

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 17*

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 24.06.2019 р., протокол № 13*

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. 17. – 80 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

<b>Ю. Р. ГРИМАК</b> (Львівський коледж транспортної інфраструктури Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОЧОГО ЧАСУ ЛОКОМОТИВНОЇ БРИГАДИ У МЕЖАХ ПОЇЗДКИ У ВАНТАЖНОМУ РУСІ.....	4
<b>А. А. ЖИЛИНКОВ</b> (Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет»), <b>Н. И. БЕРЕЗОВЫЙ</b> (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна) АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРУБНОЙ ПРОДУКЦИИ РАЗЛИЧНОГО СОРТАМЕНТА В КУЗОВАХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	11
<b>И. В. ЖУКОВИЦКИЙ</b> (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна) МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОГО УКЛОНА В ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СКАТЫВАНИЯ ОТЦЕПОВ С ГОРКИ.....	18
<b>Б. О. КУШИМ, Ю. О. СІЛАНТЬЄВА</b> (Національний транспортний університет) АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ БІРЖ В УКРАЇНІ.....	22
<b>В. В. МАЛАШКІН, М. І. БЕРЕЗОВИЙ, Є. Б. ДЕМЧЕНКО, С. В. БОРИЧЕВА</b> , (Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДИСКРЕТНО-ПОДІЄВОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	28
<b>А. Р. МІЛЯНИЧ</b> (Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ОПТИМАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПРИ ОБМЕЖЕНИХ ТЕРМІНАХ РЕМОНТНИХ РОБІТ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ.....	34
<b>М. Е. ПЕРЕПИЧКО</b> (Одесский национальный морской университет) ИДЕНТИФИКАЦИЯ СУЩНОСТИ И ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНТЕГРАЦИИ В СИСТЕМЕ «ПОРТ – ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ПАРК».....	42
<b>О. С. ПЕСТРЕМЕНКО-СКРИПКА, Т. Т. БЕРЕСТОВА</b> (Український державний університет залізничного транспорту) УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ МІЖНАРОДНОГО ВАГОНОПОТОКУ НА ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ.....	48
<b>А. Ю. СИТЕНЬКО, О. П. ПРОЦИК</b> (Національний транспортний університет) СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМАТИКА ДОСТАВКИ КОНСОЛІДОВАНИХ ВАНТАЖІВ .....	55
<b>В. В. СКАЛОЗУБ, Б. Б. БЕЛЫЙ</b> (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна) СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОГРУППНЫХ СОСТАВОВ.....	62
<b>В. Г. СЫЧЕНКО, А. Ю. ПАПАХОВ, Н. А. ЛОГВИНОВА</b> (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна) МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ОПТИМИЗАЦИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОК.....	69
<b>И. В. ЧАЙКОВСКИЙ</b> (Одесский национальный морской университет) ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МЕТОДОВ В КОНТРОЛЕ И АНАЛИЗЕ РАБОТЫ ФЛОТА .....	76

УДК 124.456.7 : 878.9

Ю. Р. ГРИМАК<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Львівський коледж транспортної інфраструктури Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Снопківська, 47, 79011, м. Львів, Україна, тел. +38 (097) 563 95 35, ел. пошта grimak.yura@gmail.com, ORCID 0000-0003-4551-9255

## АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОЧОГО ЧАСУ ЛОКОМОТИВНОЇ БРИГАДИ У МЕЖАХ ПОЇЗДКИ У ВАНТАЖНОМУ РУСІ

В статті виділено основні задачі, що повинні вирішуватись в умовах дефіциту магістрального тягового рухомого складу у вантажних перевезеннях та відзначено, що одним з напрямків досліджень, спрямованих на розуміння процесів експлуатації локомотивів та організації праці локомотивних бригад є дослідження масивів маршрутів машиністів локомотивних депо у вантажному русі.

У рамках аналізу попередніх досліджень, спрямованих на удосконалення експлуатаційної роботи локомотивних депо відзначено відсутність досліджень, що висвітлюють складові часу експлуатації локомотивів та пов'язаного з цим режиму роботи локомотивних бригад. Відзначено акцентування авторами неефективності існуючої системи оперативного управління тяговим рухомим складом та необхідності розробки ефективних оперативних планів підв'язки локомотивів і раціонального планування робочого часу локомотивних бригад.

Виконаний аналіз структури маршруту машиніста показав, що основна інформація, що підлягає статистичному аналізу міститься у розділах 2 та 5 маршруту машиніста і відображає тривалість робочого часу локомотивної бригади та послідовність і тривалість усіх операцій, що виконуються локомотивною бригадою у процесі поїздки.

Середні значення тривалості поїздки локомотивних бригад по чотирьох основних депо різних регіональних філій Укрзалізниці, отримані шляхом статистичного аналізу, показали різницю середніх значень цього показника на 22%, що пов'язане зі специфікою роботи окремих локомотивних депо.

Оцінка якості використання локомотивів та продуктивності праці локомотивних бригад виконана шляхом аналізу тривалості знаходження локомотива під составом поїзда та тривалості знаходження локомотива у русі з поїздом. Аналіз вказаних випадкових величин дозволив отримати їх статистичні параметри, а також характер розподілу. Встановлено, що час у русі має логнормальний розподіл, а тривалості поїздки і знаходження локомотива під поїздом – нормальні закони розподілу.

*Ключові слова:* маршрут машиніста; локомотив; локомотивна бригада; депо; вантажний рух

### Вступ

В умовах дефіциту тягового рухомого складу у вантажних перевезеннях на українських залізницях особливо актуальною задачею є забезпечення тягою планових вагонопотоків. При чому в таких умовах потрібно вирішувати суперечливі завдання – виконання терміну доставки вантажів і найбільш інтенсивне використання локомотивів при дотриманні інтервалів між технічним обслуговуванням та дотримання режиму праці та відпочинку локомотивних бригад з метою недопущення порушень.

В умовах достатньої кількості тягового рухомого складу на перше місце виходить завдання раціонального використання локомотивів та планування роботи локомотивних бригад з метою зменшення експлуатаційних витрат і частки локомотивної складової у собівартості

перевезень.

Для розуміння процесів, що характеризують експлуатаційну складову роботи локомотивних депо у вантажному русі були виконані дослідження масивів маршрутів машиністів за різні періоди двох календарних років по чотирьох локомотивних депо українських залізниць.

Для розуміння фактичних показників використання поїзних локомотивів, на підставі статистичної обробки інформації, що міститься у маршрутах машиніста, виконано аналіз розподілу робочого часу локомотивної бригади за одну поїздку. Результати досліджень наведені у цій статті.

### Огляд результатів попередніх досліджень

Значна кількість досліджень і публікацій за їх результатами присвячена обігу вагону і ана-

лізу його складових, визначення їх ваги та причин, що викликають простої вагонів. Джерелами статистичних даних для цього є Довідники основних показників роботи залізниць України та Статистичні збірники транспорту і зв'язку. Однак публікації, присвячені аналізу показників використання локомотивів, робочого часу локомотивних бригад практично відсутні.

Дослідження, результати яких опубліковані до середини 90-х років минулого сторіччя досить важко аналізувати з точки зору використання їх результатів через серйозні зміни, які відбулися: поява приватних підприємств, що обслуговуються залізничним транспортом, поява компаній, що оперують власним та орендованим вагонним парком та надають транспортно-експедиторські послуги; зміна принципів організації порожніх вагонопотоків, тощо.

Серед публікацій останніх років, присвячених удосконаленню експлуатаційної роботи локомотивних депо у вантажному русі, на які слід звернути увагу необхідно виділити наступні.

Цикл статей [1-5] присвячено аналізу оперативного управління тяговим рухомих складом та відзначено неефективність існуючих систем і необхідність розробки ефективних оперативних планів підв'язки локомотивів і раціонального планування робочого часу локомотивних бригад. Для вирішення цих проблем запропоновано методи для створення автоматизованої системи управління роботою локомотивного парку. При цьому відзначено можливість у якості механізму рішення застосування нечітких моделей для прогнозування поїздотоків і підв'язки локомотивів.

Однак недоліками таких методів є відсутність оцінки впливу їх застосування на величину штату та процес планування роботи локомотивних бригад, а також відсутність обмежень максимальної кількості локомотивів, що можуть бути видані в роботу на протязі доби та максимальної кількості локомотивних бригад для обслуговування локомотивів у певному плановому проміжку часу. Це, звісно, потребує удосконалення запропонованих моделей.

Те ж стосується і статті [6], де модель розрахунку оптимальних режимів роботи поїзних локомотивів представлена як динамічна транспортна задача.

Слід відзначити, що одним з напрямків реформування залізничного транспорту України є впровадження приватної локомотивної тяги та трансформація «ниток» графіка руху поїздів у товар, що може бути наданий власником чи оператором інфраструктури, як наступний крок до конкурентного ринку перевізних послуг. Ре-

зультати досліджень, наведені в статтях [7-10], можуть стати вихідними даними до розробки методики визначення локомотивної складової та, зокрема, визначення орендної плати за використання приватних локомотивів, що можуть бути надані в оренду АТ «Укрзалізниця» власниками, як один з можливих сценаріїв впровадження приватної локомотивної тяги.

### **Аналіз структури маршруту машиніста**

Як відомо, маршрут машиніста – основний первинний документ з обліку роботи локомотивних бригад і рухомого складу, а також витрат палива при тепловозній тязі та електроенергії при електровозній. Маршрут машиніста заповнюється окремо на кожну поїздку локомотивної бригади і містить в собі відомості про склад бригади, маршрут проходження локомотива з поїздом чи резервом, простої на станціях відправлення, проміжних і обороту, набір та витрату палива, нагін і запізнення по маршруту слідування поїзда відносно графіка руху поїздів.

Маршрут машиніста є паперовим документом, видається локомотивній бригаді перед поїздом і заповнюється машиністом локомотива. Після здійснення поїздки маршрут здається у відділ обліку і розрахунків локомотивного депо, де здійснюється його обробка, в результаті чого дані маршруту заносяться у відповідні програмні комплекси, для автоматизованого розрахунку показників роботи локомотива та бригади і визначення роботи і заробітної плати локомотивної бригади.

Маршрут машиніста складається з шести розділів, останній з яких – «Таксування АСУ ЛОКБРИГ» формується автоматично.

В процесі досліджень було використано дані розділу 2 – «Відомість про робочий час тягової рухомої одиниці (ТРО) і локомотивної бригади» та розділу 5 – «Відомості про хід, вагу поїзда та виконану маневрову роботу».

Основна інформація, що міститься у розділі 2 маршруту машиніста відображає тривалість робочого часу локомотивної бригади – моменти явки та прийому ТРО, а також моменти здачі ТРО та закінчення роботи.

У залежності від організації роботи локомотивних бригад та особливостей взаємного розташування депо, місць здачі та приймання локомотива, інтервали між моментом явки та прийомом локомотива коливаються у досить широких межах, так як і інтервали між моментами здачі локомотива і закінчення роботи.

У даному розділі вказується також інформація про моменти проходження контрольного посту

депо та час перевищення відпочинку локомотивної бригади у пункті обороту.

У розділі 5 вказується інформація, що характеризує послідовність і тривалість усіх операцій, що виконуються локомотивною бригадою в процесі поїздки:

- моменти відправлення поїзда чи локомотива резервом з початкової станції та станцій по маршруту проходження поїзда чи локомотива резервом;

- моменти прибуття поїзда чи локомотива резервом на кінцеву станцію та станції по маршруту проходження поїзда чи локомотива резервом;

- тривалості поїзних маневрів, простоїв біля вхідного сигналу;

- номер поїзда, маса нетто та брутто поїзда, кількість осей (інформація вказується для кожного поїзда при веденні на протязі робочого часу кількох поїздів однією локомотивною бригадою).

### Основна частина

Робочий час локомотивної бригади характеризується такими визначеннями як робочий обіг та повний обіг локомотивної бригади.

Час, витрачений на ведення однієї пари поїздів по ділянці обслуговування, називається робочим обігом локомотивної бригади і враховує час ведення поїзда по ділянці з урахуванням простоїв на проміжних станціях, та допоміжний час на підготовчо-заклучні дії, норма тривалості якого встановлюється з урахуванням місцевих умов, тривалості регламентованих перерв на приймання та здавання локомотива, простою в очікуванні та під екіпіруванням, тощо. Повний обіг локомотивної бригади враховує відпочинок в пункті обороту і розраховується як сума робочого обігу локомотивної бригади та тривалості відпочинку в пункті обороту.

Неперервний робочий час  $t_{\text{пр.р}}$  локомотивної бригади розраховується від моменту явки на роботу до моменту здачі локомотива. Максимальна тривалість неперервного робочого часу локомотивної бригади регламентується наказами Укрзалізниці. Далі неперервний робочий час локомотивної бригади будемо називати тривалістю поїздки.

Тривалість поїздки за результатами аналізу структури маршруту машиніста може бути визначена за формулою

$$T_{\text{п}} = t_{\text{я-пр}} + t_{\text{пр-від}} + t_{\text{р}} + t_{\text{пр.ст}} + t_{\text{пр.б-к.р}} \quad (1)$$

де  $t_{\text{я-пр}}$  – проміжок часу між моментом явки локомотивної бригади на роботу та моментом

прийому локомотива, год.;

$t_{\text{пр-від}}$  – проміжок часу від моменту прийому локомотива до моменту відправлення з поїздом, год. Слід відзначити, що маршрут машиніста не дає можливості проаналізувати і дослідити інтервал часу, між моментом подачі локомотива під поїзд до моменту відправлення, тобто інтервал часу, коли виконується опробування автоматичних гальм, прибирання башмаків, видача локомотивній бригаді довідки ВУ-45 та простій в очікуванні відправлення після доповіді машиніста про готовність до відправлення;

$t_{\text{р}}$  – час руху локомотива з поїздом по ділянці обслуговування, год.;

$t_{\text{пр.ст}}$  – час простою локомотива з поїздом на проміжних станціях та на станції, що є межею дільниці обслуговування – в пункті обороту, год.;

$t_{\text{пр.б-к.р}}$  – час від моменту прибуття локомотива з поїздом на кінцеву станцію до моменту закінчення роботи локомотивної бригади.

В таблиці 1 наведено середні значення тривалості поїздки локомотивних бригад по чотирьох основних депо різних регіональних філій Укрзалізниці, отримані шляхом статистичного аналізу цього показника.

Таблиця 1

Середні значення тривалості поїздки

№ з/п	Депо	Сумарна тривалість, $\bar{T}_{\text{п}}$ , год.
1	Нижньодніпровськ-Вузол	10,41
2	Знам'янка	8,80
3	Львів-Захід	9,29
4	Одеса-Сортувальна (електровозна тяга)	11,30
5	Одеса-Сортувальна (тепловозна тяга)	9,63

Мінімальне значення середньої тривалості поїздки становить  $\bar{T}_{\text{п}}^{\text{Зн}} = 8,80$  год. для депо Знам'янка, а максимальне  $\bar{T}_{\text{п}}^{\text{Од}} = 11,30$  год. для депо Одеса-Сортувальна для дільниць з електровозною тягою. Така різниця, що досягає 22% пов'язана зі специфікою роботи депо – довжиною дільниць обслуговування, наповненістю графіка руху поїздів, структурою поїздопотоку (переважання кількості поїздів певних категорій), обсягом відправницької маршрутизації, тощо. Однак значного змістовного наповнення цей показник не має.

Оцінити якість використання локомотивів та продуктивність праці локомотивних бригад дозволяють наступні елементи тривалості поїздки, які відносяться до поїзної роботи:

- тривалість знаходження локомотива під

составом поїзда  $t_{\text{сост}}$  в годинах та відсотках від тривалості поїздки;

- тривалість знаходження локомотива у русі з поїздом  $t_p$  в годинах та відсотках від тривалості поїздки.

В таблиці 2 наведено середні значення вказаних вище елементів по чотирьох депо.

Таблиця 2

**Середні значення тривалості елементів поїзної роботи на протязі поїздки**

№ з/п	Депо	$t_{\text{сост}}$ , год./%	$t_p$ , год./%
1	Нижньодніпровськ-Вузол	7,44/71,5	4,36/41,9
2	Знам'янка	5,50/62,5	4,07/46,3
3	Львів-Захід	6,65/71,6	4,77/51,3
4	Одеса-Сортувальна (електровозна тяга)	7,13/63,1	3,07/27,2
5	Одеса-Сортувальна (тепловозна тяга)	5,69/59,1	3,60/37,4

Аналіз статистичних даних, наведених у таблиці 2 показує, що локомотив під составом поїзда –  $t_{\text{сост}}$ , знаходиться значний час, від 5,5 год. для депо Знам'янка до 7,44 год. для депо Нижньодніпровськ-Вузол. У відсотковому відношенні цей елемент коливається у межах від 61,3 до 76,4 % від загальної тривалості поїздки. Слід також враховувати, що фактична тривалість даного елемента навіть дещо більша. Маршрут машиніста, як було відзначено вище, не дає можливості визначити тривалість знаходження локомотива під составом від моменту подачі під состав до відправлення.

Аналіз такого показника, як середня тривалість у русі –  $t_p$ , показує, що ведення поїзда по дільниці обслуговування становить значно меншу частку від загальної тривалості поїздки. Мінімальне значення – 3,07 год., (27,2 % від загальної тривалості поїздки) зафіксоване для депо Одеса-Сортувальна у електровозній тязі; максимальне – 4,77 год. (51,3 %) зафіксоване для депо Львів-Захід.

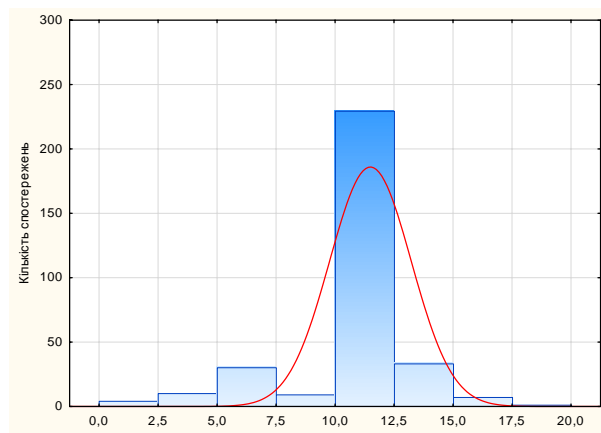
Аналіз випадкових величин тривалості поїздки  $T_p$ , знаходження локомотива під составом поїзда  $t_{\text{сост}}$  та знаходження локомотива у русі з поїздом  $t_p$  дозволив отримати їх статистичні параметри, а також характер розподілу.

У якості прикладу на результати аналізу для депо Одеса-Сортувальна в електровозному русі наведені в таблицях відповідно 3-5, а гістограми і закони розподілу вказаних величин зображені на рисунках 1-3.

Таблиця 3

**Результати аналізу випадкової величини тривалості поїздки**

№ з/п	Статистичний параметр	Значення
1	Математичне очікування $M[T]$ , год.	11,29641
2	Середнє квадратичне відхилення $\sigma[T]$ , год.	2,683458
3	Дисперсія $D[T]$ , год <sup>2</sup>	7,200945
4	Ексцес $E_T$ , год.	2,655554
5	Асиметричність $A_T$ , год.	-1,46649
6	Мінімум $T_{\text{min}}$ , год.	1,6
7	Максимум $T_{\text{max}}$ , год.	18,75



Закон розподілу – нормальний

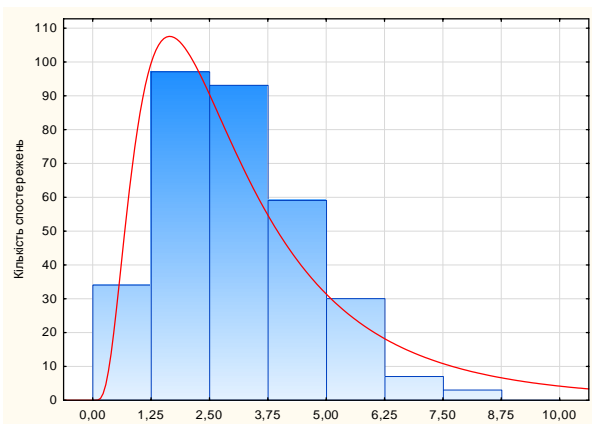
$$f(T) = 0,149e^{-\frac{(T-11,296)^2}{14,397}}$$

Рис. 1. Тривалість поїздки  $T$ , год.

Таблиця 4

**Результати аналізу випадкової величини тривалості руху з поїздом**

№ з/п	Статистичний параметр	Значення
1	Математичне очікування $M[t_p]$ , год.	3,06814
2	Середнє квадратичне відхилення $\sigma[t_p]$ , год.	1,56614
3	Дисперсія $D[t_p]$ , год <sup>2</sup>	2,4528
4	Ексцес $E_{t_p}$ , год.	0,08867
5	Асиметричність $A_{t_p}$ , год.	0,47214
6	Мінімум $t_p^{\text{min}}$ , год.	0,1
7	Максимум $t_p^{\text{max}}$ , год.	8,18



Закон розподілу – логнормальний

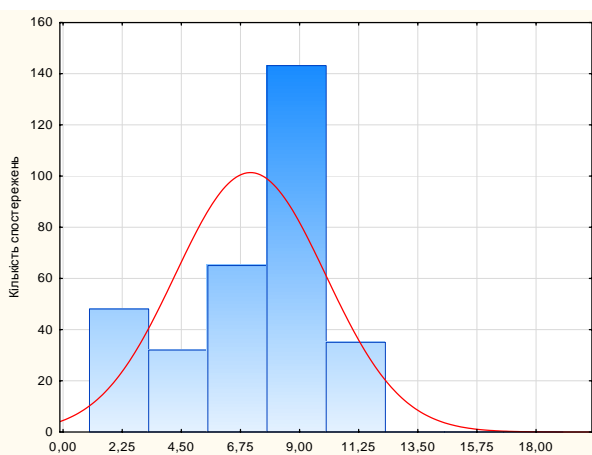
$$f(t_p) = \frac{1}{3,925 \cdot t_p} e^{-\frac{(\ln t_p - 3,068)^2}{4,904}}$$

Рис. 2. Тривалість руху з поїздом  $t_p$ , год.

Таблиця 5

**Результати аналізу випадкової величини тривалості знаходження локомотива з поїздом**

№ з/п	Статистичний параметр	Значення
1	Математичне очікування $M[t_{\text{сост}}]$ , год.	7,13618
2	Середнє квадратичне відхилення $\sigma[t_{\text{сост}}]$ , год	2,86114
3	Дисперсія $D[t_{\text{сост}}]$ , год <sup>2</sup>	8,18613
4	Екссес $E_{t_{\text{сост}}}$ , год.	-0,16673
5	Асиметричність $A_{t_{\text{сост}}}$ , год.	-0,92423
6	Мінімум $t_{\text{сост}}^{\min}$ , год.	0
7	Максимум $t_{\text{сост}}^{\max}$ , год.	11,62



Закон розподілу – нормальний

$$f(t_{\text{сост}}) = 0,139e^{-\frac{(t_{\text{сост}} - 7,136)^2}{16,372}}$$

Рис. 3. Тривалість знаходження локомотива з поїздом  $t_{\text{сост}}$ , год.

**Висновки**

За результатами виконаних досліджень сформульовані наступні висновки.

1. Тривалість поїздки локомотивної бригади у вантажному русі суттєво – до 22% відрізняється для різних локомотивних депо, що пов'язане зі специфікою роботи депо.

2. Тривалість знаходження локомотива під составом поїзда,  $t_{\text{сост}}$  у відсотковому відношенні коливається у межах від 61,3 до 76,4 % від загальної тривалості поїздки.

3. Тривалість у русі з поїздом по дільниці обслуговування –  $t_p$ , становить значно меншу частку від загальної тривалості поїздки і характеризує якісну сторону забезпечення вантажного руху локомотивами. Цей елемент коливається від 27,2 % до 51,3 % від загальної тривалості поїздки.

4. Аналіз вказаних вище випадкових величин показав, що час у русі має логнормальний закон розподілу, а тривалості поїздки і знаходження локомотива під поїздом – нормальні закони розподілу.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Вернигора, Р.В. Анализ простоев поездов в условиях поездных локомотивов на сортировочных станциях [Текст] / Р.В. Вернигора, Л.О. Ельникова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №5/3 (59). – С. 16-19.

2. Жуковицький, І.В. Моделювання процесу оперативного планування роботи локомотивного парку і локомотивних бригад [Текст] / І.В. Жуковицький, В.В. Скалозуб, О.В. Ветрова, О.Л. Зіненко // Вісник ДНУЗТ. – Д., 2006. – Вип. 12. – С. 74-78.

3. Жуковицький, І.В. Створення нових можливостей АСК ВП УЗ із підтримки оперативного планування призначення локомотивів до складу вантажних поїздів [Текст] / І.В. Жуковицький, А.Б. Устенко, О.Л. Зіненко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – №5. – С. 51-56.

4. Баврин, Г.Н. Суточное планирование потребности в локомотивах грузового движения [Текст] / Г.Н. Баврин, В.Н. Коротков // Железнодорожный транспорт. – 2008. – №11. – С. 11-13.

5. Некрашевич, В.И. Технология комплексного оперативного планирования работы локомотивов грузового движения в условиях автоматизации [Текст] / В.И. Некрашевич, А.И. Моргунов // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – №3. – С. 20-25.

6. Козлов, П.А. Модель оптимального графика оборота поездных локомотивов [Текст] / П.А. Козлов, С.П. Вакуленко // Вестник ВНИИЖТ. – 2015. – №2. – С. 15-20.

7. Козаченко, Д. Н. Проблемы использования частных локомотивов для выполнения перевозок на магистральном железнодорожном транспорте [Текст] : зб. наук. пр. / Д. Н. Козаченко, Р. В. Верни-



гора, Н. И. Березовый // ДНУЗТ «Транспортні системи і технології перевезень». – 2012. – № 3. – С. 40–46.

8. 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 // Заліз. трансп. України. – 2012. – № 6. – С. 35–37.

9. Козаченко, Д. Н. Перспективы использования частной локомотивной тяги на магистральном железнодорожном транспорте Украины [Текст] / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый // Українські залізниці – 2013. – № 1. – С. 50–54.

10. Березовый, Н. И. Организация взаимодей-

ствия промышленных предприятий при перевозке металлургической продукции [Текст] / Н. И. Березовый, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин // Труды РГУПС – 2013. – № 2. – С. 12–17.

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

Надійшла до редколегії 20.05.2019.

Прийнята до друку 03.06.2019.

Ю. Р. ГРИМАК

## **АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД НА ПРОТЯЖЕНИЕ ПОЕЗДКИ В ГРУЗОВОМ ДВИЖЕНИИ**

В статье выделены основные задачи, которые должны решаться в условиях дефицита магистрального тягового подвижного состава в грузовых перевозках и отмечено, что одним из направлений исследований, посвященных пониманию процессов эксплуатации локомотивов и организации работы локомотивных бригад является исследование массивов маршрутов машинистов локомотивных депо в грузовом движении.

В рамках анализа предыдущих исследований, направленных на совершенствование эксплуатационной работы локомотивных депо отмечено отсутствие исследований, освещающих составляющие времени эксплуатации локомотивов и связанного с этим режима работы локомотивных бригад. Отмечено акцентирование авторами неэффективности существующей системы оперативного управления тяговым подвижным составом и необходимости разработки эффективных оперативных планов подвзки локомотивов и рационального планирования рабочего времени локомотивных бригад.

Выполненный анализ структуры маршрута машиниста показал, что основная информация, подлежащая статистическому анализу, содержится в разделах 2 и 5 маршрута машиниста и отражает продолжительность рабочего времени локомотивной бригады, а также последовательность и продолжительность всех операций, выполняемых локомотивной бригадой в процессе поездки.

Средние значения продолжительности поездки локомотивных бригад по четырем основным депо различных региональных филиалов Укрзалізницы, полученные путем статистического анализа, показали разницу средних значений этого показателя на 22%, что связано со спецификой работы отдельных локомотивных депо.

Оценка качества использования локомотивов и производительности труда локомотивных бригад выполнена путем анализа продолжительности нахождения локомотива под составом поезда и продолжительности движения локомотива с поездом. Анализ указанных случайных величин позволил получить их статистические параметры, а также характер распределения. Установлено, что время в движении имеет логнормальное распределение, а продолжительности поездки и нахождения локомотива под поездом – нормальные законы распределения.

*Ключевые слова:* маршрут машиниста; локомотив; локомотивная бригада; депо; грузовое движение

Yu. GRIMAK

## **ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF ELEMENTS OF WORKING TIME OF LOCOMOTIVE BRIGADES OVER THE TRAINS IN FREIGHT TRAFFIC**

The article outlines the main tasks that should be solved in the conditions of a shortage of main traction rolling stock in freight traffic and noted that one of the areas of research devoted to understanding the processes of operating locomotives and organizing the work of locomotive crews is to study the route arrays of locomotive depot drivers in freight traffic.

As part of the analysis of previous studies aimed at improving the operational performance of locomotive depots, the absence of studies highlighting the components of the operating time of locomotives and the associated operating mode of locomotive crews was noted. The authors emphasized the inefficiency of the existing system of operational control of traction rolling stock and the need to develop effective operational plans for locomotive gartering and rational planning of working hours for locomotive brigades.

An analysis of the structure of the driver's route showed that the main information subject to statistical analysis is contained in sections 2 and 5 of the driver's route and reflects the working hours of the locomotive crew, as well as the sequence and duration of all operations performed by the locomotive crew during the trip.

The average values of the duration of the trip of locomotive brigades across the four main depots of various regional branches of Ukrzaliznytsia, obtained by statistical analysis, showed a difference in the average values of this indicator by 22%, which is associated with the specifics of the operation of individual locomotive depots.

Assessment of the quality of use of locomotives and labor productivity of locomotive brigades was carried out by analyzing the duration of the locomotive being under the train and the duration of the locomotive with the train. An analysis of these random variables made it possible to obtain their statistical parameters, as well as the nature of the distribution. It was established that the time in motion has a lognormal distribution, and the duration of the trip and the locomotive under the train are normal distribution laws.

*Keywords:* driver's route; locomotive; locomotive crew; depot; freight traffic

УДК 656.861.44

А. А. ЖИЛИНКОВ<sup>1\*</sup>, Н. И. БЕРЕЗОВЫЙ<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup> 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

<sup>2\*</sup> Каф. «Транспортные узлы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, г. Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (056) 793-19-13, эл. почта n.berezovy@gmail.com, ORCID 0000-0001-6774-6737

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРУБНОЙ ПРОДУКЦИИ РАЗЛИЧНОГО СОРТАМЕНТА В КУЗОВАХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В статье рассмотрены актуальные вопросы рационального размещения груза на подвижном составе в системе автомобильных перевозок трубного проката. Целью исследования является разработка алгоритма расчета схем размещения трубной продукции различного сортамента в кузовах автотранспортных средств с учетом свойств груза, параметров подвижного состава и условий перевозок. Дана подробная характеристика перевозимого груза по сортаменту, массе, габаритам пакетов. Выполнен анализ параметров подвижного состава и условий перевозок.

В основу разработки приняты отдельные методы и методики стандартов, руководств, кодексов, правил перевозки, правил крепления грузов, действующих в европейских странах. Установлено, что в странах Евросоюза до сих пор нет единой методики размещения и крепления грузов в кузовах автотранспортных средств. Вопросы размещения и крепления трубной продукции различного сортамента и размеров на грузовых платформах автотранспортных средств в литературных источниках не рассмотрены.

Разработанный алгоритм представляет собой совокупность действий по выбору, расчету и проверке различных параметров схемы размещения (погрузки) труб. Алгоритм включает несколько блоков, каждый из которых соответствует отдельной операции или группе операций. Основными этапами разработки являются: формирования пакета трубной продукции, определение размеров сечения груза по критерию максимальной грузоподъемности, расчеты величин осевых нагрузок, инерционных сил, действующих на автотранспортное средство, сил трения, сил предварительного натяжения, выбор и расчет количества средств крепления и реквизита. В ходе разработки выполняется также ряд проверочных расчетов по осевым нагрузкам и напряжениям.

К научной новизне следует отнести отсутствие методов, моделей и алгоритмов при выборе и разработке рациональных схем размещения трубной продукции на грузовых платформах автотранспортных средств. Практическая значимость заключается в том, что внедрение более рациональных схем размещения трубной продукции позволит повысить производительность подвижного состава на 6-12% и практически полностью исключить порчу товарного вида трубной продукции.

*Ключевые слова:* трубная продукция; автотранспорт; схема размещения; алгоритм

### Введение

Основные положения организации и деятельности автомобильного транспорта в Украине определены Законом об автомобильном транспорте [1]. Права, обязанности и ответственность собственников автомобильного транспорта – перевозчиков, а также грузоотправителей и грузополучателей – заказчиков определены Правилами перевозок грузов автомобильным транспортом в Украине [2].

Государственная политика по вопросам безопасности на наземном транспорте реализуется Государственной службой Украины по без-

опасности на транспорте, деятельность которой координируется Кабинетом Министров Украины через Министра инфраструктуры. Несмотря на то, что одним из основных заданий службы, закрепленных Положением о государственной службе по безопасности на транспорте [3] является осуществление государственного надзора и контроля над безопасностью на автомобильном транспорте, в практике использования законодательства и его гармонизации с европейскими нормами и правилами есть существенные пробелы. Это связано с отсутствием, в частности, механизма контроля размещения и крепления грузов в кузовах автотранспортных

средств, что негативно влияет на безопасность перевозочного процесса в целом.

Актуальность практических шагов в данном направлении подтверждается ростом объемов перевозки грузов автомобильным транспортом. Одним из факторов, повлекших за собой это увеличение, стало в частности изменение направлений экспортных потоков трубной продукции, выпускаемой промышленными предприятиями Украины в сторону стран Западной Европы и передача части таких грузов с железнодорожного транспорта на автомобильный. Нарушение норм размещения и крепления груза на автомобильном подвижном составе приводит к возникновению аварийных ситуаций на дорогах общего пользования и порче груза.

### Постановка проблемы

В настоящее время металлургическими предприятиями выпускается широкая номенклатура трубной продукции, которая характеризуется разными параметрами. Сечение труб имеет различную геометрическую форму профиля (сортамент), диаметр, толщину стенки и соответственно различную погонную массу.

В процессе организации перевозок труб автомобильным транспортом в междугородном и международном сообщении партии укрупняют путем формирования пакетов максимальной массой до 3 т. Пакеты имеют также разную форму, размеры сечения и длину (рис. 1). В одну и ту же партию может входить несколько видов трубной продукции.

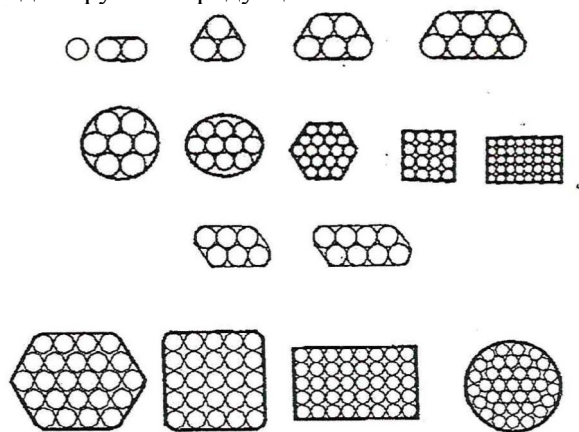


Рис. 1. Форма пакетов трубной продукции

В качестве подвижного состава для транспортирования трубной продукции применяют стандартные автопоезда, состоящие из двухосных либо трехосных седельных тягачей и трехосных полуприцепов-фургонов с тентом. Данные автотранспортные средства по эксплуатационным и конструкционным параметрам со-

ответствуют украинским и европейским требованиям. При отправке груза в страны Евросоюза полная масса автопоезда составляет 39 т, при отправке груза по Украине – 38 т.

Существующая система автомобильных перевозок трубной продукции имеет ряд недостатков. Проблемы возникают уже на этапе погрузки груза в кузов. Ввиду различного сортамента труб, формы (сечения) пакетов и наличия разных труб в одной партии, фактическая грузоподъемность полуприцепа ( $q_{\phi}$ ) не соответствует номинальному значению ( $q_H$ ). При  $q_{\phi} \neq q_H$  грузоподъемность автопоезда (полуприцепа) недоиспользуется либо подвижной состав будет перегружен.

Другим серьезным недостатком является проблема правильной укладки и, одновременно с этим, сложности крепления груза. В процессе перевозки на транспортное средство и груз действуют различные внешние силы. Пакеты, которые неправильно и ненадежно закреплены, перемещаются в продольном и поперечном направлении. В ряде случаев взаимодействуя с элементами кузова, портится антикоррозийное покрытие труб, и груз утрачивает товарный вид.

Очевидно, что без решения данных проблем подвижной состав будет использоваться нерационально, а процессе перевозки трубной продукции будет сопровождаться порчей груза, и как следствие, дополнительными материальными затратами.

### Анализ последних исследований и публикаций

Информация по выбору и расчетам схем размещения штучных и тарно-штучных грузов различных классов приведена в Руководстве по укладке грузов в грузовые транспортные единицы ИМО/МОТ/ЕЭК ООН, а также в европейском стандарте EN 12 195 «Средства крепления грузов на дорожных транспортных средствах — безопасность» [4]. В Руководство вошли результаты системного анализа условий крепления грузов на автотранспортных средствах, который был выполнен учеными и специалистами Евросоюза. Руководство также содержит основные положения кодексов, правил перевозки, правил крепления грузов ведущих европейских стран (Великобритании, Германии, Франции, Швеции и др.), европейских стандартов, директив ЕЭК ООН [5, 6].

Нужно отметить, что и на сегодняшний день не принято единой международной методики

размещения и крепления грузов в кузовах автотранспортных средств. Европейские перевозчики руководствуются своими национальными правилами и стандартами [7, 8]. В то же время украинские перевозчики при осуществлении международных перевозок должны придерживаться правил перевозок грузов стран, на территории которых выполняется перевозка. При перевозке грузов по территории Украины требования к размещению и креплению груза отсутствуют.

Перевозка грузов на железнодорожном транспорте в Украине регламентируется соответствующими Правилами [9] и существует процедура разработки, проверки и утверждения схем погрузки. При перевозке грузов автомобильным транспортом в лучшем случае предприятия отправители разрабатывают собственные инструкции [10]

Вопросы размещения и крепления трубной продукции различного сортамента и размеров на грузовых платформах автотранспортных средств в литературе не рассмотрены. Отсутствуют также методы, модели и алгоритмы расчета рациональных схем размещения и крепления данного груза в рассматриваемых условиях.

### Цель статьи

Целью настоящей статьи является разработка алгоритма расчета схем размещения трубной продукции различного сортамента в кузовах автотранспортных средств (АТС) с учетом свойств груза, параметров подвижного состава и условий перевозок.

### Изложение основного материала

Исходными данными для расчета, выбора и разработки рациональных схем размещения (погрузки) трубной продукции являются параметры самого груза (сортамент труб, форма, размеры и вес пакета), технические параметры автотранспортного средства (грузоподъемность, габаритные размеры кузова, нагрузки на оси, седельное устройство и др.), а также параметры процесса транспортирования (способ погрузки-выгрузки, дорожные условия, режим работы).

Последовательность расчета (разработки) схемы размещения трубной продукции представлена на блок-схеме (рис. 2).

Разработка схемы начинается с подробного анализа исходных данных всех параметров. Особое внимание уделяется габаритно-весовым

параметрам груза, так как с их учетом определяется форма пакета труб, количество пакетов, формируются штабели (ярусы), подсчитывается их число. Далее устанавливаются геометрическая форма и габаритные размеры сечения всей совокупности груза, сформированной из пакетов и штабелей труб. С учетом перечисленных параметров разрабатывается расчетная схема, по которой производятся дальнейшие расчеты для определения координат центров масс в поперечном направлении ( $O_i$ ) (рис. 3).

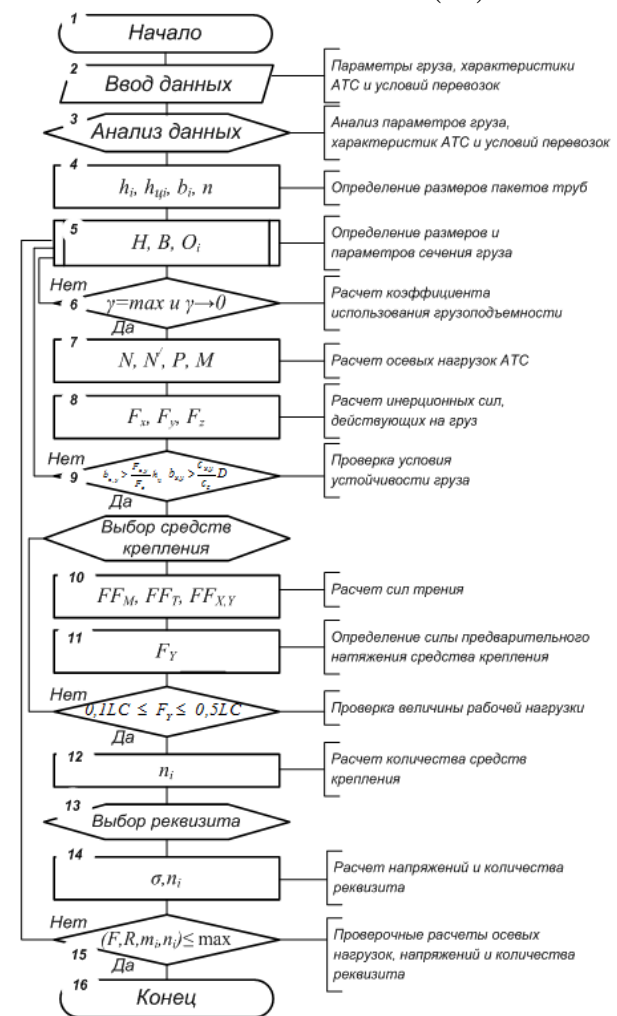


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета схемы размещения трубной продукции на грузовой платформе АТС

Необходимо отметить, что вопрос формирования и определения параметров сечения груза (заполнения кузова) является весьма сложным и на сегодняшний день не решен. В настоящее время данный вопрос находится в стадии разработки.

Центр массы (тяжести) груза ( $h_y$ ) в вертикальном направлении определяется по формуле [4]:

$$h_{\text{ц}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i h_{\text{ц}_i}}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1)$$

где  $m_i$  - масса отдельных штабелей (ярусов) груза, кг;

$h_{\text{ц}_i}$  - высота центра тяжести соответствующих штабелей (ярусов) от пола платформы, м.

Высота центра тяжести каждого из штабелей  $h_{\text{ц}_i}$  определяется по известным геометрическим формулам, зная форму сечения пакетов (штабелей).

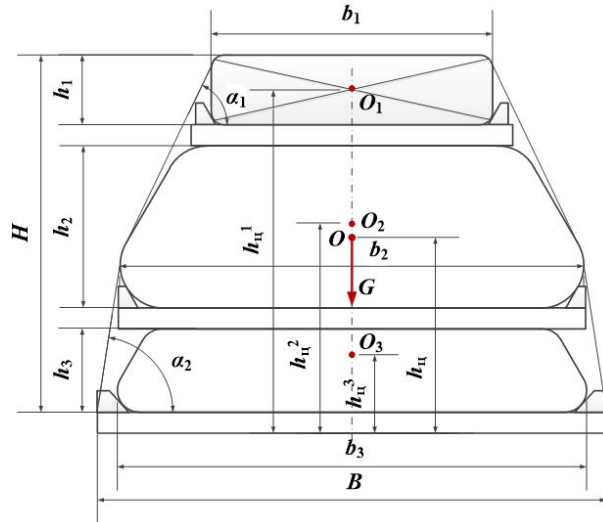


Рис. 3. Вариант схемы погрузки (размещений) трубной продукции

На следующем этапе определяются весовые параметры автотранспортного средства. Масса перевозимого груза ( $m_{\text{гр}}$ ) в автопоезде вызывает дополнительные нагрузки на осях полуприцепа и седельного тягача, в седельно-сцепном устройстве.

По известной физической зависимости между весом и массой тела, распределение нагрузок по осям седельного автопоезда определяется исходя из равенства моментов прикладываемых сил. Согласно силовой схеме (рис. 4) запишем для полуприцепа [4-6]:

$$N = \frac{Gd}{c} \quad (2)$$

$$M = \frac{Ge}{c} \quad (3)$$

где  $G$  - сила тяжести, приложенная к центру масс груза, кН;

$N, M$  - части силы тяжести груза, приходящиеся на ось (середину) тележки и шкворень полуприцепа соответственно, кН;

$c$  - расстояние между шкворнем и осью (серединой тележки) полуприцепа, м;

$e, d$  - соответственно расстояния между центром масс груза и осью (серединой) тележки, шкворнем полуприцепа, м.

Для полуприцепа полной массой ( $m_{\text{пол}}^{\text{мн}}$ ) распределение массы между осями ( $N'$ ) и опорно-сцепным устройством ( $P$ ) [6]:

$$N' = N + n \quad (4)$$

$$P = M + m_{\text{мн}} \quad (5)$$

где  $m_{\text{мн}}$  - части собственной массы полуприцепа, приходящиеся на ось (середину тележки) и шкворень полуприцепа соответственно, кг.

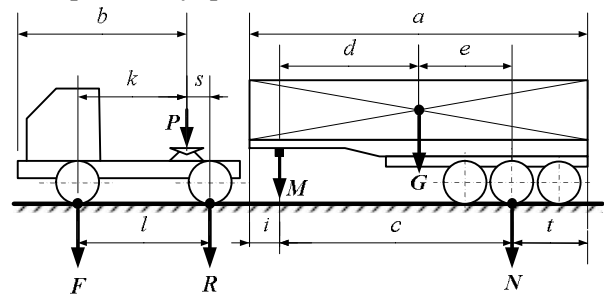


Рис. 4. Расчетная схема для определения весовых параметров автопоезда

Координаты центра массы груза относительно оси тележки и шкворня полуприцепа [4,6,7].

$$d = \frac{N'c}{G} \quad (6)$$

$$e = \frac{Pc}{G} \quad (7)$$

После определения координат центра масс необходимо установить фактические величины инерционных сил, действующих на груз в процессе перевозки.

При расчете сил, действующих на груз, согласно (европейскому стандарту EN 12 195-1) [8] необходимо определить устойчивость груза в продольном (ось  $x$ ) и в поперечном (ось  $y$ ) направлении. Условие устойчивости груза [7, 8]:

$$F_z b_{x,y} > F_{x,y} h_{\text{ц}} \quad (8)$$

$$b_{x,y} > \frac{F_{x,y}}{F_z} h_{\text{ц}} \quad \text{или} \quad b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} D \quad (9)$$

где  $F_z$  - вертикальная сила, представляющая собой сумму сил, которая включает силу тяжести груза и силу инерции, которая действует на

груз вследствие движения автомобильного транспортного средства в направлении вертикальной оси (ось  $Z$ ) автомобильного транспортного средства, кН;

$F_x$  - продольная сила, кН;

$F_y$  - поперечная сила, кН;

$b_{x,y}$  - расстояние от ребра опрокидывания до центра тяжести, м.

$$F_z = c_z m_{гр} g \quad (10)$$

$$F_{x,y} = c_{x,y} m_{гр} g \quad (11)$$

где  $c_{x,y}, c_z$  - коэффициенты ускорения, значения которых приведены в EN 12 195-1 [4];

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Для предотвращения перемещения пакетов труб в кузове необходимо предусмотреть средства крепления, рассчитать их количество и параметры.

В соответствии с EN 12 195-1 [4, 8] заданный груз (трубы стальные) закрепляют на грузовых платформах следующими способами: прижатием (прижимом) с помощью крепежных ремней, тросов или цепей; блокировкой наполнителем, щитами, распорками или упорами; диагональное крепление обвязками; сочетание способов.

Расчет максимальных нагрузок для средств крепления груза определяется по условию равновесия сил в продольном и поперечном направлении [4, 8]:

$$FF_M + FF_T > FF_{x,y} \quad (12)$$

где  $FF_M$  - сила трения вследствие действия вертикальной силы  $F_z$ , кН;

$FF_T$  - сила трения вследствие действия силы предварительного натяжения  $F_y$ , кН.

$$FF_M = \mu_k m_{гр} c_z g \quad (13)$$

$$FF_T = \mu_k n k F_y \sin \alpha \quad (14)$$

$$m_{гр} (\mu_k c_z g + n k F_y \sin \alpha) > \mu_k c_{x,y} g \quad (15)$$

где  $k$  - коэффициент передачи;

$\alpha$  - вертикальный угол между платформой и средством крепления (рис. 3);

$\mu_k$  - кинематический коэффициент трения;

$n$  - количество средств крепления, ед.

Сила предварительного натяжения средства крепления определяется по следующей формуле (EN 12 195-1) [7, 8]:

$$F_y \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_k c_z) m_{гр} g}{n k \mu_k \sin \alpha} f_s \quad (16)$$

где  $f_s$  - коэффициент безопасности.

Следующий этап разработки – выбор типа средств (устройств) крепления и реквизита (цепи, ремни, упоры, прокладки, устройства блокировки и натяжения, упоры), а также расчет числа точек крепления.

Предварительный расчет количества средств крепления, необходимых для предотвращения скольжения и/или опрокидывания, проводится по таблицам, приведенным в Руководстве по укладке грузов в грузовые транспортные единицы ИМО/МОТ/ЕЭК ООН [4].

Рабочая нагрузка (LC) крепежного элемента должна по величине удовлетворять условию:

$$0,1LC \leq F_y \leq 0,5LC \quad (17)$$

Количество средств крепления определяется по следующей формуле:

$$n \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_k c_z) m_{гр} g}{k \mu \sin \alpha F_y'} f_s \quad (18)$$

Далее ведутся расчеты по определению максимального напряжения и параметров (сечения, калибра, размеров, количества) дополнительного реквизита (подкладки, подставки, фрикционные прокладки, щиты, упоры и др.). Для подобных расчетов используют известные методики, а исходными данными являются свойства материала.

Заключительный этап разработки сводится к выполнению проверочных расчетов по определению величин осевых нагрузок, напряжений, количества реквизита и устойчивости верхних ярусов груза от продольного и поперечного смещения (рис. 3 и 4).

## Выводы

1. Начальный этап исследований показал, что существуют предпосылки для разработки более рациональных схем размещения трубной продукции, вызванные наличием в грузовой отправке труб различного сортамента, характеризующегося в т. ч. условиями транспортировки, в частности, исключая возможность деформации труб в процессе перевозки.

2. Установлено, что вопросы формирования и определения параметров сечения груза при погрузке автомобилей трубной продукцией являются весьма сложными и на сегодняшний день решаются интуитивно персоналом предприятий-отправителей трубной продукции.



3. В статье разработана последовательность построения схем различного сортамента на грузовой платформе автотранспортного средства. На основании результатов исследований предложен алгоритм расчета схемы размещения трубной продукции.

4. Предварительные расчеты показали, что применение более рациональных схем размещения трубной продукции на основании разработки и внедрения автоматизированного рабочего места, оборудованного программным комплексом, в основе которого лежит указанный алгоритм, позволит повысить производительность подвижного состава на 6-12% и практически полностью исключить порчу трубной продукции в процессе перевозки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Про автомобільний транспорт. [Електронний ресурс] : затв. : Закон України 05.01.2001 р. №2344-III. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>

2. Правила перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні [Електронний ресурс]: Затв.: Наказ Міністерства транспорту України від 14.10.97 № 363 і зареєстровані Міністерством юстиції України 20.02.98 за № 128/2658 (зі змінами). – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0128-98>

3. Положення про Державну службу України з безпеки на транспорті. [Електронний ресурс]: Затв.: Постанова Кабінету Міністрів України 11.02.15 р. за № 103. – Режим доступу : <https://zakon2.rada.gov.ua/>

[laws/show/103-2015-п.](https://zakon2.rada.gov.ua/)

4. Руководство по надлежащей европейской практике укладки грузов в ходе автомобильных перевозок [Текст] / Европейская комиссия; Пер. с англ. – Донецк: Государственное издательство «Донбасс», 2012. – 232 с.

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

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

7. Vehicle Engineering Handbook [Текст] / FTA, 1990. - 337 с.

8. Vehicle Engineering Handbook [Текст] / FTA, 1993. - 96 с.

9. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Ч. 1 [Текст] – Київ : Видавничий дім «САМ», 2004. – 432 с.

10. Подготовка продукции трубных цехов для отгрузки потребителям. Технологическая инструкция [Текст] – Днепр : ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ», 2015. – 15 с.

*Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Ракиша С. В. (Украина)*

Поступила в редколлегию 20.05.2019.

Принята к печати 29.05.2019.

О. О. ЖИЛИНКОВ, М. І. БЕРЕЗОВИЙ

## АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ СХЕМ РОЗМІЩЕННЯ ТРУБНОЇ ПРОДУКЦІЇ РІЗНОГО СОРТАМЕНТУ В КУЗОВІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У статті розглянуто актуальні питання раціонального розміщення вантажу на рухомому складі в системі автомобільних перевезень трубного прокату. Метою дослідження є розробка алгоритму розрахунку схем розміщення трубної продукції різного сортаменту в кузовах автотранспортних засобів з урахуванням властивостей вантажу, параметрів рухомого складу і умов перевезень. Дана детальна характеристика вантажу, що перевозиться по сортаменту, масі, габаритам пакетів. Виконано аналіз параметрів рухомого складу і умов перевезень.

В основу розробки прийняті окремі методи і методики стандартів, інструкцій, кодексів, правил перевезення, правил кріплення вантажів, що діють в європейських країнах. Встановлено, що в країнах Євросоюзу досі немає єдиної методики розміщення і кріплення вантажів у кузовах автотранспортних засобів. Питання розміщення і кріплення трубної продукції різного сортаменту і розмірів на вантажних платформах автотранспортних засобів в літературних джерелах не розглянуті.

Розроблений алгоритм являє собою сукупність дій по вибору, розрахунку та перевірки різних параметрів схеми розміщення (навантаження) труб. Алгоритм включає кілька блоків, кожен з яких відповідає окремій операції або групі операцій. Основними етапами розробки є: формування пакета трубної продукції, визначення розмірів перетину вантажу за критерієм максі-бітної вантажопідйомності, розрахунку величин осьових навантажень, інерційних сил, що діють на автотранспортний засіб, сил тертя, сил попереднього натягу, вибір і розрахунок кількості коштів кріплення і реквізиту. В ході розробки виконується також ряд перевірочних розрахунків по осьовим навантаженням і напруженням.



До наукової новизни слід віднести відсутність методів, моделей і алгоритмів при виборі і розробці раціональних схем розміщення трубної продукції на вантажних платформах автотранспортних засобів. Практична значимість полягає в тому, що впровадження більш раціональних схем розміщення трубної продукції дозволить підвищити продуктивність рухомого складу на 6-12% і практично повністю виключити псування товарного виду трубної продукції.

*Ключові слова:* трубна продукція; автотранспорт, схема розміщення; алгоритм

O. ZHYLINKOV, N. BEREZOVI

## **CALCULATION ALGORITHM SCHEME OF PLACEMENT FOR PIPE PRODUCTS OF VARIOUS VARIETY IN THE BODY OF MOTOR VEHICLES**

The article deals with topical issues of rational placement of cargo on rolling stock in the system of car transportation of pipe rolled products. The aim of the study is to develop an algorithm for calculating the layout of pipe products of various sizes in the bodywork of vehicles, taking into account the properties of the cargo, rolling stock parameters and traffic conditions. Given the detailed characteristics of the cargo carried by range, weight, dimensions of packages. The analysis of the parameters of the rolling stock and transport conditions.

The development is based on individual methods and methods of standards, guidelines, codes, rules of transportation, rules for securing cargoes operating in European countries. It has been established that in the countries of the European Union there is still no uniform methodology for placing and securing goods in the backs of vehicles. Issues of placement and mounting of pipe products of various sizes and sizes on the cargo platforms of vehicles in the literature are not considered.

The developed algorithm is a set of actions for the selection, calculation and verification of various parameters of the pipe placement (loading) scheme. The algorithm includes several blocks, each of which corresponds to a separate operation or group of operations. The main stages of development are: formation of a package of pipe products, determination of the size of the cargo cross section according to the criterion of maximum load capacity, calculations of axial loads, inertial forces acting on the vehicle, friction forces, pretension forces, selection and calculation of the number of funds fasteners and props. During the development, a number of verification calculations are also performed for axial loads and stresses.

The scientific novelty should include the lack of methods, models and algorithms in the selection and development of rational schemes for the placement of tubular products on cargo platforms of motor vehicles. The practical significance lies in the fact that the introduction of more rational schemes for the placement of pipe products will increase the productivity of rolling stock by 6-12% and almost completely eliminate the damage to the commercial appearance of pipe products.

*Keywords:* pipe products; motor transport; layout; algorithm

УДК 656.212.5:681.3

И. В. ЖУКОВИЦКИЙ<sup>1\*</sup>

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

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОГО УКЛОНА В ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СКАТЫВАНИЯ ОТЦЕПОВ С ГОРКИ

**Целью** данной работы является разработка методики определения рационального эквивалентного уклона скатывания отцепов на сортировочной горке. **Методика.** Используя ниточную модель отцепа преобразовать многоточечную модель отцепа в двухточечную. **Научная новизна.** Предложена двухточечная математическая модель отцепа, которая обладает такой же самой точностью, что и известная многоточечная при существенно меньшем объеме вычислений. **Практическая значимость.** Предложенная методика позволяет минимизировать время расчета движения отцепа в имитационной модели, что важно для систем управления, где имитационные модели используются в реальном масштабе времени.

*Ключевые слова:* сортировочная горка; уклон пути; имитационная модель; отцеп; ниточная модель

### Постановка задачи

При исследовании движения отцепов на сортировочных горках часто используют имитационные модели этого процесса [1-5]. Имитационное внесистемное моделирование скатывания группы отцепов с горки можно использовать в цифровых системах управления на сортировочной горке, например для расчета задающих воздействий в системах АЗСР (автоматического задания скорости роспуска) и АРС (автоматическое регулирование скорости) [5]. В цифровых системах, использующих достаточно мощные ЭВМ, возможно реализация системного моделирования (моделирования в реальном масштабе времени). В таких моделях актуальной является задача разработки методики сокращения времени моделирования при сохранении точности и адекватности модели.

Обычно при моделировании движения отцепа известно нелинейное дифференциальное уравнение движения отцепа

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

где  $m$  – масса отцепа,  $S$  – пройденный путь,  $\sum_j F_j$  – сумма сил, действующих на отцеп, заменяют разностным рекуррентным уравнением:

$$V[n] = f(V[n-1], \sum_j F_j[n-1]). \quad (2)$$

При этом процесс движения отцепа рас-

сматривают как дискретный, состоящий либо из множества элементарных перемещений  $\Delta S$  (например, в [1,2]), либо из множества элементарных отрезков времени  $\Delta t$  (например, в [6]). Внутри каждой  $n$ -й дискреты сумма сил, действующих на отцеп, представляется постоянной.

В качестве кинематической модели отцепа, при определении действующих на отцеп сил, часто используется (см., например, [2]) система шарнирно-соединенных материальных точек, расстояния между которыми равны расстояниям между соответствующими осями отцепа, а масса, сосредоточенная в каждой точке, эквивалентна средней нагрузке на соответствующую ось (рис. 1). При таком допущении для расчета одной из составляющих суммы сил – профильной силы – на некотором шаге, при котором отцеп переместился на величину  $\Delta S$ , используется значение эквивалентного уклона

$$i_{\text{эkv}} = \frac{\sum_{k=1}^r q_k i_k}{\sum_{k=1}^r q_k}, \quad (3)$$

где  $q_k$  – нагрузка на  $k$ -ю ось отцепа;  $i_k$  – средний уклон, по которому перемещается  $k$ -я ось на некотором шаге;  $r$  – число осей в отцепе.

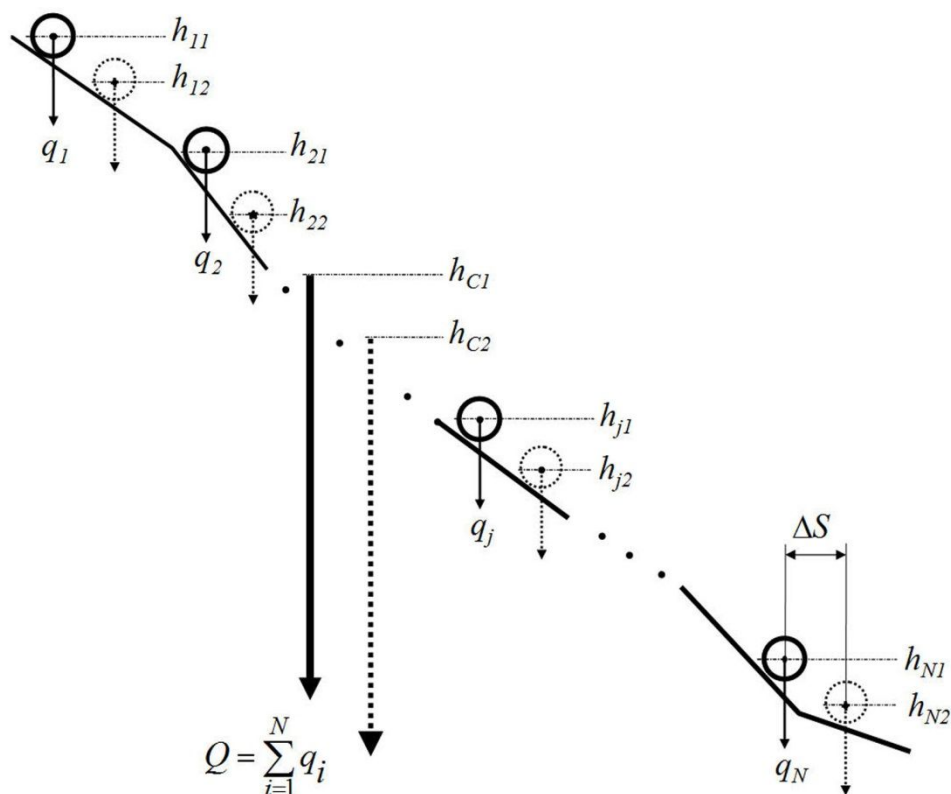


Рис. 1. Кинематическая модель отцепа

При моделировании движения длинных отцепов на каждом шаге моделирования необходимо вычислять сумму в числителе формулы (3), так как уклон  $i$  непостоянен вдоль пути  $S$ .

Поскольку алгоритмы системного и внесистемного стохастического моделирования требуют достаточно большого количества реализаций, а каждая реализация включает в себя сотни и тысячи шагов в пределах каждого из которых требуется вычислять  $i_{\text{экр}}$ , то актуальной представляется задача упрощения алгоритма вычисления  $i_{\text{экр}}$ .

### Предлагаемая методика

Рассмотрим ниточную модель отцепа (нить с массой, распределенной по некоторому закону вдоль нити). В такой модели

$$i_{\text{экр}} = \frac{\int_{x_2}^{x_1} \frac{dh(S)}{dS} q(S) dS}{\int_{x_2}^{x_1} q(S) dS}, \quad (4)$$

где  $h(S)$  – профиль, по которому движется отцеп;  $q(S)$  – распределение нагрузки по длине отцепа;  $X_1, X_2$  – координаты «головы» и «хвоста» отцепа (или какой-либо его части).

Рассмотрим случаи, когда группа осей в от-

цепе имеет одинаковую нагрузку (любой вагон в отцепе либо группа однотипных вагонов с одинаковым грузом). При этом выражение (4) можно упростить. Если предположить, что для какой-либо части отцепа распределение нагрузки в пределах  $X_1 \dots X_2$  постоянно и равно  $q$ , то, вынося  $q$  из под интеграла, получим для этой части отцепа:

$$i_{\text{экр}} = \frac{q \cdot \int_{x_2}^{x_1} dh(S)}{q \cdot \int_{x_2}^{x_1} dS} = \frac{h(X_1) - h(X_2)}{L}, \quad (5)$$

где  $L$  – длина части отцепа с одинаковой нагрузкой на все оси, эквивалентный уклон для которой рассчитывается.

Формула (5) соответствует формуле (3), которая описывает эквивалентный уклон для отцепа с двумя осями, на каждую из которых приходится нагрузка  $Q/2$  и с расстоянием  $L$  между этими осями.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- при моделировании движения одного вагона или отцепа из группы вагонов одного веса поосную модель (3) можно заменить моделью «длинного двухосного вагона» (ДДВ);
- в модели длинного отцепа группы одно-

родных вагонов можно заменить моделями ДДВ;

– в модели длинного отцепа в любом случае модель одного вагона можно заменить моделью ДДВ.

Используя эти выводы, можно при моделировании движения отцепа не менее чем в два раза сократить время расчётов  $i_{\text{экр}}$  на каждом шаге моделирования.

Таким образом, если несколько ( $N_{\theta}$ ) расположенных подряд осей отцепа имеют одинаковую нагрузку  $q_{\theta}$  ( $\theta$  – номер группы из числа групп осей с одинаковой нагрузкой, всего  $\zeta$  групп), то все эти  $N_{\theta}$  осей можно в (3) заменить двумя эквивалентными осями с координатами:

$$\begin{aligned} X_{\theta 1_{\text{экр}}} &= X_{\theta 1}; & h_{\theta 1_{\text{экр}}} &= h_{\theta 1}; \\ X_{\theta 2_{\text{экр}}} &= X_{\theta N}; & h_{\theta 2_{\text{экр}}} &= h_{\theta N}, \end{aligned}$$

каждая из которых имеет нагрузку

$$q_{\theta \text{экр}} = \frac{N_{\theta} \cdot q_{\theta}}{2}. \quad (6)$$

Формулу (3) теперь перепишем в виде:

$$i_{\text{экр}} = \frac{2 \cdot \sum_{\theta=1}^{\zeta} \left( \frac{h_{\theta 1_{\text{экр}}} - h_{\theta 2_{\text{экр}}}}{L_{\theta}} \right) \cdot q_{\theta \text{экр}}}{Q}, \quad (7)$$

где  $\zeta$  – количество групп расположенных подряд осей с одинаковой нагрузкой;  $Q$  – вес всего отцепа.

Введя переменную

$$q_{\theta}^* = \frac{2 \cdot q_{\theta \text{экр}}}{Q \cdot L_{\theta}} = \frac{N_{\theta} \cdot q_{\theta}}{Q \cdot L_{\theta}}, \quad (8)$$

значение которой можно вычислить до начала цикла моделирования, получим:

$$i_{\text{экр}} = \sum_{\theta=1}^{\zeta} (h_{\theta 1_{\text{экр}}} - h_{\theta 2_{\text{экр}}}) \cdot q_{\theta}^* \quad (9)$$

Так как  $\zeta$  всегда меньше  $r$ , то расчёт  $i_{\text{экр}}$  по формуле (9) будет всегда короче, чем по формуле (3).

### Выводы

Предложена методика моделирования свободного движения отцепа по пути (пути скатывания с сортировочной горки или движения по пути накопления) при которой известная многоточечная математическая модель отцепа заменяется двухточечной, обладающую такой же

самой точностью при существенно меньшем объеме вычислений. Это позволяет минимизировать время расчета движения отцепа в имитационной модели, что важно для систем управления, где имитационные модели используются в реальном масштабе времени.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муха, Ю. А. Цифровая модель процесса роспуска составов на автоматизированных сортировочных горках / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский, С. А. Попов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях. Межвуз. сб. научн. тр. – Вып. 181/10. – Днепропетровск, 1976.

2. Муха Ю. А. Имитационное моделирование процесса скатывания отцепов при выполнении горочных расчётов / Ю. А. Муха, А. А. Муратов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях. Межвуз. сб. научн. тр. – Вып. 277/17. – Днепропетровск: ДИИТ. – 1990. С.11–19.

3. Козаченко, Д. Н. Исследование условий интервального регулирования скорости скатывания отцепов на автоматизированных горках / Д. Н. Козаченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – С. 46-50.

4. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках : монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. П. Божко [и др.]. – Днепропетровск : Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.

5. Жуковицкий И. В. Цифровые системы управления скоростью скатывания отцепов на сортировочных горках: монография / И. В. Жуковицкий – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2012. – 172с.

6. Бобровский В. И. Временной принцип моделирования процесса скатывания отцепов с горки / В. И. Бобровский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях. Межвуз. сб. научн. тр. – Вып. 197/12. – Днепропетровск, 1978. – С. 50–58.

Надійшла до редколегії 27.05.2019.

Прийнята до друку 05.06.2019.

І. В. ЖУКОВИЦЬКИЙ

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОГО УХИЛУ В ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ З ГІРКИ

**Метою** даної роботи є розробка методики визначення раціонального еквівалентного ухилу скочування відчепів на сортувальній гірці. **Методика.** Використовуючи ниткову модель відчепу перетворити багатоточкову модель відчепу в двоточкову. **Наукова новизна.** Запропонована двоточкова математична модель відчепу, яка має таку ж саму точність, що і відома багатоточкова при істотно меншому обсязі обчислень. **Практична значимість.** Запропонована методика дозволяє мінімізувати час розрахунку руху відчепу в імітаційній моделі, що важливо для систем управління, де імітаційні моделі використовуються в реальному масштабі часу.

*Ключові слова:* сортувальна гірка, ухил шляху, імітаційна модель, відчеп, ниткова модель.

I. V. ZHUKOVYTS'KYY

## METHOD OF DETERMINING AN EQUIVALENT SLOPE IN THE IMITATION MODEL OF THE CUT OF CARS ROLLING FROM HUMP

**The purpose** of this work is to develop a method for determining the rational equivalent slope of **cut of cars** rolling on a hump yard. **The methodology.** Using the thread release model, convert the multipoint release model to a two-point model. **Originality.** A two-point mathematical model of **cut of cars** was proposed, which has the same accuracy as the well-known multipoint model with a significantly smaller amount of calculations. **Practical value.** The proposed technique allows minimizing the time for calculating the movement of **cut of cars** in a simulation model, which is important for control systems, where simulation models are used in real time.

*Keywords:* hump yard, slope, imitation model, cut of cars, thread model.

## УДК 656.073:004.891.2

Б. О. КУШИМ<sup>1\*</sup>, Ю. О. СІЛАНТЬЄВА<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup> Національний транспортний університет, асистент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, вул. Омеляновича-Павленка 1, к. 437, м. Київ, 01010, Україна, тел.: +380631026336, ел. пошта: bogdanakushym@gmail.com, ORCID 0000-0002-5870-8277.

<sup>2\*</sup> Національний транспортний університет, кандидат технічних наук, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, вул. Омеляновича-Павленка 1, к. 437, м. Київ, 01010, Україна, тел.: +380955505275, ел. пошта: gmelanine@gmail.com, ORCID 0000-0002-2837-6435.

## АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ БІРЖ В УКРАЇНІ

У статті розглянуто актуальність участі посередників у процесі доставки вантажу, проблеми з якими зіштовхується кожен з учасників перевезення, шляхи підвищення якості роботи та фактори, що впливають на процес якості перевезення.

**Об'єкт дослідження** – посередницька діяльність на транспорті.

**Мета роботи** – провести аналіз діяльності транспортних бірж в Україні на основі огляду ринку транспортних перевезень та оцінки роботи кожного з учасників.

Для будь-якого підприємства в сфері транспортної діяльності однією з основних задач є збільшення обсягів перевезень, підвищення економічної ефективності діяльності перевізників та експедиторів і якості перевезень. Щоб досягти цієї мети необхідно проводити точний і своєчасний аналіз стану транспортного ринку, його актуальних проблем, оцінювати умови розвитку та можливості. Тому було розглянуто проблеми, які виникають при здійсненні автомобільних перевезень головними учасниками процесу доставки, а також шляхи мінімізації їх наслідків через залучення до роботи посередників.

Завдяки транспортним біржам майже в усіх учасників перевезення з'явилася можливість без зайвих зусиль розміщувати свої пропозиції, переглядати пропозиції інших компаній, з легкістю знаходити для себе партнерів. У випадку форс-мажорних обставин мати змогу знайти для себе завантаження в будь-якій точці світу.

*Ключові слова:* експедитор; фінансовий посередник; транспортна біржа; перевізник; вантажовласник

### Вступ

Транспортні біржі мають зручний механізм пошуку оперативної інформації щодо вантажів, які необхідно перевезти, й транспортних засобів, вільних для подальшої роботи. Їх користувачі мають можливість прискорити щоденне планування перевезень, знайти потенційних українських й іноземних партнерів, оцінити поточний стан ринку перевезень вантажів, отримати юридичну консультацію. Крім того, процедура реєстрації на транспортних біржах й умови виключення з неї дають уяву про рівень надійності її користувачів.

Ефективність посередницької діяльності в Україні доведена насиченістю ринку пропозиціями, тому розширення спектру послуг й підвищення рівня безпеки інформаційних ресурсів може стати конкурентною перевагою. Робота присвячена аналізу участі посередників, у тому числі транспортних бірж, в процесі доставки вантажів. Розглянуті фактори, які аналізують транспортні послуги і на які можуть вплинути посередники, а також напрямки підвищення якості надання посередницьких послуг, спектр

яких на сьогодні в Україні широкий й незначний одночасно.

### Виклад основного матеріалу

На сьогодні ринок автомобільних перевезень в Україні досить перенасичений, однак все одно виникають ситуації, при яких перевізник не може знайти замовлення для завантаження власних автотранспортних засобів, а вантажовласники, навпаки, не можуть знайти вільні під завантаження автомобілі для виконання умов зовнішньоторговельної угоди щодо постачання товару. Тому досить часто виникає необхідність звертатися за допомогою до посередників, які за дорученням надають послуги із відповідного пошуку. На транспортному Україні виділяють наступні основні види посередників:

1) Експедитори. В першу чергу, є організаторами перевезення. Можуть мати власний рухомий парк або орендувати транспортні засоби. Укладають договори з перевізниками від імені замовників, організують доставку. Діяльність здійснюється на підставі договору транспортного експедирування [1].

2) Транспортні агенти. Основним завданням є пошук клієнтів - компаній (вантажовідправників). Здебільшого агенти представляють інтереси перевізників і шукають для них завантаження, виходять на зв'язок з експедиторами, укладають договори, а також допомагають сформувати маршрут [2].

3) Фінансові посередники. За останні роки значно посилилась взаємодія фінансових посередників, які оптимізують відповідність вимог та обов'язків, знижують транзакції, мінімізують ризики, а також надають необхідну інформацію для своїх клієнтів, наприклад, перевірку правильності розрахунку вартості транспортних послуг. До них, крім інших, відносять банки й страхові компанії.

4) Транспортні біржі - платформи для пошуку і розміщення пропозицій по вантажах та транспорту. На транспортних біржах реєструються перевізники, експедитори, торгові компанії, виробники та інші організації різних форм власності. За допомогою транспортних бірж компанії можуть знайти для себе партнерів.

Сьогодні все більше учасників транспортно-го процесу починають звертатися до пошукових баз. Наразі існує безліч транспортних бірж, та в Україні найбільш популярними є Lardi Trans, Della, Cargo.lt, Trans.eu, Degruz, Timocom.

Для того, щоб стати користувачем будь-якої з наведених вище платформ, необхідно пройти відповідну реєстрацію. На кожному Інтернет ресурсі є свої вимоги до користувачів. Обов'язковою умовою є надання персональних даних (як фізичної особи), а також даних компанії (свідоцтво про державну реєстрацію або витяг з державного реєстру, ідентифікаційний номер підприємства (або підприємця) тощо). Таким чином, враховуючи всі належні дані, служба безпеки кожного ресурсу реально перевіряє факт й умови існування цієї компанії, шукає

доступні джерела, де можна знайти ту чи іншу інформацію про неї, і тільки після того, як компанія пройде повну перевірку, її допускають до роботи з ресурсом. Це необхідно, перш за все, для уникнення проблем із шахрайськими схемами на сайтах, недобросовісними користувачами, а також для того, щоб підтримувати рейтинг транспортної біржі. Кожен ресурс відрізняється своїм інтерфейсом, функціями, послугами, які може надавати, ціновою політикою та іншим. Розглянемо більш детально функціональність Інтернет ресурсів, які популярні в Україні на сьогодні (табл.1).

Завдяки транспортним біржам користувачі мають можливість знаходити для себе потенційних партнерів, як на національному, так і на міжнародному рівні, адже вони надають детальний й оперативний огляд стану ринку вантажних перевезень (рис.1). Раніше експедитори витрачали зайвий час на пошуки нових ділових партнерів через довідники, а зараз для цього використовується просте у застосуванні програмне забезпечення. За допомогою Інтернет ресурсу, можна задати параметри пошуку необхідної інформації (в розрізі пропозицій щодо виду вантажу чи транспорту, країн й місць відправлення (призначення) та ін.). В результаті проведених опитувань і досліджень виявилось, що учасники транспортних бірж, які ще не мають постійних партнерів, починають свою співпрацю лише з тими компаніями, які зареєстровані на відповідних Інтернет ресурсах, що не гарантує, однак зменшує ризики натрапити на недобросовісних партнерів. Також однією з переваг користування транспортною платформою для них стало значне скорочення порожніх пробігів автотранспортних засобів. Навіть коли «зривається» зворотне завантаження, у більшості випадків можна оперативно знайти іншу партію вантажу через ту чи іншу транспортну платформу.

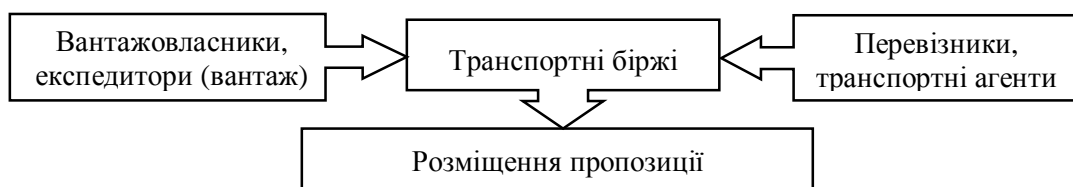


Рис. 1 – Спрощена схема роботи транспортних бірж

## Порівняльна характеристика функціональності транспортних бірж

Назва ресурсу	Основні функції					Додаткові функції:	Цінова політика
	Додавання заявок	Перегляд заявок	Каталог	Розширений доступ до даних фірми	Зворотній зв'язок		
LardiTrans	*	**	*	*	*	- форум - транс-блог - розрахунок відстаней - зона надійності - автомаркет - реклама - страхування - новини	в залежності від тарифного плану: 150-3500 грн./міс.
Della	*	**	*	*	*	- карта розрахунку відстаней - статистичні дані цінової політики на вантажоперевезення - пошук супутніх вантажів та транспорту - реклама	керівництво сайту надає інформацію щодо тарифу лише після реєстрації
Cargo.LT	*	**	*	*	*	- форум; аукціон - дошка оголошень - карта - система сертифікації менеджерів і компаній - новини - реклама - послуга стягнення боргу	від 30 євро/міс.
Degrutz	*	**	**	****	-	- відстані між містами - ціни на перевезення вантажів - собівартість перевезень	мінімальний період - 3 міс. вартість -399 грн.
Trans.eu	*	**	*	*	*	- новини - правова підтримка - магазин для транспортної галузі - страхування цивільної відповідальності - фонд підтримки водіїв - супровід заборгованості - сертифікація iso - gps навігація online	828 євро/рік
Timo.com	*	**	*	*	*	- новини - тендери на вантажні перевезення - транспортні замовлення - міжнародне стягнення боргу - трекінг	орієнтовна ціна до 1000 євро/рік

Умовні позначки:

\* – лише зареєстровані користувачі;

\*\* – доступно без контактних даних;

\*\*\* – доступно без реєстрації;

\*\*\*\* – повний доступ, крім контактних даних вантажовласників

Таблиця 1 побудована на основі аналізу послуг, які надає кожна транспортна біржа. Отже, роботу кожної з них можна класифікувати за трьома критеріями (рис. 2)

Крім того, доступ може бути платним або частково платним.



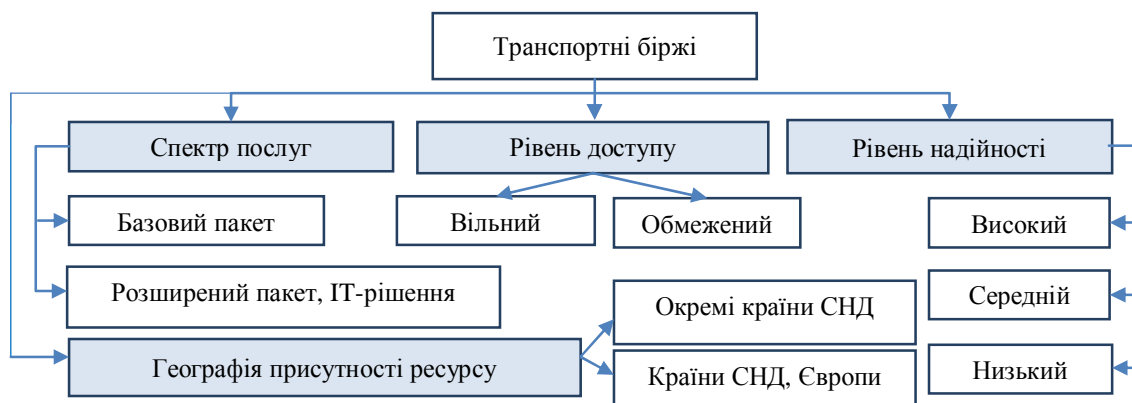


Рис. 2 – Класифікація транспортних бірж

Щодо недоліків бірж, то, навіть, якщо до роботи допускаються лише компанії, які пройшли відповідну перевірку, й забезпечений високий рівень безпеки інформаційного ресурсу, випадки шахрайства все одно виникають. Працівникам компаній необхідно знати, яка на разі ситуація на ринку перевізників та експедиторів, а також умови, на яких працюють партнери, для того, щоб досягати позитивних результатів і вирішувати поставлені задачі. Розглянемо проблеми, які виникають під час організації автомобільних вантажних перевезень. Слід зазначити, що автомобільний транспорт завжди вважався одним із тих, який здатний забезпечити високу швидкість доставки вантажу. Хоча ринок насичений великою кількістю перевізників, експедиторів, логістичних й торгових компаній, кожна із цих сторін залишається все одно незадоволеною якістю послуг: порушення строків й умов подачі транспортних засобів під навантаження та загального терміну доставки, втрата, крадіжка чи псування вантажів, проблеми з документами та ін. Розглянемо детальніше проблеми в роботі головних учасників перевезень [3].

Проблеми вантажовласників. У більшості компаній-вантажовласників робота відділів розподілена по блоках, де кожний працівник має свій ряд обов'язків і, в основному, компетентний в тій сфері діяльності, за яку він відповідає. Але в загальному, робота блоків, як правило, направлена на отримання прибутку підприємства. Якщо починає працювати неефективно один із відділів, то економічний ефект може знизитися і в інших, що тягне за собою рівень зайвих витрат. Основною задачею таких компаній є скорочення витрат на транспортування вантажів із збереженням якості й дотриманням контрактних строків постачання. Задля цього вони починають шукати будь-який шлях для її вирішення й розмі-

щують свої пропозиції на транспортних біржах (хоча вже можуть мати й свою напрацьовану базу), де вже потім вибирають між експедиторами чи перевізниками, в залежності від того, хто запропонує найбільш вигідні умови. При роботі з експедиторами вантажовласники не хочуть постійно користуватись їх послугами, адже можна безпосередньо знайти перевізника й зекономити на винагороді посереднику. Звичайно, можна було б виключити експедитора з цього кола, й багато компаній вдаються до такої тактики: на базі підприємства створюються транспортно-експедиційні відділи, робота яких направлена на зменшення витрат за рахунок виключення із ланцюга постачання посередників і пошуку прямих перевізників. У багатьох випадках робота таких відділів зазнає тих самих проблем, які трапляються в трудовій діяльності експедиторів, і як було вже згадано вище, якщо робота одного із відділів завдає збитків, то це охоплює всю систему підприємства. Як результат, компанії відмовляються від цього і намагаються налагодити робочий процес або шукають інший шлях для економії. Як приклад, це можна навести варіант, коли вантажовласники закупають автомобілі, щоб самостійно забезпечувати себе транспортними послугами, але потім зазнають додаткових турбот: ремонт та технічне обслуговування автомобілів, проблеми з пошуком завантаження для зворотного рейсу і отриманням дозволів, простої тощо. І, знову ж таки, створення свого власного транспортного цеху може негативно вплинути на ефективність роботи підприємства-власника товарів.

Проблеми експедиторів. На сьогодні ринок експедиторів в Україні й світі дуже динамічний. За останні роки з'явилося чимало експеди-торських компаній, як великих гігантів, так і маленьких фірм, які можуть обслуговувати одного чи багатьох замовників. Підвищення по-

питу на транспортні послуги змушує навіть перевізників зайнятись експедицією, адже не кожен зможе виконати своїми силами великі замовлення. В основному вони спочатку мають в розпорядженні одну чи дві машини, працюють з вантажовласниками, замовниками, знайомляться з перевізниками й надалі вже мають готову клієнтську базу, з якою можуть працювати. Кожна компанія-експедитор прагне отримати прибуток від перевезення. Але із зростанням конкуренції кожен хоче бути першим, хто отримає замовлення. Аналіз інформації з транспортних бірж, де експедитори розміщують свої пропозиції, дозволив дійти висновку, що, в більшості випадків, їх робота полягає в копіюванні заявок один одного, із формуванням своєї нової ціни. Аналіз проблем й скарг на роботу експедиторів, які висвітлюють такі платформи, окреслює загальноприйнятну думку, що поняття відповідальності та знання основ транспортного законодавства у деяких таких експедиторів недостатнє, й до того ж, значних наслідків від їх недоброякісної роботи вони не несуть. Також існує практика створення компаній-шахраїв, які спочатку мають гарні відгуки на форумах, достатньо високий рейтинг, а потім зникають із партією вантажу. Коли трапляється така ситуація в Україні, важко довести їх провину. Ще однією із проблем є неофіційні домовленості експедиторів зі страховими компаніями, коли інсценують пограбування власних машин задля того, аби отримати компенсацію.

Проблеми перевізників. Автотранспортні підприємства постійно зазнають певних структурних змін. Виділимо деякі із них:

1. Значне скорочення парку рухомого складу підприємств. Причинами можуть бути різні чинники: середній вік автомобіля в Україні становить 10 років; поновити парк більшість перевізників стає складно через високі капітальні й експлуатаційні витрати; маленькі компанії мають спрощені системи звітності та податків й тому важкодоступні для перевірок правоохоронними органами. Відповідно, деякі підприємства реструкують транспортні засоби на приватних осіб.

2. Ліквідація ремонтних баз. Більшість перевізників дає перевагу самостійному ремонту автомобілів на непристосованих для цього майданчиках, що знижує надійність роботи автомобіля, й, відповідно, безпеку наданих транспортних послуг.

3. Зниження рівня професіоналізму (знання правил перевезень, своїх обов'язків). Заробітна плата водіїв залежить від обсягу транспортної роботи (пройденої відстані, кількості виконаних рейсів та ін.), що інколи призводить до зниження прибутків транспортного підприємства. В більшості випадків водії не задоволені системами оплати. Тому змінюється і ставлення деяких з них до своєї роботи: намагаючись збільшити заробіток, нехтують правилами безпеки, вдаються до крадіжок та інше.

4. Зниження швидкості доставки вантажу негативно впливає на транспортну галузь, а також на діяльність окремих автомобільних підприємств. Несвоєчасна доставка призводить не тільки до виплати штрафів, але і зниження конкурентного статусу перевізника.

5. За останні роки у сфері перевезень з'явилися компанії, які займаються шахрайством. Вони можуть працювати із фіктивними документами і з підробленими номерами машин, користуються довірою вантажовідправників і успішно зникають з вантажем. Збільшилась також кількість пограбувань на дорогах, і, як згадано вище, інколи це трапляється не без участі обох сторін, як замовників, так і перевізників.

## Висновки

Для будь-якого українського підприємства в сфері транспорту однією з основних задач є збільшення обсягів перевезень, підвищення економічної ефективності їх діяльності, забезпечення якості перевезень. Щоб досягти цієї мети, необхідно проводити точний і своєчасний аналіз стану транспортного ринку, його актуальних проблем, оцінювати умови розвитку та можливості. Завдяки транспортним біржам майже у всіх учасників транспортного процесу з'явилася можливість без зайвих зусиль розміщувати свої пропозиції, переглядати пропозиції інших компаній, з легкістю знаходити для себе партнерів й, у випадку непередбачуваних обставин, мати змогу знайти завантаження / порожній транспортний засіб в будь-якій точці світу.

Не зважаючи на переваги, для зміцнення позиції на ринку перевезень транспортні біржі повинні постійно розвивати надійність й різноманітність своїх послуг, урахувуючи швидкий розвиток соціальних мереж й появу нових підривних транспортних технологій. А враховуючи постійне зростання рівня шкідливих викидів

в результаті роботи автомобілів, нові сервіси, які дадуть змогу зменшити порожній пробіг, побудувати оптимальний маршрут перевезення із залученням інших, менш шкідливих видів транспорту, визначити умови перевезень, що забезпечать енергоефективність, можуть повернути до транспортних бірж увагу іноземних інвесторів.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Вантажні автомобільні транспортні біржі в Україні: поточний стан і тенденції [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://logist.fm/publications/>

vantazhni-avtomobilni-transportni-birzhi-v-ukrayini-potochniy-stand-i-tendenciyi.

2. Закон України № 1955-IV від 01.07.2004 «Про транспортно-експедиторську діяльність». – Офіційне видання «Голос України» від 30.07.2004 – № 140.

3. Закон України № 436-IV від 16.01.2003 «Господарський кодекс України». – Офіційне видання «Голос України» від 14.03.2003 - № 49.

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

Надійшла до редколегії 24.05.2019.

Прийнята до друку 06.06.2019.

Б. А. КУШИМ, Ю. А. СИЛАНТЬЕВА

## АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ БИРЖ В УКРАИНЕ

В статье рассмотрена актуальность участия посредников в процессе доставки груза, проблемы с которыми сталкивается каждый из участников перевозки, пути повышения качества работы и факторы, влияющие на процесс качества перевозки.

**Объект исследования** – посредническая деятельность на транспорте.

**Цель работы** – провести анализ деятельности транспортных бирж в Украине на основе обзора рынка транспортных перевозок и оценки работы каждого из участников.

Для любого предприятия в сфере транспортной деятельности одной из основных задач является увеличение объемов перевозок, повышения экономической эффективности их деятельности и обеспечение качества перевозок. Чтобы достичь этой цели необходимо проводить точный и своевременный анализ транспортного рынка, его актуальных проблем, оценивать условия развития и возможности. Поэтому были рассмотрены проблемы, которые возникают при осуществлении автомобильных перевозок, главных участников процесса доставки, а также пути их минимизации в результате привлеченных к работе посредников. Благодаря транспортным биржам почти у всех участников перевозки появилась возможность без лишних усилий размещать свои предложения, просматривать предложения других компаний, с легкостью находить для себя партнеров. В случае форс-мажорных обстоятельств иметь возможность найти для себя загрузку в любой точке мира.

*Ключевые слова:* экспедитор; финансовый посредник; транспортная биржа; перевозчик; грузовладелец

В. О. KUSHYM, I. O. SILANTIEVA

## ANALYSIS OF TRANSPORT PLATFORMS IN UKRAINE

The article considers the relevance of the participation of intermediaries in the process of cargo delivery, the problems that each of the participants of transportation faces, ways to improve the quality of work and factors affecting the quality of transport process.

**The object** of the research is transport mediation.

**The purpose** of the work is to analyze the activity of transport platforms in Ukraine on the basis of an overview of the transport market and an assessment of the participants.

For any enterprise on transport market one of the main tasks is to increase transport work volume, economic efficiency of carriers and forwarders, ensure the quality of transportation. To achieve this goal it is necessary to carry out an accurate and timely analysis of the transport market, its current problems, to assess the conditions of development and opportunities. Therefore, the problems encountered in the implementation of road transport by the main participants of the delivery, as well as ways to minimize them as a result of the involvement of intermediaries, are considered.

With transport platforms almost all participants of the transportation have the opportunity to effortlessly place their offers, view offers of other companies, and easily find partners for themselves. In the case of force majeure, to be able to find a load anywhere in the world.

*Keywords:* freight forwarder; financial intermediary; transport platform; carrier; freight owner

УДК 656.212

В. В. МАЛАШКІН<sup>1\*</sup>, М. І. БЕРЕЗОВИЙ<sup>2\*</sup>, Є. Б. ДЕМЧЕНКО<sup>3\*</sup>, С. В. БОРИЧЕВА<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 (056) 793-19-13, ел. пошта: malaxa79@gmail.com, ORCID 0000-0002-5650-1571

<sup>2\*</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: n.berezovy@gmail.com, ORCID 0000-0001-6774-6737

<sup>3\*</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>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: svetikb81@gmail.com, ORCID 0000-0002-2064-6621

## ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДИСКРЕТНО-ПОДІЄВОГО МОДЕЛЮВАННЯ

**Мета** роботи полягає у огляді та порівняльному аналізі існуючих парадигм імітаційного моделювання, а також у виборі доцільного методу моделювання технологічних процесів систем залізничного транспорту для оцінки експлуатаційної надійності його інфраструктури. **Результати.** У статті висвітлюються основні проблеми при функціонуванні залізничного транспорту України, які знижують його експлуатаційну надійність. Для вирішення задачі отримання адекватної оцінки експлуатаційної надійності систем залізничного транспорту доцільно використання методу імітаційного моделювання. На даний час у імітаційному моделюванні сформувався три самостійні парадигми – системна динаміка, агентне моделювання та дискретно-подієве моделювання. Вказані парадигми відповідають різним рівням абстракції при створенні моделі, що обумовлює застосування того чи іншого підходу. У роботі наводиться порівняльна характеристика підходів імітаційного моделювання, їх переваги та недоліки. Розглядається історія виникнення, інструменти реалізації, особливості та сфери застосування кожного підходу імітаційного моделювання. Обґрунтована доцільність моделювання динамічних процесів на залізничному транспорті дискретно-подієвим імітаційним моделюванням. Розглядається спосіб і алгоритми формалізації в імітаційній моделі маневрової роботи залізничної станції, що виключають одночасне використання елементів колійного розвитку при виконанні різних операцій перевізного процесу. Модель станції створена у середовищі імітаційного моделювання AnyLogic і дозволяє оцінювати експлуатаційну надійність залізничної станції на основі величини затримок та простоїв рухомого складу на станції через зайнятість колій і локомотивів. **Практична значимість** виконаної роботи полягає у можливості більш раціонально підходити до вибору підходу імітаційного моделювання роботи різних систем при вирішенні задач, пов'язаних з отриманням достовірної оцінки їх техніко-технологічних параметрів та експлуатаційної надійності.

**Ключові слова:** залізнична інфраструктура; експлуатаційна надійність; кількісна оцінка; імітаційне моделювання; дискретно-подієве моделювання; AnyLogic

### Вступ

Залізниця України є одним з ключових об'єктів критичної інфраструктури країни, яка представляє собою провідне підприємство в системі транспортних комунікацій, що забезпечує потреби економіки і населення у перевезеннях. Економічна взаємодія виробничих систем має супроводжуватися надійними та ефективними транспортними зв'язками. Для цього транспортна інфраструктура повинна бути добре розви-

нена, а технологічні функції всіх підрозділів залізничного транспорту виконуватися якісно і з належною надійністю.

У останній час в Україні з'явилися певні обмеження зростання економіки, обумовлені недостатнім розвитком транспортної системи. Сьогоднішні об'ємні і якісні характеристики транспорту, особливо його інфраструктури, не дозволяють в повній мірі і ефективно вирішувати завдання зростаючої економіки. У якості прикладу можна привести складну ситуацію,

що виникла у останні роки при перевезенні зернових вантажів залізничним транспортом, коли обсяги перевезень зерна щорічно зростають, а пропускна здатність певних залізничних напрямків практично вичерпана [1]. Все це вимагає від українського транспорту значної перебудови [2].

Рішення стратегічного завдання підвищення ефективності роботи залізничного транспорту насамперед за рахунок збільшення пропускної і провізної здатності станцій неможливо без оснащення їх сучасними технічними засобами.

В умовах слабого інвестування дедалі актуальнішими стають питання підвищення надійності різноманітних технічних пристроїв і систем – механізмів, машин, апаратів, приладів, систем автоматики, електронного обладнання, зв'язку і т.д. Надійність є найважливішим техніко-економічним показником якості будь-якого технічного пристрою або системи. Через низьку надійність пристроїв виникають технологічні збої, які можуть призводити (або не приводити) до зменшення функціональних можливостей.

Основною проблемою при розробці заходів, спрямованих на підвищення надійності технічних пристроїв, є достовірна оцінка її рівня. На практиці використовують чотири групи методів дослідження та оцінки надійності технічних засобів і технологічних процесів функціонування транспортних систем: аналітичні; експериментальні; методи, засновані на статистичному моделюванні; комбіновані. Проблемі оцінки експлуатаційної надійності залізничного транспорту з використанням зазначених вище методів присвячені роботи П. С. Грунтова, П. А. Козлова, І. Б. Сотникова, І. В. Павлова, О. В. Бикадорова, В. І. Бобровського, О. М. Тимухіної та ін. [3-9]. Багаторічний досвід науковців показав, що оцінку технологічних втрат від різного роду збоїв у роботі залізниці доцільно проводити методом імітаційного моделювання, оскільки використання інших методів ускладнюється значними структурними та функціональними зв'язками систем залізничного транспорту.

### Огляд методів моделювання

Імітаційне моделювання являє собою процес побудови узагальненої комп'ютерної моделі системи з алгоритмічним описом основних правил її поведінки і процесів. Імітаційна модель, як правило, створюється дослідження можливих сценаріїв розвитку системи при варіації певних параметрів. Після створення моделі з нею проводять численні комп'ютерні симуля-

ції – імітаційні експерименти. В ході них йде ітераційний процес уточнення або відкидання гіпотез, що використовувалися для опису системи.

Імітаційну модель можна розглядати як множину правил, що визначають процеси функціонування деякої системи і її переходів з одного часового стану в наступне. Ці правила можуть визначатися будь-яким доступним для комп'ютера способом – у вигляді блок-схем, диференціальних рівнянь, діаграм станів, автоматів, мереж.

У імітаційному моделюванні на даний час склалися три самостійні парадигми – системна динаміка, агентне та дискретно-подієве моделювання. Вони відповідають різним рівням абстракції при створенні моделі, що обумовлює застосування того чи іншого підходу. Прийнято розрізняти три рівні абстракції: високий (стратегічний), середній (тактичний) і низький (оперативний) [10]. При низькому рівні моделюється поведінка окремих об'єктів, але, на відміну від фізичного моделювання, використовуються не точні траєкторії і часи, а їх усереднені або стохастичні значення. На цьому рівні прийнято вирішувати завдання, пов'язані з рухом транспорту тощо. На середньому рівні абстракції зазвичай оперують з розкладами, затримками, потужностями і ємностями, фізичне переміщення при цьому не аналізується. Тут абстрагуються від індивідуальних властивостей об'єктів моделювання (людей, машин, вантажів) і в основному розглядають їх потоки. Характерними задачами цього рівня є системи масового обслуговування. При високому рівні абстракції в моделі, як правило, відсутні індивідуальні об'єкти самі по собі, а оперують лише з їх кількістю і агрегованими показниками. На даному рівні моделюється проблеми ринкової рівноваги, соціально-економічного розвитку міст, екологічні процеси.

Системна динаміка (СД) відповідає високому рівню абстракції імітаційного моделювання. Засновником СД вважається американський інженер Джей Форрестер [11].

При цьому підході не розглядаються індивідуальні об'єкти, а лише їх кількості та агреговані показники. Системна динаміка застосовується тоді, коли немає необхідності або можливості досліджувати вплив окремих об'єктів, а досить вивчити поведінку системи на рівні агрегованих величин. Форрестер запропонував використовувати для цього поняття «накопичувачі» і «потоки» між ними. Накопичувачі можуть відноситися до різних матеріальних

об'єктів. З формальної точки зору системно-динамічна модель являє собою систему диференціальних (в окремому випадку алгебраїчних) рівнянь, що визначає потоки між накопичувачами.

Відмінною рисою СД є нерозрізненість об'єктів, що знаходяться в одному накопичувачі – їх неможливо індивідуалізувати, присвоївши різні властивості, логіку поведінки або процес обробки. Усі взаємозв'язки задаються на рівні накопичувачів, тобто між агрегованими величинами. Системно-динамічні моделі зазвичай застосовуються при стратегічному аналізі та довгостроковому плануванні.

Серед найбільш поширених програмних продуктів, призначених для використання системно-динамічного підходу, можна виділити Vensim [12], Powersim [13] і IThink [14]. Програмний комплекс Vensim серед вказаних найбільш ефективний, оскільки підтримує графічне утворення потокових діаграм процесу та його анімацію, а також дозволяє генерувати звіти результатів моделювання.

Відносно новим напрямком імітаційного моделювання є агентне моделювання (АМ), який виник у 90-х роках минулого століття. У залежності від ступеню деталізації АМ може відповідати усім рівням абстракції. При цьому підході об'єкт (явище або процес), що моделюється, представляється як сукупність агентів – абстрактні проєкції будь-яких автономних сутностей з реального світу. Агентами можуть бути: клієнти залізниці, які відправляють або отримують вантаж; вагони, що переміщуються по залізничній мережі; пішоходи і автомобілі, що беруть участь у дорожньому русі тощо.

Очевидно, що одна агентна модель може бути представлена кількома видами агентів. Агентне моделювання визнає принцип представ-

лення об'єктів «знизу-вгору». Акцент робиться не на макро-, а на мікрорівень: правила поведінки задаються для кожного агента, а загальна динаміка системи стає наслідком сукупності їх взаємодій. У цьому зв'язку в процесі імітаційних експериментів можуть виникнути обчислювальні складності, оскільки агентні моделі в середньому вимагають великих апаратних і програмних потужностей для проведення симуляцій, ніж системна динаміка або дискретно-подієве моделювання.

Серед відомих комерційних програмних інструментів, які підтримують агентне моделювання, слід виділити середовища Ascape [15], RePast [16] та AnyLogic [17].

Дискретно-подієве моделювання (ДПМ) є підходом, який відповідає низькому і середньому рівню абстракції. Концепцію ДПМ запропонував у 60-х роках минулого століття Джефрі Гордон, розробивши популярний і на сьогоднішній час програмний засіб GPSS [18]. Він запропонував використовувати концепції заявок, ресурсів і потокових діаграм. Заявки являють собою певні об'єкти, які переміщуються, захоплюють і звільняють ресурси відповідно до потоковим діаграм – схем, що описують досліджуваній процес. Заявки можуть являти собою людей, товари, транспортні засоби, документи, повідомлення тощо. ДПМ є дискретним – кожній події відповідає певний дискретний момент часу. Характерною рисою даного підходу є «знеособленість» заявки, від її індивідуальних властивостей абстрагуються. Вважається, що всі заявки мають універсальної логікою поведінки і обробляються за єдиним, заздалегідь відомим алгоритмом. Ядро моделі відповідає за генерацію, оброблення та знищення заявок.

Порівняльна характеристика підходів моделювання наведена у табл. 1.

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика підходів імітаційного моделювання**

Характеристика	Підхід імітаційного моделювання		
	Дискретно-подієве моделювання	Системна динаміка	Агентне моделювання
Принцип	Подієвий принцип	Зверху-донизу	Знизу-доверху
Область використання	СМО, дорожній трафік, задачі про пропускні пункти	Соціально-економічні процеси	Фізика, хімія, біологія, соціально-економічні процеси
Рівень абстракції	Середній	Високий	Весь спектр
Характер зміни стану	Дискретний	Неперервний	Дискретний
Математизація	Висока	Середня	Середня та низька
Особливості графічної візуалізації	Блок-схеми, потокові діаграми, подієві графи	Причинно-наслідкові діаграми	Динамічні мультиагентні діаграми
Основні категорії	Вузли, годинник, потоки, очікування, заявки, черги	Потоки, накопичувачі, контури зворотного зв'язку, затримки	Агенти, зв'язки
Недоліки	Обмежена сфера застосування	Малопритатний для опису об'єктів на високому рівні абстракції	Вимагає значних обчислювальних потужностей
Переваги	Володіє розробленою методологією і формальною мовою	Не вимагає високої математичної підготовки; володіє інтуїтивно зрозумілим категоріальним апаратом	Універсальність, незамінність при моделюванні деяких процесів

## Імітаційна модель залізничної станції

Виконаний аналіз існуючих програмних засобів для моделювання транспортних процесів показав, що на даний час найбільш зручним програмним комплексом є AnyLogic, оскільки у порівнянні з іншими моделюючими системами має наступні переваги: графічне середовище розробки моделей AnyLogic значно прискорює процес створення моделей; створення бібліотек дозволяє розробнику багаторазово використовувати вже написані модулі; об'єктно-орієнтований підхід піднімає процес розробки моделей на новий рівень; інтуїтивний графічний інтерфейс спрощує перехід з інших інструментів імітаційного моделювання на AnyLogic.

Система імітаційного моделювання AnyLogic включає до себе «Залізничну бібліотеку», яка дозволяє ефективно моделювати і візуалізувати функціонування залізничних об'єктів будь-якого масштабу і рівня складності – від окремих станцій і залізничних ліній, до залізничних вузлів і колій незагального користування великих промислових підприємств. Очевидно, що використання інструментарію, який пропонує система AnyLogic, для отримання оцінки експлуатаційної надійності залізничної інфраструктури є доцільним. У цьому зв'язку була розроблена базова імітаційна модель приймально-відправного парку залізничної станції у середовищі AnyLogic.

Процес функціонування технологічної лінії з обробки поїздів розглядається як дискретно-подієвий процес. Кожна заявка, що обслуговується у системі (парку) дискретно перебуває на обслуговуванні у тому чи іншому елементі. Пе-

рехід між етапами обробки представляє собою умовну межу, і не має власної тривалості.

На рис. 1 наведена типова потокова діаграма процесу обслуговування поїздів у приймально-відправному парку станції, яка використовується у імітаційній моделі. Кожен блок діаграми представляє собою елемент певного типу, що призначений для виконання певних функцій. На початку діаграми розташовуються блоки «Генератор» (*Source*) та «Черга на вході» (*Queue*), які моделюють вхідний потік поїздів та формують їх чергу у разі зайнятості усіх станційних колій. Блоки «Вибір...» (*SelectOutput*) дозволяють виконувати перевірку вільності колій для формування у подальшому маршруту прибуття поїзда. У разі зайнятості усіх колій вказаний елемент блокує потік поїздів за допомогою блоку «Затримка» (*Hold*), тим самим збільшуючи чергу поїздів на підході до станції.

Зайнятість та звільнення колій у моделі здійснюється за допомогою блоків *Seize*, *ResourcePool* та *Release*. Елемент *Seize* при проходженні через нього поїзда використовує задану кількість (як правило, одиницю) ресурсу з «запасу», який перебуває у відповідному елементі *ResourcePool*. При цьому кількість ресурсів у блоці *ResourcePool* зменшується на одиницю. Якщо всі ресурси вичерпані (відповідна колія або усі станційні колії зайняті), то черговий поїзд буде затриманий.

Аналогічним чином моделюється процес зайняття та звільнення бригад ПТО для виконання технічного огляду составів поїздів. Але для цього використовується спеціальний блок *Service*, який представляє собою об'єднання елементів *Seize*, *ResourcePool* та *Release*.

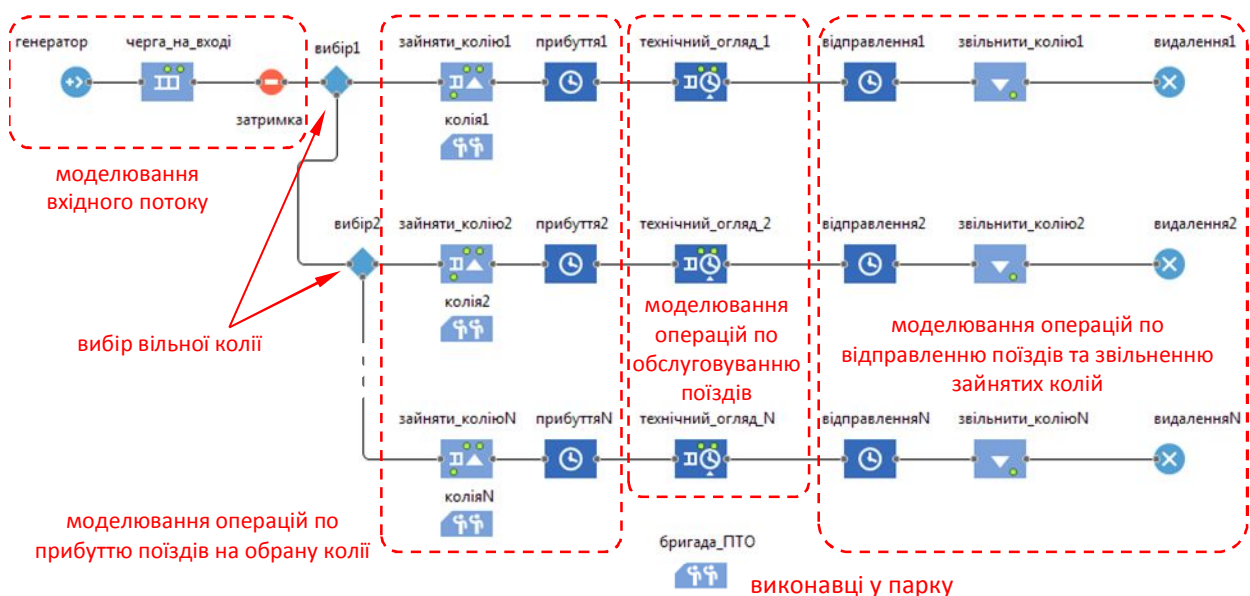


Рис. 1. Потокова діаграма процесу функціонування приймально-відправного парку станції



Тривалість виконання технологічних операцій моделюється за допомогою блоку *Delay*, що дозволяє затримувати заявки у потоковій діаграмі на певний час, який може бути представлений певним значенням або функцією.

Представлена потокова діаграма системи AnyLogic може використовуватися в якості типової для опису різних технологічних процесів на залізничних станціях та забезпечує облік затримки поїздів через зайнятість елементів колійного розвитку або виконавців технологічних операцій.

### Висновки

Виконані у роботі аналіз та дослідження дозволили сформулювати наступні висновки.

1. Для рішення задачі отримання адекватної оцінки експлуатаційної надійності систем залізничного транспорту доцільно використовувати методи імітаційного моделювання.

2. Виконаний огляд існуючих парадигм моделювання дозволить більш раціонально підходити до вибору підходу імітаційного моделювання роботи різних систем при вирішенні задач, пов'язаних з отриманням достовірної оцінки їх техніко-технологічних параметрів та експлуатаційної надійності.

3. Обґрунтована доцільність використання дискретно-подієвого методу при моделюванні технологічних процесів транспортних систем.

4. Розроблена у середовищі AnyLogic імітаційна модель дозволяє отримувати показники функціонування залізничної станції та оцінювати її експлуатаційну надійність у різних умовах.

5. Отримані авторами результати не кінцеві та є основою для продовження дослідження у даному напрямку.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мірошніченко, І. Безвідповідальний абсурд Укрзалізниці. Існуючий колапс «підкріпимо» агротрейдом / І. Мірошніченко. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://blog.liga.net/user/imiroshnichenko/article/34298>

2. Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (Розпорядження КМУ №1555-р від 16.12.2009 року). [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/ua/pras/243219821>

3. Грунтов П. С. Эксплуатационная надежность станций [Текст] – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.

4. Козлов П. А., Козлова В. П. Расчет параметров проектируемых транспортных узлов [Текст] / А. П. Козлов, В. П. Козлова // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 7. – С. 36–38.

5. Сотников И. Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог [Текст] – М.: Транспорт, 1976. – 268 с.

6. Павлов, И. В. Статистические методы оценки надежности сложных систем по результатам испытаний [Текст] – М.: Радио и связь, 1982. – 168 с.

7. Быкадоров А. В. Системное исследование технологии, оснащения, пропускной и перерабатывающей способности технических станций [Текст]: автореф. дис. ... на соиск. уч. ст. д-ра. техн. наук. – М.: МИИТ, 1981. – 42 с.

8. Бобровский В. И. Теоретические основы совершенствования конструкции и технологии работы железнодорожных станций [Текст]: автореф. дис. ... на соиск. уч. ст. докт. техн. наук: ДНУЗТ. – 2002. – 36 с.

9. Тимухина, Е. Н., Зартдинов, Д. Р. Эксплуатационная надежность железнодорожных станций и ее определяющие факторы [Текст] / Е. Н. Тимухина, Д. Р. Зартдинов // Транспорт: наука, техника, управление. – 2013. – № 1. – С. 76–79. ISSN 0236-1914.

10. Борщёв А. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты [Электрон. ресурс] – Режим доступа: [www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf](http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf)

11. Форрестер, Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) [Текст] – М.: «Прогресс», – 1971 – 340 с.

12. Industrial strength simulation software for improving the performance of real systems. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://vensim.com>

13. Powersim Software. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.powersim.com>

14. Premium modeling and interactive simulations. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.iseesystems.com/store/products/ithink.aspx>

15. Ascape. Agent Modeling Platform. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.eclipse.org>

16. Repast Simphony. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [https://repast.github.io/repast\\_simphony.html](https://repast.github.io/repast_simphony.html)

17. Офіційний сайт «The AnyLogic Company». [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.anylogic.ru>

18. Gordon G. A General Purpose Systems Simulation Program [Текст] // McMillan NY, Proceedings of EJCC, Washington D.C., 1961, p. 87–104.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Жуковицьким І. В. (Україна)*

Надійшла до редколегії 30.05.2019.

Прийнята до друку 06.06.2019.



## ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель работы заключается в обзоре и сравнительном анализе существующих парадигм имитационного моделирования, а также в выборе целесообразного метода моделирования технологических процессов систем железнодорожного транспорта для оценки эксплуатационной надежности его инфраструктуры. **Результаты.** В статье освещаются основные проблемы при функционировании железнодорожного транспорта Украины, которые снижают его эксплуатационную надежность. Для решения задачи получения адекватной оценки эксплуатационной надежности систем железнодорожного транспорта целесообразно использование метода имитационного моделирования. В настоящее время в имитационном моделировании сформировались три самостоятельные парадигмы – системная динамика, агентное моделирование и дискретно-событийное моделирование. Указанные парадигмы соответствуют различным уровням абстракции при создании модели, что обуславливает применение того или иного подхода. В работе приводится сравнительная характеристика подходов имитационного моделирования, их преимущества и недостатки. Рассматривается история возникновения, инструменты реализации, особенности и области применения каждого подхода имитационного моделирования. Обоснована целесообразность моделирования динамических процессов на железнодорожном транспорте дискретно-событийным имитационным моделированием. Рассматривается способ и алгоритмы формализации в имитационной модели маневровой работы железнодорожной станции, исключающие одновременное использование элементов путевого развития при выполнении различных операций перевозочного процесса. Модель станции создана в среде имитационного моделирования AnyLogic и позволяет оценивать эксплуатационную надежность железнодорожной станции на основе величины задержек и простоев подвижного состава на станции из-за занятости путей и локомотивов. **Практическая значимость** выполненной работы состоит в возможности более рационально подходить к выбору подхода моделирования работы различных систем при решении задач, связанных с получением достоверной оценки их технико-технологических параметров и эксплуатационной надежности.

*Ключевые слова:* железнодорожная инфраструктура; эксплуатационная надежность; количественная оценка; имитационное моделирование; дискретно-событийное моделирование; AnyLogic

V. MALASHKIN, N. BEREZOVYI, Ye. DEMCHENKO, S. BORYCHEVA

## OPERATIONAL RELIABILITY EVALUATION OF RAILWAY INFRASTRUCTURE USING METHODS DISCRETE EVENT SIMULATION

**The purpose** of the work is to review and compare the existing paradigms of simulation modeling, as well as to choose the appropriate method of modeling the technological processes of rail transport systems to assess the operational reliability of its infrastructure. **Results.** The article highlights the main problems with the functioning of Ukrainian rail transport, which reduce its operational reliability. To solve the problem of obtaining an adequate assessment of the operational reliability of railway systems, it is proposed to use a simulation method. At present, three independent paradigms have emerged in simulation modeling – system dynamics, agent modeling, and discrete event modeling. These paradigms correspond to different levels of abstraction when creating a model, which requires the use of one or another approach. The paper describes the comparative characteristics of simulation approaches, their advantages and disadvantages. The origin history, implementation tools, features and scope of each simulation approach are considered. The expediency of modeling of dynamic processes on railway transport by discrete-event simulation is substantiated. The method and algorithms of formalization in the simulation model of the shunting work of a railway station are considered. The station model was created in the AnyLogic simulation environment and allows to evaluate the operational reliability of a railway station based on the magnitude of delays and downtime of rolling stock at the station due to the occupancy of tracks and locomotives. **The practical significance** of the work performed is to be able to more rationally approach the approach of modeling the work of different systems in solving problems related to obtaining a reliable estimate of their technical and technological parameters and operational reliability.

*Keywords:* railway infrastructure; serviceability; quantitative assessment; simulation modeling; discrete-event modeling; AnyLogic

УДК 629.488.25:629.463.3

А. Р. МІЛЯНИЧ\*

\*Каф. «Рухомий склад і колія», Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. І. Блажкевич, 12а, Львів, Україна, 79052, тел. + 38 (067) 747 46 46, ел. пошта mi-lyan\_74@ukr.net, ORCID 0000-0003-3583-792X

## ОПТИМАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПРИ ОБМЕЖЕНИХ ТЕРМІНАХ РЕМОНТНИХ РОБІТ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

**Мета.** Метою цієї роботи є розроблення алгоритмів оптимізації для визначення оптимального групового графіку та оптимальних швидкостей різання при ремонтних роботах вантажних вагонів. **Методика.** Для вирішення задачі оптимального планування режимів механічної обробки наведена і проаналізована модель групового планування для поточного багатопозиційного виробництва при обмежених термінах виготовлення відновлених деталей вантажних вагонів. Крім того, у модель групової обробки включено змінний час обробки та витрати, які залежать від режимів технологічної обробки. Запропоновані оптимальні схеми групового планування розроблені в першу чергу із метою мінімізації кількості деталей із збільшенням штучно-операційного часу. Для обчислення нижньої границі сумарного часу технологічного процесу застосовується наступна теорема, яка являє собою поширення теореми Джонсона для двопозиційного планування на метод групового планування. **Результати.** В статті розглядаються два критерії групового планування. Головним критерієм є кількість деталей із збільшеним штучно-операційним часом, який необхідно мінімізувати. Другим критерієм є сумарний час технологічного процесу (цикл обробки), причому сумарний час технологічного процесу являє собою час, який триває від початку обробки першої деталі першої групи до закінчення обробки останньої деталі останньої групи; він також повинен бути мінімізований. При визначенні оптимальних швидкостей різання, після того як встановлена схема оптимального групового планування, швидкості різання можуть бути змінними для скорочення виробничих витрат, якщо схема планування передбачає міжопераційне затримання (відлежування) деталей на окремих операціях. На основі результатів попереднього аналізу розроблені наступні алгоритми оптимізації для визначення оптимального групового графіку та оптимальних швидкостей різання. **Наукова новизна.** Запропонована модель групового планування, яка ґрунтується на методі групової технології, була розроблена для умов проведення на вагоноремонтних підприємствах відновлювально-реставраційних робіт деталей та вузлів вантажних вагонів серійного багатопозиційного виробництва. При груповому плануванні, коли деталі класифікуються за кількома групами, оптимальне повинно бути отримане у вигляді послідовності груп і деталей у кожній групі. **Практична значимість.** В даному дослідженні був запропонований метод групового планування, який ґрунтується на методі групової технології, що розроблений для потокового багатопозиційного ремонтного виробництва за умови змінних термінів обробки та витратах, які залежать від умов різання металу.

*Ключові слова:* деталь; вантажний вагон; технологічний процес; оптимальне рішення; групова технологія

### Вступ

За останні роки значно підвищився інтерес при проведенні ремонтно-відновлювальних робіт вагонного парку залізниці до застосування групового технологічного процесу, оскільки він дозволяє значно розширити номенклатуру відновлювальних деталей, скоротити затрати робочого часу на переналагоджування технологічного обладнання та підвищення ефективності його використання. Крім того, групова технологія створює умови для застосування методів серійного та крупносерійного виробництва навіть при незначній кількості деталей, які підлягають ремонту. Особливістю групового

технологічного процесу є також застосування його як на окремих виробничих дільницях, так і цехах централізованого ремонту вузлів і деталей залізничних вагонів.

Загальновідомо, що груповий технологічний процес – це спосіб підвищення ефективності виробництва посередництвом класифікації значної кількості деталей та окремих елементів вагонів, які є подібними за конфігурацією, розмірами або процесом їх механічної обробки [1]. Для повного отримання переваг при впровадженні у вагоноремонтне виробництво групової технології, необхідно також враховувати і особливості планування виробничого процесу.

## Аналіз останніх досліджень і публікацій

При плануванні виробництва у відповідності із принципами групової технології оптимальне рішення повинно бути отримане у вигляді послідовності груп і послідовності деталей у кожній групі. Для вивчення групового планування було проведено ряд досліджень, моделі яких ґрунтувались на варіантах одно та багатопозиційного серійного виробництва та проаналізовані згідно критеріїв сумарного часу технологічного процесу, середнього терміну циклу обробки, сумарного перевищення штучно-операційного часу; були розроблені алгоритми для встановлення оптимальної послідовності груп і деталей [2,3]. У роботі [4] була розроблена модель групового планування для поточного багатопозиційного виробництва із застосуванням часу обробки та витрат, які залежать від умов механічної обробки. Була визначена оптимальна схема груп, які мінімізують сумарний час технологічного процесу із наступним отриманням оптимальних режимів механічної обробки за умови забезпечення мінімального сумарного часу технологічного процесу.

## Визначення мети та задачі дослідження

При розв'язанні задач планування застосовуються різні критерії, згідно яких оцінюються схеми планування. У виробничих умовах визначення порядку обробки деталей, який забезпечує витримування заданих термінів випуску, є одним із найбільш важливих факторів. У матеріалі даного дослідження наведена і проаналізована модель групового планування для поточного багатопозиційного виробництва при обмежених термінах виготовлення відновлених деталей залізничних вагонів. Крім того, у моделі групової обробки включено змінний час обробки та витрати, які залежать від режимів технологічної обробки. Запропоновані оптимальні схеми групового планування розроблені в першу чергу із метою мінімізації кількості деталей із збільшенням штучно-операційного часу.

## Моделі групового планування

**Умови.** При побудові групового планування виходимо із наступних умов:

1. Деталі, які необхідно відремонтувати (відновити), класифікуються за кількома групами.
2. Обробка всіх деталей повинна починатися одночасно із нульового моменту часу.

3. Всі деталі обробляються поточним методом.

4. Пропуски деталей і груп не допускаються.

5. Груповий час обробки складається із часу групової наладки та суми часу обробки деталей (партії деталей), яка перебуває у кожній групі.

6. Тривалість обробки партії деталей складається із часу налагоджування на дану деталь та штучного часу обробки, помноженого на розмір партії.

7. Групова наладка на будь-якому верстаті може проводитись незалежно від обробки даної групи деталей на попередньому верстаті. Наладка на деталь на будь-якому верстаті може проводитись лише після завершення обробки цієї деталі на попередньому верстаті.

8. Штучний час і виробничі витрати залежать від умов механічної обробки (мова йде про швидкість різання).

**Критерії планування.** У даному дослідженні розглядаються два критерії групового планування. Головним критерієм є кількість деталей із збільшеним штучно-операційним часом, який необхідно мінімізувати. Другим критерієм є сумарний час технологічного процесу (цикл обробки), причому сумарний час технологічного процесу являє собою час, який триває від початку обробки першої деталі першої групи до закінчення обробки останньої деталі останньої групи; він також повинен бути мінімізований.

**Час обробки деталі та груповий час обробки.** Нехай  $J_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, M$  – індекс групи;  $j = 1, 2, \dots, N_i$  – індекс деталі) означає  $j$ -ту деталь у групі  $G_i$  ( $i = 1, 2, \dots, M$ ) та  $O_{ijk}$  ( $i = 1, 2, \dots, M, j = 1, 2, \dots, N_i, k = 1, 2, \dots, K$ ) означає  $k$ -ту операцію на позиції (верстаті)  $M_k$ , де  $G_i$  та  $O_{ijk}$  відповідно група  $i$  та  $k$ -та операція (на  $k$ -ій позиції) для  $j$ -ої деталі  $i$ -ої групи.

Штучний час  $p_{ijk}$  ( $хв/ум$ ) для операції  $O_{ijk}$  виражається у функції швидкості обробки  $V_{ijk}$  для цієї операції наступним чином [5]:

$$p_{ijk} = a_{ijk} + \frac{\lambda_{ijk}}{V_{ijk}} + \frac{\lambda_{ijk} \cdot b_{ijk}}{C_{ijk}^{1/n_{ijk}}} \cdot V_{ijk}^{1/n_{ijk}-1}, \quad (1)$$

де  $i = 1, 2, \dots, M, j = 1, 2, \dots, N_i, k = 1, 2, \dots, K$ ,

і де в свою чергу:  $a_{ijk}$  – підготовчий час для

операції  $O_{ijk}$ , ( $хв/ум$ );  $\lambda_{ijk}$  – стала виду обробки для операції  $O_{ijk}$ ;  $V_{ijk}$  – швидкість різання на операції  $O_{ijk}$ , ( $хв/ум$ );  $b_{ijk}$  – тривалість зміни інструменту для операції  $O_{ijk}$ , ( $хв/ум$ );  $c_{ijk}$  – швидкість різання, яка забезпечує однохвилинну стійкість інструменту на операції  $O_{ijk}$ , ( $хв/ум$ ).

Тоді час  $P_{ijk}$  обробки партії деталей  $J_{ij}$  і час  $Q_{ik}$  обробки групи  $G_i$  на позиції  $M_k$  матиме наступний вигляд

$$Q_{ik} = S_{ik} + \sum_{j=1}^{N_i} P_{ijk} \quad (2)$$

при умові, що:  $i = 1, 2, \dots, M$ ,  $j = 1, 2, \dots, N_i$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$ ,

де  $S_{ijk}$  та  $S_{ik}$  – час налагоджування на деталь  $J_{ij}$  та на групу деталей  $G_i$  на верстаті  $M_k$  відповідно;  $l_{ijk}$  – розмір партії  $J_{ij}$  на верстаті  $M_k$ .

**Виробничі витрати.** Питомі витрати  $q_{ijk}$  (грн./лит.) на операції  $O_{ijk}$  виражається у функції швидкості різання  $V_{ijk}$ :

$$q_{ijk} = a_{ijk} \cdot \alpha_{ijk} + (\alpha_{ijk} + \beta_{ijk}) \cdot \frac{\lambda_{ijk}}{V_{ijk}} + (a_{ijk} \alpha_{ijk} + \varepsilon_{ijk}) \cdot \frac{\lambda_{ijk}}{O_{ijk}^{1/n_{ijk}}} V_{ijk}^{1/n_{ijk}-1}, \quad (3)$$

при умові, що:  $i = 1, 2, \dots, M$ ,  $j = 1, 2, \dots, N_i$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$ ,

де  $a_{ijk}$  – основна заробітна плата та накладні витрати, (грн./хв.);  $\beta_{ijk}$  – виробничі накладні витрати, (грн./хв.);  $\varepsilon_{ijk}$  – витрати на інструмент, (грн./кромка);  $\lambda_{ijk}$  – стала виду обробки для операції  $O_{ijk}$ ;  $n_{ijk}$  – кутовий коефіцієнт кривої стійкості інструменту для операції  $O_{ijk}$ .

**Швидкість різання, яка відповідає максимальній продуктивності та мінімальній вартості обробки.** Швидкість різання, яка відповідає максимальній продуктивності, і швидкість різання, яка відповідає мінімальній вартості обробки, визначаються шляхом прирівнювання до нуля похідних від виразів (1) та (3) по  $V_{ijk}$ :

$$V_{ijk}^{(t)} = \frac{C_{ijk}}{\left[ \left( \frac{1}{n_{ijk}} \right) \cdot b_{ijk} \right]^{n_{ijk}}}; \quad (4)$$

$$V_{ijk}^{(c)} = C_{ijk} \cdot \left[ \left( \frac{n_{ijk}}{1-n_{ijk}} \right) \cdot \left( \frac{n_{ijk} + \beta_{ijk}}{1-n_{ijk}} \right) \right]^{n_{ijk}}, \quad (5)$$

при умові, що:  $i = 1, 2, \dots, M$ ,  $j = 1, 2, \dots, N_i$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$ .

**Сумарний час технологічного процесу та кількість деталей із збільшеним штучно-операційним часом.** Символ  $\langle \rangle$  застосовується для позначення порядку груп або деталей при груповому плануванні, отже,  $G_{\langle i \rangle}$  позначає

групу, яка займає  $i$ -ту позицію у прийнятій схемі планування.

Час обробки  $O_{\langle i \rangle \langle j \rangle k}$  становить:

$$E_{\langle i \rangle \langle j \rangle k} = \sum_{\varepsilon=1}^{i-1} \left( \sum_{\eta=1}^{N_{\varepsilon}} g_{\langle \varepsilon \rangle \langle \eta \rangle k} + Q_{\langle \varepsilon \rangle k} \right) + S_{\langle i \rangle k} + \sum_{\eta=1}^j \left( g_{\langle i \rangle \langle \eta \rangle k} + P_{\langle i \rangle \langle \eta \rangle k} \right), \quad (6)$$

де  $g_{\langle i \rangle \langle j \rangle k}$  – час міжопераційного пролежування на позиції  $M_k$  після обробки на цій позиції  $(j-1)$ -ої деталі і перед обробкою  $j$ -ої деталі групи  $G_{\langle i \rangle}$ . Час міжопераційного пролежування  $M_k$  представляємо наступним чином:

$$g_{\langle i \rangle \langle j \rangle k} = \begin{cases} F_{\langle i \rangle \langle j \rangle k-1} - F_{\langle i \rangle \langle j-1 \rangle k}; \\ \text{якщо } F_{\langle i \rangle \langle j \rangle k-1} > F_{\langle i \rangle \langle i-1 \rangle k}; \\ 0, \text{ якщо } F_{\langle i \rangle \langle j \rangle k-1} \leq F_{\langle i \rangle \langle j-1 \rangle k}. \end{cases}$$

Тоді час обробки  $J_{\langle i \rangle \langle j \rangle}$  буде рівним

$$F_{\langle i \rangle \langle j \rangle} = F_{\langle i \rangle \langle j \rangle k}, \quad (7)$$

де  $F_{\langle i \rangle \langle j \rangle}$  та  $F_{\langle i \rangle \langle j \rangle k}$  – відповідно, час обробки деталі  $J_{\langle i \rangle \langle j \rangle}$ , хв та час обробки деталі на операції  $O_{ijk}$ , хв.

Отже, сумарний час технологічного процесу (циклу обробки) має вигляд:

$$F = F_{\langle M \rangle \langle N \rangle}, \quad (8)$$

Перевищення штучно-операційного часу для деталей  $J_{\langle i \rangle \langle j \rangle}$  визначається як

$$T_{\langle i \rangle \langle j \rangle} = \max (F_{\langle i \rangle \langle j \rangle} - d_{\langle i \rangle \langle j \rangle}, 0), \quad (9)$$

де  $d_{\langle i \rangle \langle j \rangle}$  – гранично допустимий час обробки деталей  $J_{\langle i \rangle \langle j \rangle}$ , Тоді кількість деталей із збільшеним штучно-операційним часом буде рівним:

$$N_T = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_j} \delta(T_{\langle i \rangle \langle j \rangle}), \quad (10)$$

де  $\delta_{(x)} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } x > 0, \\ 0 \text{ наперекір.} \end{cases}$

### Основна частина дослідження

Встановлення оптимальної схеми групового планування.

**Вихідна швидкість різання та штучно-операційний час.** Для того щоб мінімізувати сумарний час технологічного процесу при найменшій кількості деталей при збільшеному штучно-операційним часом, доцільно в якості вихідних швидкостей різання приймати швидкості, які відповідають максимальній продуктивності. Отже, штучно-операційний час, який є основними показниками, що застосовується

при звичайному методі виробничого планування, визначається підстановкою мінімального штучно-операційного часу  $p_{ijk}^{(t)}$  замість штучно-операційного часу  $p_{ijk}$  у рівнянні (2).

**Метод розгалуження та границь для групового планування.** Метод гілок і границь використовується при розв'язуванні задач групового планування у випадках поточного багатопозиційного виробництва точно таким же чином, як наведено у роботі [4]. Метод складається із двох основних процедур: процедури гілкування та процедури обмеження.

1) *Процедура розгалуження.* Множина всіх перестановок груп і деталей у кожній групі багаторазово поділяються на множину невеликого обсягу, а окремі рішення розташовують у формі гілок дерева. При груповому плануванні необхідно проводити розгалуження як для груп, так і для деталей. Отже, існує два виду вузлів: «вузол групи» та «вузол деталей». Процедура розгалуження із вузла групи або вузла деталей полягає у тому, що беруться неупорядковані групи і деталі у порядку черговості та відповідно розташовуються у кінці послідовності. Нехай  $N_r$  буде вузлом групи, у якій встановлена послідовність  $r$  груп, а  $N_{rs}$  буде вузлом деталей, в якому розміщені  $s$  деталей у групі  $G_{<r>}$ . Тоді  $N_r$  та  $N_{rs}$  називаються вузлом групи рівня  $r$  та вузлом деталей рівня  $s$  відповідно.

2) *Процедура обмеження.* Для того, щоб встановити оптимальну схему групового планування з метою мінімізації сумарного часу технологічного процесу при найменшій кількості деталей із збільшеним штучно-операційним часом, вводяться два типи нижніх границь.

а) *Нижня границя кількості деталей із збільшеним штучно-операційним часом.* Нижня границя кількості деталей із збільшеним штучно-операційним часом оцінюється наступним чином:

$$N_{N_{rs}} = N_{N_{rs}}^{(a)} + N_{N_{rs}}^{(b)} + N_{N_{rs}}^{(c)}, \quad (11)$$

де  $N_{N_{rs}}^{(a)}$ ,  $N_{N_{rs}}^{(b)}$  та  $N_{N_{rs}}^{(c)}$  - це кількість деталей із збільшеним штучно-позиційним часом із числа вже упорядкованих груп і деталей, із кількості деталей  $R_{N_{rs}}$ , які ще не упорядковані в  $G_{<r>}$  та із числа ще не упорядкованих груп  $R_{N_r}$  відповідно.

Перша із величин залежності (11) вичислюється наступним чином:

$$N_{N_{rs}}^{(a)} = \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=1}^{N_i} \delta(F_{<i><j>} - d_{<i><j>}) + \sum_{j=1}^s \delta(F_{<r><j>} - d_{<r><j>}). \quad (12)$$

Для обчислення значень  $N_{N_{rs}}^{(b)}$  та  $N_{N_{rs}}^{(c)}$  слід застосовувати алгоритм Ходгсона [6, 7], який дає оптимальну схему, що мінімізує кількість деталей із збільшеним штучно-операційним часом для однопозиційного планування.

Для забезпечення можливості застосування алгоритму на кожній із позицій припускається гранично допустимий час обробки для операцій  $O_{ijk}$  визначається як:

$$d_{<i><k>}^l = d_{<i><j>} - \sum_{h=k+1}^K P_{<i><j>h}. \quad (13)$$

Тоді число операцій із збільшеним штучно-операційним часом  $N_{N_{rs}}^{(b)k}$  для деталей  $R_{N_{rs}}$  для кожної позиції оцінюється із використанням алгоритму Ходгсона при плануванні кожної позиції. Отже,

$$N_{N_{rs}}^{(b)} = \max_{1 \leq k \leq K} N_{N_{rs}}^{(b)k}. \quad (14)$$

Процедура обчислення кількості операцій із збільшеним штучно-операційним часом  $N_{N_{rs}}^{(c)k}$  для деталей  $R_{N_r}$  для кожної із позицій, представляє собою поширення алгоритму Ходгсона на групове планування, складається із ряду наступних кроків:

1. Упорядкувати у послідовність операції для деталей  $R_{N_r}$  для кожної позиції відповідно до послідовності не спадаючого гранично допустимого терміну обробки незалежно від груп, до яких належать дані деталі.

2. Ввести  $(M - r)$  часу групового налагоджування  $S_{<i>}^k$  згідно порядку не спадання у послідовності операцій для кожних  $N_{<j>}$  деталей так, щоб:

$$N_{<r+1>} \geq N_{<r+2>} \geq \dots \geq N_{<M>}$$

3. Встановити час початку послідовності операцій при  $F_{<r><s>} + \sum_{j=s+1}^{N_r} P_{<r><j>k}$  та визначити першу операцію при збільшенні штучно-операційного часу. Припускаємо, що такою є  $l$ -та операція в послідовності. Встановити операцію із максимальним часом обробки серед перших  $l$  операцій. Відокремити цю операцію із послідовності та розмістити її на місце  $N_{N_{rs}}^{(c)k} = N_{N_{rs}}^{(c)k} + 1$ . Якщо операції із збільше-

ним штучним часом є відсутніми, то тоді потрібно зупинитись.

4. Далі у такому випадку необхідно поміняти місцями всі наладки, які йшли після вилученої операції, та всі операції, які йшли безпосередньо після цих наладок. Слід далі перейти до кроку 3. Тоді

$$N_{N_{rs}}^{(c)} = \max_{1 \leq k \leq K} N_{N_{rs}}^{(c)k}. \quad (15)$$

б) *Нижня границя сумарного часу технологічного процесу.* При звичайному плануванні розроблено ряд видів нижніх границь сумарного часу технологічного процесу. Відомо, що комбіновані уточнені нижні границі є ефективнішими нижніх границь, які встановлюються згідно характеристик верстатів або деталей. Однак у дослідженнях окремих авторів [8, 9] наводяться сумніви стосовно того, що комбінована нижня границя є недостатньо ефективною при груповому плануванні. Тому у даному дослідженні застосовується уточнена нижня границя.

Для обчислення нижньої границі сумарного часу технологічного процесу застосовується наступна теорема, яка являє собою поширення теореми Джонсона для двопозиційного планування на метод групового планування [10, 11].

*Теорема.* При двопозиційному плануванні оптимальний груповий графік досягається за умови виконання певних правил; послідовність деталей повинна відповідати правилу 1, а послідовність груп – правилу 2.

*Правило 1.* Деталь  $J_{j\xi}$  переміщується попередньо деталі  $J_{i\eta}$ , якщо

$$\min(P_{i\xi 1}, P_{i\xi 2}) < \min(P_{i\eta 1}, P_{i\eta 2}) \quad (16)$$

*Правило 2.* Група  $G_i$  переміщується попередньо групи  $G_j$ , якщо

$$\min \left[ S_{i1} + \max_{1 \leq s \leq N_i} \left( \sum_{\xi=1}^v P_{i\xi 1} - \sum_{\xi=1}^{v-1} P_{i\xi 2} \right) \cdot \max_{1 \leq s \leq N_j} \left( \sum_{\xi=v}^{N_j} P_{j\xi 2} - \sum_{\xi=v+1}^{N_j} P_{j\xi 1} \right) \right] < \min \left[ S_{j1} - S_{j2} + \max_{1 \leq s \leq N_i} \left( \sum_{\xi=1}^v P_{j\xi 1} - \sum_{\xi=1}^{v-1} P_{j\xi 2} \right) \cdot \max_{1 \leq s \leq N_j} \left( \sum_{\xi=v}^{N_j} P_{i\xi 2} - \sum_{\xi=v+1}^{N_j} P_{i\xi 1} \right) \right] \quad (17)$$

Доведення теореми у даному матеріалі ми пропускаємо, оскільки воно детально наведено у роботі [10], як доказ теореми Джонсона.

Уточнена нижня границя сумарного часу технологічного процесу  $N_{rs}$  визначається наступним чином:

$$F_{N_{rs}} = \max \left\{ \begin{array}{l} F_{<r><s>1} + \sum_{j=s+1}^{N_i} P_{<r><j>1} + \sum_{\xi=r+1}^M Q_{<\xi>1} + \min \sum_{h=2}^K P_{<i><j>h}; \\ \max_{2 \leq k \leq K} \left[ \begin{array}{l} F_{<r><s>k} + \sum_{j=s+1}^{N_i} (g_{<r><j>k} + P_{<r><j>k}) + \\ + \sum_{i=r+1}^M \left[ \sum_{j=1}^{N_i} (g_{<i><j>k} + P_{<i><j>k}) + S_{<i>k} \right] + \min \sum_{h=k+1}^K P_{<i><j>h} \end{array} \right] \end{array} \right. \quad (18)$$

де символ  $\{ \}$  вказує на порядок груп або деталей, який визначається шляхом застосування наведеної вище теореми для кожної із двох наступних стадій  $M_k$  та  $M_{k+1}$  ( $k = 1, 2, \dots, K-1$ ).

**Визначення оптимальних швидкостей різання**

Після того як встановлена схема оптимального групового планування, швидкості різання можуть бути зміненими для скорочення виробничих витрат, якщо схема планування передбачає міжопераційне затримування (відлежування) деталей на окремих операціях.

У діапазоні високоєфективних швидкостей ( $V_{ijk}^{(c)}, V_{ijk}^{(t)}$ ) при зменшенні швидкості різання штучно-операційний час зростає, а питома собівартість обробки зменшується. Спочатку швидкості різання встановлюються із розрахунку максимальної продуктивності для забезпечення найменшого сумарного часу технологічного процесу при найменшій кількості деталей із збільшеним штучно-операційним часом. Отже, зменшення швидкостей різання у порівнянні із швидкостями, які забезпечують максимальну продуктивність, та наближення їх до швидкостей, які гарантують мінімальні виробничі витрати, можна здійснити шляхом використання часу між операційного затримування; таким чином можна знизити вартість обробки. Проблема полягає у виборі операції  $O_{ijk}$  [ $k$ -та операція (на  $k$ -ій позиції) для  $j$ -ої деталі  $i$ -ої групи] для зменшення виробничих витрат. Наступна функція, яку назвемо функцією «ефективність-чутливість», може бути використана для кількісної оцінки при виборі цієї операції, як наводилось у роботі [4]:

$$\gamma_{ijk} = \frac{dq_{ijk}}{dV_{ijk}} \cdot \frac{dV_{ijk}}{dp_{ijk}} \quad (19)$$

Наведена функція (19) кількісно визначає зменшення виробничих витрат, який одержується завдяки збільшенню часу обробки за рахунок зменшення швидкості різання на операції  $O_{ijk}$ . Чим більше значення виразу (19), тим значно зменшуються виробничі витрати за рахунок часткового зростання часу обробки.

### Алгоритми оптимізації

На основі результатів попереднього аналізу розроблені наступні алгоритми оптимізації для визначення оптимального групового графіку та оптимальних швидкостей різання:

Стадія 1. Алгоритм, оснований на методі розгалуження та границь для визначення оптимального групового графіку.

Крок 1. Встановити на всіх позиціях  $i$  для всіх деталей швидкості різання, які забезпечують максимальну продуктивність  $V_{ijk}^{(t)}$ . Перейти до кроку 2.

Крок 2. Прийняти рівень групи  $r = 0$ , найменша ймовірна кількість деталей із збільшеним штучно-операційним часом  $N^* = \infty$ , а найменший ймовірний сумарний час технологічного процесу  $F^* = \infty$ . Перейти до кроку 3.

Крок 3. Поділити даний вузол груп на  $(M - r)$  вузлів груп  $N_r$  посередництвом переміщення кожної досі не розміщеної групи в кінці вже встановленої послідовності. Встановити  $(r = r + 1)$  та перейти до кроку 4.

Крок 4. Для кожного із вузлів груп  $N_r$  утворити вузли деталей  $N_{rs}$  із рівнем деталей  $s = 1$  шляхом розташовування кожної із деталей в кінці вже визначеної послідовності. Перейти до кроку 5.

Крок 5. Вирахувати нижні границі  $N_{N_{rs}}$  для нових вузлів деталей. Перейти до кроку 6.

Крок 6. Визначити вузол деталей, який має мінімальне значення  $N_{rs}$  серед вузлів деталей, сформованих у кроці 4 або 9, а у випадку коли  $N^* = \infty$ , або серед всіх активних вузлів деталей, у випадку коли  $N^* \neq \infty$ . Якщо  $N^* \neq \infty$  та існує більше двох вузлів, які мають мінімальне  $N_{N_{rs}}$ , вирахувати  $F_{N_{rs}}$  цих вузлів і вибрати вузол деталей, що мають мінімальне  $F_{N_{rs}}$ . У випадках рівності вибираємо вузол із найбільшим значенням, по-перше, рівня групи  $r$  та, по-друге, рівня деталей  $s$ . Нехай рівень груп і рівень деталей вузла будуть  $r$  та  $s$  відповідно, а  $N_{N_{rs}}^* = N_{N_{rs}}$  та  $F_{N_{rs}}^* = F_{N_{rs}}$ . Перейти до кроку 7.

Крок 7. Якщо  $N_{N_{rs}}^* > N^*$  або  $N_{N_{rs}}^* = N^*$ , а  $F_{N_{rs}}^* > F^*$ , тоді схема групового планування вузла, який має  $N^*$  та  $F^*$ , буде оптимальною. Далі перейти до стадії 2. При невідповідності наведених умов далі слід перейти до кроку 8.

Крок 8. Якщо  $s < N_{<r>}$ , то далі слід перейти до кроку 9. При невтримуванні наведених умов слід перейти до кроку 10.

Крок 9. Поділити вузол деталей  $N_{rs}$  на  $(N_{<r>} - s)$  вузлів шляхом розміщення кожної деталі, яка ще не упорядкована у групі  $G_{<n>}$ , на кінець вже сформованої послідовності. Покласти  $(s = s + 1)$  і повернутися до кроку 5.

Крок 10. Якщо  $r < M$ , то повернутись до кроку 3. При невідповідності наведеної умови слід  $N^* = N_{N_{rs}}^*$  та  $F^* = F_{N_{rs}}^*$ , після чого слід вернутись до кроку 6.

Стадія 2. Алгоритм встановлення оптимальних швидкостей різання.

Крок 1. Нехай  $D$  означає сукупність таких значень індексів  $i, j$  та  $k$ , при яких операції не є лімітованими при оптимальному плануванні. Вирахувати «ефективність-чутливість» для  $O_{ijk}$  згідно наступної формули:

$$\hat{\gamma}_{ijk} = \gamma_{ijk} \left| V_{ijk}^{(t)} - \Delta V \right|,$$

де  $\Delta V (\geq 0)$  – приріст швидкості.

Далі переходимо до кроку 2.

Крок 2. Якщо відомо, що  $\gamma = \max_{ijk \in D} \hat{\gamma}_{ijk}$ .

Нехай  $U$  означає сукупність таких значень індексів  $i, j$  та  $k$ , при яких  $\gamma = \max \hat{\gamma}_{ijk}$  та  $\gamma = \gamma - \Delta \gamma$ , де  $\Delta \gamma$  - приріст. Переходимо до кроку 3.

Крок 3. Враховуємо, що  $U = U + \{i_0 j_0 k_0\}$ , де  $\{i_0 j_0 k_0\}$  – сукупність таких значень індексів, при яких  $\gamma \leq \hat{\gamma}_{ijk}$ . Далі переходимо до кроку 4.

Крок 4. Даний крок розглядаємо поетапно:

1). Для  $O_{ijk} (ijk \in U)$  розрахувати швидкості різання  $\hat{V}_{ijk}$  та штучний час на операцію  $\hat{P}_{ijk}$  такі, щоб  $\gamma = \hat{\gamma}_{ijk}$ .

2). Вирахувати терміни тривалості міжопераційних відстоювань деталей  $t_{sijk}$  для  $O_{ijk} (ijk \in U)$  згідно наступної формули:

$$t_{sijk} = t_{Lijk} - t_{Eijk} - \hat{P}_{ijk},$$

де  $t_{Eijk}$  та  $t_{Lijk}$  – найбільш ранній час та найбільш пізній час закінчення обробки відповідно при плануванні із найменшим сумарним технологічним часом і найменшою кількістю деталей із збільшеним штучно-операційним часом.

3). Якщо існує будь-яка операція  $O_{ijk} (ijk \in U)$ , така, що  $t_{sijk} < 0$ , то  $\gamma = \gamma + \Delta \dot{\gamma}$  (наприклад,  $\Delta \dot{\gamma} = 0,5 \cdot \Delta \gamma$ ) необхідно повернутися до кроку 3. При невідповідності умови, що  $O_{i_0 j_0 k_0}$  при  $t_{s i_0 j_0 k_0} = 0$ , оптимальні швидкості обробки  $V_{i_0 j_0 k_0}^*$  задаються при посередництві  $\hat{V}_{ijk}$ .

$$U = U - \{i_o j_o k_o\}; \quad D = D - \{i_o j_o k_o\}.$$

де  $U$  – сукупність значень  $i, j$  та  $k$  за умови, що  $\max_{ijk \in D} \hat{\gamma}_{ijk} \leq \gamma_{ijk}$ ;

$D$  – сукупність значень  $i, j$  та  $k$  за умови, що операція  $O_{ijk}$  не є лімітованою у схемі планування.

4) Якщо  $D \neq \emptyset$ , перейти до кроку 5. При невідповідності даної умови далі необхідно припинити розрахунки.

**Крок 5.** Якщо  $\gamma = 0$ , оптимальні швидкості різання  $V_{ijk}^*$  для  $O_{ijk}$  ( $ijk \in U$ ), задаються при посередництві  $V_{ijk}^{(c)}$ . Обчислення зупиняється. Якщо  $\gamma \neq 0$ , то  $\gamma = \gamma - \Delta\gamma$  та повернутись до кроку 3.

### Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку

Модель групового планування, яка ґрунтується на методі групової технології, була розроблена для умов проведення на вагоноремонтних підприємствах відновлювально-реставраційних робіт деталей та вузлів вантажних вагонів серійного багатопозиційного виробництва. При груповому плануванні, коли деталі класифікуються за кількома групами, оптимальне повинно бути отримане у вигляді послідовності груп і деталей у кожній групі.

Методи групового планування, які ґрунтуються на методі групової технології, розроблені для потокового багатопозиційного ремонтного виробництва за умови змінних термінах обробки та витратах, які залежать від умов різання металу. В свою чергу, схема оптимального групового планування (оптимальна послідовність груп і оптимальна послідовність деталей), який відповідає мінімальному сумарному часу технологічного процесу при мінімальній кількості деталей із збільшеним штучно-операційним часом, яка встановлена згідно алгоритму, який ґрунтується на методі розгалужень та границь.

Оптимальні швидкості різання, які мінімізують виробничі витрати, встановлені із використанням часу міжопераційного відстоювання при оптимальній схемі планування.

А. Р. МИЛЯНИЧ

## ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ СРОКАХ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

**Цель.** Целью настоящей работы является разработка алгоритмов оптимизации для определения оптимального группового графика и оптимальных скоростей резания при ремонтных работах грузовых вагонов. **Методика.** Для решения задачи оптимального планирования режимов механической обработки приведена и проанализирована модель группового планирования для текущего многопозиционного производства при

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бухалков М.И. Организация производства на предприятиях машиностроения: учебник / М.И.Бухалков. – М.: ИНФРА-М, 2010. 511с.
2. Yoshida T., Nakamura N., Hitomi K. «Optimization of Group Scheduling for a Single Stage Production», Transactions of Japan Society of Mechanical Engineers, Vol. 89, No 322, 1983, pp. 1993-2003.
3. Невлюдов И.Ш. Логическая модель проектирования технологического процесса сборки [Текст] / И.Ш. Невлюдов, А.М. Цымбал, С.С. Милютин // Вісті академії інженерних наук України. — 2007. — № 3(33). — С. 95–98.
4. Туровец О.Г., Родионова В.Н. Совершенствование организации производства как фактор модернизации промышленных предприятий // Организатор производства, 2010, №1. С.21-24.
5. Hitomi K. «Economical and Optimal-Seeking Machining», Metal Processing Machine Tools, Instituto per le Ricerche di Tecnologia Meccanica, Vico, Canavese, Italy, 1980, pp. 137-153.
6. Лазарев А.А., Шульгина О.Н. Полиномиально разрешимые частные случаи задачи минимизации максимального временного смещения // Ред. Журн. «Изв. Вузов. Математика». – Казан. ун-т, Казань, 2011 с – Деп. в ВИНТИ 28.11.00, № 3019-800.
7. Алгоритмы и программы восстановления за-висимостей / Под ред. В.Н. Вапника. М.: Наука, 1984. – 816 с.
8. Yoshida T., Nakamura N., Hitomi K. «A Study of Group Scheduling», Transactions of Japan Industrial Management Association, Vol. 28, No. 3, 1981.
9. Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М. Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука, 1984. – 412 с.
10. Левин В.И. «Задача Джонсона-Беллмана для конвейерных систем с переменным порядком работ» // Вест. Тамбовского гос техн. ун-та, № 3, том 9, 2003. – С. 457-466.
11. Левин В.И. К задаче Беллмана-Джонсона // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 1999. - № 1. – С. 99-105.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н. Кузним М. О. (Україна)*

Надійшла до редколегії 17.05.2019.

Прийнята до друку 04.06.2019.



ограниченных сроках изготовления восстановленных деталей грузовых вагонов. Кроме того, модель групповой обработки включает сменное время обработки и затраты, которые зависят от режимов технологической обработки. Предложенные оптимальные схемы группового планирования разработаны в первую очередь с целью минимизации количества деталей с увеличением искусственно-операционного времени. Для вычисления нижней границы суммарного времени технологического процесса применяется следующая теорема, которая представляет собой распространение теоремы Джонсона для двухпозиционного планирования на метод группового планирования. **Результаты.** В статье рассматриваются два критерия группового планирования. Главным критерием является количество деталей с увеличенным искусственно-операционным временем, который необходимо минимизировать. Вторым критерием является суммарное время технологического процесса (цикл обработки), причем суммарное время технологического процесса представляет собой время, которое длится от начала обработки первой детали первой группы до окончания обработки последней детали последней группы; он также должен быть минимизирован. При определении оптимальных скоростей резания, после того как установлена схема оптимального группового планирования, скорости резания могут быть изменены для сокращения производственных расходов, если схема планирования предусматривает межоперационную задержку (отслеживания) деталей на отдельных операциях. На основе результатов предварительного анализа разработаны следующие алгоритмы оптимизации для определения оптимального группового графика и оптимальных скоростей резания. **Научная новизна.** Предложенная модель группового планирования, основанная на методе групповой технологии, была разработана для условий проведения на вагоноремонтных предприятиях восстановительно-реставрационных работ деталей и узлов грузовых вагонов серийного многопозиционного производства. При групповом планировании, когда детали классифицируются по нескольким группам, оптимальное должно быть получено в виде последовательности групп и деталей в каждой группе. **Практическая значимость.** В данном исследовании был предложен метод группового планирования, основанный на методе групповой технологии, разработан для потокового многопозиционного ремонтного производства при переменных сроках обработки и расходах, которые зависят от условий резания металла.

*Ключевые слова:* деталь, грузовой вагон, технологический процесс, оптимальное решение, групповая технология.

A. R. MILYANYCH

## OPTIMAL PLANNING OF TECHNOLOGICAL MODES OF MECHANICAL WORK AT A LIMITED TERM REPAIRS FREIGHT WAGONS

**Purpose.** The purpose of this work is to develop optimization algorithms for determining the optimal group schedule and optimal cutting speeds during the repair work of freight wagon. **Methodology.** To solve the problem of optimal planning of machining regimes, the group planning model for the current multi-site production is given and analyzed with limited production time periods for the restored parts of freight cars. In addition, the batch processing model includes interchangeable processing times and costs, which depend on the processing conditions. The proposed optimal group planning schemes were developed primarily to minimize the number of parts with an increase in artificial operational time. To calculate the lower limit of the total time of the technological process, the following theorem is used, which represents the extension of the Johnson theorem for two-stage planning to the group planning method. **Results.** The article discusses two criteria for group planning. The main criterion is the number of parts with increased artificial operating time, which must be minimized. The second criterion is the total time of the technological process (processing cycle), the total time of the technological process being the time that lasts from the beginning of processing the first part of the first group to the end of processing the last part of the last group; it should also be minimized. When determining the optimal cutting speeds, after the optimal group planning scheme has been established, cutting speeds can be changed to reduce production costs, if the planning scheme provides for inter-operation delay (tracking) of parts in individual operations. Based on the results of the preliminary analysis, the following optimization algorithms have been developed to determine the optimal group graph and optimal cutting speeds. **Scientific novelty.** The proposed group planning model, based on the group technology method, was developed for the conditions for carrying out restoration and restoration works on parts and assemblies of freight cars for mass-production production at car-repair enterprises. In group planning, when parts are classified into several groups, the optimal should be obtained as a sequence of groups and details in each group. **Practical significance.** In this study, a group planning method based on the group technology method was proposed. It was developed for streaming multi-site repair production with variable processing times and costs that depend on the cutting conditions of the metal.

*Keywords:* item, freight wagon, technological process, optimal solution, group technology.

УДК 656.615. (477)

М. Е. ПЕРЕПИЧКО<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Одесский национальный морской университет, ул. Мечникова, 34, г. Одесса, Украина, 65029, тел. +38 (067) 981 39 39, эл. почта samojlovskaaamaja@gmail.com, ORCID 0000-0001-5172-1498

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ СУЩНОСТИ И ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНТЕГРАЦИИ В СИСТЕМЕ «ПОРТ – ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ПАРК»

Цель данной статьи является установление основных задач транспортного обеспечения производственной интеграции в системе «порт – индустриальный парк». Основной целью транспортного обеспечения производственной интеграции в системе «порт - индустриальный парк» является организация эффективных транспортных связей внутри и между подсистемами «порт», «парк». **Методика.** В данном исследовании использовались методы системной методологии и методы анализа и синтеза. **Результаты.** Установление основных задач транспортного обеспечения производственной интеграции в системе «порт - индустриальный парк» требует, прежде всего, определение сущности транспортного обеспечения в рассматриваемом контексте. **Научная новизна.** Адаптировано понятие «транспортное обеспечение» для производственной интеграции в системе «порт – индустриальный парк». Транспортное обеспечение производственной интеграции в системе «порт – индустриальный парк» представляет собой совокупность подсистем, связанных с транспортировкой грузов, порожденных указанной системой и в пределах данной системы – морская составляющая, автомобильная (железнодорожная) составляющая, портовый терминал. Грузовую базу данной системы формируют потоки сырья, полуфабрикатов и готовой продукции индустриального парка. При этом транспортировка грузов в пределах рассматриваемой системы «порт – индустриальный парк» является ее связующей подсистемой. Предложена концептуальная модель транспортного обеспечения производственной интеграции в системе «порт – индустриальный парк» представлена в виде системы. В данной системе, связующим звеном между подсистемами и элементами является магистральный транспорт, внутривортовый транспорт, чье взаимодействие определяется, в том числе, месторасположением подсистем «порт» и «индустриальный парк». **Практическая значимость.** Результаты исследования могут быть использованы в качестве идентификации сущности и основных задач транспортного обеспечения производственной интеграции в системе «порт – индустриальный парк» и организация эффективных транспортных связей. Под эффективными транспортными связями в данном случае будем понимать транспортные связи, которые обеспечивают бесперебойное прохождение грузов по рассматриваемой системе с заданными параметрами (временными, объемными, экономическими и т.п.), которые определяются спецификой производственных процессов индустриального парка и порта.

*Ключевые слова:* порт; индустриальный парк; система «порт – индустриальный парк»; транспортное обеспечение, производственная интеграция

### Введение

В работах [1, 3, 5] было установлено, что одной из тенденций современной экономики является создание индустриальных парков в портах или на территориях, прилегающих к ним. Таким образом, производство, которое связано с экспортом/импортом сырья, полуфабрикатов или готовой продукции, транспортирующихся с использованием морского транспорта, перемещается как можно ближе к портам с целью экономии на логистических издержках, включая транспортные расходы. Для индустриальных парков преобразования материального потока являются производственными процессами, перемещение данных потоков

через порты формирует соответствующие грузопотоки, обслуживание которых, в свою очередь, является производственными процессами портов.

Таким образом, формируется система «порт – индустриальный парк», в основе и принципе существования которой их производственная интеграция. Эффективное функционирование данной системы предполагает согласование производственных и логистических процессов, включая транспортировку грузов в/из порта/порта. Таким образом, порт становится одним из главных элементов транспортного обеспечения логистической системы индустриального парка.

Отметим, что транспортировка грузов, рожденных индустриальным парком, морем является только одной из составляющей транспортного обеспечения производственной интеграции рассматриваемой системы «порт - индустриальный парк». Принципиально морская транспортировка осуществляется только с использованием смежных видов транспорта – автомобильного и железнодорожного, что предполагает согласование всех указанных составляющих, а не только морской, для обеспечения необходимой эффективности функционирования системы «порт – индустриальный парк».

### **Анализ результатов предыдущих исследований**

К проблеме транспортного обеспечения логистических и производственных систем обращаются многие современные исследователи, например, Миروتин Л. Б. [6], Бакаев О. О. [7], Постан М. Я [4]. При этом основное внимание уделяется минимизации затрат в целом на «логистику», включающих в себя не только транспортировку, а и хранение, промежуточную доработку и т.д. Как правило, в большинстве предлагаемых методов – основные положения теории запасов. В таких публикациях вопросы многообразия транспортного обеспечения с точки зрения технологий, например, практически не рассматриваются. При этом большинство указанных публикаций рассматривают автомобильную составляющую транспортного обеспечения.

При этом непосредственно оптимизация транспортных процессов в логистических и производственных системах с использованием морского транспорта рассматривается фрагментарно. Примерами таких исследований могут быть работы [4], [2]. В частности, в работе [4] предлагались инструменты формирования эффективной системы поставок с учетом пропускной способности портовых терминалов.

В работе [2] предлагался метод выбора эффективного варианта транспортного обеспечения распределительных систем на примере крупных зерновых экспортеров с точки зрения коммерческих условий работы морского транспорта.

Но транспортное обеспечение является достаточно широким понятием и включает в себя, например, также вопросы технологий транспортировки. Последним также уделяется внимание в современных исследованиях, в частности, в работах Кочетова С. Н. [8], Сыч Е. Н. [9], Кирилловой Е. В. [10] решается вопрос выбора

способа транспортировки именно с точки зрения технологии. Но решение вопроса о перевозке в контейнере или с помощью других средств укрупнения, или без них рассматривает чаще всего транспортировку локально без учета специфики производства и логистики грузовладельцев. Подлинный же эффект может быть достигнут только при интегральном рассмотрении транспорта и производства.

Таким образом, вывод, который можно сделать в результате анализа современных публикаций и исследований: система «порт- индустриальный парк» не рассматривается в современных исследованиях, в том числе, с точки зрения транспортного обеспечения. В частности, на первом этапе требуют своего установления основные задачи транспортного обеспечения производственной интеграции данной системы, охватывающие весь комплекс вопросов, возникающих при ее функционировании.

Согласно мнениям специалистов, таких как, Резер С. М. [11], Бенсон Д. [12], транспортное обеспечение - это система, представляющая собой совокупность

- технических, технологических элементов; экономических, правовых, организационных воздействий;
- форм и методов управления транспортными процессами и операциями.

### **Основная часть**

Транспортное обеспечение включает в себя транспортное обслуживание, которое представляет собой конечный результат деятельности транспортных организаций, обеспечивающих производство транспортной продукции необходимого качества.

Высокий уровень конкуренции на современных рынках транспортных услуг обуславливает формирование и развитие новых форм транспортного обеспечения, ориентированных на реализацию преимуществ высокопроизводительных транспортных технологий. Достаточно часто это осуществляется путем выбора оптимальных сочетаний для возможного эффекта удовлетворения требований различных по своим транспортным характеристикам грузов. Поэтому на сегодняшний день присутствует на транспортном рынке большое разнообразие и многовариантность сочетаний универсальности, специализации, комбинирования транспортных средств, как по роду груза, так и по способу перевозки и грузопереработки.

Основываясь, на изложенном выше, адаптируем понятие «транспортное обеспечение» для

производственной интеграции в системе «порт – индустриальный парк».

Транспортное обеспечение производственной интеграции в системе «порт – индустриальный парк» представляет собой совокупность подсистем, связанных с транспортировкой грузов, порожденных указанной системой и в пределах данной системы – морская составляющая, автомобильная (железнодорожная) составляющая, портовый терминал. Грузовую базу данной системы формируют потоки сырья, полуфабрикатов и готовой продукции индустриального парка. При этом транспортировка грузов в пределах рассматриваемой системы

«порт – индустриальный парк» является ее связующей подсистемой.

Концептуальная модель транспортного обеспечения производственной интеграции в системе «порт – индустриальный парк» представлена в виде системы, приведенной на рис.1. Кратко охарактеризуем ее. В данной системе, связующим звеном между подсистемами и элементами является магистральный транспорт, внутрипортовый транспорт, чье взаимодействие определяется, в том числе, месторасположением подсистем «порт» и «индустриальный парк».

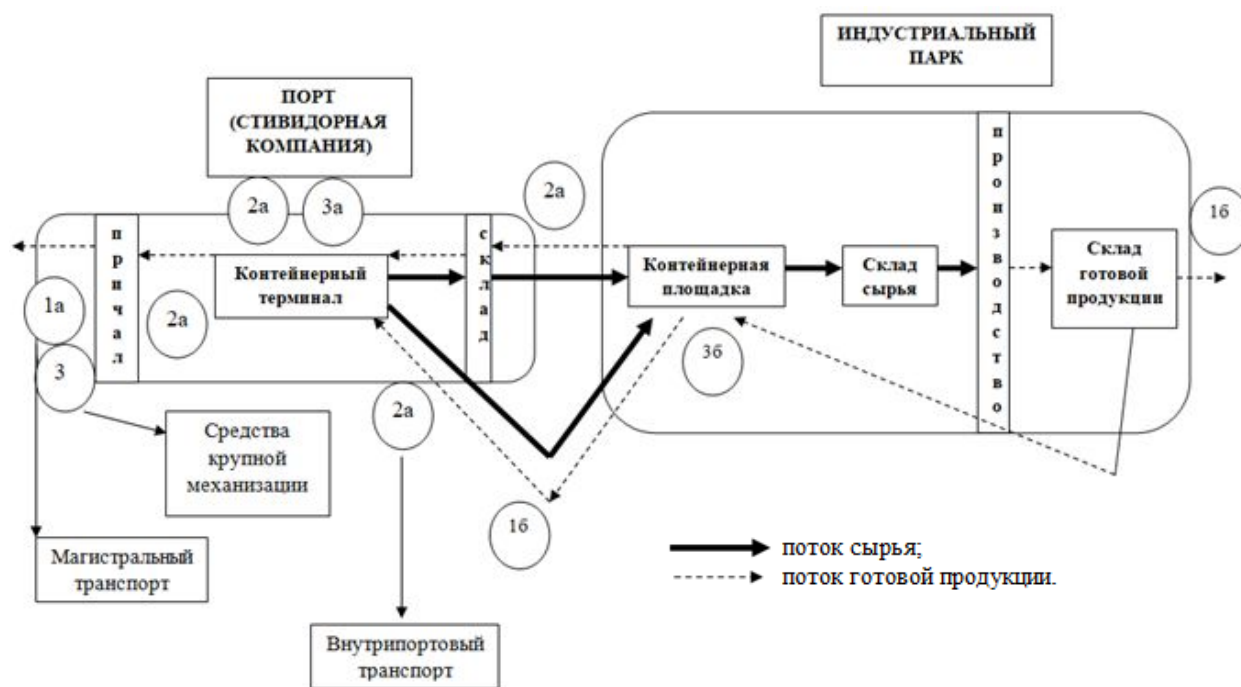


Рис. 1. Концептуальная модель транспортного обеспечения производственной интеграции системы «порт – индустриальный парк»

Магистральный транспорт в данной системе это морской транспорт, речной транспорт, автомобильный транспорт, железнодорожный транспорт.

Внутрипортовой транспорт используется при погрузочно-разгрузочных операциях в процессе обслуживании транспортных судов и при выполнении внутрипортовых операций, связанных с передвижением грузов на территории портового терминала. К внутрипортовому транспорту относятся: автомобильный транспорт, который включает в себя грузовые автомобили, тягачи и прицепы, автопогрузчики, контейнерные погрузчики.

Отметим, что транспортное обеспечение производственной интеграции системы «порт – индустриальный парк» предполагает тесное

взаимодействие магистрального и внутрипортового видов транспорта, вне зависимости от вариантов месторасположения подсистем. Факторы, которые обуславливают выбор той или иной формы данного взаимодействия:

- географические;
- технико-эксплуатационные;
- экономические.

Географические факторы определяют тот или иной вид транспорта непосредственно между портом и парком. Техничко-эксплуатационные факторы (например, род груза, специфика технико-технологической базы порта и парка) определяют возможные варианты и способы транспортировки на всех этапах, включая, прохождение грузов на территории парка и порта.

Экономические факторы (например, стоимость использования тех или иных технологических решений в процессах транспортировки грузов, порожденных парком, по территории порта, парка и между ними; объемы и частота транспортировок и т.п.) формируют экономическую предпочтительность тех или иных вариантов транспортного обеспечения. Таким образом, основной целью транспортного обеспечения производственной интеграции в системе «порт – промышленный парк» является организация эффективных транспортных связей внутри и между подсистемами «порт», «парк».

Под эффективными транспортными связями в данном случае будем понимать транспортные связи, которые обеспечивают бесперебойное прохождение грузов по рассматриваемой системе с заданными параметрами (временными, объемными, экономическими и т.п.), которые определяются спецификой производственных процессов промышленного парка и порта.

Таким образом, состав и взаимосвязь этапов, факторов и задач в системе транспортного обеспечения производственной интеграции промышленного парка и порта представлены рисунком 2.

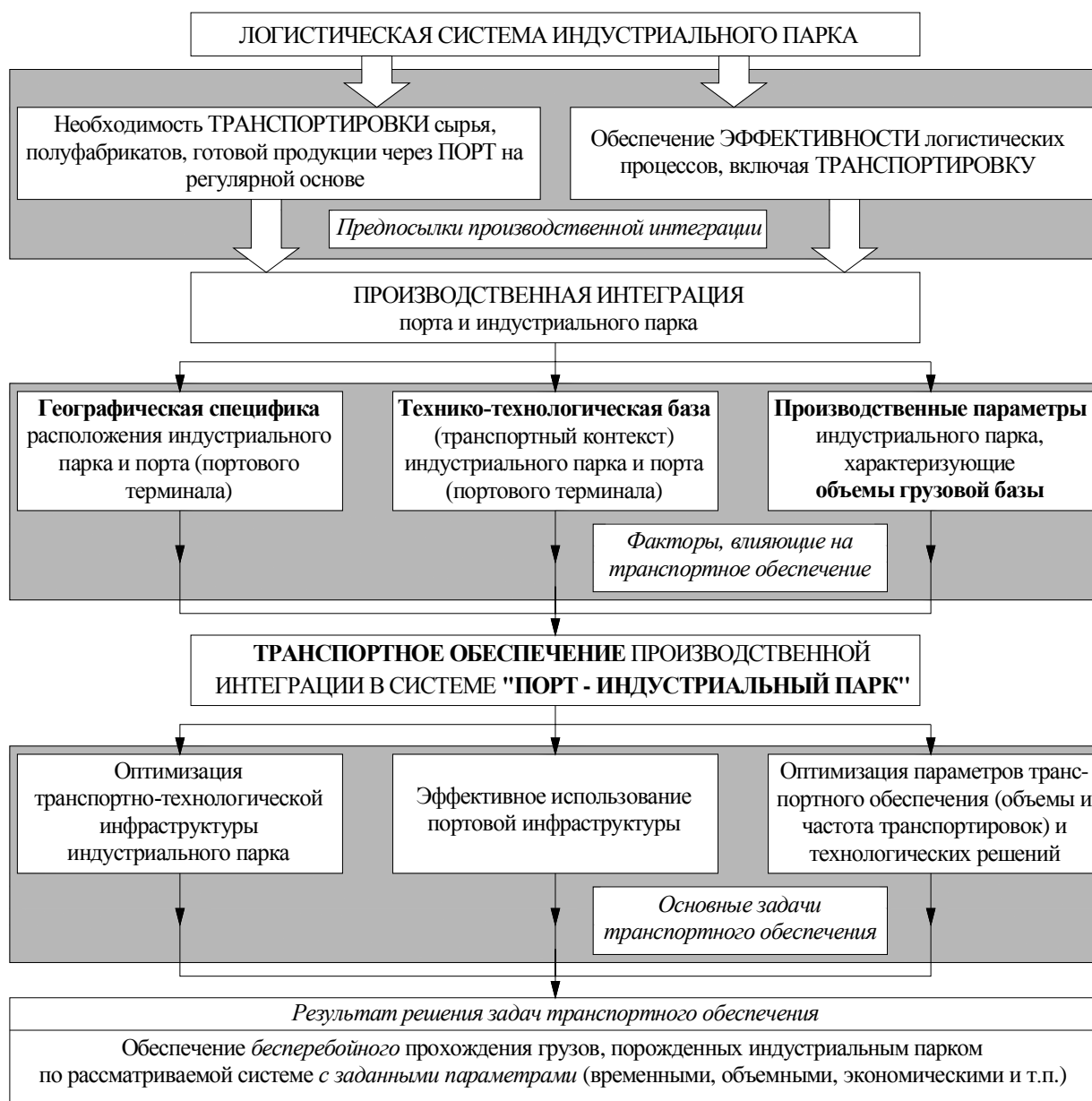


Рис. 2. Состав и взаимосвязь этапов, факторов и задач в системе транспортного обеспечения производственной интеграции промышленного парка и порта

Анализ состава и взаимосвязей этапов, факторов и задач в системе транспортного обеспечения показывает, что решение задач транспортного обеспечения производственной интеграции системы «порт – индустриальный парк» должно выполняться по следующим основным направлениям:

1. Оптимизация транспортно-технологической инфраструктуры, которая включает в себя рациональное сочетание видов транспорта и взаимодействие с системами внешнего транспорта, а также, выгоднейшее размещение производственных, складских, транспортных объектов с учетом специфики грузопотоков;

2. Эффективное использование портовой инфраструктуры;

3. Повышение экономической эффективности и устойчивости системы «порт – индустриальный парк» посредством оптимизации транспортных расходов и стабильности в формировании грузовой базы, порожденной индустриальным парком.

### Выводы

Сформирована система «порт - индустриальный парк», в основе и принципе существования которой их производственная интеграция. Эффективное функционирование данной системы предполагает согласование производственных и логистических процессов, включая транспортировку грузов в/из порта/порта. Таким образом, порт становится одним из главных элементов транспортного обеспечения логистической системы индустриального парка.

Отметим, что транспортировка грузов, порожденных индустриальным парком, морем является только одной из составляющей транспортного обеспечения производственной интеграции рассматриваемой системы «порт - индустриальный парк». Принципиально морская транспортировка осуществляется только с использованием смежных видов транспорта – автомобильного и железнодорожного, что предполагает согласование всех указанных составляющих, а не только морской, для обеспечения необходимой эффективности функционирования системы «порт - индустриальный парк». Что и требует дальнейшего исследования.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Онищенко С. П. Оптимизация транспортного обеспечения систем распределения экспортной продукции / С. П. Онищенко, А. Р. Сираев // Вісник

Академії митної служби України. Серія : Технічні науки. - 2012. - № 2. - С. 48–54.

2. Онищенко С.П., Сираев А.Р., Самойловская В.П. Оценка эффективности вариантов организации транспортного обеспечения распределительных систем // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2012. – № 6(3) – С.37-43.

3. Morozova, I. V., Postan, M. Y., & Dashkovskiy, S. (2013). Dynamic Optimization Model for Planning of Integrated Logistical System Functioning. In Dynamics in Logistics, Springer Berlin Heidelberg, 291-300. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-35966-8\_24.

4. Postan, M. Ya. Dynamic model for optimization of production and finished products delivery plans in supply chain / M. Ya. Postan, N. I. Chuhraj, Yu. V. Kurudzhi // Logistyka. – 2014. – Vol. 4. – P. 2345–2352. 12

5. Морозова И.В., Перепичко М.Е. Перспективы создания логистических индустриальных парков в Украине// Восточно-Европейский журнал передовых технологий , 2013. - №3(63) – С.4-9.

6. Миротин Л.Б. Основы логистики / Л.Б. Миротин, В.И. Сергеева. - М.: ИНФРА, 2000.-200 с.

7. Бакаев О.О. Теоретичні засади логістики // О.О. Бакаєв, О.П. Кутах, Л.А. Пономаренко. – Київ, 2003 – Т. 1 - С. 32

8. Кочетов С.Н. Прогрессивные транспортно-технологические системы на морском транспорте : монография / С.Н. Кочетов. – М.: Транспорт, 1981. – 232 с.

9. Сыч Е.Н. Транспортно-производственные системы: развитие и функционирование : монография / Е.Н. Сыч. – Киев : Наукова думка, 1986. – 166с.

10. Кириллова Е.В. Сравнительный анализ исторических аспектов развития теории и практики транспортно-технологических и логистических систем /Е.В. Кириллова // Современные направления теоретических и прикладных исследований `2010 : сб. научн. тр. по материалам междунаучно-практ. конф., 15-26 марта 2010 г., Одесса. Том 1 Транспорт. – Одесса : Черноморье, 2010 – С. 50-56.

11. Резер С.М. Взаимодействие транспортных систем: Монография, М.: Наука, 1985. - 246 с.

12. Бенсон Д., Уайтхед Дж. Транспорт и доставка грузов. Пер. с англ. М.: Транспорт, 1990.-279с

*Статья рекомендована к публикации д.э.н., проф. Онищенко С. П. (Украина)*

Поступила в редколлегию 25.05.2019.

Принята к печати 05.06.2019

М. Є. ПЕРЕПІЧКО

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ СУТНОСТІ ТА ОСНОВНИХ ЗАВДАНЬ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ІНТЕГРАЦІЇ В СИСТЕМІ «ПОРТ – ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ПАРК»

**Метою** даної статті є встановлення основних завдань транспортного забезпечення виробничої інтеграції в системі «порт - індустріальний парк». Основною метою транспортного забезпечення виробничої інтеграції в системі «порт – індустріальний парк» є організація ефективних транспортних зв'язків всередині і між підсистемами «порт», «парк». **Методика.** В даному дослідженні використовувалися методи системної методології та методи аналізу і синтезу. **Результати.** Встановлення основних завдань транспортного забезпечення виробничої інтеграції в системі «порт – індустріальний парк» вимагає, перш за все, визначення сутності транспортного забезпечення в даному контексті. **Наукова новизна.** Адаптовано поняття «транспортне забезпечення» для виробничої інтеграції в системі «порт – індустріальний парк». Транспортне забезпечення виробничої інтеграції в системі «порт - індустріальний парк» являє собою сукупність підсистем, пов'язаних з транспортуванням вантажів, породжених зазначеної системи та в межах даної системи - морська складова, автомобільна (залізнична) складова, портовий термінал. Вантажну базу даної системи формують потоки сировини, напівфабрикатів і готової продукції індустріального парку. При цьому транспортування вантажів в межах даної системи «порт - індустріальний парк» є її сполучною підсистемою. Запропоновано концептуальну модель транспортного забезпечення виробничої інтеграції в системі «порт - індустріальний парк» представлена у вигляді системи. У даній системі, сполучною ланкою між підсистемами і елементами є магістральний транспорт, внутрішні портові транспорт, чіє взаємодія визначається, в тому числі, місцем розташування підсистем «порт» і «індустріальний парк». **Практична значимість.** Результати дослідження можуть бути використані в якості ідентифікації сутності та основних завдань транспортного забезпечення виробничої інтеграції в системі «порт – індустріальний парк» і організація ефективних транспортних зв'язків. Під ефективними транспортними зв'язками в даному випадку будемо розуміти транспортні зв'язки, які забезпечують безперебійне проходження вантажів по даній системі з заданими параметрами (тимчасовими, об'ємними, економічними і т.п.), які визначаються специфікою виробничих процесів індустріального парку і порту.

*Ключові слова:* порт, індустріальний парк, система «порт – індустріальний парк», транспортне забезпечення, виробнича інтеграція.

M. PEREPICHKO

## IDENTIFICATION OF THE ESSENCE AND BASIC TASKS OF TRANSPORTATION OF PRODUCTION INTEGRATION IN THE SYSTEM «PORT – INDUSTRIAL PARK»

**The purpose** of this article is to establish the main tasks of transport support of industrial integration in the «port – industrial park» system. The main purpose of transport support of industrial integration in the «port-industrial park» system is the organization of efficient transport links within and between the port and park subsystems. **The technique.** In this study, the methods of system methodology and methods of analysis and synthesis were used. **Results.** Establishing the main tasks of transport support of industrial integration in the «port – industrial park» system requires, first of all, the definition of the essence of transport support in the context under consideration. **Scientific novelty.** The concept of «transportation support» has been adapted for industrial integration in the «port – industrial park» system. Transportation support of industrial integration in the «port – industrial park» system is a set of subsystems associated with the transportation of goods generated by the specified system and within this system - the maritime component, the automobile (railway) component, the port terminal. The cargo base of this system is formed by the flow of raw materials, semi-finished and finished products of the industrial park. At the same time, the transportation of goods within the considered system «port – industrial park» is its connecting subsystem. A conceptual model of transport support for industrial integration in the «port – industrial park» system is presented as a system. In this system, the link between the subsystems and the elements is the main transport, intraport transport, whose interaction is determined, among other things, by the location of the subsystems «port» and «industrial park». **Practical significance.** The results of the study can be used as identification of the essence and main tasks of transport support of industrial integration in the «port – industrial park» system and the organization of effective transport links. In this case, effective transport links will be understood as transport links that ensure the uninterrupted passage of cargo through the system under consideration with given parameters (temporary, three-dimensional, economic, etc.), which are determined by the specifics of the industrial park and port production processes.

*Key words:* port; industrial park; system «port – industrial park»; transport support, industrial integration.

## УДК 656.213

О. С. ПЕСТРЕМЕНКО-СКРИПКА<sup>1\*</sup>, Т. Т. БЕРЕСТОВА<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Залізничні станції та вузли», Український державний університет залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 10 42, ел. пошта ksju2910@i.ua, ORCID 0000-0001-5335-5399

<sup>2\*</sup> Каф. «Залізничні станції та вузли», Український державний університет залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 10 42, ел. пошта btt1960@i.ua

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ МІЖНАРОДНОГО ВАГОНОПОТОКУ НА ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ

**Мета.** Метою роботи є удосконалення міжнародних вантажних перевезень у експортно-імпортному та транзитному сполученнях шляхом автоматизації оперативного управління. **Методика.** Виконані дослідження засновані на використанні методів системного аналізу і процедури моніторингу процесу взаємодії залізничного транспорту, митних органів та інших керуючих служб з подальшим застосуванням теорії математичної статистики, системи дослідження операцій на транспорті та теорії прийняття рішень. **Результати.** Виконано аналіз процесу перевезення міжнародних вагонопотоків на прикордонних передавальних станціях, який показав, що на сьогоднішній день станції працюють із перебоями, допускаються тривалі затримки поїздів. Визначено основні причини затримок вагонів, що є найбільш поширеними та характерними для всіх прикордонних передавальних станцій. Для прискорення обміну даними, що пов'язані з перевезенням міжнародних вантажів, запропоновано використання на станції новітніх інформаційних систем за рахунок раціоналізації впроваджені підсистеми автоматизованого робочого місця логіста для забезпечення дотримання логічної послідовності технологічних операцій міжнародних вантажних перевезень на прикордонних передавальних станціях в умовах підвищення якості перевезень і збереженості технічних і експлуатаційних ресурсів. Розроблено математичну модель просування міжнародних вантажопотоків через прикордонну передавальну станцію, структура якої включає цільову функцію – загальні витрати ресурсів від затримки вагонів працівниками станції та іншими контролюючими органами. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає в доведенні ефективності удосконалення міжнародних вантажних перевезень за рахунок впроваджені підсистеми автоматизованого робочого місця логіста для забезпечення дотримання логічної послідовності технологічних операцій експортно-імпортних та транзитних вантажних перевезень на прикордонних передавальних станціях в умовах підвищення якості перевезень і збереженості технічних та експлуатаційних ресурсів. **Практична значимість.** Практична значимість роботи полягає в тому, що впровадження її результатів дозволить скоротити простой вагонів на прикордонних передавальних станціях та прискорити доставку міжнародних вантажів.

*Ключові слова:* прикордонні передавальні станції; автоматизоване робоче місце логіста; простой вагонів

### Вступ та постановка задачі

Одним із перших завдань залізниць України є забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту в умовах зростання обсягів вантажних перевезень.

Провідним напрямом розвитку галузі визнається необхідність адаптації Укрзалізниці до європейського рівня організації роботи транспорту. На даний момент залізниці в основному задовольняють потреби суспільного виробництва та населення у перевезеннях.

У процесі передачі вагонопотоку між країнами основну роль відведено прикордонним передавальним станціям.

Прикордонна передавальна станція (ППС) здійснює повний перелік операцій у взаємодії з

митною, прикордонною та іншими державними контролюючими службами. Згідно з наказом Укрзалізниці від 20.10.1997 р. № 265/Ц станція передачі має бути організована на базі найближчої до кордону сортувальної або дільничної станції [1]. Основні операції, які виконуються на прикордонних передавальних станціях, такі:

- митний контроль перевізних документів, наявність ліцензій і дозволу на право ввезення та вивезення вантажу, вибіркова перевірка вантажів у поїздах;
- прикордонний контроль поїздів;
- фітосанітарний, екологічний, карантинно-епідеміологічний контроль;
- технічний контроль справності вагонів;
- перевірка кількості та номерів перевізних засобів, що передаються;



- огляд комерційного стану вагонів (цілісність пломб, запірно-пломбувальних пристроїв (ЗПП), правильність навантаження та кріплення вантажу тощо);

- засвідчення конторою передачі факту передачі поїздів, вагонів та контейнерів;

- здійснення транспортно-експедиційною конторою контролю за пропуском транзитних вантажів;

- облік станційним технологічним центром (СТЦ) переходу поїздів, вагонів та контейнерів.

Транспортні комунікації та світова інформаційна мережа є «кровоносними судинами» світового господарства. Інформаційні технології сьогодні - це не просто засіб підтримки управління, а один із основних елементів інфраструктури залізничного транспорту [2].

Поряд з розвитком інфраструктури важливе значення має розширення інформаційного забезпечення усього транспортно-технологічного комплексу для задоволення жорстких вимог по терміну доставки, збереженню вантажів і безпеки транспортування, удосконаленню та спрощенню прикордонних і митних процедур.

Для прискорення обміну даними, що пов'язані з перевезенням вантажів, доцільне впровадження новітніх інформаційних систем, що забезпечать взаємодію різних електронних систем окремих залізниць.

Загальною метою, що досягається у результаті рішення даної задачі, повинно бути прискорення обробки поїздів та підвищення пропускної спроможності станцій за рахунок зменшення часу на комерційний і технічний огляд поїздів, а також на операції, що проводяться органами державного контролю (митним, прикордонним і ін.). Регламенти їх виконання в значній мірі залежать від розвитку технологій та засобів електронного обміну даними, що забезпечують інформаційне супроводження перевезень вантажів в міжнародному сполученні. Система електронного обміну даними повинна відповідати міжнародній транспортній інфраструктурі, базуватися на узгоджених технічних параметрах і задовольняти потреби сумісності технологій перевезень як критерій інтеграції національної транспортної системи в світову систему [3].

### Основна частина

На сьогоднішній день багато станцій працюють із перебоями, допускають тривалі затримки поїздів. Визначено основні причини затримок вагонів, що є найбільш поширеними та характерними для всіх ППС:

- 1) збільшення тривалості митних і прикордонних операцій (23 %);

- 2) додаткові простои, пов'язані з виконанням вимог про тимчасовий порядок прийому до перевезення транзитних вантажів (5 %);

- 3) неякісне оформлення перевізних документів (25 %);

- 4) технічні і комерційні несправності вагонів (21 %);

- 5) відсутність інформації в центральній базі даних (12 %);

- 6) особливості організації руху поїздів на прикордонних станціях (4 %);

- 7) розбіжність інформації у товарно-транспортній накладній (ТТН) і вантажній митній декларації (ВМД) (7 %);

- 8) затримання суміжними службами (прикордонною, фіто-санітарною, ветеринарною, санітарно-карантинною, екологічного та (або) радіаційного контролю) (2 %);

- 9) тимчасова заборона на ввіз-вивіз якогось з вантажів (додаткові накази) (1 %).

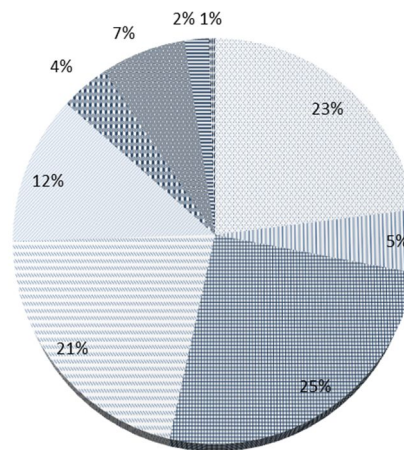


Рис. 1. Основні причини затримок на прикордонних передавальних станціях

Для моделювання процесу обробки транзитного поїзда з переробкою було розглянуто нормативний графік виконання технологічних операцій на ППС [4]. Тривалість обробки транзитного поїзда з переробкою задано наступною залежністю

$$T_{\text{техн}} = T_{\text{МК,ПрК}} + T_{\text{од}} + T_{\text{рк}} + T_{\text{дек}} + T_{\text{дМК}} + T_{\text{МК}} + T_{\text{дек}} + T_{\text{од}} + T_{\text{лПрК}} \quad (1)$$

де  $T_{\text{МК,ПрК}}$  – час виконання прикордонного та митного контролю поїздів;

$T_{\text{од}}$  – час на обробку документів конторою передачі;

$T_{\text{рк}}$  – час на виконання радіологічного контролю;

$T_{\text{дек}}$  – час на обробку документів декларан-

тами;

$T_{\text{дмк}}$  – час на попередній документальний контроль митницею та іншими контролюючими органами;

$T_{\text{МК}}$  – час на проведення митного контролю;

$T_{\text{дПрк}}$  – час прикордонного проведення контролю документів.

Технічне обслуговування составу та комерційний проводяться одночасно з прикордонним та митним контролем після перевірки документів, огляду локомотива, відчеплення локомотива, огороження составу, укладання гальмових башмаків. Загальний час виконання технологічних операцій при обробці транзитного поїзда з переробкою за нормативним графіком складає 290 хв., але згідно із статистичними даними загальний час проведення всіх операцій значно перевищує і складає майже 370 хв. Таке трапляється тому, що технічний, комерційний і митний огляд вагонів виконуються іноді послідовно з обробкою документів, а не паралельно, а також із-за недостатньої кількості працівників, які обслуговують поїзд. Наслідком цього є збільшення часу простою вагонів на прикордонній передавальній станції, що несе за собою додаткові витрати ресурсів.

Таким чином, виникає потреба в удосконаленні вантажних перевезень у міжнародному сполученні на основі автоматизації оперативного управління.

На сьогоднішній день на залізницях діють близько 1000 автоматизованих систем.

Найсучаснішою розробкою залишається програма «АСК ВП УЗ – Є». Ця система архітектурно побудована для централізованого керування процесом вантажних перевезень, основними перевагами з яких є:

- своєчасне надходження інформації, завдяки чому скорочується час на переробку та аналіз документації;

- надійність безперебійного забезпечення даними;

- можливість приймати та передавати інформацію, аналізувати, осмислювати, узагальнювати її та автоматично формувати довідки та інші переваги.

На автоматизованих робочих місцях станційних працівників передбачено підготовку й передачу інформації до бази даних «АСК ВП УЗ-Є» про всі технологічні операції з поїздами, локомотивами, вагонами, контейнерами, а також про роботу окремих ділянок та підрозділів станції. «АСК ВП УЗ-Є» забезпечує дотримання логічної послідовності технологічних операцій міжнародних вантажних перевезень на при-

кордонних передавальних станціях. Для вирішення цих задач доцільно організувати удосконалення впровадженій підсистемі АРМ логіста.

До системи «АСК ВП УЗ-Є» входять різноманітні автоматизовані робочі місця (АРМ), такі як: товарного касира, товарного касира на прикордонній станції, працівника ПКО, працівника ПТО, працівника контейнерного майданчика, прийомоздавальника, планування, працівника техконтори, чергового по станції. На автоматизованих робочих місцях станційних працівників передбачено підготовку й передачу інформації до бази даних «АСК ВП УЗ-Є» про всі технологічні операції з поїздами, вагонами, контейнерами, локомотивами, а також про роботу окремих ділянок та підрозділів станції.

Для підвищення ефективності роботи ППС, застосовують методи на базі інформаційно-керуючих систем (ІКС) і технологій.

ІКС прикордонної станції складається з двох частин: інформаційної та керуючої [5]. Підсистеми інформаційної частини ІКС отримують інформацію з оперативних баз даних, здійснюють комплексну її обробку та передачу за затвердженим форматом як відповідним керівникам (особам, що приймають рішення), так і керуючим задачам, що працюють в автоматизованому режимі. Керуюча частина складається з сукупності керуючих задач, що охоплюють усі складові елементи оперативного керування.

При формуванні ІКС АРМ логіста з впровадженням GPS-моніторингу основним залишається вирішення задач планування, прогнозу й аналізу експлуатаційної роботи залізничної станції. До ІКС ППС входить велика кількість АРМів. Кожне АРМ має доступ до потрібної інформації про стан перевізного процесу відповідно до статусу користувача та обсягу роботи, яку він виконує. При формуванні удосконаленої структури ІКС необхідно враховувати зв'язки між АРМ працівників станції та автоматизованими системами різних рівнів та обмін інформацією між ними. Впровадження інформаційного обміну між АРМ логіста і «АСК ВП УЗ-Є» дозволить працівнику контролювати переміщення вагонів, з можливими затримками і порушеннями, отримувати інформацію щодо транзитних та імпорتنних вагонопотоків для попереднього оформлення митних декларацій. Таке впровадження сприятиме зменшенню простоїв вагонів на ППС [6].

На рис. 2 наведена структура «АСК ВП УЗ-Є» прикордонної передавальної станції з впровадженням АРМ логіста.

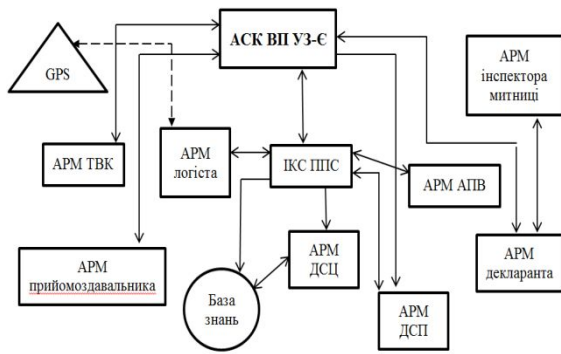


Рис. 5. Структура «АСК ВП УЗ-Є» ППС з провадженням АРМ логіста

Працівник АРМ логіста має повний доступ до інформації яка надходить до ІКС ППС з різних АРМів, що дає змогу працівнику контролювати всі переміщення вагонів, з можливими затримками і порушеннями, отримувати інформацію щодо транзитних та імпорتنих вагонопотоків для попереднього оформлення митних декларацій. Завдяки цьому зменшаться простой вагонів на прикордонних передавальних станціях [7].

При використанні даної системи залізниця одержує для себе ряд переваг таких як зниження експлуатаційних витрат на перевезення за рахунок:

- зменшення трудових затрат на підготовку, передачу, обробку перевізних документів при міжнародних перевезеннях вантажів, разом з транзитними перевезеннями;
- зменшення втрати часу, що пов'язані з очікуванням обробки перевізних документів та виконання митних процедур при перетинанні межі в пунктах пропуску;
- покращення використання транспортних засобів та транспортного обладнання (приклад: зменшення випадків повернення через недостовірну інформацію);
- зменшення випадків втрати вантажів, роз'єднання вантажів та документів на них [8].

Отримання додаткового прибутку за рахунок:

- розширення транспортних послуг та застосування сучасних транспортних технологій та удосконалення інформаційного забезпечення;
- організація додаткових інформаційних послуг власникам вантажів, експортерам та імпортерам по спостереганню за процесом перевезення.

Мінімізація втрат від відпущеного прибутку шляхом інформаційної взаємодії з партнерами та іншими учасниками перевезення вантажів в міжнародному повідомленні на основі застосування даної програми, підвищення оперативності

реагування на зміни ситуації та кон'юнктури [9].

Кожна затримка вагонів на ППС призводить до збільшення витрат ресурсів всіх видів. Більшість із них пов'язана з витратами часу, інші слід віднести до паливно-енергетичних, виробничих, людських, інформаційних та матеріальних ресурсів. Тому необхідно розробити математичну модель просування міжнародних вантажопотоків через прикордонну передавальну станцію, структура якої включає цільову функцію – загальні витрати ресурсів від затримки вагонів працівниками станції та іншими контролюючими органами:

$$E_N(m) = \sum_{n=1}^7 E_n(m) \rightarrow \min \quad (2)$$

де  $E_1$  – витрати інформаційних ресурсів, грн.;

$E_2$  – витрати, що пов'язані з вагоно-годинами простою, грн.;

$E_3$  – витрати, що пов'язані з вагоно-годинами простою не затриманих (інших) вагонів на станції в очікуванні проведення маневрової роботи із затриманими вагонами. Необхідно прийняти, що кожний затриманий вагон випадає на один поїзд, в якому є затримані вагони (за статистичними спостереженнями), грн.;

$E_4$  – витрати палива (електроенергії), що пов'язані з роботою маневрового локомотива, грн.;

$E_5$  – витрати на додаткове декларування, грн.;

$E_6$  – витрати, що пов'язані з виконанням додаткової роботи працівниками станції, грн.;

$E_7$  – амортизаційні витрати на утримання станційних пристроїв та окремих колій, що використовуються для прибирання затриманих вагонів, грн.

Тоді в розгорнутому вигляді цільова функція отримає вигляд

$$E_N(m) = m(e_{ел} + e_{пр} + e_{пал} + e_{оргтех}) + mt \cdot C_{в-г} + F_n \cdot (m_{сер} - 1) Pm_3 \cdot T_{ман} \cdot C_{в-г} + m \cdot T_{ман} \cdot C_{в-г} + m \cdot T_{ман} \cdot C_{л-г} + 0,25 \cdot m \cdot Sd \cdot k_b + m \cdot t_{сер} \cdot Sp + E_7 \rightarrow \min \quad (3)$$

при обмеженнях:

$$\begin{cases} m_{сер} \in [40...60]; n \in [1...7]; \\ mt \geq 0,083год.; mt_{оч} \geq 0,083год.; \\ t_{сер} \geq 0,083год.; T_{ман} \geq 0,5год.; \\ Pm_3 \in [0;1]; k_b \in [0;1] \end{cases}$$

Після визначення цільової функції розробляється модель функціонування прикордонної передавальної станції на основі удосконалення інформаційно-керуючих систем.

Для скорочення простоїв вагонів на прикордонних передавальних станціях та прискорення доставки вантажів доцільно розробити та впровадити ряд заходів з удосконалення митних та технологічних операцій в умовах інформатизації.

Скорочення часу доставки вантажів можливо досягти за рахунок зменшення технологічного часу обробки поїздів на прикордонних передавальних станціях. Таку можливість дає впровадження лінії інформаційного обміну між АРМ логіста і «АСК ВП УЗ-Є», яка надасть змогу зменшення втрати часу на додаткові операції, що пов'язані з очікуванням обробки перевізних документів та виконання митних процедур на прикордонних передавальних станціях.

Додатковими для поїздів, що перетинають кордон, є такі операції:

- митний огляд складу;
- обробка документів;
- митний контроль документів.

На автоматизованих робочих місцях станційних працівників передбачено підготовку й передачу інформації до бази даних «АСК ВП УЗ-Є» про всі технологічні операції з поїздами, вагонами, контейнерами, локомотивами, а також про роботу окремих ділянок та підрозділів станції. «АСК ВП УЗ-Є» забезпечує дотримання логічної послідовності технологічних операцій міжнародних вантажних перевезень.

Впровадження лінії інформаційного обміну між АРМ логіста і «АСК ВП УЗ-Є» дозволить працівнику контролювати переміщення вагонів, з можливими затримками і порушеннями, отримувати інформацію щодо транзитних та імпорتنих вагонопотоків для попереднього оформлення митних декларацій.

Таким чином час проведення технологічних операцій на прикордонній передавальній станції К-С можливо зменшити і згідно формули 3 тривалість обробки транзитного поїзда з переробкою буде визначатися наступною залежністю

$$T_{\text{техн}} = T_{\text{МК,ПрК}} + T_{\text{од}} + T_{\text{рк}} + T_{\text{дек}} + T_{\text{дмк}} + T_{\text{МК}} \quad (3)$$

Загальний час виконання технологічних операцій при обробці транзитного поїзда з переробкою згідно формули 3 складає 210 хв. Та-

ка тривалість виконання технологічних операцій досягається за рахунок скорочення часу проведення митного контролю, виключення попереднього документального контролю митницею, прикордонною службою, виключення попередньої обробки документів декларантами та конторою передач у зв'язку з тим, що документи в електронному вигляді надходять на станцію заздалегідь.

## Висновки

Таким чином при використанні даних системи залізниця отримує для себе низку переваг таких як:

- зниження експлуатаційних витрат на перевезення вантажів за рахунок зменшення трудових затрат на підготовку, передачу, обробку перевізних документів при міжнародних перевезеннях;
- зниження затрат на передавання даних про місцезнаходження та стан вантажу;
- покращення використання транспортних засобів та транспортного обладнання (зменшення випадків повернення через недостовірну інформацію);
- зменшення часу обробки перевізних документів та виконання митних процедур.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Чуйко, О.А. Розвиток міжнародних перевезень на українських залізницях [Текст] / О.А. Чуйко // : зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2010. – Вип. 119. – С.20–22.
2. Германюк, Ю.М. Удосконалення методів оцінки роботи залізничного транспорту при виконанні транзитних перевезень вантажів у міжнародному сполученні [Текст] / Ю.М. Германюк // Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна – Дніпро: ДНУЗТ, 2017.-С.7-8.
3. Згідно з наказом Укрзалізниці від 20.10.1997 р. №265/Ц [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://poizd.uz.ua/53-technologichnij-proces-roboti-peredavalnoyi-stanciyi.html>
4. Альошинський Є.С., Огар О.М., Пестременко-Скрипка О. Підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту України у системі міжнародних перевезень. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2017. № 170. С.78-84.
5. Петрушов, В.В. Удосконалення технології роботи прикордонної передавальної станції [Текст] / В.В. Петрушов, Н.В. Бочило // Збірник наукових праць УкрДУЗТ – Харків: УкрДУЗТ, 2015. - Вип. 156. – С. 106-109.
6. Шумик, Д.В. Аналіз розвитку вантажних перевезень в умовах інформатизації залізничного транспорту [Текст] / Д.В. Шумик, А.Д. Москаленко,

А.М. Майоров // Збірник наукових праць УкрДАЗТ – Харків: УкрДАЗТ, 2013. - Вип. 135. – С. 96-100.

7. Шумик, Д.В. Удосконалення вантажних перевезень у міжнародному сполученні на основі автоматизації оперативного управління [Текст]: / Д.В. Шумик, Д.С. Кравченко //:зб.наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2014 №146.- С 86-90

8. Офіційний веб-сайт «Офіційний веб-сайт Укрзалізниця». - [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.uz.gov.ua>

9. Офіційний веб-сайт «Філія «Південна залізни-

ця» ПАТ «Укрзалізниця»». - [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.pz.gov.ua>

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

Надійшла до редколегії 16.05.2019.

Прийнята до друку 07.06.2019.

О. С. ПЕСТРЕМЕНКО-СКРИПКА, Т. Т. БЕРЕСТОВА

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ МЕЖДУНАРОДНОГО ВАГОНОПОТОКА НА ПОГРАНИЧНЫХ ПЕРЕДАТОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

**Цель.** Целью работы является совершенствование международных грузовых перевозок в экспортно-импортном и транзитном сообщениях путем автоматизации оперативного управления. **Методика.** Выполненные исследования основаны на использовании методов системного анализа и процедуры мониторинга процесса взаимодействия железнодорожного транспорта, таможенных органов и других управляющих служб с последующим применением теории математической статистики, системы исследования операций на транспорте и теории принятия решений. **Результаты.** Выполнен анализ процесса перевозки международных вагонопотоков на пограничных передаточных станциях, который показал, что на сегодняшний день станции работают с перебоями, допускаются длительные задержки поездов. Определены основные причины задержек вагонов, которые являются наиболее распространенными и характерными для всех пограничных передаточных станций. Для ускорения обмена данными, связанные с перевозкой международных грузов, предложено использование на станции новейших информационных систем за счет рационализации внедренной подсистемы автоматизированного рабочего места логиста для обеспечения соблюдения логической последовательности технологических операций международных грузовых перевозок на пограничных передаточных станциях в условиях повышения качества перевозок и сохранности технических и эксплуатационных ресурсов. Разработана математическая модель продвижения международных грузопотоков через пограничную передаточную станцию, структура которой включает целевую функцию - общие затраты ресурсов от задержки вагонов работниками станции и другими контролирующими органами. **Научная новизна.** Научная новизна работы заключается в доказательстве эффективности совершенствования международных грузовых перевозок за счет внедренной подсистемы автоматизированного рабочего места логиста для обеспечения соблюдения логической последовательности технологических операций экспортно-импортных и транзитных грузовых перевозок на пограничных передаточных станциях в условиях повышения качества перевозок и сохранности технических и эксплуатационных ресурсов. **Практическая значимость.** Практическая значимость работы заключается в том, что внедрение ее результатов позволит сократить простой вагонов на пограничных передаточных станциях и ускорить доставку международных грузов.

**Ключевые слова:** пограничные передаточные станции; автоматизированное рабочее место логиста; простой вагонов

O. S. PESTREMENKO-SKRYPKA, T.T. BERESTOVA

## IMPROVEMENT OF THE INTERNATIONAL TRANSMISSION PROCESSING SYSTEM FOR BORDER TRANSMITTING STATIONS

**Purpose.** The aim of the work is to improve international freight transport in export-import and transit communications by automating operational management. **Methodology.** The researches carried out are based on the use of methods system analysis and monitoring procedures for the interaction of rail transport, customs and other management services with the further application of the theory of mathematical statistics, the system study of transport operations and the theory of decision-making. **Findings.** The analysis of the process transportation of international car-

riages at the border transmitting stations was carried out, which showed that at present the stations are working with interruptions, long delays of trains are allowed. The main reasons for the delay of wagons, which are the most widespread and characteristic for all border transmitting stations are determined. To accelerate the exchange of data related to the transportation of international cargoes, the use of the latest information systems at the station was proposed at the expense of streamlining the implementation automated workplace logistics subsystem to ensure compliance with the logical sequence of technological operations international freight transport at border transmission stations in conditions of improving the quality traffic and preservation technical and operational resources. The mathematical model of the promotion international traffic flows through the border transfer station, the structure of which includes the target function - the total cost of resources from the delay of wagons by station staff and other controlling bodies. **Scientific novelty.** The scientific novelty of the work is to prove the efficiency improving international freight transportation due to the introduction of the automated workplace logistic subsystem to ensure compliance with the logical sequence of technological operations export-import and transit cargo transportation at border transmission stations in conditions improving the quality transportation and preservation technical and operational resources. **Practical significance.** The practical significance of the work lies in the fact that the implementation of its results will reduce the simple cars at the border transmission stations and speed up the delivery of international cargoes.

*Keywords:* border transmitting stations; automated workplace of logist; simple cars



УДК 629.113.004.67: 656.13

А. Ю. СИТЕНЬКО<sup>1\*</sup>, О. П. ПРОЦИК<sup>2\*</sup>

1\* Каф. «Міжнародних перевезень та митного контролю», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, тел. +380930265321, ел. пошта sytenko.a.y@gmail.com, ORCID 0000-0003-2508-133X

2\* Каф. «Міжнародних перевезень та митного контролю», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, тел. +380932714447, ел. пошта propsa@ukr.net, ORCID 0000-0003-0454-6847

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМАТИКА ДОСТАВКИ КОНСОЛІДОВАНИХ ВАНТАЖІВ

**Мета.** Дане дослідження направлене на проведення аналізу сучасного стану доставки консолідованих вантажів, виявлення проблемних моментів та пошуку шляхів їх вирішення. **Методика.** В ході дослідження застосовані методи наукового пошуку, статистичного та інтелектуального аналізу даних. **Результати.** В статті представлений аналіз сучасного стану та проблематика доставки консолідованих вантажів у міжнародному сполученні. Виявлені слабкі та сильні сторони здійснення доставки даного типу вантажу. Розкрито роль та проблеми процесу доставки збірних вантажів. Встановлено, що залучення консолідації вантажів спрямоване на зниження витрат пов'язаних із складуванням, перевезенням та збутом товарів кінцевому споживачеві. Обґрунтовано доцільність використання синхронізації інформаційного та матеріального потоків в ланцюгу поставок з метою координації і формування збірних поставок. Визначено, що зазначені в статті та інші існуючі і потенційні проблеми при доставці консолідованих вантажів вказують на необхідність їх вирішення на нормативно-правовому рівні для сучасної євроінтегрованої транспортної системи. **Наукова новизна.** У дослідженні представлений пошук оптимальних шляхів оптимізації доставки збірних вантажів з урахуванням виявлених недоліків, що дозволяє досліджувати та коригувати роботу на терміналі. **Практична значимість.** Результати статті можуть бути впроваджені в розробці доставки вантажів малими і середніми підприємства, що займаються виробництвом, вибираючи за головний критерій вартість послуги доставки.

*Ключові слова:* збірний вантаж; консолідований вантаж; процес доставки; дрібнопартійний вантаж; міжнародні перевезення

### Вступ

При доставці консолідованих вантажів виникають проблеми щодо руху матеріального потоку, а також пов'язані з ним фінансово-технологічними, інформаційними та іншими потоками. Цю проблематику посилює ще й специфіка норм митного законодавства відповідних країн, раціональне розміщення укрупнених партій вантажів (УПВ) в кузові транспортного засобу, зони відповідальності, ефективне планування маршруту та підготовка митних та товаротransпортних документів на кожну партію вантажів для Замовників та Перевізників. Тому налагодження ефективної взаємодії кожної з ланок транспортної та логістичної підсистеми доставки консолідованих партій вантажів потребує узгодження та ретельного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням доставки вантажів, включаючи дрібнопартійні, у міжнародному сполученні присвячені роботи багатьох вчених, а саме Шрамен-

ко Н.Ю. [12], Ніколіна В.І., Каличева Н. Є. [2], Ширяєва С.В., Миротина Л.Б., Лукінського В.С., Вельможина А.В., Нечаєва Г.І., Нагорного Є.В. [4], Самойленко А.С. [7], Губенко В.К., Альошинського Є.С. [1], Богданова С.М., Петренко О. І. [5], Фаловича В. А. [11], Нефедова М.А. та інших. В працях даних вчених питанням доставки консолідованих партій вантажів присвячена не достатня увага, але слід зазначити, що питання залишається актуальним.

Одним із дієвих механізмів визначення ефективних шляхів удосконалення доставки консолідованих вантажів є аналіз проведених досліджень провідними вченими у даній галузі та адаптування їх до конкретних умов дослідження. На основі аналізу існуючих та передових технологій доставки збірних вантажів, а також досліджень провідних фахівців в даному напрямку, необхідно визначити проблемні місця в процесі доставки консолідованих вантажів для їх подальшого вирішення.

## Мета

З огляду на недоліки описаної технологічної схеми сформульована мета роботи, а саме дане дослідження направлене на проведення аналізу сучасного стану доставки консолідованих вантажів, виявлення проблемних моментів та пошуку шляхів їх вирішення.

## Методика

В ході дослідження застосовані методи наукового пошуку, статистичного та інтелектуального аналізу даних.

## Результати

На сучасному етапі розвитку міжнародної торгівлі відбувається збільшення обсягів поставок дрібнопартійних вантажів. Це пов'язано, в основному, зі змінами в товарній структурі світового товарообороту, частій зміні якісних та кількісних характеристик товарів певної номенклатури, викликаних різними факторами, в тому числі під впливом науково-технічного прогресу. Розвиток перевезень збірних вантажів в багатьох країнах довів свою ефективність не лише для транспортної галузі окремої країни, а й для розвитку та інтеграції всього міжнародного транспортного ринку в логістичній системі. Ці партії вантажів, як правило, володіють невеликими об'ємними і ваговими характеристиками (вагою менше 2500 кг для АТЗ), але мають високу вартість. Кінцева вартість цих партій залежить від транспортної складової та терміну доставки. «Збірні доставки» найбільш

необхідні для малих і середніх підприємств, а також фірм, які мають справу з товарами промислового значення високої вартості [8].

Послуги з консолідації вантажів, або «збірні доставки», також пропонують багато операторів вантажних перевезень або компаній контейнерних доставок, які забезпечують здійснення регулярних транспортних рейсів. Послуги з консолідації вантажів дозволяють вантажовідправникам вибирати найбільш оптимальний об'єм вантажів та частоту їх відправки з метою оптимізації логістичних витрат та обсягу виконання транспортної роботи. Не варто забувати, що у такої послуги є свої особливості, які можна вважати недоліками.

Міжнародна доставка збірних партій вантажів тягне за собою певні проблеми, а саме: великі терміни доставки, порушення графіків відправок, труднощі в плануванні перевезень, необхідність оформлення великої кількості зовнішньоторговельних документів. Також до недоліків можна віднести високу вартість послуг, пов'язану з митним оформленням товару, введеного на територію України.

Для зменшення вартості доставок дрібнооптових партій вантажів у зовнішній торгівлі, використовується перевезення даних товарів в складі збірних партій. У зв'язку з цим являється важливим вибір схем, шляхів та розробка методів зменшення витрат при міжнародних перевезеннях збірних партій вантажів та скорочення термінів їх доставки. «Стандартна» схема доставки збірних вантажів представлена на рис. 1.

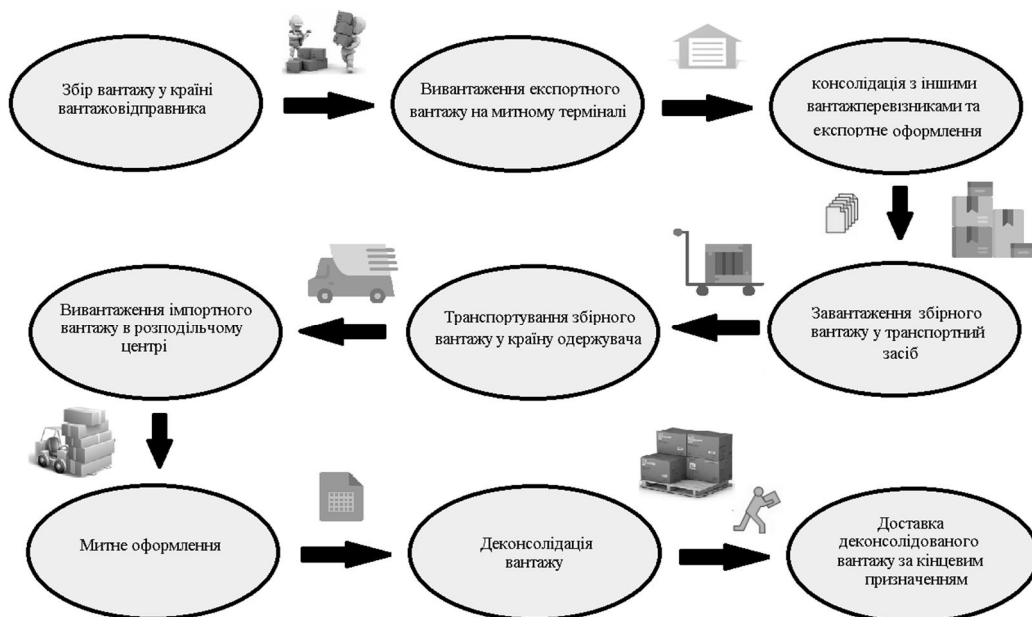


Рис. 1. Процес доставки консолідованих вантажів



Розвиток «збірних доставок» визначається існуючим попитом на даний вид послуг, раціональним обсягом запасів, асортиментом вантажів, умовами постачання, вимогами споживача, а також маршрутами доставки. Процес їх транспортування сам по собі трудомісткий і далеко не дешевий процес з точки зору транспортно-експедиторської діяльності. Адже він потребує координації руху по маршруту, ретельного контролю інформаційних потоків, постійної перевірки та звірки даних, відстеження оперативності доставки кожної окремої ланки ланцюга поставок. В першу чергу, доставка консолідованих вантажів вимагає дотриманням термінів доставки, плануванням відправок, обмін інформацією між усіма учасниками процесу перевезення та інші вагомні фактори.

Слід зауважити, що на сучасному етапі в Україні спосіб організації доставки консолідованих вантажів знаходиться на стадії дослідження, а розвиток гальмується через наявність певних проблем. Компанія, що надає клієнтам «повний» комплекс послуг по перевезенню збірних вантажів, здійснює: консолідацію збірних вантажів на складах; страхування збірних вантажів; доставку вантажів по системі «від дверей до дверей»; оформлення необхідних митних документів; підготовку транспортних документів; відслідковування вантажу на шляху слідування [9,10]. Для подолання існуючих проблем можна запропонувати таку низку заходів, яка представлена на рис 2.



Рис. 2. Напрями подолання проблем доставки консолідованих вантажів

Зазвичай консолідовані вантажі переміщуються в одному транспортному засобі і призначені для доставки різним вантажоодержувачам (наприклад, від 3 вантажовідправників до 1 вантажоодержувача або навпаки). Не у всіх Замовників є можливість залучати для доставки авіаційний чи залізничний транспорт, внаслідок цього доставка таких товарів найбільш часто здійснюється АТЗ, але, якщо є можливість, використовується й залізничне, морське, річкове або водне сполучення. Під час аналізу доставки збірних вантажів важливим є оцінка перспективи перевезення товару у відповідності з прийнятими міжнародними конвенціями, а також чинним законодавством країни-відправника, країни-одержувача і транзитних країн.

Для вирішення проблем перевезення збірних вантажів необхідно залучати єдиний інформаційний простір та стандартизовані правила обміну цією інформацією між усіма учасниками логістичного ланцюга. Це в свою чергу дозволить планувати доставку на кожному з ділянок руху вантажу, встановлювати чергу завантаження/вивантаження вантажів на всьому ма-

шруті слідування, заздалегідь готувати комплект транспортних, митних і складських документів, що дозволить скоротити час на документообіг у стикових вузлах. Неможливо обійтися без синхронізації та перевірки інформаційних потоків підприємствам, які працюють в режимі «just in time», не залучаючи великі складські запаси.

На даний час свого розвитку Україна знаходиться на етапі євроінтеграції – прийняття ґрунтовних змін до низки нормативно-правових актів у зв'язку із поступовим приведенням національного законодавства до існуючого в Європейському Союзі. Для підвищення ефективності доставки консолідованих вантажів необхідно застосовувати прогресивні технології митного контролю, в тому числі враховуючи застосування системи АСАУР, встановити оптимальний порядок обслуговування та час на виконання митних процедур [6]. Чим менша обізнаність щодо нормативно-правового законодавства та відповідної документації, тим більший ризик виникнення простоїв транспортних засобів на кордоні та митних терміналах,

що призводить до затримок у розмитненні та залучення додаткових витрат. Рівень помилок у деклараціях і супровідних документах відносно високий. Частиною 1 статті 248 Митного кодексу України (МКУ) встановлено, що митне оформлення розпочинається з моменту подання митному органу декларантом або уповноваже-

ною ним особою митної декларації. Відомості про документи, визначені частиною третьою статті 335 МКУ, зазначаються декларантом або уповноваженою ним особою у встановленому порядку в митній декларації [3]. Основна необхідна документація представлена в табл. 1.

Таблиця 1

**Митні та перевізні документи, необхідні при здійсненні доставки вантажів у міжнародному сполученні**

Для отримання вантажу	Для розмитнення
<ul style="list-style-type: none"> <li>• оригінал торгового рахунку-фактури (з перекладом)</li> <li>• копія торгового контракту</li> <li>• копія акредитаційної картки</li> <li>• оригінал Свідоцтва про походження вантажу</li> <li>• сертифікат якості</li> <li>• пакувальний лист (якщо в рахунку не вказана кількість місць вантажу)</li> <li>• сертифікат про відповідність (у випадку необхідності)</li> <li>• санітарне свідоцтво (у випадку необхідності)</li> <li>• ветеринарне свідоцтво (у випадку необхідності)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• митна декларація (МД) - заповнює митний брокер;</li> <li>• комерційні документи (рахунок-фактура, рахунок-проформа, invoice), а також їх переклад на державну мову;</li> <li>• картка обліку особи, що здійснює операції з товарами (картка акредитації);</li> <li>• договір доручення з митним брокером;</li> <li>• зовнішньоекономічний договір (контракт) з додатками до нього, а також їх переклад на державну мову;</li> <li>• товаротранспортні документи та накладні на перевезення (CMR, TTH, Air WayBill, Bill of Lading), навантажувальні відомості, пакувальні аркуші, специфікації і т.д.;</li> </ul>

Також, у разі необхідності, інспектор митних органів може запросити пред'явити: договір на перевезення та калькуляцію транспортних витрат (в залежності від умов поставки); документи, що підтверджують країну походження товару (сертифікат походження); документи для нетарифного регулювання (ветеринарні сертифікати, сертифікат якості, сертифікати здоров'я тощо); документи, що використовуються для визначення митної вартості товару (банківські платіжні документи, специфікації, прейскуранти, прас-листи, висновки спеціалізованих експертних організацій і т.д.); документи, що підтверджують право на пільги із сплати митних платежів.

Виникнення проблем через одну партію товарів призводять до серйозних затримок на митних постах. Якщо митна служба не дозволяє ввезення або вивезення одного з товарів зі збірного вантажу, затримується вся весь транспортний засіб. Для таких випадків передбачають варіант з вивантаженням "проблемного" товару на склад тимчасового зберігання до вирішення питань з ним, в той час як інші партії, які пройшли усі митні процедури оформлення, слідує далі згідно маршруту свого руху.

В роботах українських та міжнародних авторів проблеми доставки збірних партій ванта-

жів в більшості випадків розглядаються виключно з точки зору транспортного та технологічного аспекту. Не достатньо приділено увагу принципам організації доставки збірних партій вантажів; аналізу витрат, що виникають при здійсненні перевезень і методів їх скорочення; не розглянуті питання інтеграції міжнародної торгівлі в транспортні процеси.

Однією з проблем, з якою зіштовхується будь-який оператор, який працює з міжнародними збірними вантажами - це сумісність вантажів. Тобто, недостатньо вирішити геометричну задачу заповнення корисного об'єму транспортного засобу, крім цього, необхідно врахувати ряд додаткових факторів, а саме:

- сумісність за умовами зберігання (температурні режими, вимоги до вентиляції, рівню вологості та ін.);
- ступінь взаємного впливу між вантажами;
- поділ вантажів на категорії. Так, генеральні вантажі не можливо помістити в один контейнер зі спеціальними.

Щоб всі вантажі з різними характеристиками могли бути разом перевезені, при їх розподілі в транспортному засобі вирішальне значення може мати будь-який з параметрів. Всі ці моменти необхідно враховувати при форму-

ванні черговості завантаження і маршруту слідування вантажопотоків.

Чимало важливий фактор - регулярність рейсів з консолідаційних складів. Для замовника це означає відсутність чіткого розуміння дати доставки вантажу. Наявність графіка відправок дозволяє замовникам досить точно визначити терміни доставки і планувати свою діяльність відповідно терміну отримання вантажу.

Як було зазначено, в багатьох випадках доставки збірних вантажів використовується змішане сполучення. Даний процес передбачає зміну виду транспорту, а це однозначно тягне за собою додаткові витрати. Тому не менш важливим аспектом аналізу транспортного процесу доставки консолідованих вантажів у міжнародному сполученні є розуміння витрат, що формуються при перевезенні та торгівлі. Щоб спростити завдання планування витрат, для початку варто визначити точки виникнення витрат на маршруті слідування збірного вантажу.

Неодмінно на кожному етапі даного перевезення виникнуть витрати на перевезення, які слід віднести до чотирьох основних груп: транспортні витрати, термінальні, митні та зовнішньоторговельні. Принцип їх класифікації досить простий - поділ відбувається в залежності від місця виникнення. Так як параметри збірного вантажу мінливі, то перераховані вище витрати можна віднести до категорій - постійні і змінні. Постійні витрати - це витрати, величина яких не змінюється разом зі зміною транспортної роботи, змінні витрати - величина яких змінюється разом зі зміною одного або декількох параметрів вантажу, що перевозиться, таких як обсяг, відстань, вага, вартість, кількість місць. Постійні і змінні витрати в свою чергу діляться на: підконтрольні і непідконтрольні. Підконтрольні - витрати, які виникають і передбачаються в процесі доставки вантажів і заздалегідь включаються у вартість перевезення. Непідконтрольні - витрати, які заздалегідь не враховані у вартості перевезення і можуть виникнути в процесі її здійснення, не залежно від волі учасників перевізного процесу. Транспортна складова в кінцевій ціні товару в дрібнооптових поставках залежить від кількісних характеристик вантажу. З огляду на це, перевізниками для розрахунку вартості доставки дрібнооптових партій, тарифікації термінальних і складських послуг широко використовується тарифна сітка - чим більше вантаж, тим менше вартість перевезення з розрахунку на один кілограм його ваги.

Слід зазначити, що вантажовласники не завжди володіють практичними навичками з

організації даного типу перевезення і не мають методології розрахунку економічної ефективності від їх використання. Детально вивчені аспекти доставки збірних вантажів здатні помітно поліпшити економічні показники підприємства, оскільки дозволяє не заморожувати обігові кошти в складських запасах, більш гнучко реагувати на ринковий попит, оптимізувати витрати на розширення товарного асортименту.

### **Наукова новизна та практична значимість**

У дослідженні представлений пошук оптимальних шляхів оптимізації доставки збірних вантажів з урахуванням виявлених недоліків, що дозволяє досліджувати та коригувати роботу на терміналі. Результати статті можуть бути впроваджені в розробці доставки вантажів малими і середніми підприємства, що займаються виробництвом, вибираючи за головний критерій вартість послуги доставки.

### **Висновки**

Під час аналізу було виявлено, що попит на дрібні замовлення є не тільки у виробників, а й у клієнтів, яким зручніше і дешевше доставити менші партії і обійтися без витрат на зберігання. Хоча перевезення збірного вантажу має на увазі додаткові витрати по організації доставки, займає більше часу ніж повнокомплектна доставка, вантажовласник отримує профіт в грошовому еквіваленті. Визначення існуючих і потенційних ризиків та вирішення суперечливих питань при перевезенні консолідованих вантажів вказують на необхідність створення алгоритмів або Типових схем підвищення ефективності доставки, що дозволить уникнути невизначеностей в транспортно-технологічних системах. Розробка заходів запобігання їх виникнення у функціонуванні кожного з елементів транспортної системи позитивно вплине як на ефективність діяльності транспортної галузі, так і на розвиток зовнішньоекономічної діяльності нашої країни.

### **БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Альошинський Є. С. Дослідження можливих варіантів доставки міжнародних вантажопотоків при змішаних перевезеннях у межах транспортної системи України / Є. С. Альошинський, С.О. Світлична, А. М. Багно // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. - 2014. - Вип.

144. - С. 45-49. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt\\_2014\\_144\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2014_144_11).

2. Каличева Н. С. Покращення функціонування логістичних систем за рахунок удосконалення транспортних послуг / Н. С. Каличева // Наука й економіка. - 2015. - Вип. 2. - С. 80-83. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nie\\_2015\\_2\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nie_2015_2_17).

3. Митний кодекс України від 13.03.2012 № 4495-VI // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2012, N 73-74, ст.590.

4. Нагорний, С. В. Аналіз сучасних підходів до підвищення ефективності логістичних систем доставки вантажів в міжнародному сполученні / С. В. Нагорний, В. С. Наумов, А. В. Іванченко // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2012. — Вип. 3. — С. 68—72. — doi: 10.15802/tstt2012/17190.

5. Петренко О.І., Дереповська Т.В. Проблеми розвитку мультимодальних перевезень в Україні та шляхи їх розв'язання. / Петренко О.І., Дереповська Т.В. // Ефективна економіка. – 2017. - №5. – [Електронний доступ]. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5582>

6. Процик О.П., Пономаренко Т.О., Ситенько А.Ю. Сучасні орієнтири вдосконалення митного контролю в Україні // Управління проектами, системний аналіз і логістика. 2015. Вип. 15, Частина 1 : Серія «Технічні науки». С. 142-151

7. Самойленко А.С. Удосконалення технології прискореної переробки тарно-штучних

вантажів на терміналах в умовах ринку транспортних послуг: Автореф. дис. канд. техн. наук: Спец. 05.22.01 – транспортні системи. Харьк. нац. автомоб.-дорожн. ун-т – Х., 2009. – 22 с.

8. Ситенько А.Ю. Аналіз процесу доставки збірних вантажів у міжнародному сполученні // Управління проектами, системний аналіз і логістика. 2017. Вип. 19, Частина 1 : Серія «Технічні науки». С. 95-102

9. Соколова О.С. Теоретичні основи організації та розвитку мультимодальних перевезень в Україні / О.С. Соколова, Т.А. Акімова, Л.О. Сулима // Економічний простір, 2014. – №83. – С. 91–103.

10. Транспортна стратегія України на період до 2030 року (проект) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mtu.gov.ua/projects/115>.

11. Фалович В. А. Особливості формування збірних поставок в ланцюгах поставок / В. А. Фалович // Технологический аудит и резервы производства. - 2015. - № 1(5). - С. 78-84. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv\\_2015\\_1\(5\)\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv_2015_1(5)_15).

12. Шраменко Н.Ю. Підвищення якості логістичного сервісу вантажного терміналу // Восточноевропейский журнал передовых технологий.– 2010.– №1/4. – С. 55–57.

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

Надійшла до редколегії 25.05.2019.

Прийнята до друку 06.06.2019.

А. Ю. СЫТЕНЬКО, А. П. ПРОЦИК

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМАТИКА ДОСТАВКИ КОНСОЛИДИРОВАННЫХ ГРУЗОВ

**Цель.** Данное исследование направлено на проведение анализа современного состояния доставки консолидированных грузов, выявление проблемных моментов и поиска путей их решения. **Методика.** В ходе исследования применены методы научного поиска, статистического и интеллектуального анализа данных. **Результаты.** В статье представлен анализ современного состояния и проблематика доставки консолидированных грузов в международном сообщении. Выявлены слабые и сильные стороны осуществления доставки данного типа груза. Раскрыта роль и проблемы процесса доставки сборных грузов. Установлено, что привлечение консолидации грузов направлено на снижение расходов, связанных со складированием, перевозкой и сбытом товаров конечному потребителю. Обоснована целесообразность использования синхронизации информационного и материального потоков в цепи поставок с целью координации и формирования сборных поставок. Определено, что указанные в статье и другие существующие и потенциальные проблемы при доставке консолидированных грузов указывают на необходимость их решения на нормативно-правовом уровне для современной евроинтегрированной транспортной системы. **Научная новизна.** В исследовании представлен поиск оптимальных путей оптимизации доставки сборных грузов с учетом выявленных недостатков, позволяет исследовать и корректировать работу на терминале. **Практическая значимость.** Резуль-

таты статьи могут быть внедрены в разработке доставки грузов малыми и средними предприятия, занимающиеся производством, выбирая в качестве главной критерий стоимость услуги доставки.

Ключевые слова: сборный груз; консолидированный груз; процесс доставки; мелкопартийный груз; международные перевозки

A. Yu. SYTENKO, O.P. PROTSYK

## THE CURRENT STATE AND PERSPECTIVE OF DELIVERY OF THE CONSOLIDATED FREIGHTS

**Purpose.** This research is aimed at conducting an analysis of the current state of delivery of consolidated goods, identifying problem points and finding ways to address them. **Methodology.** In the course of the research, methods of scientific research, statistical and intellectual analysis of data are applied. **Findings.** The article presents an analysis of the current state and issues of the delivery of consolidated goods in international communications. Weak and strong points of delivery of this type of cargo are revealed. The role and problems of the process of delivery of aggregate cargoes are revealed. It was established that the attraction of consolidation of cargoes is aimed at reducing the costs associated with the storage, transportation and sale of goods to the end user. The expediency of using the synchronization of information and material flows in the supply chain with the aim of coordinating and forming aggregate deliveries is substantiated. It is determined that the mentioned in the article and other existing and potential problems in the delivery of consolidated goods indicate that it is necessary to solve them at the regulatory and legal level for the modern Euro-integrated transport system. **Originality.** The study presents the search for optimal ways to optimize the delivery of aggregate cargoes, taking into account the identified shortcomings, allowing to investigate and correct the work on the terminal. **Practical value.** The results of the article can be implemented in the development of the delivery of goods by small and medium-sized enterprises engaged in production, choosing as the main criterion the cost of the delivery service.

*Keywords:* prefabricated cargo; consolidated cargo; delivery process; small-party cargo; international transportation

УДК 004.89: 656.212.5

В. В. СКАЛОЗУБ<sup>1\*</sup>, Б. Б. БЕЛЫЙ<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Компьютерные информационные технологии», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 373-15-35, эл. почта skalozub.vl.v@gmail.com, Scopus Author ID: 15731663600, ORCID– 0000-0002-1941-4751

<sup>2\*</sup> Каф. «Компьютерные информационные технологии», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 373-15-35, эл. почта hibarike@gmail.ru, ORCID – 0000-0001-8324-4673

## СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОГРУППНЫХ СОСТАВОВ

**Цель.** В статье разработана структура новой интеллектуальной информационной технологии формирования железнодорожных многогруппных составов на сортировочных станциях. Технология отличается применением методов интеллектуальных систем при решении комбинаторных задач оптимального расформирования-формирования составов. **Методика.** Исследования проведены на основе системного анализа и моделирования процессов расформирования при разных структурах, количестве и частичном совпадении групп вагонов в составах. **Результаты.** Создана базовая структура интеллектуальной информационной технологии формирования многогруппных составов. Разработаны кодировки шаблонов многогруппных составов, предназначенные для создания баз знаний информационной технологии, определены модели процессов переработки вагонопотоков. **Научная новизна.** Получили развитие модели и методы решения задач оптимального формирования многогруппных составов. Впервые предложена структура и модель интеллектуальной информационно технологии формирования многогруппных составов. **Практическая значимость.** Интеллектуальная информационная технология обеспечит повышение эффективности планирования процессов расформирования многогруппных составов, унифицирует расчеты подобных данных, усовершенствует системы автоматизации, позволит планировать работу сортировочных станций определенного железнодорожного направления.

**Ключевые слова:** сортировочные станции, многогруппные составы, расформирование-формирование, комбинаторные алгоритмы, интеллектуальные технологии, структура системы.

### Введение

Станции являются одним из главных элементов транспортной инфраструктуры железных дорог и важным звеном в удовлетворении потребностей государства и населения в перевозках. Для обеспечения конкурентной способности железнодорожного транспорта необходимо уменьшить стоимость его услуг, в том числе путем реконструкции существующих станций и их технологий. Целью усовершенствования станций является приведение их конструкции и технологии в соответствие с объемами работы. Это реализуется за счет концентрации сортировочной работы и формирования многогруппных составов в условиях недостаточного количества станционных путей. Формирование составов, особенно многогруппных (МГС), является одним из наиболее трудоемких элементов процесса переработки ваго-

нов на станциях и заметно влияет на сроки доставки грузов. Поэтому для уменьшения продолжительности нахождения вагонов на станциях и снижения себестоимости перевозки грузов, необходимо совершенствование процесса формирования МГС. Проблеме определения рациональных технологий и технических средств формирования МГС посвящено значительное количество научных работ [1 - 4]. В них разработаны разные подходы к решению проблемы, применены различные критерии оптимальности, определяется потребность в создании специализированных информационных технологий по формированию МГС. Разработаны эффективные методы расчета и оптимизации расформирования-формирования (РФ) многогруппных составов, которые учитывают комбинаторный характер задачи.

Анализ методов формирования МГС, позволил определить и исследовать схемы их фор-

мирования. Среди существующих методов РФ отмечаются следующие: комбинаторный, распределительный, основной, и двойной ступенчатые методы, а также метод равномерного наращивания [1, 2]. В работах [1-4] построена функциональная модель процесса формирования многогруппных составов (ФМГС) различными вычислительными методами с помощью различных технических средств, выполнена идентификация модели и проверена ее адекватность. Алгоритмы методов программно-реализованы.

Анализ показал ряд недостатков методов РФ: каждое задание рассматривается как новое; не учитываются ранее рассчитанные варианты; отсутствуют связи между отдельными группами задач; отсутствуют оценки степени влияния эвристик алгоритмов перебора.

В нашем исследовании представлены структура и модели инновационной интеллектуальной технологии по формированию МГС на сортировочных станциях, которая использует для формирования весь предыдущий опыт таких процессов. В ней главной является задача формирования специализированных моделей, методов и средств указанных процессов, имеющих отличие от существующих в переходе от одной текущей отдельной задачи формирования состава (ЗФС), как в существующих методиках и технологиях, к установлению связи этой ЗФС с ранее выполненными расчетами. Результаты таких расчетов далее сохраняются в базах данных и базах знаний автоматизированной системы формирования многогруппных составов (АСФМГС).

В рамках предлагаемой АСФМГС отдельное задание ЗФС реализуется на основе последовательности следующих процедур: - поиск в базе знаний наиболее «похожего» (в некоторой определенной метрике) на текущее задание варианта ЗФС, шаблона для ЗФС; - использование этого варианта в качестве основы для доформирования ЗФС на основе быстрых алгоритмов расчета планов; - передача результата расчетов для реализации полученной ЗФС; - пополнение баз знаний оптимальным шаблоном, рассчитанным на основе полного перебора для текущего задания формирования ЗФС.

Далее отметим, что в АСФМГС одной из главных задач моделирования является создание баз данных и баз знаний [5, 6, 8] шаблонов процессов формирования многогруппных составов (БЗнШ). В базах хранятся оптимальные для процессов РФ структуры составов, а также все необходимые для их воспроизведения ха-

рактеристики. Для этого предварительно выполняется кодирование структуры очередного состава, преобразование кодов станций назначения вагонов в соответствующие внутренние формы. Закодированные формы составов сравниваются с шаблонами БЗнШ, которые представляют оптимальные структуры расформирования-формирования составов, определенные на предыдущих этапах функционирования ИИТ ФМГС. Для образованной схемы переработки состава выполняются тяговые расчеты, пошаговое моделирование процесса расформирования-формирования, создается окончательный план для оператора сортировочной станции. В случае необходимости предусмотрена функция визуализации по выполнению процесса РФ состава.

Создание базы БЗнШ позволяет рассматривать задачу РФ как поиск шаблона с возможностью формирования, а не как задачу полного перебора. Для реализации поставленных задач АСФМГС должна включать следующие функциональные модули:

1. Модуль унификации и интерпретации входных данных
2. Модуль поиска рационального шаблона
3. Модуль расчета схемы формирования по найденному шаблону с учетом мощностей сортировочной станции.
4. Модуль алгоритмов перебора вариантов с использованием существующих методов РФ [2, 3].

### **Унификация и интерпретация данных**

Процедуры сокращения количества групп вагонов при РФ были исследованы в работах [1 – 4]. Для создания БЗнШ нами построен более рациональный алгоритм уменьшения количества групп в составе. Процесс РФ состава представляет алгоритм перестановки вагонов по возрастанию в соответствии с их действительными номерами групп (ДНГ) [1]. Поскольку в ДНГ уже могут существовать группы вагонов, следующие друг за другом по возрастанию, то при определенных условиях есть возможность объединить их в одну группу, а далее при маневровых работах перемещать ее как одно целое. Полученная при этом нумерация групп называется условной [1, 2] или логической [3, 4] (ЛНГ). Для объединения в логическую группу необходимо соблюдать такие условия:

1. ДНГ вагонов должны идти по возрастанию.

2. Для вагонов, находящихся внутри логической группы, не должно существовать вагонов с теми же ДНГ вне логической группы.

Представим многогруппный состав в виде упорядоченного множества вагонов  $S$  (1). Как отмечалось в [2, 4], данный состав всегда имеет группы вагонов различных назначений  $\Gamma$ ; общее число таких ДНГ равно  $k$

$$S = \{\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_{k-1}, \Gamma_k\} \quad (1)$$

В результате формирования многогруппного состава все вагоны  $g$ -й группы (при  $g = 1, 2, \dots, k-1, k$ ) должны находиться вместе, причем порядок их внутри группы может иметь либо не иметь значение. Математически формирование состава из  $n$  вагонов можно рассматривать как перестановку  $S$  определенного множества номеров групп, с целью их упорядочения

$$S = \{g_1, g_2, \dots, g_{n-1}, g_n\} \quad (2)$$

Алгоритм получения набора  $\theta$  групп ЛНГ заключается в последовательном просмотре слева направо перестановки  $S$  (2) [3]. Так как при каждом просмотре перестановки получается одна логическая группа вагонов, то число просмотров  $\theta$  и будет числом ЛНГ состава.

При анализе алгоритма создания ЛНГ было установлено, что ЛНГ не всегда является оптимальной. Нами предложена интеллектуальная технология создания наборов (ЛНГ<sub>i</sub>), которая путем сопоставления и обучения исключит не рациональные варианты ЛНГ составов типа:

ДНГ – 3 5 9 9 3 3    ЛНГ – 0 1 1 1 0 0.

Здесь ЛНГ не рационален, а оптимальный вариант ЛНГ имеет вид

ЛНГ<sub>i</sub> – 1 1 1 1 0 0,

что уменьшит количество перестановок при маневровых работах. Здесь в СЛНГ учитывается, что первый и последний вагон в группе могут входить в другую группу, где они являются последним или первым, соответственно.

Известно, что количество вагонов в группе не влияет на число перестановок при маневровых работах. В соответствии с этим были введены сокращенные ЛНГ<sub>i</sub> (СЛНГ). Эти модели составов упрощают поиск шаблонов в БЗНШ, а также позволяют применять шаблоны для составов с неодинаковыми ДНГ и разным количеством вагонов в ЛНГ.

Примеры правил создания СЛНГ

3 5 9 9 3 3	ДНГ	2 2 3 5 1
1 1 1 1 0 0	ЛНГ <sub>i</sub>	1 1 1 1 0
1 0	СЛНГ	1 0

Примеры шаблонов формирования для ДНГ 3 5 9 9 3 3 представлены в табл. 1, где  $N$  – номер шага (этапа),  $W$  – номер выделенного пути для формирования состава,  $R$  – количество перемещаемых вагонов. Здесь положительное число указывает группы, помещенные на путь формирования, а отрицательные – перемещения их на выделенные пути.

Таблица 1

**Шаблоны состава с ДНГ 3 5 9 9 3 3**

а) формирование по ЛНГ 011100

Формирование состава по ЛНГ						
N	1	2	3	4	5	6
W	1	2	1	2	1	2
R	6	-1	-3	-2	3	-3

б) формирование по ЛНГ 111100

Формирование состава по ЛНГ <sub>i</sub>					
N	1	2	3	4	5
W	1	1	2	1	2
R	6	-4	-2	4	-4

**Модуль поиска рационального шаблона**

Шаблон формирования состава – это структура обобщенного описания упорядоченных данных, кодирующих информацию о номерах групп вагонов, с помощью которого однозначно устанавливается список последовательности этапов по перемещению вагонов на выделенные для РФ пути.

Любая группа вагонов может быть описана отдельным шаблоном. Вместе с тем шаблон представляет целое множество конкретных групп вагонов с установленными свойствами упорядочения номеров. Поэтому возникают случаи структур составов, когда последовательности номеров групп соответствуют описанию шаблона. Тогда будем говорить, что «шаблон входит в состав». Например, на рис. 1 группа 3 (из вагонов с условными номерами 3 2 1, или же другая вида 3 3 2 2 2 1) входит в состав из групп 3 5 9 10 12. На рис. 1 группа 5 состоит из вагонов с условными номерами 4 4 5, а группа 12 – из вагонов с номерами 10 12. Вагоны в группе 3 не сформированы, но для задачи РФ выполнять анализ групп целого состава не нужно. Формирование группы 3 можно прове-



сти отдельно от состава, объединяя решения для частей. Такая процедура в задачах РФ состава эффективна только в тех случаях, когда условные номера вагонов в некоторой группе не больше, чем минимальные условные номера вагонов в следующей группе. Если группа находится внутри состава, то минимальный условный номер вагона не должен быть выше, чем номера предыдущей группы.

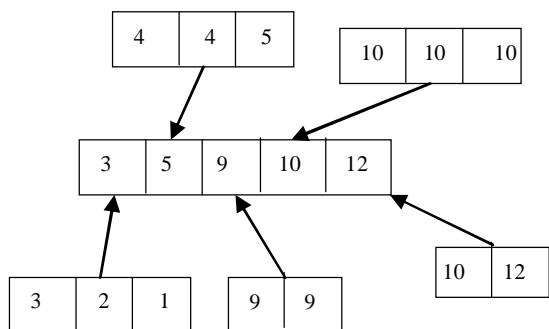


Рис. 1. Схема вхождения шаблона в состав

Указанная на рис. 1 «подстановочная» форма описания шаблонов для описания структур составов при решении задач РФ открывает возможность использовать аппарат формальных грамматик и регулярных выражений [7, 10] для задач представления, анализа и формирования рациональных схем переработки составов на станциях. Также при этом открываются возможности для расчетов и формального анализа степени «близости» между отдельными шаблонами [9]. Эти оценки далее могут быть использованы для поиска подобных шаблонов РФ составов на основе баз знаний БЗнШ [5, 8].

Если же номера вагонов в группах не упорядочены, то РФ состава с использованием шаблонов этих групп может не давать преимущества по сравнению с использованием шаблонов РФ всего состава. Все же есть случаи, когда можно использовать шаблоны РФ для групп. Например, при расформировании нескольких составов. При этом можно начать формирование групп вагонов одного состава, а затем провести доформирование группами другого. В целом эффективность РФ составов по шаблонам заключается в том, что формировать состав из отсортированных подгрупп в общем случае быстрее.

Шаблон облегчает понимание принципов формирования и расформирования составов, а также систематизирует алгоритмы этих процессов. Минимальная группа вагонов это 1 вагон, минимальный размер шаблона – 2 группы. Группа вагонов не имеет ограничений по числу

вагонов, а для шаблона не существенно количество вагонов в группе. Поиск шаблона выполняется путем сравнения СЛНГ входного состава с множеством СЛНГ, которые хранятся в БЗнШ, а также путем его приведения к рациональному виду. Причем рациональный вид шаблона – это преобразование СЛНГ в ЛНГ с учетом количества вагонов в ЛНГ. Возможны такие варианты приведения найденного шаблона к рациональному виду:

1. При нахождении полного совпадения шаблон будет приведен к рациональному виду.

2. При нахождении варианта, где СЛНГ шаблона больше, чем СЛНГ обрабатываемого состава, для приведения шаблона к рациональному виду выбираются шаги, которые необходимые для формирования текущего состава.

3. При отсутствии в БЗнШ варианта для полного совпадения шаблонов, или шаблона большего размера, путем сопоставления проводится интеллектуальный поиск такого шаблона, который может входить во входной состав. Для его приведения к рациональному виду создается схема доформирования. Далее для нее тоже выполняется поиск шаблона, и полученные шаблоны затем объединяются.

#### Модуль расчета схемы расформирования - формирования состава

Расчетом схемы формирования является процесс по приведению полученного рационального шаблона к удобному для оператора виду. Для этого необходимо реализовать такие процедуры:

- выполнить тяговые расчеты для станции, на которой происходит формирование состава, с учетом тяговых мощностей выделенных на сортировку;

- выполнить моделирование с учетом времени выполнения каждой операции полученной после тяговых расчетов;

- представить визуализацию модели РФ с возможностью корректировки для учета требований человека-оператора.

После утверждения план РФ сохраняется в базе данных станции и передается в список «готовых к выполнению». В создаваемой системе обеспечения интеллектуальной информационной технологии РФ составов предусматривается контроль, синхронизация и отображение в реальном времени этапов выполняемых работ. По завершении работ по РФ состава данные о нем остаются в базе данных с пометкой «выполнено». В случае необходимости

проводится анализ причин отличия реальных временных характеристик от расчетных

### Основная структура ИИТ расформирования-формирования многогруппных железнодорожных составов

На рис. 2 представлена общая структура интеллектуальной информационной технологии (ИИТ) расформирования-формирования многогруппных составов (АСФМГС). Отдельные модули рис. 2 определяют комплексные задачи, модели или подсистемы, а также результаты функционирования, обеспечивающие реализацию основных функций ИИТ АСФМГС. На рис. 2 стрелками определяется последовательность выполнения задач по обработке входящего потока МГС. Основу ИИТ и соответствующей автоматизированной системы управления составляет адаптивная база знаний шаблонов (БЗнШ) расформирования-формирования составов. С помощью нее выполняются интеллектуальные функции поиска типичных рациональных решений относительно процессов переработки составов, СЛНГ. Для этого предварительно выполняется кодирование структуры очередного состава, преобразование кодов станций назначения вагонов в соответствующие внутренние формы. (ДНГ, ЛНГ, сокращена СЛНГ). Закодированные формы составов сравниваются с шаблонами БЗнШ, которые представляют оптимальные структуры расформирования-формирования составов, определенные на предыдущих этапах функционирования ИИТ.

В качестве рациональной модели расформирования-формирования текущего состава выбирается шаблон (рациональный шаблон, РШ), ближайший в соответствующей метрике. При этом также учитываются модели составов, находящихся в парке формирования сортировочной станции. Из-за возможности неполного совпадения рационального шаблона и структуры текущего состава выполняется окончательный расчет схемы РФ. Для образованной схемы переработки выполняются тяговые расчеты, пошаговое моделирование процесса расформирования-формирования, формируется окончательный план оператора сортировочной станции. В случае необходимости предусмотрена функция визуализации по выполнению процесса расформирования-формирования состава.

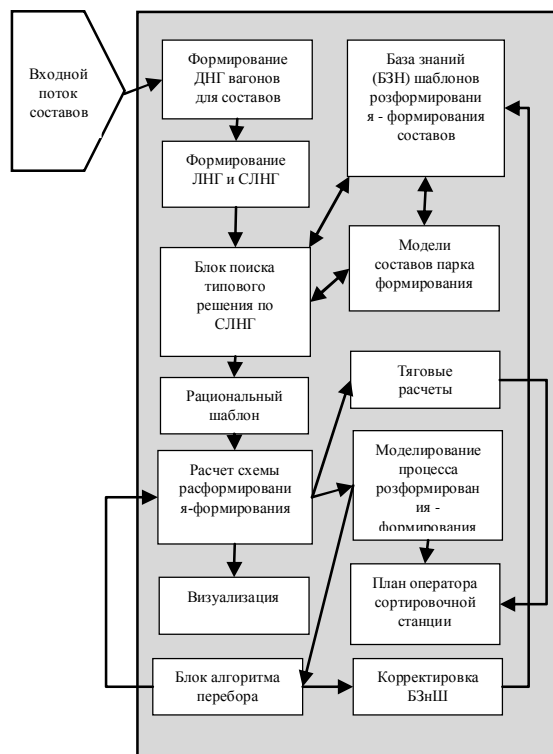


Рис. 2. Структура интеллектуальной информационной технологии расформирования-формирования многогруппных составов

В среде системы ИИТ АСФМГС предусмотрены модели и функции постоянного совершенствования БЗнШ. После определения окончательной модели по переработке входного состава на основе определения рационального шаблона РШ процесс обработки задачи не заканчивается. В блоке алгоритма перебора (включая полный перебор) продолжается процедура поиска оптимального плана и выработки соответствующего шаблона РФ состава. В случае выявления нового более совершенного варианта шаблона происходит корректировка соответствующих моделей процесса, тяговых расчетов, а также корректировки БЗнШ. В этом случае выполняется проверка возможности обобщения предыдущих данных и нового шаблона, который будет введен в БЗнШ. Таким образом, в базе знаний накапливаются оптимальные шаблоны и соответствующие модели процессов переработки многогруппных составов.

### Выводы

В статье предложен инновационный подход к решению проблемы совершенствования технологий и средств формирования многогруппных составов на станциях. В исследовании предложены структура и модели интеллектуальной информационной технологии, которая

использует для формирования составов весь опыт реализации этих процессов. Возможность перехода от отдельной задачи формирования состава технически осуществляется за счет установления ее связи с ранее выполненными расчетами путем создания баз данных и баз знаний шаблонов структур составов и рациональных процедур РФ.

В статье выполнены формализация структуры шаблонов составов, формирование базы знаний БЗнШ, определены модели процессов переработки вагонопотоков. В дальнейшем их использование позволит автоматизировать такие процессы не только для отдельных сортировочных станций, но и для определенного железнодорожного направления. ИИТ АСФМГС унифицирует расчеты подобных данных, усовершенствует системы автоматизации, упростит процедуры отслеживания вагонов в составах. Благодаря процедурам визуализации и установления сходства отдельных операций РФ также возможно повышение эффективности планирования. Предварительный анализ возможностей ИИТ АСФМГС показал, что в некоторых случаях реализации предложенных рекомендаций возможно получение экономии эксплуатационных расходов на маневровую работу по формированию МГС, зависящую от формируемых составов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сковрон И. Я. Оптимизация выбора схемы формирования многогруппных составов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №. 1 (3). – С. 20-26.
2. Бобровский В. И., Сковрон И. Я. Совершенствование методики выбора рациональной техноло-

гии формирования многогруппного состава // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2012. – №. 131. – С. 162-171.

3. Сковрон И. Я. Вдосконалення методики оцінки тривалості формування багатогрупних составів // Транспортні системи та технології перевезень. – 2014. – №. 8. – С. 134-138.

4. Бобровский В. И. и др. Імітаційне моделювання процесу розформування багатогрупних составів на двосторонній гірці малої потужності // Транспортні системи та технології перевезень. – 2018. – №. 15. – С. 19-26.

5. Барсегян А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. – БХВ-Петербург, 2004.

6. Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. – М/: Горячая линия - Телеком, 2010.- 520 с/

7. Ільман В.М., В.В. Скалозуб, В.І. Шинкаренко. Формальні структури та їх застосування [Текст]: Монографія. – Дніпропетровськ, Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2009. – 205 с.

8. Джарратано Дж., Райли г. Экспертные системы: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2007. – 1152 с.

9. Каргин А.А. Введение в интеллектуальные машины. Кн. 1. [Текст]: / А.А. Каргин. – Донецк, Норд-Прес, 2010. – 526 с.

10. Яловец А.П. Представление и обработка знаний с точки зрения математического моделирования. – К.: Наукова Думка, 2011. – 359 с.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Шинкаренко В.І. (Україна)*

Надійшла до редколегії 06.04.2019.

Прийнята до друку 24.05.2019.

В.В. СКАЛОЗУБ, Б.Б. БІЛИЙ

## СТРУКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ

**Мета.** У статті розроблена структура нової інтелектуальної інформаційної технології формування залізничних багатогрупних составів на сортувальних станціях. Технологія відрізняється застосуванням методів інтелектуальних систем при вирішенні комбінаторних задач оптимального розформування-формування составів. **Методика.** Дослідження проведені на основі системного аналізу і моделювання процесів розформування при різних структурах, кількості і частковому збігу груп вагонів у складах. **Результати.** Створено базову структуру інтелектуальної інформаційної технології формування багатогрупних составів. Розроблено кодування шаблонів багатогрупних составів, призначені для створення баз знань інформаційної технології, визначені моделі процесів переробки вагонопотоків. **Наукова новизна.** Отримали розвиток моделі і методи розв'язання задач оптимального формування багатогрупних составів. Вперше запропоновано структуру і моделі

інтелектуальної інформаційної технології формування багатогрупних составів. **Практична значимість.** Інтелектуальна інформаційна технологія забезпечить підвищення ефективності планування процесів розформування багатогрупних составів, уніфікує розрахунки подібних даних, удосконалисть системи автоматизації, дозволить планувати роботу сортувальних станцій певного залізничного напрямку.

*Ключові слова:* сортувальні станції; багатогрупні состави; розформування-формування; комбінаторні алгоритми; інтелектуальні технології; структура системи

V. V. SKALOZUB, B. B. BILYY

## **STRUCTURE OF INTELLECTUAL INFORMATION TECHNOLOGY FOR FORMATION OF MULTI-GROUP TRAIN**

**Purpose.** The article developed the structure of a new intellectual information technology for the formation of multi-group railway trains at the sort stations. The technology is distinguished by the use of intelligent systems methods in solving combinatorial problems of optimal disbanding - forming. **Methods.** The studies were carried out on the basis of system analysis and modeling of the processes of disbanding the train with different structures, number and partial coincidence of groups of wagons in trains. **Results.** The basic structure of intellectual information technology of forming multi-group trains has been created. Coding templates for multi-group trains designed to form knowledge bases of information technology have been developed, models for the processing of wagon traffic have been defined. **Scientific novelty.** We have developed models and methods for solving problems of optimal formation of multi-group train. For the first time has been developed the structure and model of intellectual information technology for the formation of multi-group compositions. **Practical significance.** Intellectual information technology will provide an increase in the efficiency of planning the processes of disbanding multi-group trains, unify calculations of similar data, improve automation systems, and allow planning the operation of sorting stations of a particular railway direction.

*Key words:* sorting stations; multi-group train; disbanding-formation; combinatorial algorithms; intellectual technologies; system structure

УДК 656.225.001.57

В. Г. СЫЧЕНКО<sup>1\*</sup>, А. Ю. ПАПАХОВ<sup>2\*</sup>, Н. А. ЛОГВИНОВА<sup>3\*</sup>

1\* Каф. «Интеллектуальные системы электроснабжения», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепр, Украина, тел. +38 (096) 444-98-54, ел. почта elpostz@i.ua, ORCID 0000-0002-9533-2897

2\* Каф. «Управления эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепр, Украина, тел. +38 (067) 564 65 65, ел. почта rarahova0362@gmail.com, ORCID 0000-0003-2357-8158

3\* Каф. «Управления эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепр, Украина, тел. +38 (067) 524-43-22, ел. почта logvinovanata1987@gmail.com, ORCID 0000-0002-9350-881X

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ОПТИМИЗАЦИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОК

В работе выполнено моделирование движения поездов по диспетчерскому участку Каменское – Верховцево с целью разработки энергооптимального графика движения поездов. Под энергооптимальным понимается такой график движения, при котором выполняются перевозки запланированных объемов пассажиров и грузов с минимальными затратами электроэнергии, связанной с тяговым обеспечением локомотивов при безусловном обеспечении безопасности движения. Проведенным моделированием работы диспетчерского участка установлено, что увеличение количества поездов приводит к снижению межпоездных интервалов на входе и выходе с диспетчерского участка.

Допустимое насыщение диспетчерского участка поездами оказывает влияние на показатели технического плана работы. Его необходимо оценивать с помощью коэффициента загрузки участков. Увеличение числа поездов на участке приводит к увеличению времени их движения. В то же время с увеличением количества отправляемых на участок поездов приводит к уменьшению времени ожидания их отправления со станции.

Анализируя условия движения поездов по диспетчерскому участку Каменское – Верховцево были отмечены возможные три варианта работы с поездами: эффективный; слегка тяжелый и очень тяжелый. При использовании эффективного и слегка тяжелого варианта работы необходимо соблюдать существующие нормативы графика. При прогнозировании очень тяжелого варианта работы необходимо разработать мероприятия, необходимые для уменьшения перенасыщения участков поездами и восстановление эффективного варианта работы.

*Ключевые слова:* моделирование движения поездов; насыщение диспетчерского участка поездами; условия работы диспетчерского участка

### Введение

Целью и задачей исследования является моделирование движения поездов по диспетчерским участкам с целью разработки энергооптимального графика движения поездов.

Объектом исследования является следование поездов по диспетчерскому участку.

Предметом исследования является определение межпоездных интервалов на диспетчерском участке, позволяющих выполнять энергооптимальный график движения поездов.

Научная новизна состоит в теоретическом исследовании и моделировании движения поездов по диспетчерскому участку в энергооптимальном режиме.

Практическая значимость заключается в разработке вариантных энергооптимальных графиков движения поездов по диспетчерским

участкам с учетом адаптации его к плановым объемам перевозок на железнодорожных полигонах.

### Постановка задачи

Оперативная эксплуатационная обстановка существенно отличается от нормативных условий разработанного на длительный период графика движения поездов, а возникающие при этом колебания поездопотоков могут усугубляться не оптимально принимаемыми решениями поездного диспетчера. В деятельности поездных диспетчеров значительную часть времени занимает фиксация прошедших или происходящих событий в справочной системе КАСКАД. В летний период возрастают размеры движения пассажирских поездов, что приводит к уменьшению возможной пропускной

способности диспетчерских участков для грузового движения. В некоторых случаях планируемые размеры грузового движения могут превышать пропускную способность участков при данном типе графика движения поездов, что приводит к необходимости разработки мероприятий, связанных с повышением пропускной способности участков: организации движения сдвоенных поездов, применению пачечного графика движения пассажирских поездов и т.д.

В связи с вышеизложенным, оперативная работа поездных диспетчеров требуют создания новых принципов и технологии оперативного управления перевозочным процессом, который обеспечивает поддержание эффективных условий работы.

### **Анализ последних исследований**

Современное оперативное управление перевозочным процессом на железных дорогах составляют: график движения поездов, план формирования поездов, использование пропускной способности участков, местная работа, техническое нормирование перевозок, оперативное планирование эксплуатационной работы, диспетчерское руководство, автоматизированные системы управления и информационные технологии.

Основным резервом улучшения эффективности функционирования железных дорог является совершенствование технологии перевозочного процесса [1]. В исследованиях [2] отмечено, что повышение конкурентоспособности диспетчерских участков железных дорог Испании происходит за счет изменений маршрутов следования грузовых поездов при возникающих ограничениях пропускной способности. Доказано [3], что для обеспечения безопасности и энергоэффективности пропуска поездов по железнодорожным участкам необходимо применять передовые (Advanced Technologies - AT) технологии. Использование современных информационных систем [4] позволяет организовывать движение поездов в реальном режиме времени.

В качестве основного критерия в эксплуатационной работе принято считать максимальную технико-экономическую эффективность принятого решения возможного варианта пропуска поездов по диспетчерскому участку в соответствующей поездной обстановке. В статье [5] показано, что управление эксплуатационной работой железных дорог состоит из трех основных уровней: стратегического, тактического и оперативного. В [5] приведены основные пу-

ти решения проблемы, связанной с управлением перевозочным процессом на оперативном уровне (Multicommodity Network Design).

В условиях конкуренции и вступлении Украины в европейское сообщество особое значение [6] приобретает задача совершенствования оперативного управления эксплуатационной работой с использованием в качестве информационной и технологической основы динамических баз данных управления вагонопотоками на дороге. Организация вагонопотоков в поезда должна обеспечивать удовлетворение потребностей грузоотправителей в перевозках.

В настоящее время управление многими элементами перевозочного процесса отсутствует [7]. Это свидетельствует о том, что в нормативных и технологических документах недостаточно внимания уделяется созданию эффективной системы оперативного управления перевозочным процессом. Возникающие трудности в эксплуатационной работе вызваны несоответствием потребностей и возможностей работы поездных диспетчеров на участках и обеспечения ими сформированных поездов поездными локомотивами. Потребности заблаговременно не приводятся в соответствие с возможностями. Основная причина трудностей - диспетчерский аппарат преимущественно фиксирует прошедшие и происходящие события, повлиять на которые уже невозможно [8, 9].

Сменно-суточное планирование эксплуатационных показателей в основном происходит не из реальных возможностей дирекций железнодорожных перевозок, а выполнения с начала месяца нарастающим итогом количественных и качественных показателей работы.

Вышеуказанные противоречия определили необходимость в выявлении новых подходов к принципам и совершенствованию технологии оптимального оперативного управления перевозочным процессом на основе моделирования предстоящей работы; решения оптимизационных задач; создания оптимальных условий работы диспетчерских участков.

### **Изложение основного материала**

Существует возможность перехода от системы диспетчерского руководства КАСКАД к новым системам прогнозирования на основе моделирования с обеспечением эффективного управления перевозочным процессом. Использование моделирования возможно в оперативном управлении перевозочным процессом, направленным на улучшение эффективности

железнодорожного транспорта Украины.

Прогнозируемый этап включает в себя моделирование эксплуатационной ситуации на некоторый период вперед, что позволяет поездным диспетчерам анализировать изменения пропускной способности участков и обеспечивать составы поездов локомотивами и локомотивными бригадами и т.д. При предварительном анализе устанавливается несоответствие наличной и потребной пропускной способности участков, что в свою очередь приводит к сбоям в эксплуатационной работе.

В работах [10-12] авторами разработан экономико-математический аппарат рационального распределения количества грузовых и пассажирских поездов по участкам железной дороги. Аппарат основывается на использовании векторной оптимизации. Поставленная цель – полное удовлетворение заявок пассажиров и грузоотправителей на выполнение перевозок. Объемы планируемых перевозок зависят от дальности перевозки, времени движения, механической работы по перемещению поездов по энергооптимальному графику с учетом эффективного соотношения массы и скорости движения с учетом ограничения количества поездов на фидерной зоне.

Известно, что с увеличением плотности поездов на единицу длины железнодорожного участка их интенсивность движения увеличивается до максимально возможного значения, которое соответствует его наибольшей наличной пропускной способности. Дальнейшее увеличение количества поездов на диспетчерском участке вызывает дальнейшее увеличение плотности поездов. Данное увеличение плотности поездов вызывает снижение скорости их движения по участку.

Проведенными авторами исследованиями двухпутного диспетчерского участка с четырехзначной автоблокировкой Каменское – Верховцево. Исследованиями установлены зависимости между размерами движения поездов на входе и выходе данного участка. Выполненным моделированием работы диспетчерского участка установлено, что увеличение количества поездов приводит к снижению межпоездных интервалов на входе и выходе с диспетчерского участка. Данная зависимость приведена на рис. 1.

Изменение плотности поездов с 0,05 до 0,23 поезда/км не оказывает особого влияния на величину межпоездного интервала, который остается постоянным в начале и конце диспетчерского участка. Дополнительное увеличение

количества поездов на диспетчерском участке приводит к его перенасыщению поездами, которое вызывает значительное увеличение интенсивности входящего потока поездов. Это приводит к увеличению межпоездного интервала выходящего потока поездов.

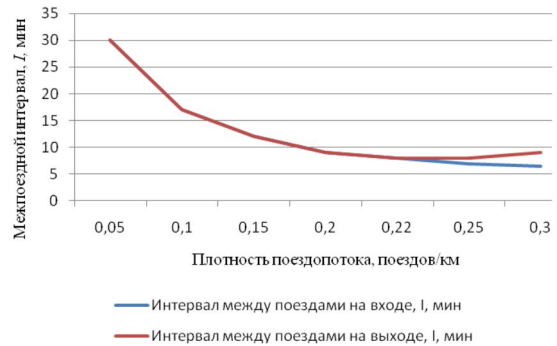


Рис. 1. Влияние плотности поездопотока на изменение среднего межпоездного интервала на входе и выходе диспетчерского участка

Состояние, при котором с каждое последующее увеличение количества поездов на участке тянет за собой увеличение их плотности, что приводит к изменению порядка следования поездов с зеленого показания светофора к желтому сигналу и в последующем к остановке перед красным.

Проведенными исследованиями [10-12] установлено, что движение поездов на желтый сигнал светофора его уменьшает скорость их движения на 25-30 %, а при приближении к постоянному красному сигналу светофора – на 50-60 %, чем при следовании на зеленый. Время хода поезда по перегону составляет  $t_x$ . Каждый следующий поезд будет отправляться на этот же перегон через межпоездный интервал  $I$ , но будет прибывать на конечную станцию с опозданием на  $\Delta t$ . На рис. 2 показано изменение фактического прибытия поезда от графикового, в случае значительного увеличения числа поездов сверх максимального.

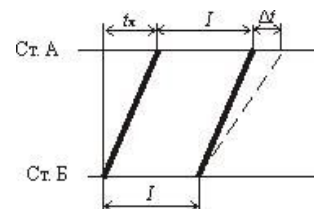


Рис. 2. Фрагмент графика движения поездов

В данном случае дополнительное изменение времени прибытия поезда затрудняет выполнение нормативов существующего графика дви-

жения поездов.

Допустимое насыщение диспетчерского участка поездами оказывает влияние на показатели технического плана работы. Его необходимо оценивать с помощью коэффициента загрузки участков, который составляет отношение вместимости перегонов ( $\Pi$ ) к возможному количеству вагонов ( $B$ ) одновременно находящихся на перегоне

$$\Phi_{\text{уч}} = \frac{\Pi}{B} \quad (1)$$

Рациональная загрузка диспетчерских участков поездами зависит от величины межпоездных интервалов ( $I$ ), возможной участковой скорости движения грузовых поездов ( $v_{\text{уч}}$ ), коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими ( $\epsilon$ ), а также количества пассажирских поездов ( $n_{\text{пас}}$ ) и способа их прокладки. Зависимости коэффициентов съема грузовых поездов пассажирскими от скорости движения пассажирских и длин блок-участков приведено в [13]. Все выше перечисленные зависимости ограничиваются возможным допустимым уровнем загрузки участков  $\lambda_{\text{уч}}^{\text{доп}}$ . Эффективная загрузка диспетчерского участка поездами характеризуется отношением рационального количества поездов, которое одновременно находится на участке ( $n_{\text{опт}}$ ) к максимально возможному ( $n_{\text{max}}$ ).

Во время составления вариантного графика движения поездов необходимо минимизировать количество обгонов грузовых поездов пассажирскими, а также времени нахождения грузовых поездов на диспетчерском участке и станциях

$$T = t_{\text{уч}} + t_{\text{ст}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $t_{\text{уч}}$  – время проследования диспетчерского участка поездами, час;

$t_{\text{ст}}$  – время ожидания отправления со станции, час.

Среднее время ожидания отправления со станции составляет половину среднего интервала между поездами на графике, которое определяется по формуле

$$t_{\text{ст}} = \frac{1440}{2 \cdot n}, \quad (3)$$

где  $n$  – суточное количество грузовых поездов, заложенных в график.

Отправление со станции пассажирского по-

езда по сравнению с грузовыми осуществляется в период среднего значения межпоездного интервала грузовых поездов, значение которого находится в пределах от 0 до  $I$ , и принимает среднее значение интервала –  $0,5 I$ .

Зависимость времени движения поездов по участку от количества заложенных поездов в график описывается показательной функцией

$$t_{\text{уч}} = a \cdot b^n, \quad (4)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты, зависящие от характеристик диспетчерского участка.

К характеристикам диспетчерского участка относятся: длины перегонов, план и профиль железнодорожного пути, количество путей на перегонах и станциях и т.д.

Минимальное число ниток графика движения поездов определяется по минимальному значению периода графика  $T(n)$  при котором первая производная этой величины приравняется к нулю  $T'(n) = 0$ . Это можно записать следующим образом

$$a \cdot b^n \cdot \ln b - \frac{1440}{2 \cdot n^2} = 0 \quad (5)$$

Приведенное уравнение (5) не может быть решено аналитически. Для решения представленного уравнения проведено разработана модель движения поездов по участку Каменское – Верховцево.

На рис. 3 приведены результаты моделирования насыщения железнодорожного участка Каменское – Верховцево поездами. Увеличение числа поездов на участке приводит к увеличению времени их движения. В то же время с увеличением количества отправляемых на участок поездов приводит к уменьшению времени ожидания их отправления со станции.

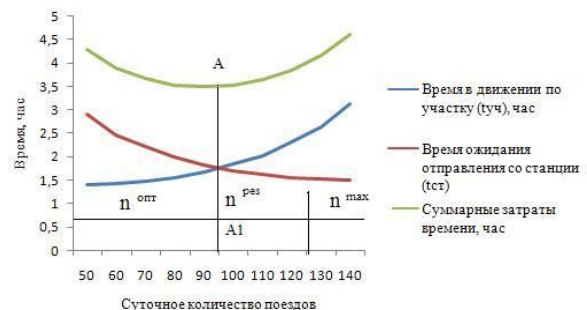


Рис. 3. График функций затрат времени следования поездом по диспетчерскому участку и ожидания его отправления со станций формирования



Оптимальное число поездов составляет  $n^{opt}$ , резервное количество ниток на участке составляет  $n^{рез}$  в пределах максимальных размеров движения по участку  $n^{max}$ . Точка  $A$  характеризует минимальные эксплуатационные затраты между числом отправляемых поездов на участок и их отправляемым количеством со станций. Проецируя точку  $A$  на ось суточного количества поездов ( $A_1$ ) соответствует оптимальному распределению необходимых ниток графика.

Анализируя условия движения поездов по диспетчерскому участку Каменское – Верховцево были отмечены возможные три варианта работы с поездами: эффективный (от 50 до 95 поездов/сутки); слегка тяжелый (от 96 до 105 поездов/сутки); очень тяжелый (от 106 до 126 поездов/сутки).

В зависимости от условий работы диспетчерского участка поездными диспетчерами совместно с дежурным по дирекции железнодорожных перевозок должны применяться различные варианты руководства перевозками. При использовании эффективного и слегка тяжелого варианта работы необходимо соблюдать существующие нормативы графика. При прогнозировании очень тяжелого варианта работы необходимо разработать мероприятия, необходимые для уменьшения перенасыщения участков поездами и восстановление эффективного варианта работы.

Для управления насыщением диспетчерских участков поездами и распределения их между параллельными полигонами были использованы теория графов и потоков в сетях. Предложена методика рациональной доставки грузов с учетом пропускных способностей перегонов и ускоренного движения пассажирских поездов [14] позволила распределять поток грузовых поездов между параллельными ходами не изменяя количества пассажирских поездов, которые привязаны к определенным расписаниям.

При использовании предложенной модели в период планировании поездной диспетчер имеет возможность моделировать:

- размеры передачи смежными диспетчерскими участками сдачи поездов. В случае больших размеров движения чем при эффективном или слегка тяжелом варианте - часть поездов необходимо передавать на другие параллельные диспетчерские участки;

- размеры передачи смежными диспетчерскими участками сдачи поездов для их пропуска по кратчайшим направлениям. В случае пре-

вышения – выбираются другие параллельные участки.

Увеличение количества поездов на рассматриваемом участке приводит к уменьшению пропускной и провозной способностей участков.

В случае необходимости предоставления «окон» необходимо заранее определять возможность пропуска планируемого потока поездов по кратчайшему направлению за минимальный промежуток времени, а также возможность пропуска после окончания «окон» увеличенного потока поездов.

Применение моделирования пропуска поездов при насыщении ими диспетчерского участка может быть разработана технологическая карта работы поездного диспетчера. Прогнозирование прибытия поездов на диспетчерский участок необходимо прогнозировать на 1-3 часовые периоды. Основываясь на таком прогнозе, поездной диспетчер получает возможность на регулирование потока поездов на участке.

На диспетчерских участках, которые имеют незначительную пропускную способность, возможна организация вождения сдвоенных поездов или усиления его технического оснащения.

## Выводы

Проведенными исследованиями установлено:

- эффективная работа поездного диспетчера невозможна без моделирования поездной работы участков, способного заблаговременно выявить всплески загрузки участка и осуществить регулировочные мероприятия между параллельными ходами с эффективным использованием пропускной способности;

- разработаны показатели, которые могут полностью характеризовать поток поездов на диспетчерском участке: плотность и интенсивность поездопотока, насыщение участка поездами;

- разработаны мероприятия определения эффективного, слегка тяжелого и особо тяжелого вариантов работы диспетчерского участка, установлены размеры движения, при которых может быть осуществлен энергооптимальный график движения поездов на участке;

- определены зависимости между размерами движения поездов по участку и их интенсивностью, плотностью и расходом электроэнергии, используемой на тягу поездов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елисеев, С. Ю. Современные аспекты моделирования маршрутов перевозки [Электрон. ресурс]. /С. Ю. Елисеев//2016.- Режим доступа: <http://www.http://rly.su/ru/content/>
2. González, E.M. Analysis and Viability of Railway Exportation to Europe from the South of Spain [Text] / Elvira Maeso González, Guadalupe González Sánchez, Juan Miguel Morente Romero // Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 160, 19 December 2014, P. 264-273.
3. Jarašūnienė, A. Advanced Technologies Used by Lithuanian Railways [Text] / Aldona Jarašūnienė // Procedia Engineering, Volume 134, 2016, P. 263-267.
4. Geng, G. Scheduling railway freight cars [Text] / Gangyong Geng, Ling X Li // Knowledge-Based Systems, Volume 14, Issues 5–6, August 2001, P. 289-297.
5. Yaghini, M. Multicommodity Network Design Problem in Rail Freight Transportation Planning [Text] / Masoud Yaghini, Rahim Akhavan // Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 43, 2012, P. 728-739.
6. Малахова, О. А. Визначення маршрутів переміщення вагонопотоків на основі підвищення ефективності оперативного управління [Текст]/ О. А. Малахова, Н. В. Харченко// Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2016.- Вип. 163.- с. 38 - 43
7. Сотников, Е.А. История развития системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте (отечественный и зарубежный опыт). [Текст]/ Е. А. Сотников, Д. Ю. Левин, Г. А. Алексеев//М. «Техинформ», 2007.- 237 с.
8. Левин, Д.Ю. Как повысить эффективность работы поездного диспетчера [Текст]/Д. Ю. Левин// Железнодорожный транспорт. 2007, № 11.- с. 8-13.
9. Левин, Д.Ю. Современные принципы и технология оперативного управления поездной работой [Текст]/Д. Ю. Левин // Железнодорожный транспорт. 2004, № 4.- с. 27-33.
10. Папахов, А. Ю. Векторная оптимизация при движении поездов по графику в энергооптимальном режиме [Текст]/ А. Ю. Папахов, Н. А. Логвинова, К. В. Матвиенко // Електрифікація транспорту: Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2016. – Вип. 14. – С. 86-94.
11. Папахов, А. Ю. Новый метод решения задачи организации вагонопотоков при условии энергоэффективности перевозок [Текст] / А. Ю. Папахов, Н. А. Логвинова, О. И. Харченко, А. Р. Милянч, В. Г. Сыченко // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2017.- Том 5. - №4 (89) - С. 57 – 62.
12. Папахов, А.Ю. Задача рационального использования сети железных дорог» [Текст] / А. Ю. Папахов, Н. А. Логвинова, К. В. Матвиенко// Транспортні системи та технології перевезення: Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2017. – Вип. 13. – С. 73-77.
13. Вернигора, Р. В. Аналітичний розрахунок коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими в умовах швидкісного руху / Р. В. Вернигора, О. Ю. Папахов, Н. О. Логвінова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий № 3 (62) / том 2 / 2013.- с 51 – 55
14. Папахов, А. Ю. Доставка грузов по сети железных дорог с учетом пропускной способности перегонных как задача векторной оптимизации/ А. Ю. Папахов, Н. А. Логвинова // Транспортные системы и технологии перевозок: Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2016. – Вип. 11. – С. 55-60.

*Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Таран И. А. (Украина)*

Поступила в редколлегию 03.06.2019.

Принята к печати 10.06.2019.

В. Г. СИЧЕНКО, О. Ю. ПАПАХОВ, Н. О. ЛОГВИНОВА

## МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ В УМОВАХ ОПТИМІЗАЦІЇ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

В роботі виконано моделювання руху поїздів п диспетчерській ділянці Кам'янське - Верхівцеве з метою розробки енергооптимального графіка руху поїздів. Під енергооптимальним вважається такий графік руху, при якому виконуються перевезення запланованих обсягів пасажирів та вантажів з мінімальними витратами електроенергії, пов'язаної з тяговим забезпеченням локомотивів при безумовному забезпеченні безпеки руху. Проведеним моделюванням роботи диспетчерської ділянки встановлено, що збільшення кількості поїздів призводить до зменшення міжпоїздного інтервалу на вході і виході з диспетчерського дільниці.

Допустиме насичення диспетчерської ділянки поїздами впливає на показники технічного плану роботи. Його необхідно оцінювати за допомогою коефіцієнта завантаження ділянок. Збільшення числа поїздів на ділянці призводить до збільшення часу їх руху. В той же час із збільшення кількості відправлених на ділянку поїздів призводить до зменшення час очікування їх відправлення зі станції.

Аналізуючи умови руху поїздів по диспетчерській ділянці Кам'янське - Верховцеве були виділені можливі три варіанти роботи з поїздами: ефективний; злегка важкий та дуже важкий. При використанні ефективного і злегка важкого варіантів роботи необхідно дотримуватися існуючих нормативів графіка. При прогнозуванні дуже важкого варіанту роботи необхідно розробити заходи, для зменшення перенасичення ділянок поїздами і відновлення ефективного варіанту її роботи.

*Ключові слова:* моделювання руху поїздів; насичення диспетчерського ділянки поїздами; умови роботи диспетчерської ділянки

V. SYCHENKO <sup>1\*</sup>, A. PAPAHOV <sup>2\*</sup>, N. LOGVINOVA <sup>3\*</sup>

## **MODELING OF THE TRANSPORTATION PROCESS UNDER OPTIMIZATION AND ENERGY EFFICIENCY OF TRANSPORTATION CONDITIONS**

In work modeling of movement of trains on a dispatching site Kamensky - Verkhovtsevo with the purpose of development of the energy-optimal schedule of movement of trains is executed. Under energy-optimal, we mean such a schedule in which the planned volumes of passengers and cargo are transported with minimal electricity, associated with traction support of locomotives with unconditional traffic safety. Conducted modeling of the dispatch section found that an increase in the number of trains leads to a decrease in inter-train intervals at the entrance and exit from the dispatch section.

The permissible saturation of the control area of trains has an impact on the performance of the technical work plan. It must be evaluated using the load factor of the plots. The increase in the number of trains on the site leads to an increase in the time of their movement. At the same time, with an increase in the number of trains sent to the site, the waiting time for their departure from the station decreases.

Analyzing the conditions of movement of trains in the Kamenskoye – Verkhovtsevo dispatching section, the following three options for working with trains were noted: efficient; slightly heavy and very heavy. When using an effective and slightly difficult work option, it is necessary to observe the existing norms of the schedule. When forecasting a very difficult work option, it is necessary to develop measures necessary to reduce the oversaturation of railway sections and restore an effective work option.

*Keywords:* Modeling the movement of trains; the saturation of the dispatch section of trains; the working conditions of the dispatch section

УДК 656.61:681.3(045)

И. В. ЧАЙКОВСКИЙ\*

\*Каф. «Эксплуатация флота и технология морских перевозок», Одесского национального морского университета, ул. Мечникова, 34, 65029, Одесса, Украина, тел. +38 (063) 946 33 96, эл. почта chaikovski\_ivan@ukr.net, ORCID - 0000-0002-5066-8952

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МЕТОДОВ В КОНТРОЛЕ И АНАЛИЗЕ РАБОТЫ ФЛОТА

Целью статьи является разработка подхода и оптимизационной модели для контроля и анализа перевозок и работы флота. Рассмотрение вопросов, связанных с последовательностью и фактической реализацией функций контроля и анализа в системе управления транспортным процессом перевозки грузов и технологическими процессами работы морских транспортных средств.

Для достижения поставленной цели проанализировано состояние теории и практики реализации функций контроля и анализа в системе управления транспортным процессом перевозки грузов и технологическими процессами работы судов. Использована оптимизационная модель, которая отражает конкретные условия производственной деятельности судоходного предприятия.

Предложенный подход и оптимизационная модель для контроля и анализа не имеют жестких ограничительных условий. Дает возможность произвести сопоставление фактических результатов работы флота с их оптимальными значениями по финансовым показателям, объему выполненной транспортной работы и размеру затраченных ресурсов. Также может применяться для оценки конкурентоспособности судов компании.

*Ключевые слова:* управление; функции; контроль; анализ; грузопотоки; конкурентоспособность; флот

Определение термина «управление» связано с такими понятиями как организация и координация технических или общественных процессов в пространственно-временном виде. Любой процесс имеет конечную цель, чем объясняется целенаправленность действий управления для ее достижения [1].

Любой вид хозяйственной деятельности является не случайное сочетание совокупностей отдельных, внутренне несвязанных между собой составляющих, а представляет собой их системное представление.

Система «Судоходное предприятие» представляет собой неизолированную, с многочисленными связями систему, которая включает составляющие в виде флота, портов, судоремонтных предприятий и других служб.

Каждая производственная система состоит из отдельных подсистем более низкого уровня, в то же время сама система может быть одной из подсистем более высокого порядка в рамках той же более сложной системы управления. Любой производственной системе свойственно выделение объекта и субъекта управления (управляемой и управляющей подсистемы), которые связаны внутренней информацией, поступающей от объекта управления к субъекту управления, кроме этой информации, управляющая система, для принятия решений, также

использует и внешнюю информацию в виде сведений о работе связанных и смежных систем. В качестве объектов управления в системе «Судоходное предприятие» выступают процессы перевозки грузов и процессы работы судов.

Процесс управления технологическими объектами всегда протекает в условиях неопределенности с характерным для него множеством внешних и внутренних переменных.

В настоящее время нет единого мнения относительно определения понятия «управление социально-экономической системой».

На морском транспорте, в теории и практике [2, 3, 4, 5, 6], под управлением понимают целенаправленное воздействие субъекта управления на какой-либо объект в интересах достижения намеченной цели. Управление осуществляется посредством выполнения пяти основных функций – планирование, учет, контроль, анализ и регулирование. Рассмотренная последовательность соответствует их фактической реализации в системе управления транспортным процессом перевозки грузов и технологическими процессами работы морских транспортных средств.

Задачей аппарата управления судоходного предприятия является не только сбор соответствующей информации, но и ее агрегирования

для последующего анализа, целью которого является разработка соответствующего управляющего решения. Судходные предприятия в процессе своей эксплуатационной деятельности на всех уровнях управления перевозками и работой флота осуществляют последовательную оптимизацию транспортного процесса, выискивая и реализовывая резервы, которые возникают в той или иной эксплуатационной ситуации при выполнении планов перевозок и работы флота, стремясь достичь максимального суммарного эффекта в целом.

До недавнего времени, ведущая роль принадлежала активным функциям управления, как тем, что отвечают за формирование планов перевозок и работы флота на определенные промежутки времени и обеспечивают устойчивое нормальное функционирование транспортного процесса перевозок грузов и технологических процессов работы судов в установленном режиме в реальных обстоятельствах, сложившихся на данный момент времени [2]. При этом, основное внимание специалистов уделялось задачам организации и планирования производственной деятельности судходных предприятий [7, 8, 9].

Имели место разработки связанные с методическим обеспечением и централизацией функций учета, контроля и анализа в период создания автоматизированной системы управления морским флотом (АСУ МОРФЛОТ) [10, 11]. К сожалению, это направление в исследованиях незаслуженно свернуто. В настоящее время эти разработки уже не отражают сложившихся новых условий работы судходных предприятий.

Перспективным направлением проводимых исследований является применение математических моделей и методов позволяющих сформировать наилучшую базу для сравнения результатов работы флота за текущий период. Это в свою очередь дает возможность управления в конечном результате.

Существует ряд моделей [2, 3, 4, 5], которые позволяют распределять флот по направлениям в соответствии с объемами транспортной работы. В зависимости от грузоподъемности флота, вида плавания, типов морских судов и формы организации их работы может быть использована та или иная модель, которая отражает конкретные условия производственной деятельности судходного предприятия. Для обеспечения целостности изложения материала рассмотрим обобщенную постановку задачи, которая формулируется следующим образом.

Известны грузопотоки  $Q_r$  между портами (регионами) отправления и назначения  $r$  ( $r=1, 2, \dots, R$ ), которые установлены по итогам работы флота в рассматриваемый период времени.

Направления перевозок  $r$  объединены в схемы движения судов  $l$  ( $l=1, 2, \dots, L$ ). Известен состав флота, который использовался в рассматриваемом периоде времени. Он дифференцирован по типам судов  $i$  ( $i=1, 2, \dots, I$ ). Для каждого типа судна установлены по факту учета:

- бюджет времени работы  $T_i$  судов в эксплуатации;
- время рейса  $t_{il}$  судна типа  $i$  по схеме движения  $l$ ;
- загрузка судна  $q_{il}$  типа  $i$  на направлении  $j$ ;
- финансовый результат работы  $\Delta F_{il}$  судна типа  $i$  по схеме движения  $l$ .

Тогда математическая модель задачи примет следующий вид:

$$Z = \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L \Delta F_{il} X_{il} \rightarrow \max ; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{l \in L_r} q_{il} X_{il} \leq Q_r , \quad (2)$$

$$(r = 1, 2, \dots, R);$$

$$\sum_{l=1}^L t_{il} X_{il} = T_i , \quad (3)$$

$$(i = 1, 2, \dots, I);$$

$$X_{il} \geq 0 , \quad (4)$$

$$(i = 1, 2, \dots, I), (l = 1, 2, \dots, L),$$

где  $X_{il}$  – число рейсов судна типа  $i$  по маршруту  $l$ ;

$L_r$  – совокупность маршрутов, содержащих участок работы  $r$ .

Выполнив расчеты, сопоставляются (выявляется отклонение) результаты работы флота – фактические с оптимальными, как по финансовому показателю (значение целевой функции  $Z$ ) так и производственным показателя (объем выполненной транспортной работы  $\sum_{r=1}^R Q_r$ , размер затраченных ресурсов  $\sum_{i=1}^I T_i$ ).

Рассмотренная выше математическая модель может применяться также и для оценки

конкурентоспособности судов компании. С этой целью преобразуются структурные ограничения (3) и вводятся новые (5, 6) характеризующие флот конкурентов или суда, привлечение которых возможно на арендных условиях (6):

$$\sum_{l=1}^L t_{il}^c X_{il} \leq T_i^c, \quad (5)$$

$$(i = 1, 2, \dots, I^c);$$

$$\sum_{l=1}^L t_{il}^a X_{il} \leq T_i^a, \quad (6)$$

$$(i = 1, 2, \dots, I^a)$$

где  $c$  и  $a$  – индексы, которые характеризуют собственный и арендный флот соответственно.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- функции контроля и анализа, не смотря на то, что они формируют информационную базу для принятия решений, приобретают ведущее значение в связи с кризисом на рынке транспортных услуг и мировой экономики в целом;

- состояние теории и практики реализации функций контроля и анализа в настоящее время следует признать как неадекватное современным условиям перевозочного процесса и эксплуатации флота;

- предложенный подход и оптимизационная модель для контроля и анализа не имеют жестких ограничительных условий. При этом в зависимости от грузоподъемности судов (малотоннажный и крупнотоннажный флот) и региона деятельности судоходного предприятия, могут использоваться и другие по содержанию математические модели.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

І. В. ЧАЙКОВСЬКИЙ

### ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ МЕТОДІВ В КОНТРОЛІ ТА АНАЛІЗІ РОБОТИ ФЛОТУ

Метою статті є розробка підходу і оптимізаційної моделі для контролю та аналізу перевезень і роботи флоту. Розгляд питань, пов'язаних з послідовністю і фактичною реалізацією функцій контролю і аналізу в системі управління транспортним процесом перевезення вантажів і технологічними процесами роботи морських транспортних засобів.

1. Гуревич Г. Е., Немчиков В. И. Организация и планирование работы морского транспорта. М.: Транспорт, 1972. – 352 с.

2. Панарин П. Я. Управление работой флота – Одесса: ОГМУ, 2002. – 152 с.

3. Шibaев А. Г. Подготовка и обоснование решений по управлению перевозками и работой флота морской судоходной компании. - Одесса: «ХОРС», 1998. – 208 с.

4. Шibaев А. Г., Кириллова Е. В., Кирилов Ю. И. Управление работой флота (Основы теории и практики). – Одесса: Феникс, 2012. - 187 с.

5. Лапкин А. И., Лапкина И. А. Организация и управление работой флота последовательными рейсами. - Одесса: ОГМУ, 2000 г., - 200 с.

6. Воевудский Е. Н. Управление на морском транспорте: Учеб. для вузов. - М.: Транспорт, 1992. - 375 с.

7. Вишневский Д. О. Методические основы организации работы универсальных судов на международных линиях: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 /Д. О. Вишневский; Одесский национальный морской университет МОН України. — Одесса, 2015. — 22 с. — укр.

8. Дрожжин О. Л. Організація роботи суден-контейнеровозів на фідерних лініях: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 /О. Л. Дрожжин; Одесский национальный морской университет МОН України. — Одесса, 2018. — 22 с.

9. Щербина О. В. Організація роботи баржебуксирних суден у транспортно-технологічній системі: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 /О. В. Щербина; Одесский национальный морской университет МОН України. — Одесса, 2015. — 23 с.

10. Кондрашихин О. Т., Статкевич В. В. Нормативная база оперативного планирования работы морского флота: Тексты лекций. – М.: ЦРИА «Морфлот», 1979. – 48 с.

11. Воевудский Е. Н., Таран В. Д., Чирко О. К. Совершенствование системы учета транспортной деятельности флота. - М.: В/О «Мортехинформреклама», 1983. - 24 с.

*Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Пітерська В. М. (Украина)*

Поступила в редколлегию 28.05.2019.

Принята к печати 13.06.2019.

Для досягнення поставленої мети проаналізовано стан теорії і практики реалізації функцій контролю і аналізу в системі управління транспортним процесом перевезення вантажів і технологічними процесами роботи суден. Використана оптимізаційна модель, яка відображає конкретні умови виробничої діяльності судноплавного підприємства.

Запропонований підхід і оптимізаційна модель для контролю і аналізу не мають жорстких обмежувальних умов. Дає можливість провести зіставлення фактичних результатів роботи флоту з їх оптимальними значеннями за фінансовими показниками, обсягом виконаної транспортної роботи і розміром витрачених ресурсів. Також може застосовуватися для оцінки конкурентоспроможності суден компанії.

*Ключові слова:* управління; функції; контроль; аналіз; вантажопотоки; конкурентоспроможність; флот

I. V. CHAYKOVSKY

## **APPLICATION OF OPTIMIZATION METHODS IN THE CONTROL AND ANALYSIS OF FLEET WORK**

The purpose of the article is to develop an approach and an optimization model for monitoring and analyzing the transportation and fleet operations. Consideration of issues related to the sequence and actual implementation of the functions of control and analysis in the system of management of the transport process of cargo transportation and technological processes of work of marine vehicles.

In order to achieve this goal, the state of the theory and practice of the implementation of monitoring and analysis functions in the transport management system of cargo transportation and technological processes of vessels has been analyzed. An optimization model was used that reflects the specific conditions of the production activity of the shipping company.

The proposed approach and optimization model for control and analysis do not have strict restrictive conditions. It makes it possible to make a comparison of the actual results of the fleet work with their optimal values in terms of financial indicators, the volume of transport work performed and the amount of resources expended. It can also be used to assess the competitiveness of the company's vessels.

*Keywords:* management; functions; control; analysis; traffic; competitiveness; fleet

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 17*

*(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. 9,30. 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>