швидкість руху пасажирських поїздів не перевищує 160-200 км/год.; створюються високошвидкісні спеціалізовані залізничні магістралі, які передбачають можливість руху пасажирських поїздів зі швидкістю 200-350 км/год. На противагу поширеній думці, залізничні дороги зберігають свої позиції на ринку при часі поїздки, що перевищує 3 год. [1]. Їх частка становить 40-50% на маршруті Париж – Амстердам (час поїздки 4 год.), 20-30% на маршрутах Париж – Тулон, Париж – Тулуза (5 год.), 10-20% на маршрутах із часом поїздки 6-6,5 год. Досягнення в освоєнні високих швидкостей руху привели у 1990-х роках до появи перших планів створення європейської швидкісної залізничної мережі

на основі проектів національних швидкісних ліній. Мережі швидкісних повідомлень різних країн поступово інтегруються, утворюючи єдину європейську мережу. Вона має такі ланки: сполучення Eurostar – за допомогою цих сполучень Великобританія отримала постійний «сухопутний» зв'язок залізничі з країнами континентальної Європи через тунель під Ла-Маншем; сполучення Thalys – ці сполучення пов'язують великі міста чотирьох країн: Париж, Лілль (Франція), Брюссель, Антверпен, Льеж (Бельгія), Амстердам, Гаагу, Роттердам (Нідерланди), Ахен, Кельн, Дюссельдорф (Німеччина); сполучення Rbealys – високошвидкісний напрямок з Парижа у Страсбург, Люксембург та інші великі німецькі міста [2]. На відстанях між 500 і 1000 км існує інтенсивна конкуренція між залізничним та повітряним транспортом, і вирішальну роль при виборі пасажиром виду транспорту меншою мірою відіграє тривалість поїздки або польоту, а більшою – набір і якість послуг, що надаються, а також можливість адаптації до умов перевезень, що постійно змінюються. У залізничних сполученнях є та перевага, що внаслідок збільшення кількості проміжних зупинок окремих потягів (навіть з деяким невеликим збитком для маршрутної швидкості) можна охопити високошвидкісним сполученням міста, що знаходяться між кінцевими пунктами маршруту і, отже, залучити додаткових пасажирів. Так, багато в чому завдяки цьому вдалося добитися, що поїзди TGV перевозять на маршрутах між Парижем і франкомовними регіонами Швейцарії утричі більше пасажирів, ніж літаки. Ці два види транспорту нерідко прагнуть співпрацювати (доповнювати один одного) в певних сегментах ринку транспортних послуг. Це прагнення зумовлено тим, що поєднанням різних видів транспорту можна надати пасажиром можливість здійснити поїздку з більшими зручностями, ніж будь-яким з них окремо.

Швидкісний рух в Україні на сьогоднішній день уже не мрія, а реальність, тому ми можемо звернутися до високорозвинених країн, де на сьогоднішній день уже повноцінно функціонують міжнародні сполучення [3]. Для України можливість введення швидкісного руху міжнародного рівня здійснюється лише вирішенням ряду проблем, одна з яких є невідповідність ширини колії, оскільки стандарт 1435 мм не відповідає коліям нашої країни, де всі колії складають 1520 мм.

Дане питання можна вирішити різними способами. Одним із самих простих є побудування окремих швидкісних ліній з колією Європейсь-

кого стандарту в 1435 мм, що дадуть можливість приєднати свою мережу до швидкісних ліній LGV, як це впроваджено в Іспанії, де стандартна ширина колії складає 1674 мм.

Також у випадку колій 1520/1435 мм є один із найбільш поширених способів заміна візків. На прикордонних станціях розміщуються додаткові колії для проведення заміни візків. Так, для прикладу можна звернутися до кордону країн Молдова – Румунія [4], де заміна візків відбувається під відкритим небом. Даний підхід має суттєві недоліки – збільшення часу обороту вагонів, суттєві витрати технологічних та виробничих ресурсів. Тому актуальною являється проблема розробки розсувних колісних пар, що здатні без зупинки руху змінити ширину колісних пар.

Польська система розсувних колісних пар (РКП) SUW 2000 (див. рисунок 1) відрізняється від інших своєю універсальністю [5, 6]: можливе її застосування у вантажних і пасажирських вагонах; пристосованість до змін в трьох варіантах різниці ширини колій (1435-1520, 1435-1668, 1435-1520-1668 мм). Польська система належить до найбільш відпрацьованих систем автоматичного переходу вагонів з колії одного стандарту на колію іншого. РКП розроблені доктором Рішардом Сувальським.

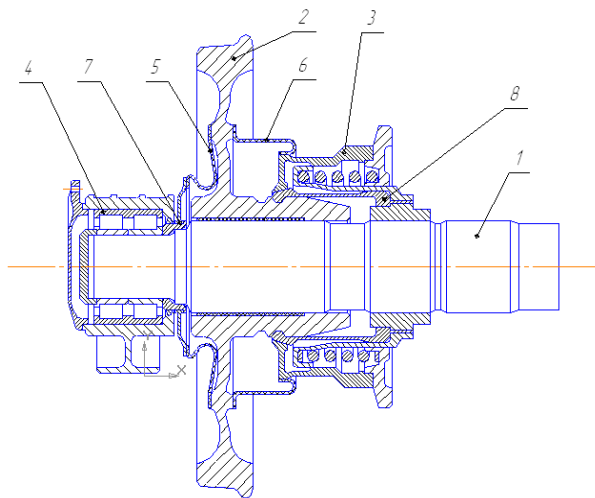


Рис. 1. Базова модель системи SUW 2000: 1 – вісь; 2 – колесо; 3 – блокуюча втулка; 4 – підшипник; 5 – зовнішній кожух; 6 – внутрішній кожух; 7 – упорне кільце; 8 – цангова втулка

Значна увага приділялась дослідженню технічних аспектів роботи системи SUW-2000 [7] у публікаціях Ю. В. Дьоміна, А. В. Донченка, Г. І. Кірпи, В. М. Самсонкіна, А. А. Стецько, А. Ю. Черняка та багатьох інших українських та іноземних науковців. Аналіз їхніх робіт свідчить про актуальність питання удосконалення експлуатації системи SUW-2000 та необхідність її подальшого дослідження. У цих робо-

тах, зокрема, намічено напрями подальшого розвитку системи SUW-2000, які будуть пов'язані з реалізацією програмних завдань з подальшої інтеграції транспортної системи України до Європейського співтовариства, та обґрунтовано підстави для допущення вагонів на візках з розсувними колісними парами до роботи у штатному режимі.

Більш економічним є застосування технології [8], що заснована на зміні колісних пар в тактовому режимі. Головні переваги переходу вагонами стиків залізниць з різною шириною колії шляхом зміни колісних пар полягають в тому, що менше витрат на складування ходових частин у порівнянні з технологією зміни візків, також використовуються колісні пари, повністю адаптовані до умов експлуатації і системи технічного обслуговування, що позитивно позначається на забезпеченні безпеки руху поїздів.

Визначено певні перешкоди, що постають на шляху повного впровадження означеної системи для вантажних перевезень в Україні. Серед них головними є відсутність рухомого складу, який би без обмежень експлуатувався на залізницях різної ширини колії, великі статичні та динамічні навантаження, що виникають в умовах експлуатації РКП та спричиняють різні дефекти, тощо.

## Висновки

АТ «УЗ» поступається у розвитку високошвидкісного руху іншим країнам, проте маючи чітке розуміння того, що для виходу на швидкісні пасажирські перевезення міжнародного рівня необхідно вирішити питання невідповідності колії, в роботі було розглянуто найбільш доцільні та зручні методи вирішення цих невідповідностей, якою є створення суміщених рейкових колій, які дадуть можливість співпрацювати з країнами Європи та Співдружності Незалежних Держав. Можливість та доцільність виведення швидкісних пасажирських перевезень на міжнародний рівень із зверненням уваги на ряд факторів, що слугують збільшенню пасажиропотоків, основним із яких є вартість поїзду.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Alvarez A. G. Automatic track gauge changeover for trains in Spain. Documentos de explotacion economica y tecnica del ferrocarril / A. G. Alvarez // Fundacion de los Ferrocarriles Españoles. — 2010. — 107 p.
2. Дикань, В. Л. Скоростное движение железнодорожного транспорта в мире и перспективы его развития в Украине [Текст] / В. Л. Дикань // Вісник економіки транспорту та промисловості. — 2010. — №32. — С. 15–25.



3. Бауліна, Г. С. Удосконалення роботи прикордонних передавальних станцій на основі автоматизованої технології управління вагонопотоками [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Бауліна Ганна Сергіївна. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 20 с.

4. Альошинський, Є. С. Напрямки удосконалення роботи прикордонних регулювальних станцій на кордонах з країнами СНД [Текст] / Є. С. Альошинський, Н. В. Колесникова: Х.: УкрДАЗТ – 2009. – С. 29–34.

5. Константинов, Д. В. Розвиток швидкісних пасажирських перевезень на залізницях України [Текст]: зб. наук. пр. / Д. В. Константинов. – УкрДАЗТ, 2013. – 382 с.

6. Кірпа, Г. Інтеграція залізничного транспорту України в Європейську транспортну систему

[Текст]: монографія / Г. Кірпа. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2004. – 248 с.

7. Suwalski R. M. SUW 2000: Wozkitowarowe i osobowe w awtomatycznym ruchuprzestawczym 1435/1520 mm [Text] / R. M. Suwalski. – Warszawa: Technika transportu szynowego, 2000. – № 7/8. – S. 32–44.

8. Момот, А. В. Економічна ефективність високошвидкісних пасажирських залізничних перевезень в Україні [Текст]: дис. канд. ... економ. наук. / А. В. Момот. – Дніпропетровськ, 2014. – 192 с.

*Стаття рекомендована до публікації д.техн.н., проф. Альошинським Є. С. (Україна)*

Надійшла до редколегії 04.09.2019.

Прийнята до друку 12.09.2019.

А. А. ПРИМАЧЕНКО, Л. И. ДМЫТРИВ, Я. Є. ТУЗ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДПОСЫЛОК ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В УКРАИНЕ

**Цель** работы заключается в совершенствовании технологии обслуживания вагонопотоков на станциях стыкования путей различной ширины колеи путем выбора рациональных стоимостных и временных параметров логистической цепи, что позволит улучшить показатели работы пограничных железнодорожных станций. Путем методов анализа существующего опыта европейских стран установить возможные меры по интеграции железных дорог Украины в транспортную сеть Европейского Союза на основе активного сотрудничества в развитии колеи 1520 мм на территории Западной Европы, а также модернизации существующей в Украине колеи европейского образца, которая пролегает до Ковеля. Для достижения поставленной цели в работе получены следующие результаты: проведен анализ существующих технологий и научных подходов к формированию технологий обслуживания вагонопотоков на станциях стыкования путей различной ширины разработан комплекс математических моделей для исследования и выбора эффективного способа передачи вагонопотоков из колеи шириной 1435 мм на колею шириной 1520 мм и в обратном направлении. **Научная новизна** заключается в теоретическом обосновании процессов обслуживания вагонопотоков на основе внедрения логистических подходов. **Практическая значимость** заключается в разработке модели декомпозиции вагонопотоков разнородной структуры на станциях стыкования путей различной ширины позволяет минимизировать эксплуатационные затраты и время нахождения вагонов на этих станциях; формализации и решении с использованием методов векторной оптимизации задачи по определению рациональных параметров процесса обслуживания вагонопотоков на станциях стыкования путей различной ширины, позволяет улучшить систему эксплуатационных показателей работы станции во время выполнения перегрузки грузов, изменения тележек грузовых вагонов и прохождения вагонов через систему SUW-2000.

**Ключевые слова:** раздвижные колесные пары; железнодорожные линии; система SUW-2000; логистика пассажирских железнодорожных перевозок

Н. О. PRYMACHENKO, L. I. DMYTRIV, Ya. E. TUZ

## RESEARCH OF THE PREREQUISITES OF HIGH-SPEED TRAFFIC ORGANIZATION IN UKRAINE

**The purpose** of the work is to improve the technology of maintenance of carriages at the stations of docking stations of tracks of different widths by choosing rational cost and time parameters of the logistics chain, which will allow to improve the performance of the border railway stations. Through methods of analyzing the existing experience of European countries, to establish possible measures for the integration of Ukrainian railways into the EU transport network on the basis of active cooperation in the construction of 1520 mm track in the territory of Western Europe, as well as the modernization of the existing European track in Kovel. In order to achieve this goal, the following results were obtained in the work: the analysis of existing technologies and scientific approaches to the formation of technologies for the maintenance of wagon traffic at the stations of docking stations of different widths; a complex of mathematical models was developed to investigate and select an efficient way of transferring carriages

from a track of 1435 mm to a track of 1520 mm and backwards. **The scientific novelty** lies in the theoretical justification of the processes of servicing wagon traffic based on the implementation of logistic approaches. **Practical importance** is: development of a model of decomposition of carriages of heterogeneous structure at stations of jointing of tracks of different width, which allows to minimize the operating costs and time of stay of cars at these stations; formalization and solution using the vector optimization methods of the task of determining the rational parameters of the process of servicing of carriages at stations of docking of tracks of different width, which allows to improve the system of operational performance of the station during the overloading of cargoes, changing the carts of freight wagons and passing cars through the SUW system.

*Keywords:* sliding wheel pairs; railway lines; SUW-2000 system; logistics of passenger rail transportation

УДК 656.212.5:681.3

І. Я. СКОВРОН<sup>1\*</sup>, Є. Б. ДЕМЧЕНКО<sup>2\*</sup>, А. С. ДОРОШ<sup>3\*</sup>, В. В. МАЛАШКІН<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (095) 230 50 34, ел. пошта: norvoks@gmail.com, ORCID 0000-0003-0697-2698

<sup>2\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (097) 799 16 75, ел. пошта: e.b.dmch@gmail.com, ORCID 0000-0003-1411-6744

<sup>3\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (066) 927 84 62, ел. пошта: dorosh.andrii@gmail.com, ORCID 0000-0002-5393-0004

<sup>4\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 793-19-13, ел. пошта: malaxa79@gmail.com, ORCID 0000-0002-5650-1571

## МЕТОДИ ДВОСТОРОННЬОГО ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ

**Метою** роботи є прискорення формування багатогрупних составів як на гіркових так і на безгіркових двосторонніх сортувальних пристроях за рахунок адаптації відомих методів формування багатогрупних составів для використання на двосторонньому сортувальному пристрої. Для адаптації були обрані найбільш відомі та найбільш ефективні методи формування багатогрупних составів, серед яких методи комбінаторний, розподільчий, рівномірного наростання, а також основний та подвійний ступеневий методи. **Методика.** Для дослідження процесу формування багатогрупних составів застосовуються методи комбінаторики, математичної статистики та функціонального моделювання. Формалізація класичних односторонніх методів формування була взята із існуючих наукових публікацій. Адаптація вказаних методів передбачається для можливості ефективної роботи з формування багатогрупних составів на двосторонніх сортувальних пристроях. **Результати.** В роботі були виконано формалізацію методів формування багатогрупних составів. На базі отриманих залежностей побудовано функціональну модель даного процесу, яка адекватно імітує всі стадії роботи з вказаними составами. В результаті виконаних досліджень за допомогою функціональної моделі було отримано результати ефективності використання запропонованої методики при формуванні багатогрупних составів на різних сортувальних пристроях для составів, що формуються з різними характеристиками. **Практична значимість.** Розроблена методика формування багатогрупних составів дозволяє пришвидшити даний процес та скоротити тривалість перебування місцевого вагону на сортувальних станціях. Для цього розроблена методика повинна бути включеною у якості додаткового програмного блоку у системі підтримки прийняття рішень диспетчерським персоналом станції. При наявності доступу до інформації про вагони багатогрупного составу та спеціалізацію колій для багатогрупного підбирання вагонів система підтримки зможе зімітувати процес формування багатогрупних составів різними методами, та запропонувати як план маневрової роботи такий порядок формування деяким методом, який забезпечить мінімальну тривалість формування даного составу.

**Ключові слова:** місцеві вагони, методи формування багатогрупних составів, двосторонній сортувальний пристрій, гірка малої потужності, функціональне моделювання.

### Вступ

В сучасних умовах інтенсивного розвитку ринку логістичних послуг для залізничного транспорту важливим є утримання конкурентних позицій із автомобільним транспортом. Відомо, що на залізничний транспорт серед перевезень масових вантажів, особливо на дальні відстані, припадає лівова частка, а деякі перевезення для промислових підприємств відбуваються лише залізничним транспортом, то на інших напрямках виникає необхідність конку-

рувати з автомобільним транспортом. В таких умовах необхідно швидко та якісно вирішувати різноманітні транспортні комбінаторні задачі, до яких відноситься і питання формування составів.

### Аналіз літературних джерел та постановка задачі дослідження

Вирішення проблеми формування составів, що пропонується в наукових роботах, як правило, пропонує незначні корективи процесу

формування. Однак, для досягнення суттєвого ефекту необхідне комплексне вирішення зазначеної проблеми, яке включало би як використання різноманітних спеціалізованих сортувальних пристроїв так і застосування ефективної технології формування.

Так, в ряді робіт пропонуються різноманітні сортувальні пристрої, покликані зменшити витрати на процес розформування-формування составів.

В роботі [1] пропонується оригінальний сортувальний пристрій, що включає дві гірки різної висоти. В періоди згущеного прибуття поїздів їх состави розформовуються на високій гірці зі встановленою швидкістю, а в періоди зменшених обсягів переробки розформування виконується на меншій гірці зі зменшеною швидкістю, за рахунок чого забезпечується деяка економія енергоресурсів.

Ряд публікацій [2, 3] присвячені використанню різних варіацій спеціалізованих пристроїв типу «ялинка» для формування составів зі значною кількістю груп.

В [4] авторами запропоновано спеціалізований двосторонній сортувальний пристрій, а також окреслено основні принципи роботи цього пристрою.

Аналіз запропонованих пристроїв та технології їх роботи дозволяє зробити висновок, що використання спеціалізованих сортувальних пристроїв дозволить отримати суттєве скорочення тривалості процесу розформування-формування лише в комплексі з ефективною технологією їх використання.

### Методика рішення

Згідно [4] конструкція двостороннього спеціалізованого пристрою має вигляд, що показано на рис. 1.

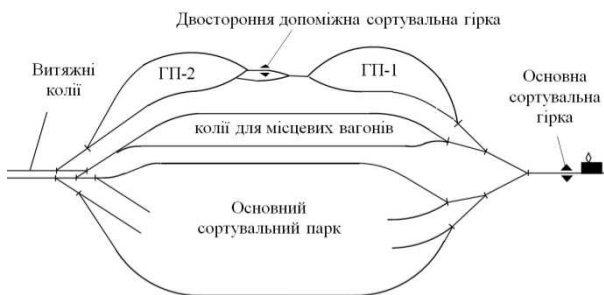


Рис. 1. Схематичне зображення конструкції двостороннього гіркового пристрою

Формування багатогрупного составу з використанням зображеного пристрою передбачає накопичення достатньої кількості місцевих вагонів на відповідних коліях основного сортувального парку, їх витягування

на основну сортувальну гірку з наступним сортуванням за розробленим маневровим планом на колії першого групувального парку (ГП-1). Далі здійснюється насув вагонів по черзі з кожної колії цього парку на допоміжну двосторонню сортувальну гірку для їх розформування на колії другого групувального парку (ГП-2). Якщо після цього формування груп вагонів составу не закінчене, виконується насув вагонів з кожної колії ГП-2 на допоміжну двосторонню сортувальну гірку у зворотному напрямку з розформуванням на колії ГП-1. Вказані операції повторюються до закінчення формування багатогрупного составу.

Для виконання формування багатогрупного составу за допомогою розробленої технології для кожного вагону початкового составу вказується номер групи до якої він належить. Кожній групі составу ставиться у відповідність певним чином отриманий код, кожна цифра якого являє собою логічний номер колії сортування вагону на етапі формування, рівному номеру розряду цієї цифри в коді. Нульовий етап формування складається із сортування вагонів з основної сортувальної гірки на колії першого групувального парку. Перший етап сортування передбачає виконання низки насувів та сортувань вагонів з колій першого групувального парку на колії другого, починаючи з колії, що має максимальний логічний номер і далі, по черзі, до колії з нульовим логічним номером. Після звільнення першого ГП-1 маневровий локомотив прямує по ходовій колії в ГП-2 де виконує аналогічні операції, щоправда, починаючи з колії з нульовим логічним номером, і далі, по черзі з колій по зростанню логічного номера.

Запропонована спеціальна (двостороння) технологія формування багатогрупних составів також може застосовуватись на сортувальному пристрої (рис. 2) без спорудження допоміжної двосторонньої гірки [4].

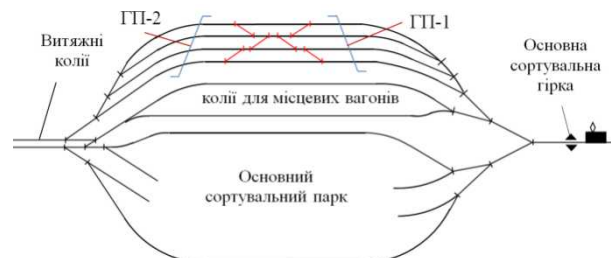


Рис. 2. Схематичне зображення конструкції двостороннього безгіркового пристрою

Для реалізації такої конструкції на визначених коліях основного сортувального парку необхідно вкласти ряд з'їздів, які



розіб'ють ці колії на два групувальні парки та дадуть змогу виконувати рух між коліями цих парків. Таке рішення дозволить знизити витрати на спорудження двостороннього сортувального пристрою, однак обсяг і тривалість маневрової роботи в даному випадку у порівнянні із запропонованою вище методикою будуть значно більшими.

Як було відмічено вище, наведені спеціалізовані сортувальні пристрої не зможуть забезпечити інтенсифікацію процесу формування багатогрупних составів без спеціальної технології формування, що базується на адаптованих для двостороннього формування найбільш дієвих методах формування багатогрупних составів [5, 6].

Одними із найбільш відомих методів формування багатогрупних составів є комбінаторний, розподільчий, метод рівномірного наростання, а також основний та подвійний ступеневий методи та деякі інші [6].

Для можливості виконання порівняльної оцінки ефективності вказаних методів за допомогою функціональної моделі необхідно виконати формалізацію вказаних методів.

Далі наведемо визначені основні аналітичні залежності для адаптованого до двостороннього формування комбінаторного методу (КМА).

а) номер групувального парку, з колій якого відбувається витягування або насув вагонів на  $j$ -му етапі формування

$$P_{\text{вн}} = \begin{cases} \text{ОСП (витягування на ОСГ) при } j = 0 \\ \text{ГП-1 (насув на ДСГ) при } j \bmod 2 = 1, 0 \\ \text{ГП-2 (насув на ДСГ) при } j \bmod 2 = 0, j > 0 \end{cases};$$

б) номер групувального парку, на колії якого виконується сортування вагонів

$$P_c = \begin{cases} \text{ГП-1 при } j \bmod 2 = 0; \\ \text{ГП-2 при } j \bmod 2 = 1, 0 \end{cases};$$

в) логічний номер колії  $m_i$  витягування  $P_{\text{вн}}$ -го парку на  $j$ -му етапі

$$\mu_j = \mu_{\text{нак}} \text{ при } j = 0, \\ \text{відсутній при } j > 0.$$

г) логічний номер колії  $m_i$  насуву  $P_{\text{вн}}$ -го парку на  $j$ -му етапі (у випадку  $m^* = m_1^* = m_2^*$ )

$$\mu_{1j} = \mu_j + m^* - 1, \mu_j + m^* - 2, \dots, \mu_j + 1, \mu_j, \\ \text{при } \mu_j = 0, j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 1, 0,$$

$$\mu_{2j} = \mu_j, \mu_j + 1, \dots, \mu_j + m_2^* - 2, \mu_j + m_1^* - 1, \\ \text{при } \mu_j = 0, j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 0, j > 0, \\ \text{при цьому}$$

$$\mu_{2j+1} = \mu_{1j+1} = \mu_{j+1} = (\mu_j + m^* - 1) \bmod m^*.$$

д) логічний номер колії  $m_i$  сортування  $P_c$ -го парку на  $j$ -му етапі:

– для составу, який витягнуто з колії накопичення ОСП або насунутого з колії  $\mu_j = 0$   $P_{\text{вн}}$ -го парку

$$\mu(g_i) \text{ якщо в } g_i \\ j_{k+j} = 0, j_{k+j-1} = \dots = j_{j+1} = j_j = 1, \\ \text{при } j \in [0, N - 1].$$

– для составу, що насувається з колії  $\mu_j = 1, 0$   $P_{\text{вн}}$ -го парку

$$\mu_{2j} = \mu_{1j}, \text{ при } j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 1, 0,$$

$$\mu_{1j} = \mu_{2j}, \text{ при } j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 0, j > 0$$

Основні аналітичні залежності для адаптованого розподільчого методу наведемо далі (РМА). Вирази для визначення номеру групувального парку, з колій якого відбувається витягування або насув вагонів на  $j$ -му етапі формування, номеру групувального парку, на колії якого виконується сортування вагонів для даного методу та логічний номер колії  $m_i$  витягування  $P_{\text{вн}}$ -го парку на  $j$ -му етапі повністю аналогічні відповідним виразам для двостороннього комбінаторного методу.

Інші характерні вирази наведено нижче:

а) логічний номер колії  $m_i$  насуву  $P_{\text{вн}}$ -го парку на  $j$ -м етапі

$$\mu_{1j} = m - 1, m - 2, \dots, 0 \\ \text{при } j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 1, 0,$$

$$\mu_{2j} = 0, 1, \dots, m - 2, m - 1 \\ \text{при } j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 0, j > 0.$$

д) логічний номер колії  $m_i$  сортування  $P_c$ -го парку на  $j$ -му етапі

$$\mu(g_i) = k, \text{ якщо в } g_i \\ j_{k+j} = 0, j_{k+j-1} = \dots = j_{j+1} = j_j = 1,$$

де  $j \in [0, N - 1]$ .

Істотним достоїнством двостороннього розподільчого методу в порівнянні з класичним є відсутність необхідності збирання вагонів з усіх шляхів (крім нульового етапу), що дозволяє значно скоротити число вагонів, які переміщуються, в процесі маневрових пересувань.

Основні аналітичні залежності для адаптованого методу рівномірного наростання

(МРНА) наведемо далі. Як і для попередніх двох методів перші три залежності характерні і для даного методу.

Крім цього для даного методу характерне наступне:

а) кількість етапів  $N$  формування

$$N = \left\lceil \frac{\theta}{m^* - 1} \right\rceil \text{ при } m^* = m_1^* = m_2^*, m \in \mathbb{N},$$

б) логічний номер колії  $\mu_j(\gamma_i)$  насуву  $P_{\text{вн}}$ -го парку на  $j$ -м етапі

$$\mu_j = \begin{cases} m_1^* - 1, & \text{при } j \bmod 2 \neq 0 \\ m_2^* - 1, & \text{при } j \bmod 2 = 0, j > 0 \end{cases},$$

е) логічний номер колії  $m_i$  сортування у  $P_c$ -му парку на  $j$ -му етапі:

$$\mu_j(\gamma_i) = \begin{cases} \gamma_i \bmod m^*, & \text{при } \lfloor \gamma_i / m^* \rfloor = j \\ m^* - 1, & \text{при } \lfloor \gamma_i / m^* \rfloor \neq j \end{cases}$$

при  $j \in [0, N - 1], j > 0$ ,

$$\text{де } \gamma_i = \begin{cases} \theta, \theta - 1, \dots, & \text{для } P_c = \text{ГрП1} \\ 0, 1, 2, \dots, & \text{для } P_c = \text{ГрП2} \end{cases}$$

Для адаптованого основного ступеневого методу (ОСМА) маємо наступні характерні залежності:

а) номер груповального парку, з колій якого відбувається витягування або насув вагонів на  $j$ -му етапі формування

$$P_{\text{вн}} = \begin{cases} \text{ОСП (витягування на ОСГ) при } j = 0; \\ \text{ГП-1 (насув на ДСГ) при } j = 1 \end{cases};$$

б) номер груповального парку, на колії якого виконується сортування вагонів

$$P_c = \begin{cases} \text{ГП-1 при } j = 0; \\ \text{ГП-2 при } j = 1 \end{cases};$$

в) максимальна кількість груп  $G_m$ , що може бути підібрана на  $m_1^* / m_2^*$  коліях

$$G_m = 0,5m^*(m^* + 1),$$

при  $m^* = \min\{m_1^*; m_2^*\}$ , где  $m_1^*, m_2^* \in \mathbb{N}$ ,

г) логічний номер колії  $m_i$  насуву  $P_{\text{вн}}$ -го парку на  $j$ -му етапі

$$\mu_{1j} = m - 1, m - 2, \dots, 0 \text{ при } j = 1,$$

е) логічний номер колії  $m_i$  сортування  $P_c$ -го парку на  $j$ -му етапі:

$$m_i = g_i - 0,5(2m - h_i - 1)$$

де  $h_i = m^* - 0,5(1 + \theta)$  при  $j = 0$ ,

$$m_i = h_i + 1 \text{ при } j = 1.$$

Для подвійного ступеневого методу (ПСМА) характерні вирази наведені далі.

а) номер груповального парку, з колій якого відбувається витягування або насув вагонів на  $j$ -му етапі формування

$$P_{\text{вн}} = \begin{cases} \text{ОСП (витягування на ОСГ) при } j = 0; \\ \text{ГП-1 (насув на ДСГ) при } j = 1 \end{cases};$$

б) номер груповального парку, на колії якого виконується сортування вагонів

$$P_c = \begin{cases} \text{ГрП1 при } j \bmod 2 = 0; \\ \text{ГрП2 при } j \bmod 2 \neq 0 \end{cases};$$

в) максимальна кількість груп  $G_m$ , що може бути підібрана на  $m_1^* / m_2^*$  коліях

$$G_m = m^*(m^* + 1),$$

при  $m^* = \min\{m_1^*; m_2^*\}$ , где  $m_1^*, m_2^* \in \mathbb{N}$ ,

г) логічний номер колії  $m_i$  насуву  $P_{\text{вн}}$ -го парку на  $j$ -му етапі

$$\mu_{1j} = 1, 0 \text{ при } j = 1,$$

$$\mu_{2j} = m - 1, m - 2, \dots, 0 \text{ при } j = 2.$$

д) логічний номер колії  $m_i$  сортування  $P_c$ -го парку на  $j$ -му етапі:

$$\mu(\gamma_i) = \begin{cases} 0, & \text{при } \gamma_i \bmod 2 = 0 \\ 1, & \text{при } \gamma_i \bmod 2 \neq 0 \end{cases}, \text{ при } j = 0,$$

$$\mu(\gamma_i) = \begin{cases} 0,5(\gamma_i - \eta_i^I(2m - \eta_i^I - 1) + 2), & \text{при } \gamma_i \bmod 2 = 1 \\ 0,5(\gamma_i - \eta_i^{II}(2m - \eta_i^{II} - 1) + 1), & \text{при } \gamma_i \bmod 2 = 0 \end{cases},$$

при  $j = 1$ ,

$$\mu(\gamma_i) = \eta_i^{II} + 1, \text{ при } j = 2,$$

де

$$\eta_i^I = \left\lceil 0,5(2m - \sqrt{(2m+1)^2 - 4(\theta+2)} - 1) \right\rceil,$$

$$\eta_i^{II} = \left\lceil 0,5(2m - \sqrt{(2m+1)^2 - 4(\theta+1)} - 1) \right\rceil.$$

Логічний номер колії  $m_i$  збирання  $P_{\text{вн}}$ -го парку на  $j$ -му етапі для методів ОСМА та ДСМА визначається аналогічно як і для КМА.

Даний метод за три етапи дозволяє сформувати багатогрупний состав з максимальною кількістю груп, практично вдвічі перевищує аналогічний у ОСМА. У той же час, потрібний колійний розвиток залежить від параметрів составу, що дозволяє говорити про недостатню універсальність двох останніх методів.

Численні експерименти з розробленою на основі наведених вище виразів функціональною моделлю дозволив встановити, що найбільш ефективним методом формування на двосторонньому сортувальному пристрої є адаптований розподільчий метод. Ілюстрація формування деякого багатогрупного составу двостороннім розподільчим методом наведено на рис. 3.

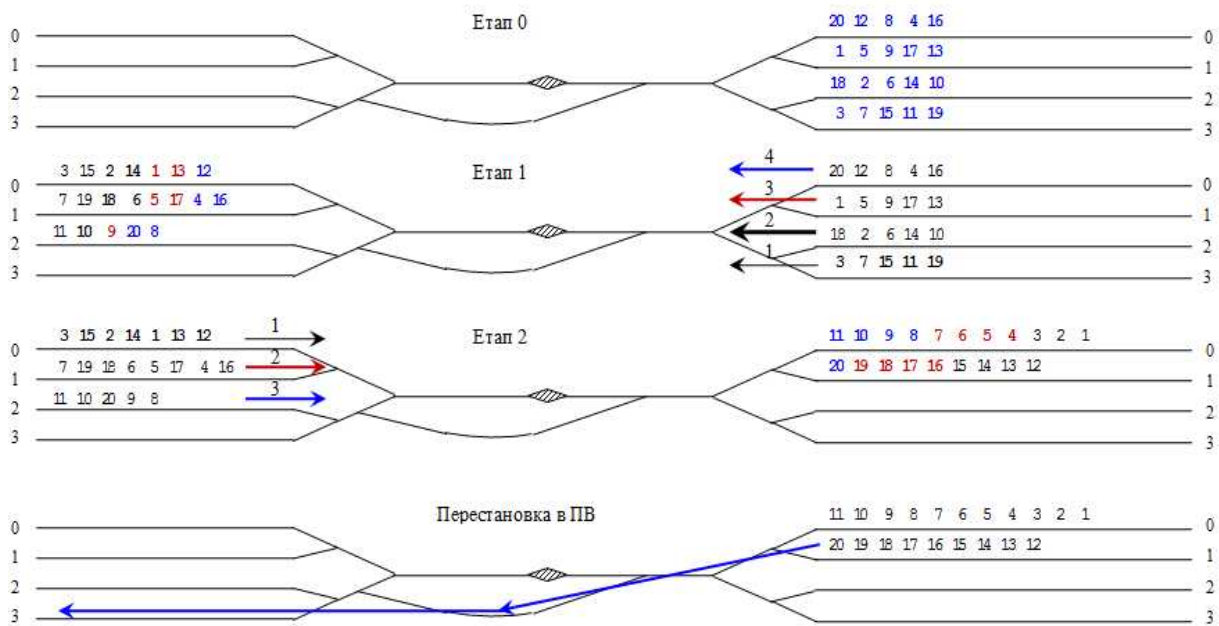


Рис. 3 – Ілюстрація формування багатогрупного складу двостороннім розподільчим методом

Для перевірки ефективності запропонованих сортувальних пристроїв виконаємо з їх допомогою моделювання формування потоку із 100 складів з кількістю вагонів рівною від 20 до 35 вагонів (див. табл. 1).

В розглянутих потоках складів кількість логічних груп прийнята випадковою, що розподілена за нормальним законом. Формування багатогрупного складу

виконується за кращим методом серед класичних (варіант №1 – 3) та спеціальним чином адаптованих методів (варіант №4, 5) формування багатогрупних складів. Для виконання досліджень була використана розроблена функціональна модель формування багатогрупних складів, побудована на базі наведеної вище формалізації методів.

Таблиця 1

### Результати моделювання формування потоку складів

Сортувальний пристрій	$T_{\phi}, хв$			
	20	25	30	35
Основна сортувальна гірка (ОСГ)	16,86	22,04	29,35	39,43
Витяжна колія у хвості парку С-1 (ВК ОСП)	23,08	31,91	42,12	52,6
Односторонній допоміжний гірочний пристрій (ОС ДГП)	16,54	21	28,75	38,01
Двосторонній допоміжний гірочний пристрій (ДС ДГП)	15,74	20,61	27,24	35,67
Двосторонній безгірочний пристрій (ДС ДБГП)	19,7	27,13	36,3	44,48

За даними, що наведені у таблиці 1 побудуємо графіки залежностей тривалості формування багатогрупних складів від типу сортувального пристрою та кількості вагонів у складі. Вказані залежності наведені на рис. 4.

Проведені розрахунки показали, що запропонований двосторонній сортувальний пристрій дозволяє сформувати багатогрупний склад на 5,7 % – 10,1 % швидше, ніж при формуванні з основної гірки, а у порівнянні з формуванням у хвості основного сортувального парку ефект становить 31,4 % – 38,2 %. В той

же час, використання двостороннього безгірочного сортувального пристрою дозволяє формувати багатогрупні склади на 13 % – 15 % швидше ніж у хвості сортувального парку, а спорудження такого пристрою не вимагає суттєвих витрат.

Для обґрунтування доцільності спорудження вказаного пристрою в кожному конкретному випадку необхідно виконати економічні розрахунки, які повинні врахувати як тривалість формування багатогрупного складу за допомогою запропонованого пристрою так і

їх кількість, а також вартість спорудження двосторонньої гірки малої потужності. Однак виконання таких розрахунків в даній статті не було заплановано.

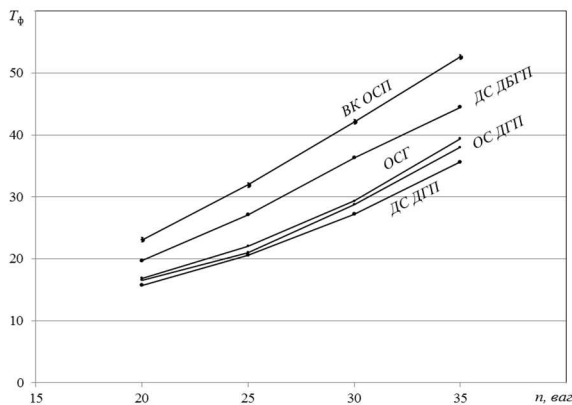


Рис. 4 – Графіки залежностей тривалості формування від кількості вагонів для різних варіантів сортувальних пристроїв

Враховуючи сказане вище, для виконання робіт з формування відносно невеликої кількості багатогрупних составів рекомендується використовувати двосторонній безгірочний сортувальний пристрій, при цьому на 13 % – 15 % скорочується тривалість даної роботи у порівнянні з тривалістю виконання її на витяжній колії у хвості сортувального парку, та забезпечується звільнення від цієї роботи основної сортувальної гірки.

#### Наукова новизна та практична значимість

Зважаючи на те, що авторами було вперше розроблено методику адаптації відомих методів формування багатогрупних составів для їх двостороннього формування то є усі підстави стверджувати, що наукова новизна запропонованої методики безсумніву існує.

Практична значимість запропонованої методики є безсумнівною, оскільки встановлено, що використання допоміжного двостороннього сортувального пристрою та спеціальної технології формування багатогрупних составів сприяють ліквідації операцій витягування та збірки вагонів з колій групвальних парків, що дозволяє зменшити обсяг, а відтак і тривалість маневрової роботи, а необхідність насуву незначних груп вагонів з відносно малою сумарною масою на допоміжну гірку сприяє зниженню енергетичних затрат маневрового локомотиву.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бобровський, В. І. Дослідження ефективності конструкції сортувальної гірки з горбами різної висоти [Текст] / В. І. Бобровський, Є. Б. Демченко // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. - Вип. 8. - С. 20-26.
2. Аксёнов В.И., Норматов М. Н. Эффективность секционирования путей сортировочных парков станций для переработки местного вагонопотока // Совершенствование методов организации движения поездов, грузовой работы и проектирования станций. Ташкент, 1974. с. 44-51.
3. Ray С. Полугорка с противоуклоном для повторной сортировки – новое эффективное средство формирования многогруппных поездов. Ж. д. мира. 1976. № 12. с. 64-68.
4. Бобровский, В. И. Двустороннее сортировочное устройство для интенсификации процесса формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения — Ростов-на-Дону: РГУПС, 2013. — Вып. 2(23) — С. 7—12.
5. Jacob, R. Multistage methods for freight train / Rico Jacob, Peter Martoon, Jens Maue, Marc Nunkesser // 7th Workshop on algorithmic approaches for transportation modeling, optimization and systems. 2007. – P. 158–174.
6. Бобровский В. И., Сковрон И. Я. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 19 – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2007. – с. 88-93.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Бобровським В. І. (Україна)*

Надійшла до редколегії 21.10.2019.

Прийнята до друку 29.10.2019.

## МЕТОДЫ ДВУСТОРОННЕГО ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОГРУППНЫХ СОСТАВОВ

**Целью** работы является ускорение формирования многогранных составов, как на горочных, так и на безгорочных двусторонних сортировочных устройствах за счет адаптации известных методов формирования многогранных составов для использования на двустороннем сортировочном устройстве. Для адаптации были выбраны наиболее известные и наиболее эффективные методы формирования многогранных составов, среди которых методы комбинаторный, распределительный, равномерного нарастания, а также основной и двойной ступенчатый методы. **Методика.** Для исследования процесса формирования многогранных составов применяются методы комбинаторики, математической статистики и функционального моделирования. Формализация классических односторонних методов формирования взята из существующих научных публикаций. Адаптация указанных методов предусматривается для возможности эффективной работы по формированию многогранных составов на двусторонних сортировочных устройствах. **Результаты.** В работе была выполнена формализация методов формирования многогранных составов. На базе полученных зависимостей построена функциональную модель данного процесса, адекватно имитирующую все стадии работы с указанными составами. В результате выполненных исследований с помощью функциональной модели была выполнена оценка эффективности использования предложенной методики при формировании многогранных составов на различных сортировочных устройствах для формирующихся составов с различными характеристиками. **Практическая значимость.** Разработана методика формирования многогранных составов позволяет ускорить данный процесс и сократить продолжительность простоя местного вагона на сортировочных станциях. Для этого разработанная методика должна быть включена в качестве дополнительного программного блока в системе поддержки принятия решений диспетчерским персоналом станции. При наличии доступа к информации о вагонах многогранных составов и специализации путей для многогранных подбор вагонов система поддержки сможет имитировать процесс формирования многогранных составов различными методами, и предложить в качестве плана маневровой работы порядок формирования некоторым методом, обеспечивающий минимальную продолжительность формирования данного состава.

*Ключевые слова:* местные вагоны; методы формирования многогранных составов; двустороннее сортировочное устройство; горка малой мощности; функциональное моделирование

I. SKOVRON, Y. DEMCHENKO, A. DOROSH, V. MALASHKIN

## METHODS OF DOUBLE DIRECTION FORMATION OF MULTI-GROUP TRAINS

**The purpose** of the work is to accelerate the formation of multi-group trains, both on humps and on non-humps double-sided sorting devices by adapting the known methods of multi-group trains forming for use on a double-sided sorting devices. Well known and most effective methods of the multi-group trains formation such as combinatorial, distribution, uniform growth methods, as well as the basic and double step methods were selected for the adaptation. **Methodology.** To study the process of multi-group trains forming, methods of combinatorics, mathematical statistics and functional modeling was used. The formalization of classical single-sides methods of train forming was based on existing research. Adaptation of these methods was performed to provide the effective multi-group trains forming on double-sided sorting devices. **Results.** The methods of multi-group trains forming were formalized in the article. Based on the obtained dependencies, a functional model of this process was built. The model adequately imitates all stages of the multi-group trains forming process. Using the functional model the effectiveness of proposed forming methodology of the multi-group trains with different characteristics on various sorting devices was evaluated. **Practical significance.** The developed methodology of the multi-group trains forming allows to speed up the sorting process and reduces the dwell time of local cars at marshalling yards. For this purpose the methodology should be included as an additional program unit into the decision support system for the stations dispatch staff. Based on the information about the cars of multi-group trains and specialization of the classification tracks the support system can imitate the formation process according to various methods and as a solution gives the shunting plan built on method which provides minimal duration of train forming.

*Keywords:* local cars; methods of multi-group trains forming; double-sided sorting device; low power hump; functional modeling

Для нотаток

Для нотаток

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 18*

*(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 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Ум. друк. арк. 13,02. Тираж 150 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>