

**научно-технический
информационно-
аналитический
журнал**

ISSN 2222-9396

Современные проблемы транспортного комплекса России

**инфраструктура • логистика • технология • организация
управление • экономика • техника • методология**

- **выбор транспортных пакетов при перевозке плодоовощной продукции**
- **факторы устойчивого развития транспортно-логистических систем**
- **математическая модель процесса оборудования железнодорожных вагонов рамами**
- **совершенствование систем светофорного регулирования транспортных потоков в городах**



www.transcience.ru

**2017
T.7 № 1**

**Modern Problems
of Russian Transport Complex**

Scientific Journal

2017 Vol.7 No.1

Современные проблемы транспортного комплекса России

2017. Т. 7, №1

Журнал индексируется: РИНЦ, Crossref, PKP Index, ВИНТИ, Google Scholar.

Электронная версия журнала размещается:

- Научная Электронная Библиотека (НЭБ) – elibrary.ru
- сайт журнала – transscience.ru
- сайт научной электронной библиотеки «Киберленинка» – cyberleninka.ru

Издается с 2011 года

Редакционный совет

В.В. Багинова – проф., Российский университет транспорта, г. Москва, Россия;

Т.П. Воскресенская – проф., Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия;

Е.П. Дудкин – проф., Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра-I, Россия;

С.Н. Корнилов – проф., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия;

А.Т. Попов – доц., Липецкий государственный технический университет, Россия;

В.М. Сай – проф., Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Россия;

А.В. Сладковский – проф., Силезский технический университет, г. Катовице, Польша

Главный редактор

А.Н. Рахмангулов – проф., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, доц., д-р техн. наук.

Зам. главного редактора

Н.А. Осинцев – зам. директора института горного дела и транспорта Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, доц., канд. техн. наук.

Редакционная коллегия

О.В. Фридрихсон

О.А. Копылова

П.Н. Мишкuroв

Д.С. Муравьев

А.М. Кречин

© ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2017

Учредитель – Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. (455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38).

16+, в соответствии с Федеральным Законом от 29.12.10. №436-ФЗ.

Адрес редакции:

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Тел.: (3519) 29-85-16

URL: <https://www.transscience.ru>

E-mail: editor@transscience.ru

Отпечатан на полиграфическом участке МГТУ им. Г.И. Носова

Выход в свет 28.12.2017.

Заказ 538. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Modern Problems of Russian Transport Complex

2017. Vol. 7, no. 1

Indexing: Russian Science Citation Index, Crossref, PKP Index, Russian VINITI database, Google Scholar.

Online versions of the journal can be found in the:

- Scientific Electronic Library – <http://elibrary.ru>
- journal web-site – <http://www.transience.org>
- scientific electronic library "Cyberleninka" - cyberleninka.ru

PUBLISHED SINCE 2011

Editorial Board Members

V.V. Baginova – D.Sc., Prof., Russian University of Transport, Moscow, Russia;
T.P. Voskresenskaya – D.Sc., Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia;
E.P. Dudkin – D.Sc, Prof., Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, Russia;
S.N. Kornilov – D.Sc., Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia;
A.T. Popov – Ph.D., assoc. prof., Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia;
V.M. Say – D.Sc., Prof., Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia;
A.V. Sladkowski – D.Sc., Prof., Silesian University of Technology, Katowice, Poland.

Editor-in-chief

A.N. Rakhmangulov – D.Sc., Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

First deputy chief editor

N.A. Osintsev – Ph.D., Assoc. Prof., Vice-Director of Mining Engineering and Transport Institute, Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Executive editors

O.V. Fridrikhson
O.A. Kopylova
P.N. Mishkurov
D.S. Muravev
A.M. Krechin

© Federal state budgetary institution of higher education
«Nosov Magnitogorsk State Technical University», 2017

Founder – Nosov Magnitogorsk State Technical University
(455000, Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, Lenin prospect, 38)
16+ in accordance with the Federal Law 29.12.10. №436-FL

Editorship address:

455000, Russia, Magnitogorsk, Lenin prospect, 38
Phone number: +7(3519) 29-85-16.
URL: <http://www.transience.org>
E-mail: editor@transience.ru

Printed in the Printing NMSTU Area
Signed for press 2017.12.28.
Order 538. Circulation – 500 items. Free of charge.

СОДЕРЖАНИЕ

Технология и организация перевозок

Коровяковский Е.К., Илесалиев Д.И. К исследованию вопроса выбора параметров транспортных пакетов при перевозке плодоовощной продукции..... 4

Логистика

Осинцев Н.А., Казармшичкова Е.В. Факторы устойчивого развития транспортно-логистических систем 13

Методология транспортной науки

Цыганов А.В., Шестёркин А.В. Математическая модель процесса оборудования железнодорожных вагонов рамами 22

Транспортная инфраструктура

Рахмангулов А.Н., Ломакина М.Г. Выбор направления совершенствования систем светофорного регулирования транспортных потоков в городах 27

CONTENTS

Technology and Organisation of Transportation

Korovyakovskiy E.K., Ilesaliev D.I. The study on selecting the parameters of the transport packs with fruit products shipping 4

Logistics

Osintsev N.A., Kazarmshchikova E.V. Factors of sustainable development of transport and logistics systems 13

Methodology of Transport Science

Ablyalimov O.S. The effectiveness evaluation of the diesel locomotives 3ТЭ10М utilization between Marokand – Kattakurgan on the Uzbek railways..... 22

Transport Infrastructure

Rakhmangulov A.N., Lomakina M.G. Selecting the direction of improving the traffic light system of urban traffic flows management 27

К ИССЛЕДОВАНИЮ ВОПРОСА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ ПАКЕТОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

Коровяковский Е.К.¹, Илесалиев Д.И.²

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия

²Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Узбекистан

Аннотация

Узбекистан обладает высоким сельскохозяйственным ресурсным потенциалом. Производимые объёмы плодоовощной продукции позволяют обеспечивать не только внутренние потребности, но и поставлять продукцию на российские рынки. Действующая в настоящее время система организация перевозок в Узбекистане зачастую сопряжена с применением ручного труда, которая, в свою очередь, приводит к увеличению простоев рефрижераторных вагонов. Одним из основных направлений повышения эффективности доставки плодоовощной продукции является перевозка её укрупнёнными грузовыми единицами. Однако сложность данной задачи заключается в необходимости рассмотрения множества возможных вариантов укладки грузовых единиц на плоские поддоны. Всё это обуславливает практическую и теоретическую актуальность исследований процесса выбора рациональных параметров транспортных пакетов. В работе произведено сравнение различных способов укладки грузовых единиц на стандартные поддоны. Разработан алгоритм определения варианта рационального размещения грузовых единиц в рефрижераторных вагонах при условии обеспечения их рациональной загрузки. Использование предложенного алгоритма позволяет эффективно анализировать различные варианты размещения грузовых единиц в рефрижераторных вагонах в зависимости от множества параметров, влияющих на условия перевозок грузов. Реализация результатов исследования позволит повысить массу транспортных партий плодоовощной продукции, а также эффективнее использовать грузоподъёмность рефрижераторных вагонов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, хладотранспорт, рефрижераторный вагон, транспортный пакет, стандартный поддон, ящик дощатый, ящичный поддон, плодоовощная продукция, размещение грузов, транспортная партия.

Введение

За рубежом плодоовощная продукция перевозится укрупнёнными грузовыми единицами – в пакетированном виде. Это обусловлено следующими условиями:

- высокая стоимость немеханизированной погрузочно-выгрузочной работы;
- высокий уровень технологии и организации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ;
- требования грузополучателей отправлять и получать продукцию только укрупнёнными грузовыми единицами.

Эти условия вытекают из следующих требований к перевозке плодоовощной продукции:

- повышение производительности погрузочно-выгрузочных механизмов;
- сокращение трудозатрат на погрузочно-выгрузочных работах, а также штатов рабочих;
- сокращение простоев рефрижераторных вагонов под погрузочно-выгрузочными операциями;
- снижение себестоимости погрузочно-выгрузочных работ и доставки плодоовощной продукции в непрерывных цепях поставок.

Однако перевозка плодоовощной продукции укрупнёнными грузовыми единицами имеет свои недостатки:

- дополнительные расходы грузоотправителей на эксплуатацию поддонов;
- неполное использование грузоподъёмности рефрижераторных вагонов;
- необходимость обмена и обратных перевозок порожних поддонов или загрузки их другими грузами на обратном рейсе.

Наиболее серьёзным недостатком доставки плодоовощной продукции укрупнёнными грузовыми единицами считается неполное использование грузоподъёмности рефрижераторных вагонов по сравнению перевозкой этой продукции поштучно и, соответственно, большие затраты грузоотправителей на доставку. У грузовладельцев появляется желание перевозить грузы более крупными транспортными партиями, т.е. чтобы в рефрижераторный вагон помещалось как можно большее количество плодоовощной продукции в каждой транспортной партии. Это может быть достигнуто в результате отказа от транспортной тары и максимального использования рефрижераторных вагонов как по грузоподъёмности, так и по вместимости.

Краткий обзор научных исследований в области выбора условий перевозок плодоовощной продукции

В работах [1, 2] рассмотрены факторы, влияющие на качество и сохранность перевозимых грузов в рефрижераторных вагонах, а также подробно описаны характеристики теплообменных процессов в грузовом помещении.

Журабов К.А. и Маликов О.Б. [3] обосновали необходимость и преимущество создания холодильных терминалов в районах заготовления свежих плодов и овощей для совершенствования их подготовки к перевозке.

Работа Суховой И.А. и Красниковой Д.А. [4] посвящена способам транспортировки плодоовощной продукции с использованием поддонов. Авторами подчёркивается преимущество формирования транспортных пакетов при перевозке скоропортящихся грузов.

В работе [5], на основе фактического материала годовых отчётов, проанализированы основные каналы реализации овощной продукции, а также внесены конкретные предложения по совершенствованию системы заготовки, хранения и транспортировки.

Морозов В.Н. [6] отметил необходимость создания современных перегрузочных комплексов для обработки плодоовощной продукции.

В работе [7] обращено внимание на сложившуюся ситуацию дефицита рефрижераторных вагонов. Обосновывается необходимость экстренного возобновления строительства изотермического подвижного состава.

Автор Рукавишников А.М. [8] выделил рефрижераторный транспорт в качестве связующего звена между холодильным складом и сетью реализации продуктов конечному потребителю. Кроме того, автор отмечает, что рефрижераторный транспорт позволяет организовывать хранения скоропортящихся грузов на площадях-терминалах при наличии источников энергоснабжения.

В статье [9] авторы предложили технологию выбора подвижного состава при перевозке плодоовощной продукции с учётом особенностей этих групп продукции.

По результатам исследований [10, 11] целесообразности перевозок грузов в пакетированном виде в сравнении с доставкой их поштучно, сделаны выводы о целесообразности перевозки грузов в укрупнённых грузовых единицах.

Авторами Рахимовым Р.В. и Ходжимухаметовой М.А. [12] проведены исследования по организации перевозок плодов и овощей в универсальных контейнерах, в которых были проделаны люки.

Главной составной частью зарубежных исследований стало исследование сохранности скоропортя-

щихся грузов в непрерывных логистических цепях и отслеживание возвратной тары [13-21].

В рамках существующих исследований авторы касаются, в основном, вопросов создания холодильных складов и подвижного состава для перевозки грузов под температурным контролем, задач определения целесообразности пакетных перевозок. Однако в исследованиях особенностей доставки скоропортящихся грузов недостаточно изучен вопрос взаимовлияния транспортной характеристики груза, параметров тары и подвижного состава. В связи с этим, цель данного исследования заключается в обосновании рациональных условия перевозок, в зависимости от параметров рефрижераторного вагона, транспортной тары и свойств плодоовощной продукции.

Выбор условий перевозок

Не все виды овощей и фруктов возможно перевозить навалом. Так, например, перевозка дынь требует особых условий – дыни необходимо перевозить в ящиках дощатых на плоских поддонах или на ящичных поддонах. Основные параметры тары (рис. 1), а также примерная масса груза в таре, в зависимости от её вместимости, приведены в таблице 1.

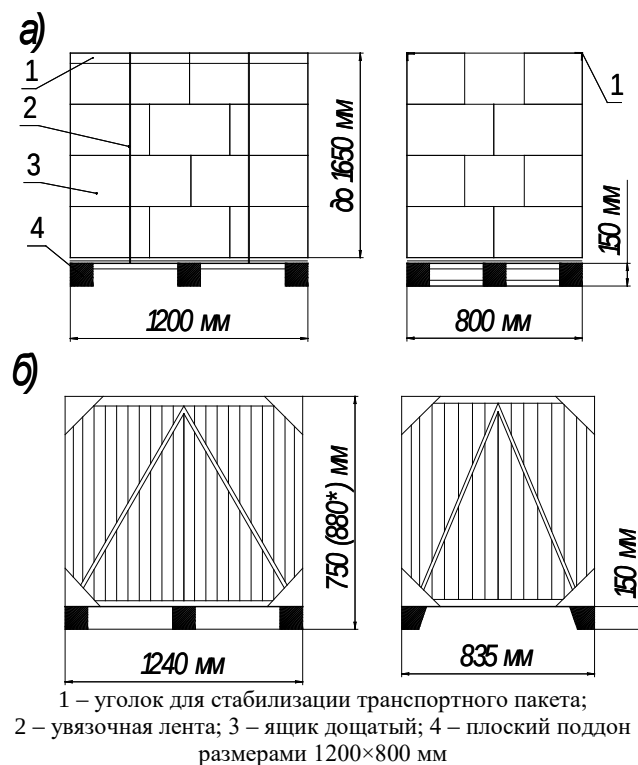


Рис. 1. Транспортный пакет, сформированный из дощатых ящиков:

- а) на стандартном поддоне
б) ящичный поддон типов СП-5-0.45-1(*СП-5-0.6-4)

Основные параметры ящиков и поддонов, используемых для перевозки дынь

№ варианта	Название транспортной тары и средства пакетирования	Условные обозначения типоразмеров	Размеры, мм	Вместимость, дм ³	Примерная масса груза, кг
1	Ящики	П-2	590×398×284	56.7	23
2	дощатые	П-2	590×398×398	80.6	32
3	Ящичные	СП-5-0.45-1	1240×835×750	500.0	200
4	поддоны	СП-5-0.6-4	1240×835×880	650.0	260

Ящики предварительно необходимо уложить на поддон для осуществления механизированной погрузки. При этом пакеты высотой более 1800 мм к погрузке не допускаются (ГОСТ 23285-78). В связи с этим, высота укладки дощатых ящиков принимается до 1650 мм, так как сам поддон имеет 150 мм в высоту.

В настоящей работе использованы восемь способов укладки ящиков дощатых на плоские поддоны размером 1200×800 мм и 1200×1000 мм. по методу профессора Маликова О.Б. [22, 23]. Число ящиков на поддоне R_i для различных способов укладки этих ящиков рассчитывается по следующим формулам.

Способ 1. Длинная сторона ящиков укладывается вдоль длины поддона, докладка ящиков не производится:

$$R_1 = \varepsilon\left(\frac{a}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{c}{\delta}\right), \quad (1)$$

где a, b, c – параметры транспортного пакета, соответственно, длина, ширина и высота, мм; α, β, δ – параметры ящика, соответственно длина, ширина и высота, мм; $\varepsilon(\dots)$ – функция округления (в меньшую сторону).

Способ 2. Короткая сторона ящика укладывается вдоль длины поддона, докладки ящиков не производится:

$$R_2 = \varepsilon\left(\frac{a}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{c}{\delta}\right). \quad (2)$$

Способ 3. Примерно половина слоёв укладывается по первому способу, остальные – по второму способу:

$$R_3 = \varepsilon\left(\frac{a}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{c/2}{\delta}\right) + \varepsilon\left(\frac{a}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left[\frac{c - \varepsilon\left(\frac{c/2}{\delta}\right) \cdot \delta}{\delta}\right]. \quad (3)$$

Способ 4. Примерно половина слоев укладывается по второму способу, остальные – по первому способу:

$$R_4 = \varepsilon\left(\frac{a}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{c/2}{\delta}\right) + \varepsilon\left(\frac{a}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left[\frac{c - \varepsilon\left(\frac{c/2}{\delta}\right) \cdot \delta}{\delta}\right]. \quad (4)$$

Способ 5. В каждом слое один ряд ящиков по ширине поддона укладывается длинной стороной вдоль длины поддона, а в остальном пространстве слоя – длинной стороной вдоль ширины поддона:

$$R_5 = \varepsilon\left(\frac{c}{\delta}\right) \cdot \left[\varepsilon\left(\frac{b}{\beta}\right) + \varepsilon\left(\frac{a - \alpha}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\alpha}\right) \right]. \quad (5)$$

Способ 6. В каждом слое два ряда ящиков по ширине поддона укладывается длинной стороной вдоль длины поддона, а в остальном пространстве слоя – длинной стороной вдоль ширины поддона:

$$R_6 = \varepsilon\left(\frac{c}{\delta}\right) \cdot \left[2 \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\beta}\right) + \varepsilon\left(\frac{a - 2 \cdot \alpha}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\alpha}\right) \right]. \quad (6)$$

Способ 7. Ящики укладываются длинной стороной вдоль длины поддона до тех пор, пока это возможно, а в остальном пространстве слоя – длинной стороной вдоль ширины поддона:

$$R_7 = \varepsilon\left(\frac{c}{\delta}\right) \cdot \left\{ \varepsilon\left(\frac{a}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\beta}\right) + \varepsilon\left[\frac{a - \varepsilon\left(\frac{a}{\alpha}\right) \cdot \alpha}{\beta}\right] \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\alpha}\right) \right\}. \quad (7)$$

Способ 8. В каждом слое укладывается один ряд ящиков по длине поддона длинной стороной вдоль ширины поддона, а в остальное пространство – длинной стороной вдоль длины поддона:

$$R_8 = \varepsilon\left(\frac{c}{\delta}\right) \cdot \left[\varepsilon\left(\frac{a}{\beta}\right) + \varepsilon\left(\frac{a}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b - \alpha}{\beta}\right) \right]. \quad (8)$$

После расчёта числа ящиков на поддоне по формулам (1-8), для каждого i -го способа выбирается способ укладки ящиков на поддон, при котором обеспечивается максимальное заполнение поддона

$$R_{uc} = \max_{i=1,6} \{R_i\}. \quad (9)$$

Суммарная масса ящиков с грузами, уложенными на поддон, определяется по формуле

$$G = R_{uc} \cdot g, \quad (10)$$

где g – масса ящика с грузом, кг.

Число поддонов с грузом в одном ярусе в рефрижераторном вагоне определяется по формуле

$$N_{\text{пак}} = \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{ваг}}}{b + 20} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{ваг}}}{a + 20} \right\}, \quad (11)$$

где $L_{\text{ваг}}$ – длина вагона, мм; $B_{\text{ваг}}$ – ширина вагона, мм; a – длина поддона, мм; b – ширина поддона, мм; 20 – зазор между поддонами, мм (условный технологический зазор на возможные неровности прилегающих плоскостей).

Суммарное число плоских поддонов в рефрижераторном вагоне определяется по формуле

$$N_{\text{пак}} = \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{ваг}}}{l} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{ваг}}}{d} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{ваг}}}{h} \right\}, \quad (12)$$

где $H_{\text{ваг}}$ – высота вагона, мм; l – длина поддона, м; d – ширина поддона, мм; h – высота поддона, мм.

Схемы размещения транспортных пакетов для рассматриваемых вариантов (см. табл. 1) в рефрижераторных вагонах производства Брянского машиностроительного завода (БМЗ) и инженерингового и производственного центра FTD Fahrzeugtechnik Dessau AG (бывшая ГДР) приведены на рис. 2-7.

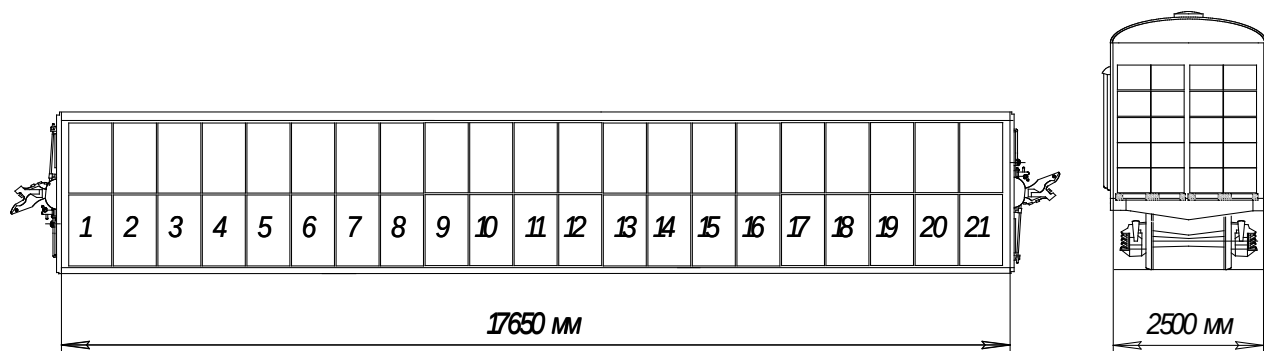


Рис. 2. Схема размещения транспортных пакетов размерами 1200×800×1800 мм в рефрижераторном вагоне БМЗ

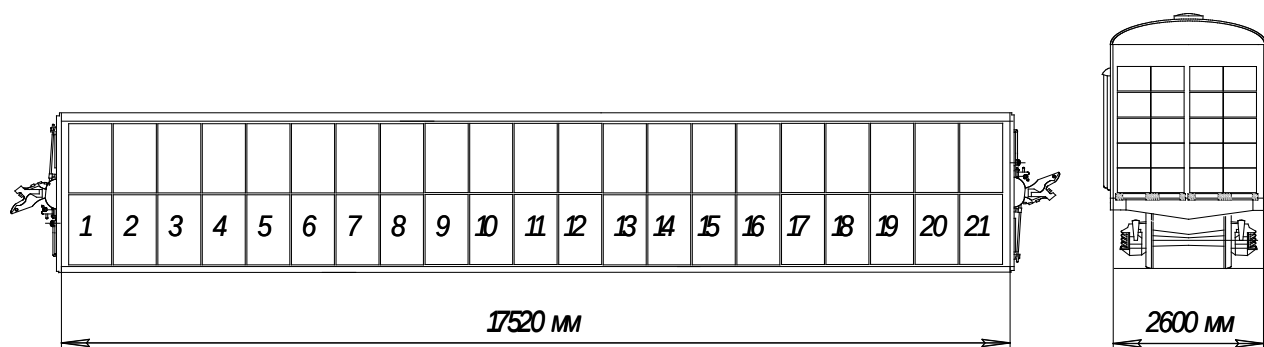


Рис. 3. Схема размещения транспортных пакетов размерами 1200×800×1800 мм в рефрижераторном вагоне ГДР

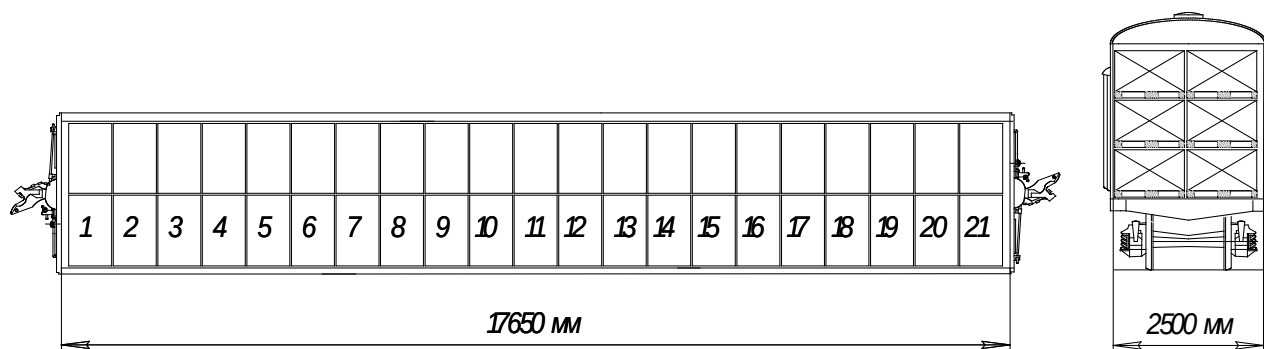


Рис. 4. Схема размещения ящичных поддонов размерами 1240×835×750 мм в рефрижераторном вагоне БМЗ

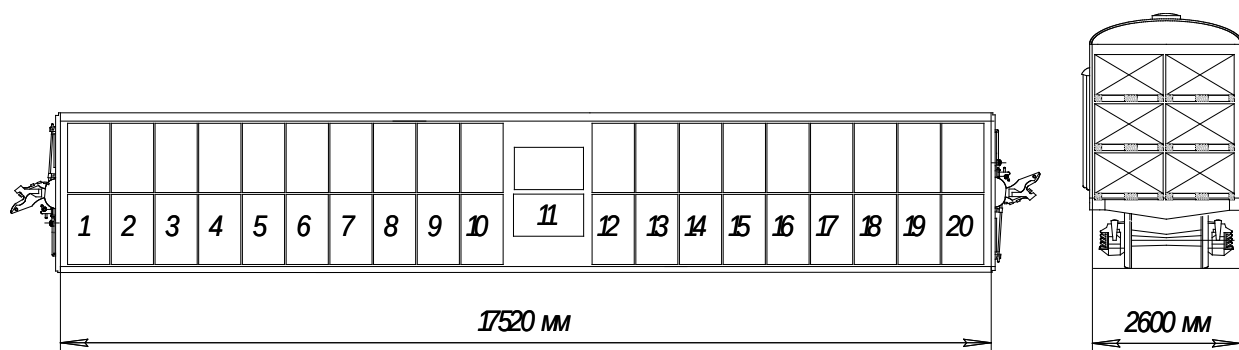


Рис. 5. Схема размещения ящичных поддонов размерами 1240×835×750 мм в рефрижераторном вагоне ГДР

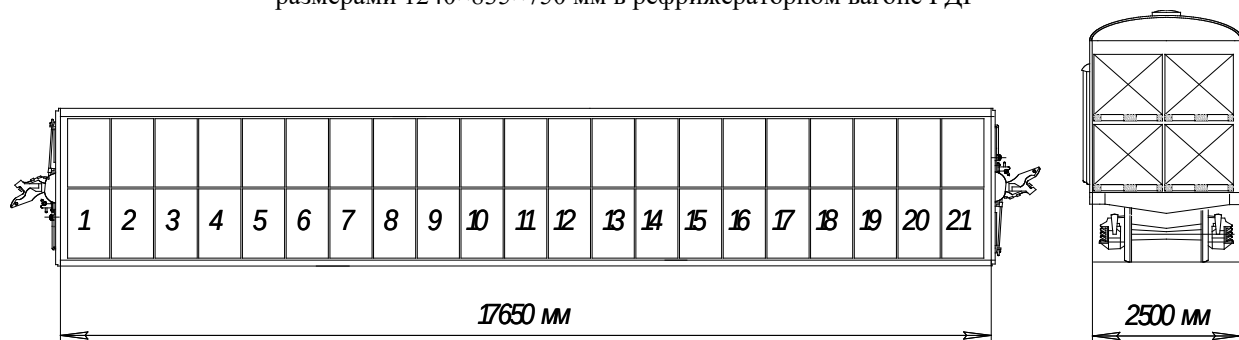


Рис. 6. Схема размещения ящичных поддонов размерами 1240×835×880 мм в рефрижераторном вагоне БМЗ



Рис. 7. Схема размещения ящичных поддонов размерами 1240×835×880 мм в рефрижераторном вагоне ГДР

В рамках исследования был разработан алгоритм поиска рационального варианта размещения грузовых единиц в рефрижераторном вагоне (рис. 8). Алгоритм состоит из следующих основных действий:

- ввод параметров груза, транспортной тары и рефрижераторного вагона;
- выбор рационального способа укладки грузовых единиц на поддон (по формулам 1-9);
- оценка вариантов размещения поддонов с грузовыми единицами в рефрижераторном вагоне;
- выбор рациональной транспортной тары.

Описание блок-схемы алгоритма:

1 – начало процесса выбора;

2 – ввод параметров для каждого i -го способа укладки грузовых единиц на поддон;

3–25 – расчёт параметров способов укладки грузовых единиц на поддон;

26 – определение способа укладки грузовых единиц, при котором обеспечивается их максимальное количество на поддоне;

27 – определение массы транспортного пакета;

28 – определение числа поддонов с плодоовощной продукцией в рефрижераторном вагоне;

29, 30 – циклический перебор вариантов схем размещения поддонов в рефрижераторном вагоне;

31 – расчёт суммарного числа грузовых единиц в вагоне;

32 – вывод параметров рационального варианта размещения грузовых единиц в вагоне;

33 – окончание процесса выбора.

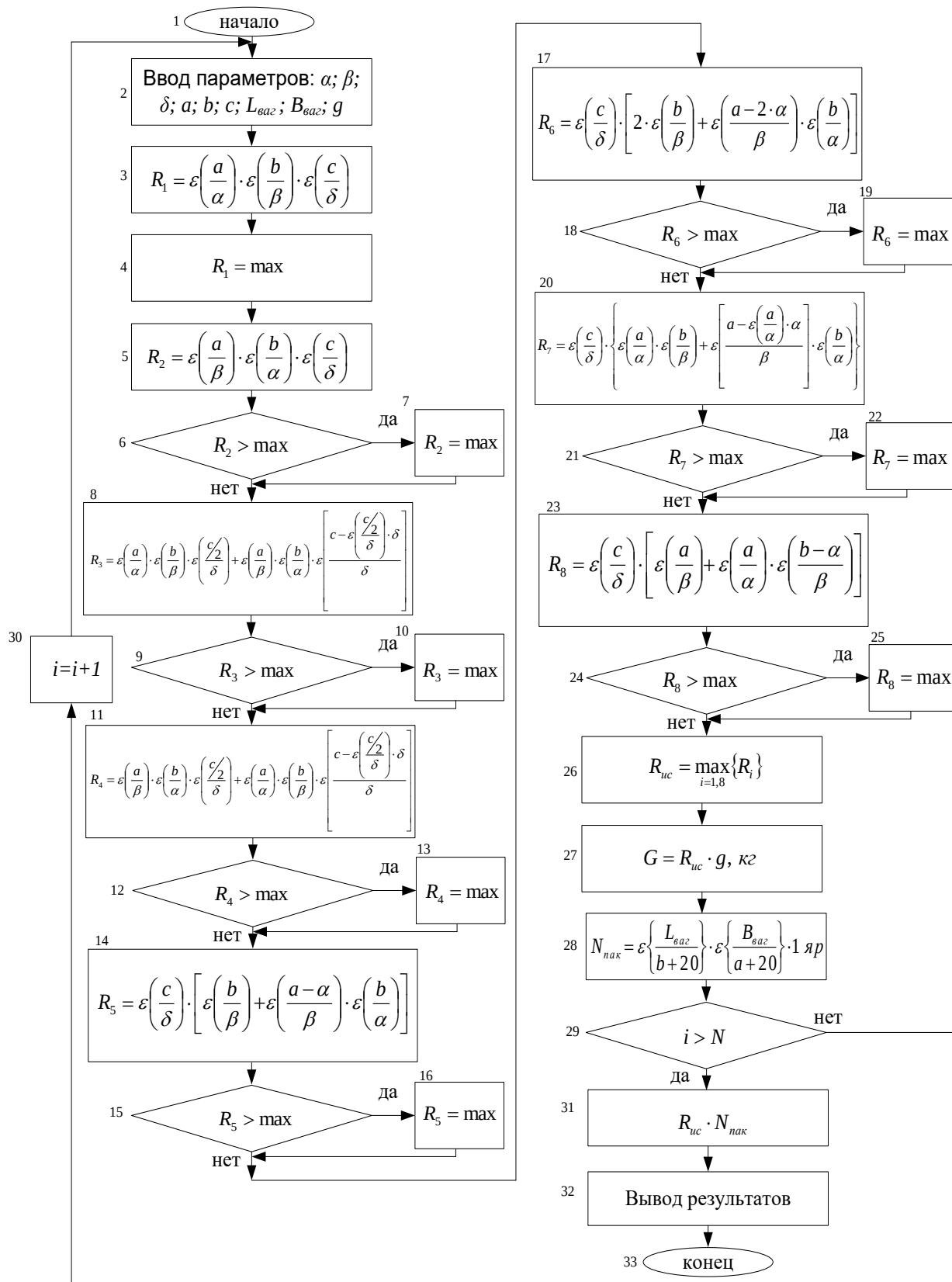


Рис. 8. Алгоритм поиска рационального варианта размещения грузовых единиц в рефрижераторные вагоны

Обсуждение результатов

В табл. 2 представлены результаты расчётов числа ящиков, укладываемых на стандартный поддон размером 1200×800 мм, и соответствующей массы транспортного пакета. Расчёты произведены для каждого из рассмотренных в статье способа укладки ящиков на поддон.

Таблица 2

Результаты расчёта числа ящиков и массы транспортного пакета для различных способов укладки ящиков на поддон

Способ укладки	Число ящиков		Масса транспортного пакета, кг	
	Размер ящика, мм	Размер ящика, мм	Размер ящика, мм	Размер ящика, мм
	590×398×284	590×398×398	590×398×284	590×398×398
1	20	16	460	512
2	15	12	345	384
3	17	14	391	448
4	12	10	276	320
5	12	9	276	288
6	20	15	460	480
7	20	16	460	512
8	15	12	345	384

По данным таблицы видно, что для ящиков с размерами 590×398×284 мм наилучший результат получается в случае использования 1, 6 и 7 способов их укладки на поддон, а для ящиков с размерами 590×398×398 мм – 1 и 7 способы.

Результаты выбора рациональной транспортной тары для перевозки дынь приведены в табл. 3. В расчётах использовались параметры тары, представленные в таблице 1.

Исходя из схем размещения транспортных пакетов (см. рис. 2-7), определяется общее количество грузовых единиц. Например, для 1 варианта количество пакетов $N_{\text{пак}}=42$, размещённых в рефрижераторном вагоне БМЗ, умножаются на $R_{\text{ис}}=20$. Ящичные поддоны можно укладывать друг на друга (см. рис 4-7), тем самым в вариантах 3 и 4, например для вагона ГДР, помещаются, соответственно, 120 и 80 грузовых единиц.

Таблица 3

Результаты выбора транспортной тары для перевозки дынь

№	Количество грузовых единиц, шт.		Масса транспортной партии, кг	
	БМЗ	ГДР	БМЗ	ГДР
	БМЗ	ГДР	БМЗ	ГДР
1	42·20=840	42·20=840	840·23=19320	840·23=19320
2	42·16=672	42·16=672	672·32=21504	672·32=21504
3	126	120	126·200=25200	120·200=24000
4	84	80	84·260=21840	80·260=20800

По данным таблицы можно сделать вывод, что дыни наиболее эффективно перевозить в ящичных поддонах. Однако надо учитывать, что ящичные поддоны зачастую требуется возвращать грузоотправителю, что значительно усложняет логистические процессы, связанные с возвратом транспортной тары.

Заключение

На основе вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Организация эффективных перевозок плодово-овощной продукции требует учёта не только транспортной характеристики конкретного груза, но также и параметров тары и транспортного средства.

2. Анализ параметров транспортной тары, вместимости рефрижераторных вагонов и объёмной массы отдельных грузов позволяет выбирать рациональную схему размещения груза в транспортном средстве и обеспечивать максимальное использование грузоподъёмности и вместимости.

3. Разработанный алгоритм выбора рациональной тары для перевозки плодово-овощной продукции позволяет эффективно учитывать основные параметры, определяющие условия перевозки, а также выбирать рациональный вариант по критерию максимального использования грузоподъёмности рефрижераторного вагона.

Список литературы

- Болотин В.А., Ефимов В.В., Кобулов Ж.Р. Факторы, влияющие на скорость охлаждения плодово-овощной продукции при перевозках в рефрижераторных транспортных модулях // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. 2010. № 3. С. 45-54.
- Кобулов Ж.Р. Исследование факторов, влияющих на продолжительность охлаждения плодово-овощной продукции в рефрижераторном подвижном составе // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. 2010. №2. С. 276-285.
- Маликов О.Б., Журабов К.А. Оптимизация доставки плодово-овощной продукции на холодильный терминал для перегрузки в рефрижераторные вагоны // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 3(33). С. 30-35.
- Сухова И.А., Красникова Д.А. Пакетирование как фактор повышения качества транспортировки скоропортящихся грузов // Научная мысль. 2015. № 2. С. 39-41.
- Шейхов М.А., Имашова Д.Г. Совершенствование системы заготовок, хранения, транспортировки, переработки и реализации овощей // Региональные проблемы преобразования экономики. 2008. № 2. С. 154-163.
- Морозов В.Н. Логистика перевозок скоропортящихся грузов и других товаров народного потребления // Вестник транспорт Поволжья. 2010. № 1(22). С. 5-11.
- Панфёров В.Н. Хладотранспорт: обеспечение продовольственной безопасности // Мир транспорта. 2010. № 5(33). С. 132-135.
- Рукавишников А.М. Рефрижераторные контейнеры – важное транспортное звено поставки продуктов населению // Холодильная техника. 2011. № 9. С. 49-53.
- Фирсова С.Ю., Куликов А.В., Советбеков Б.С. Технология выбора оптимального типа подвижного состава при перевозке плодово-овощной продукции от мест сбора на перерабатывающее предприятие // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2014. Т. 14. № 12. С. 199-201.
- Илесалиев Д.И., Коровяковский Е.К., Маликов О.Б. Перевозка экспортно-импортных грузов в Республике Узбекистан // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2014. № 3(39). С. 11-17.
- Маликов О.Б., Коровяковский Е.К., Илесалиев Д.И. Логистика пакетных перевозок штучных грузов // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2014. № 4(41). С. 51-57.

12. Рахимов Р.В., Хаджимухаметова М.А. Разработка конструкции и условия эксплуатации контейнеров для перевозки плодоовощной продукции // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 2(56). С. 75-81.
13. Martinez-Sala A., Egea-Lopez E., Garcia-Sanchez F., Garcia-Haro J. Tracking of returnable packaging and transport units with active rfid in the grocery supply chain // Computers in Industry. 2009, no. 60(3), pp. 161-171.
14. Bogataj M., Bogataj L., Vodopivec R. Stability of perishable goods in cold logistics chains // International Journal of Production Economics. 2005, no.93/94(8), pp. 345-356.
15. Likar K., Jevšnik M. Cold chain maintaining in food trade // Food Control. 2006, no.17(2), pp. 108-113.
16. Montanari R. Cold chain tracking: A managerial perspective. // Trends in Food Science & Technology. 2008, no.19(8), pp. 425-431.
17. Ovca A., Jevšnik M. Maintaining a cold chain from purchase to the home and at home: Consumer opinions // Food Control. 2009, no.20(2), pp. 167-172.
18. Martins G.H.A., Dell R.F. Solving the pallet loading problem // European Journal of Operational Research. 2008, no. 184, pp. 429-440.
19. Bischoff E.E. Three-dimensional packing of items with limited load bearing strength // European Journal of Operational Research. 2006, no.168, pp. 952-966.
20. Piera M.A., Zuniga C., Mujica M. A Pallet Packing CPN Optimization Approach for Distribution Center//Automatika 50. 2009, no.1-2, pp.29-38.
21. Piera M.A., Mujica M.A. Guasch A. An efficient CPN modeling approach to tackle the pallet packing problem. Ljubljana: Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modeling and Simulation. 2006, September 9-13.
22. Маликов О.Б. Развития пакетных перевозок грузов на поддонах // Технические науки: теория и практика / Сборник материалов международной научной конференции. Киров. 2014. С. 79-86.
23. Маликов О.Б. Перевозка и складирование товаров в цепях поставок. М. УМЦ ЖДТ, 2014. 536 с.

Материал поступил в редакцию 31.03.2017

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

THE STUDY ON SELECTING THE PARAMETERS OF THE TRANSPORT PACKS WITH FRUIT PRODUCTS SHIPPING

Korovyakovskiy Evgeny Konstantinovich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, Russia. Phone: +7-911-910-83-05. E-mail: ekorsky@mail.ru

Ilesaliev Daurenbek Ihtiyarovich – Ph.D. (Eng.)

Tashkent Institute of Railway Engineering, Uzbekistan. Phone: +99-890-754-41-99. E-mail: ilelialiev@mail.ru

Abstract

Uzbekistan has high agricultural resource potential. The produced amounts of fruit and vegetable products allow to provide not only internal requirements, but also to deliver products on the Russian markets. The operating current system of the organization of transportation in Uzbekistan is often integrated with manual work that, in turn, leads to increase in idle times of refrigerated railcars. One of the main directions of increasing the efficiency of fruit and vegetable products' shipping is delivery by its integrated unit loads. However, the complexity of this task consists in need of consideration of a set of possible options for stacking the unit loads on flat pallets. All this causes practical and theoretical relevance of study on selection process of rational parameters of transport packets. Comparison of various methods of stacking the unit loads on standard pallets is presented. The algorithm of determination of rational placement variant of cargo units in refrigerated railcars with condition for ensuring its rational loading is developed. Application of the proposed algorithm allows to analyze effectively various options of unit loads' placement in refrigerated railcars depending on a set of the parameters influenced on conditions of transportation of goods. Implementation of results of the research will allow to increase the mass of transfer quantities of fruit and vegetable products and also to use load-carrying capacity of refrigerated railcars more effectively.

Keywords: rail transport, supply chain, cold transport, refrigerated wagon, transport package, standard pallet, wooden tray, drawer board.

References

1. Bolotin V.A. Faktory, vliyayushchie na skorost' ohlazhdeniya plodoovoshhej pri perevozках v refrizheratornyh transportnyh moduljah [Factors affecting the rate of cooling of fruits in transport in refrigerated transport modules] // Izvestiya Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshheniya [Izvestiya ST. Petersburg state transport university]. 2010, no 3, pp. 45-54. (in Russ.)
2. Kobulov Zh.R. Issledovanie faktorov, vliyayushhih na prodolzhitel'nost' ohlazhdeniya plodoovoshhej v refrizheratornom podvizhnom sostave [Investigation of the factors affecting the duration of cooling of fruits in a refrigerated rolling stock] // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshheniya [Izvestiya ST. Petersburg state transport university]. 2010, no. 2, pp. 276-285. (in Russ.)
3. Malikov O.B., Zhurabov K.A. Optimizatsiya dostavki plodoovoshhnoy produktsii na holodil'nyj terminal dlja peregruzki v refrizheratornye vagonny [Optimization of delivery of fruit and vegetable products to the refrigerating terminal for reloading in refrigerated wagons] // Vestnik transporta Povolzh'ja [Vestnik of transport Povolzh'ja]. 2016, vol. 3, no. 33, pp. 30-35. (in Russ.)
4. Suhova I.A., Krasnikova D.A. Paketirovanie kak faktor povysheniya kachestva transportirovki skoroportjashhihsja gruzov [Packaging as a factor in improving the quality of transportation of perishable goods] // Nauchnaja mys' [Scientific thought]. 2015, no 2, pp. 39-41. (in Russ.)
5. Shejnov M.A., Imashova D.G. Sovershenstvovanie sistemy zagotovok, hranenija, transportirovki, pererabotki i realizatsija ovoshhej [Perfection of the system of harvesting, storage, transportation, processing and sale of vegetables] // Regional'nye problemy preobrazovanija jekonomiki [Regional problems of economic transformation]. 2008, no. 2, pp. 154-163. (in Russ.)
6. Morozov, V.N. Logistika perevozok skoroportjashhihsja gruzov i drugih tovarov narodnogo potreblenija [Logistics of transportation of perishable goods and other consumer goods] // Vestnik transporta Povolzh'ja [Vestnik of transport Povolzh'ja]. 2010, vol.1, no.22, pp. 5-11. (in Russ.)
7. Panfjorov V.N. Hladotransport: obespechenie prodovol'stvennoj bezopasnosti [Cold Transport: ensuring food security] // Mir transporta [The world of transport]. 2010, vol. 5, no. 33, pp. 132-135. (in Russ.)
8. Rukavishnikov A.M. Refrizheratornye kontejnery – vazhnoe transportnoe zveno postavki produktov naseleniju [Refrigerated containers are an important trans-shipment link for the supply of products to the population] // Holodil'naja tehnika [Cooling technology]. 2011, no. 9, pp. 49-53. (in Russ.)
9. Firsova S.Ju., Kulikov A.V., Sovetbekov B.S. Tehnologija vybora optimal'nogo tipa podvizhnogo sostava pri perevozke plodoovo-ovoshhnoj produkcii ot mest sbora na pererabatyvajushhee predpriyatija [The technology of choosing the optimal type of rolling stock for transportation of fruit and vegetable products from harvesting sites to a processing plant] // Vestnik Kirgizsko-Rossijskogo Slavjanskogo universiteta [Bulletin of the Kirgiz-Russian Slavic University]. 2014, vol.14, no. 12, pp. 199-201. (in Russ.)
10. Ilesaliev D.I., Korovyakovskij E.K., Malikov O.B. Perevozka jeks-portno-importnyh gruzov v Respublike Uzbekistan [Transportation of ex-port and import cargoes in the Republic of Uzbekistan] // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshheniya [Izvestiya ST. Petersburg state transport university]. 2014, vol. 3, no. 39, pp. 11-17. (in Russ.)
11. Malikov O.B., Korovyakovskij E.K., Ilesaliev D.I. Logistika paketnyh perevozok shtuchnyh gruzov [Logistics package shipment of piece cargo] // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshheniya [Izvestiya ST. Petersburg state transport university]. 2014, vol. 4, no. 41, pp. 51-57. (in Russ.)
12. Rahimov R.V., Hadzhimuhametova M.A. Razrabotka konstrukcii i uslovija jekspluatsii kontejnerov dlja perevozki plodoovoshhnoy produktsii [Development of design and operating conditions for containers for transportation of fruits and vegetables] // Vestnik transporta Povolzh'ja [Vestnik of transport Povolzh'ja]. 2016, vol. 5, no. 33, pp. 75-81. (in Russ.)
13. Martinez-Sala A., Egea-Lopez E., Garcia-Sanchez F., Garcia-Haro J. Tracking of returnable packaging and transport units with active rfid in the grocery supply chain // Computers in Industry, 2009. no. 60(3) pp.

- 161-171.
14. Bogataj M., Bogataj L., Vodopivec R. Stability of perishable goods in cold logistics chains // *International Journal of Production Economics*, 2005. no. 93/94(8), pp. 345-356.
15. Likar K., Jevšnik M. Cold chain maintaining in food trade // *Food Control*, 2006. no. 17(2), pp. 108-113.
16. Montanari R. Cold chain tracking: A managerial perspective. // *Trends in Food Science & Technology*, 2008. no. 19(8), pp. 425-431.
17. Ovca A., Jevšnik M. Maintaining a cold chain from purchase to the home and at home: Consumer opinions // *Food Control*, 2009. no.20(2), pp. 167-172.
18. Martins G.H.A., Dell R.F. Solving the pallet loading problem // *European Journal of Operational Research*. 2008, no. 184, pp. 429-440.
19. Bischoff E.E. Three-dimensional packing of items with limited load bearing strength // *European Journal of Operational Research*. 2006, no.168, pp. 952-966.
20. Piera M.A., Zuniga C., Mujica M. A Pallet Packing CPN Optimization Approach for Distribution Center//*Automatika* 50, 2009,no.1-2, pp.29-38.
21. Piera M.A., Mujica M.A. Guasch A. An efficient CPN modeling approach to tackle the pallet packing problem. Ljubljana: Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modeling and Simulation, 2006, September 9-13.
22. Malikov O.B. Razvitija paketnyh perevozok Грузов на поддонах [Development of batch transport of goods on pallets] // *Tekhnicheskie nauki: teorija i praktika [Engineering: theory and practice] / Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Kirov. 2014, pp. 79-86. (in Russ.)*
23. Malikov O.B. Perevozka i skladirovanie tovarov v cepjah postavok [Transportation and warehousing of goods in supply chains]. Moscow: EMC for ERT, 2014. 536 p. (in Russ.)

Received 31/03/2017

Коровяковский Е.К., Илесалиев Д.И. К исследованию вопроса выбора параметров транспортных пакетов при перевозке плодовоовощной продукции // *Современные проблемы транспортного комплекса России*. 2017. Т.7. №1. С. 4-12

Korovyakovskiy E.K., Ilesaliev D.I. The study on selecting the parameters of the transport packs with fruit products shipping // *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russian Transport Complex]*. 2017, vol.7, no.1, pp. 4-12

УДК 656.13:504

doi 10.18503/2222-9396-2017-7-1-13-21

ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Осинцев Н.А.¹, Казармщикова Е.В.²¹Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия²ООО «СтальПром», Россия

Аннотация

В статье рассмотрены экологические, социальные и экономические аспекты функционирования транспортно-логистических систем. Показана роль транспортных систем и логистической деятельности по достижению целей устойчивого развития. Представлены результаты статистического анализа влияния транспортно-логистических систем на окружающую среду. Предложена система факторов устойчивого развития транспортно-логистических систем, основанная на структурно-функциональном подходе выделения основных функций элементов логистической системы. Учёт факторов в процессе функционирования транспортно-логистических систем позволит проводить комплексную оценку цепей поставок и их элементов на соответствие принципам устойчивого развития, а также разрабатывать мероприятия по достижению целей устойчивого развития.

Ключевые слова: устойчивое развитие, окружающая среда, факторы, транспорт, логистика, транспортно-логистические системы.

Введение

Современный тип эколого-экономического развития экономики можно определить как техногенный тип [1]. Характерными чертами этого типа являются использование искусственных средств производства, созданных без учёта экологических ограничений; нарастающее истощение невозобновимых природных ресурсов, чрезмерное использование возобновляемых ресурсов [1, 2]. Результатом развития экономической системы данного типа является загрязнение окружающей среды в результате человеческой деятельности.

Будущие периоды существования человечества должны сопровождаться разумной экологической нагрузкой на биосферу, не превышающей её восстановительную способность [3]. Для снижения нагрузки необходима смена техногенного типа развития на устойчивый тип развития. Такой переход в настоящее время осуществляется на основе использования принципов концепции устойчивого развития [4, 5]. Несмотря на множество существующих концепций и теорий [6, 7, 8], данная концепция получила наибольшее признание в международной практике [1, 9, 10].

В основу концепции устойчивого развития положено достижение разумного баланса между экологическим, экономическим, социальным, культурным развитием и потребностями людей. Экономическая составляющая устойчивого развития ориентирована на эффективное применение ограниченных ресурсов, экономию энергии, применение природоохранных и материалосберегающих технологий. Социально-культурная составляющая подразумевает поддержание устойчивости культурных и социальных систем, справедливое распределение благ. Экологическая со-

ставляющая ориентирована на поддержание целостности природных систем для нынешнего и будущих поколений [11].

Важная роль в обеспечении устойчивого развития отведена транспортной системе, так как, с одной стороны, транспорт является важнейшим инструментом решения социальных, экономических и технологических задач, а с другой – его функционирование сопровождается негативным воздействием на окружающую среду, возникновением дорожно-транспортных происшествий, причинением вреда здоровью [12, 13]. Ежегодно общий ущерб от данных негативных последствий доходит до 7-10% от величины валового внутреннего продукта [14, 15].

Увеличение в мировой транспортной системе объёмов перевозок, товаро- и грузооборота [16, 17, 18], негативное влияние транспорта на окружающую среду, делает актуальной задачу выявления и обоснования факторов устойчивого развития транспортно-логистических систем.

Особенности устойчивого развития транспортно-логистических систем

В настоящее время ключевым ориентиром разработки политики в области экологии и окружающей среды для большинства стран являются «Цели устойчивого развития» (ЦУР). Они включены в глобальную стратегическую программу «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [10]. Группировка ЦУР осуществляется по трём аспектам:

- экологические (чистая вода и санитария; противодействие изменению климата; сохранение морских экосистем; сохранение экосистем суши);
- социальные (ликвидация нищеты; ликвидация го-

лода; хорошее здоровье и благополучие; гендерное равенство; доступная и чистая энергия; устойчивые города и поселения; мир, правосудие и эффективные учреждения);

- экономические (достойная работа и экономический рост; индустриализация, инновации и инфраструктура; сокращение неравенства; ответственное потребление и производство).

Успех достижения ЦУР во многом зависит от деятельности международных и региональных организаций, способствующих устойчивому развитию, а также от согласованности национальных, региональных и международных политик в отношении закреплённых приоритетов и реализации принципов устойчивого развития [5].

Важная роль в реализации концепции устойчивого развития отводится «зелёной» экономике, которая может способствовать сдерживанию разрушительного влияния хозяйственного развития на окружающую среду. Одним из основных направлений развития «зелёной» экономики являются транспортная и логистическая деятельности, т.к. именно они, с одной стороны, являются главными загрязнителями окружающей среды (третье место по объёмам выбросов углекислого газа в атмосферу), а с другой – несут в себе мощный потенциал для реализации модели зелёного роста [19].

В условиях увеличения объёмов перевозок в мировой транспортной системе и в России [17], усиления конкуренции между компаниями, возрастает важность обеспечения безопасности и экологичности доставки груза. Поскольку на рынке логистических услуг в России наибольшая доля приходится на грузовые перевозки (рис.1), это делает актуальной задачу устойчивого развития транспортных систем РФ в составе цепей поставок.



Рис. 1. Структура транспортно-логистического рынка в России по видам услуг за 2015 г [20]

По мнению [21], устойчивое развитие транспортных систем означает, что удовлетворение транспортных потребностей не противоречит приоритетам охраны окружающей среды и здоровья, не ведёт к необратимым природным изменениям и истощению невозобновляемых ресурсов.

В соответствии с определением Канадского Центра Устойчивого Развития [22] устойчивая транспорт-

ная система:

- позволяет обществу удовлетворять основные потребности в условиях безопасности, поддерживая здоровье человека и экосистем, с равными возможностями внутри и между поколениями;
- является доступной, эффективной, предлагающей выбор видов транспорта, и поддерживающей продуктивную экономику;
- способствует снижению количества выбросов, отходов и шумового воздействия, сокращению потребления невозобновляемых ресурсов, рациональному потреблению возобновляемых ресурсов и использованию земель, эффективной утилизации и повторному использованию отходов.

Анализ научной зарубежной литературы в области устойчивого развития транспортных систем [23-25] показал растущий интерес к концепциям устойчивости, жизнеспособности, устойчивого развития и устойчивого транспорта, зелёной логистики, управления зелёными цепями поставок. В данных работах рассматривается баланс экономических, экологических и социальных аспектов устойчивости и выделяются факторы устойчивости транспортных и логистических систем в соответствии с данными аспектами, предлагаются методы и инструменты устойчивого развития транспортных систем.

Исследования показывают, что с каждым годом меняется отношение бизнеса к устойчивому развитию. Основными факторами таких изменений являются [19, 26]:

- государственное регулирование и контроль соблюдения норм экологического и социального законодательства. При этом государство использует не только ограничительные (штрафы), но и стимулирующие меры (налоговые льготы);
- повышение качества услуг и продукции. Организации, которые производят технологически продвинутую и безвредную для окружающей среды продукцию, повышают имидж бренда и репутацию у покупателей;
- улучшение репутации, создаваемой общественностью, собственными сотрудниками, потребителями, акционерами, другими компаниями (инвестиционными, страховыми, банковскими). Это способствует повышению капитализации компании, улучшению её финансовых показателей в долгосрочной, как правило, перспективе;
- требования партнёров по цепи поставок. Это способствует укреплению отношений с поставщиками и клиентами, формирует и развивает социальную корпоративную ответственность;
- снижение экологических и социальных рисков. Социально и экологически ориентированные компании обычно имеют более низкие страховые издержки в связи с тем, что размер страховых премий связан с уменьшающимися экологическими рисками предприятий;
- сокращение издержек и увеличение прибыли. Это

достигается за счёт использования современных экологических и одновременно экономически эффективных технологий;

- конкурентное преимущество. Позиционирование услуг и продукции как экологически чистых, укрепляет имидж компании, позволяет привлекать выгодных партнёров и завоёвывать новые рынки.

Вместе с тем, во многих исследованиях отмечается отсутствие баланса между аспектами устойчивого развития и акцент на достижение экономических целей в ущерб экологическим и социальным. Например, в работах [27-29] указывается на наличие противоречий между традиционной и зелёной логистикой. Авторы [30] отмечают основные недостатки известных моделей устойчивого развития. К ним относят: статичность и недостаточный акцент на динамике процесса развития; фрагментарность связей между аспектами устойчивого развития (экологией, экономикой и обществом); сложность практической реализации концепции устойчивого развития из-за многообразных ограничений и противоречивости её целей.

Особая роль в формировании устойчивых транспортных систем отведена нормативно-правовому обеспечению. В настоящее время действует разветвлённая система национального и международного экологического законодательства [31]. Большинство договорённостей носит двусторонний (около 1500 соглашений) и региональный характер, а экологических соглашений полностью международного характера насчитывается более двухсот. Все ключевые соглашения подписали около 70% стран [19]. Обобщающим принципом в отношении всей совокупности принципов и норм международного экологического права является защита окружающей среды на благо нынешнего и будущих поколений людей. Это обеспечивается путём достижения целей и задач устойчивого развития [10].

На **рис. 2** представлена разработанная схема влияния транспортно-логистической системы на цели устойчивого развития.

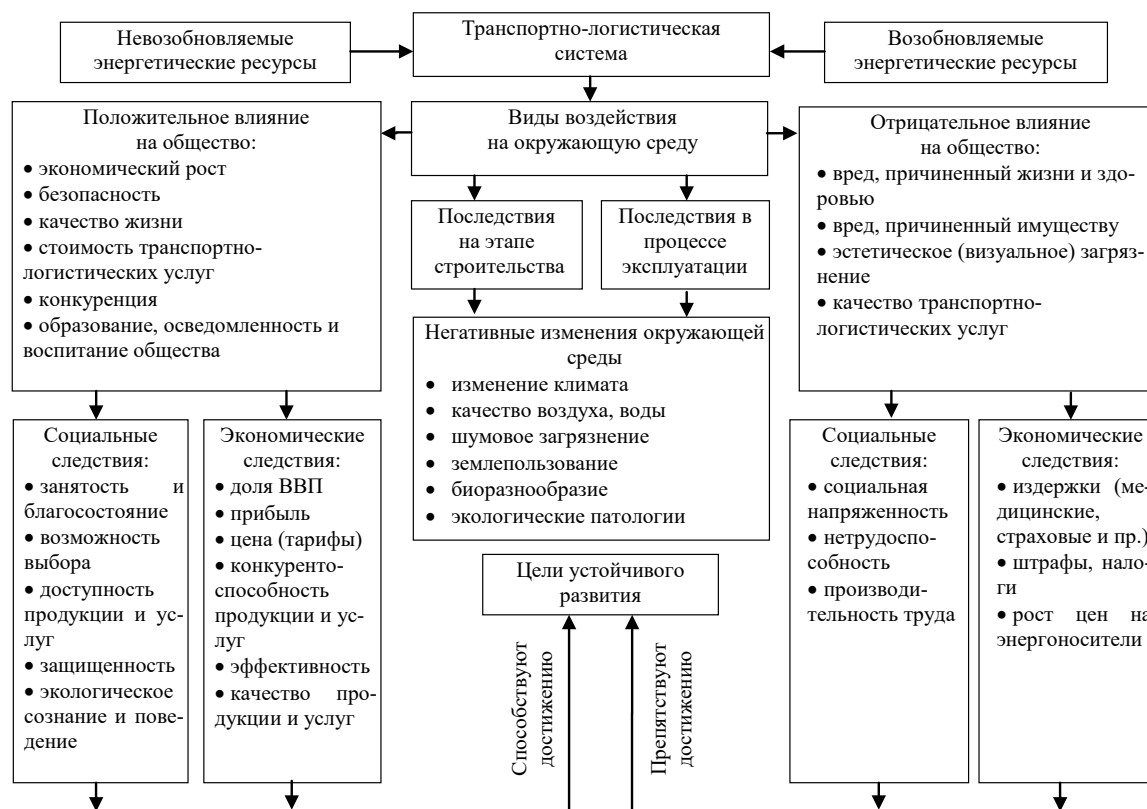


Рис. 2. Схема влияния транспортно-логистической системы на цели устойчивого развития

Функционирование транспортно-логистической системы связано с потреблением первичных и вторичных энергетических ресурсов. Наиболее энергоёмким элементом логистической системы является транспортный элемент. В настоящее время анализ и учёт энергопотребления транспорта в составе логистических систем не выполняется, однако по оценке Международного энергетического агентства ИАЕ [32] в период между 1990 и 2011 годами энергопотребле-

ние транспорта увеличилось почти на 55% до 102 ЭДж. Среди секторов экономики на долю транспорта приходится до 30% потребления энергии [33]. По видам транспорта наиболее энергоёмким является автомобильный (85% энергозатрат транспортной отрасли), на воздушный транспорт приходится до 8%, на водный и железнодорожный, соответственно, 7% и 6% [34].

Анализ потребления водных ресурсов по видам

экономической деятельности показывает [13, 35], что на нужды транспорта приходится от 2 до 10% от суммарного объема водопотребления в РФ. В 2015 году объёмы забора воды из природных источников составили 2914.18 млн м³, а объем сброса сточных вод в поверхностные природные водоёмы составил 171.02 млн м³ (в т. ч. загрязнённых 30.76 млн м³) [35].

Транспортно-логистическая деятельность является причиной загрязнения окружающей среды вредными веществами. Согласно отчётам Межправительственной группы экспертов по изменению климата [36], на транспорт, включая грузовые и пассажирские перевозки, приходится более 13% глобальных выбросов парниковых газов (рис. 3).

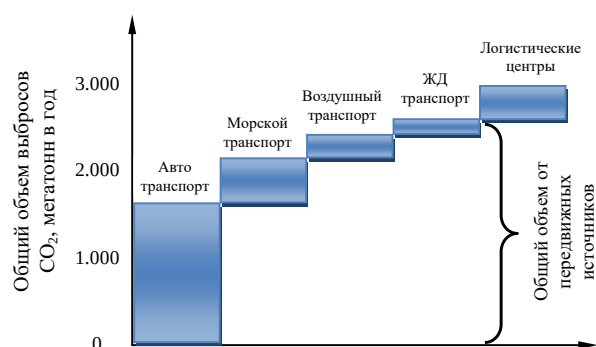


Рис. 3. Распределение объёмов выбросов CO₂ в результате транспортно-логистической деятельности [45]

По данным [37] объём выбросов от транспорта в России за период с 2010 по 2015 год увеличился (рис. 4). В 2015 году показатели выбросов в РФ составили 31114.3 тыс. т (в т.ч. 13818.6 тыс. т от автомобильного транспорта). На долю железнодорожного транспорта приходится менее 1% от общего объёма выбросов, что составляет 154.3 тыс. т [38].

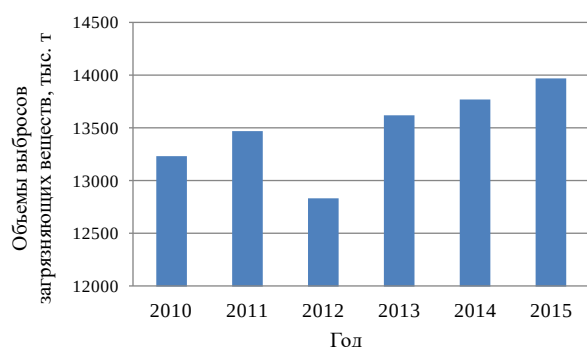


Рис. 4. Динамика объёмов выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников в РФ за 2010-2015 гг., тыс. т

Развитие транспортно-логистической инфраструктуры влечёт за собой ряд негативных послед-

ствий – отчуждение земель, ландшафтные изменения, загрязнение прилегающих к транспортным коммуникациям территорий, образование отходов, приводящих к загрязнению почвы и занимающих большие территории [13]. При строительстве применяются транспортные и погрузочно-разгрузочные средства, уровень шума которых достигает 75-100 дБ, что является шумом высокой интенсивности [39].

За период с 2010 по 2015 годы площадь земель, изъятых из продуктивного оборота под объекты транспортной инфраструктуры в России, составило в среднем 7989.45 тыс. га в год (рис. 5).

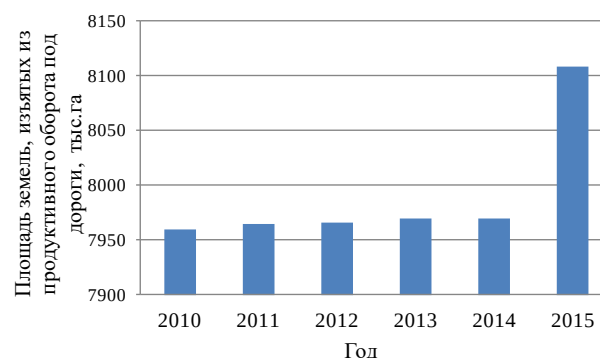


Рис. 5. Динамика изъятия земель из продуктивного оборота под дороги в РФ за 2010-2015 гг., тыс. га

Строительство инфраструктурных объектов приводит к увеличению объёма строительных отходов. С 2010 по 2015 год общее количество накопленных в России отходов выросло на 35% (рис. 6) [37]. В 2015 году образовано 5060.2 млн т, из них 2.9 млн т приходящиеся на сектор «Транспорт и связь» [40]. Кроме того, в России в среднем за год образуется 70 млн т твёрдых коммунальных отходов, из которых менее 2% сжигается, а перерабатывается около 4% [41].

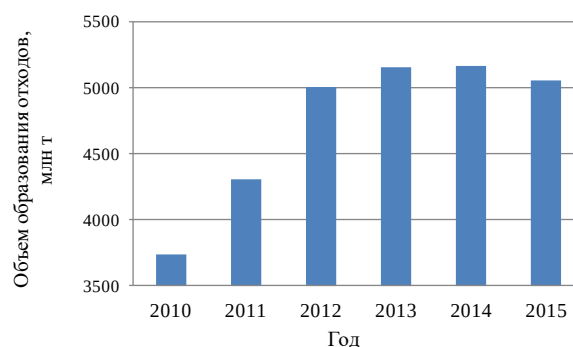


Рис. 6. Динамика образования отходов в РФ за 2010-2015 гг., млн т

Неблагоприятное влияние на состояние окружающей среды и самочувствие людей оказывает шумовое воздействие транспорта [33]. Значительный вклад в рост шумового загрязнения, вредного для человеческого организма, вносят транспортные средства, уровень шума которых превышает 80 дБА [13]. К ним

относят грузовые автомобили (80-90 дБА), железнодорожный (95-100 дБА) и воздушный (110-130 дБА) виды транспорта. В соответствии с [38] удельный вес транспортных средств в РФ, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по таким физическим факторам как шум, вибрация и электромагнитные поля составляет, соответственно, 19.3%, 14.5% и 0.46%.

Сокращение числа строящихся и реконструируемых инфраструктурных объектов, а также темпов пополнения и обновления парков транспортных средств, привело в последние годы к существенному ухудшению технического состояния основных фондов транспорта (возрастная структура, увеличение износа и т.д.) [42]. Степень износа основных фондов транспорта представлена на **рис. 7** [43].

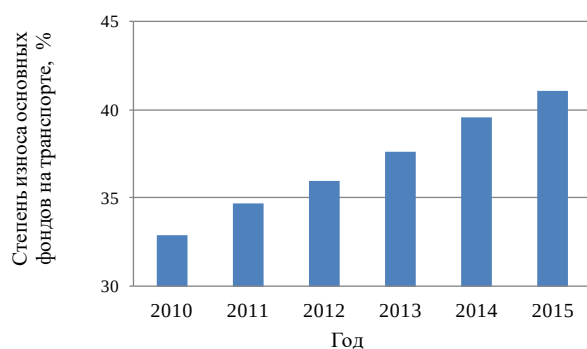


Рис. 7. Динамика степени износа основных фондов транспорта РФ за 2010-2015 гг., %

Число происшествий на транспорте и пострадавших в них с 2010 по 2015 годы сократилось (**рис. 8**) [43]. Вместе с тем, уровень транспортной безопасности в РФ остаётся недостаточным для экономического роста, повышения конкурентоспособности национальной экономики и качества жизни населения [42].

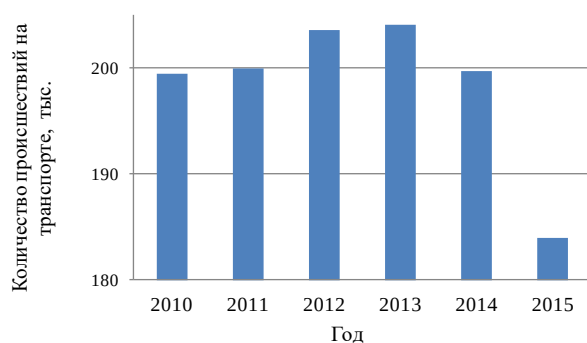


Рис. 8. Динамика количества происшествий на транспорте в РФ за 2010-2015 гг.

Таким образом, на устойчивое развитие транспортных систем в составе цепей поставок оказывают влияние следующие факторы:

Экологические факторы. Оценка и учёт экологи-

ческих факторов, а также ресурсных ограничений необходимы в проектном и инвестиционном анализе на предприятиях, при стратегическом планировании развития территорий, обоснования приоритетных направлений развития предприятия [44]. В современной экологии выделяют три группы экологических факторов: абиотические (факторы неорганической природы), биотические (связанные с деятельностью живых организмов) и антропогенные (связанные с деятельностью человеческого общества). Их классификация и влияние на окружающую среду представлены в работах [6, 7, 13, 44]. В исследованиях [45] предлагается деление экологических факторов на две группы: факторы, негативно влияющие на окружающую среду при строительстве транспортной инфраструктуры, и факторы, появляющиеся непосредственно в процессе эксплуатации транспортных систем.

Недостаточный учёт экологических факторов в деятельности транспортно-логистических компаний приводит к чрезмерному потреблению природных ресурсов; загрязнению окружающей среды вредными веществами, энергетическому и визуальному загрязнению; отчуждению и деградации земель; сокращению биоразнообразия на земле, возникновению экологических патологий.

Социальные факторы. Учёт и оценка социальных факторов при проектировании и эксплуатации транспортно-логистических систем направлены на повышение уровня жизни. Основной задачей при этом является повышение качества жизни в результате обеспечения транспортной безопасности, расширения доступности и улучшения качества транспортных услуг, защита здоровья (физического, психического и социального благополучия), развитие экологической компетентности граждан и выработка у общества «экологического этикета». Особая роль отведена реализации концепции устойчивого развития на основе формирования у людей системного взгляда на среду обитания человека и влияния человеческой деятельности на природу [3].

Экономические факторы. Экономические особенности устойчивого развития транспортно-логистических систем заключаются в согласовании целей устойчивого развития с целями функционирования логистических систем (получение прибыли, экономический рост, повышение конкурентоспособности). Основная гипотеза такого согласования заключается в том, что реализация логистических методов, концепций и функций принципиально позволяет сократить затраты ресурсов и минимизировать издержки, что потенциально способствует снижению вредного воздействия на окружающую среду [5]. Эффективное, с применением логистических решений, использование ресурсов позволяет совершенствовать логистические процессы, и как следствие, реализовать социальные и экологические потребности общества.

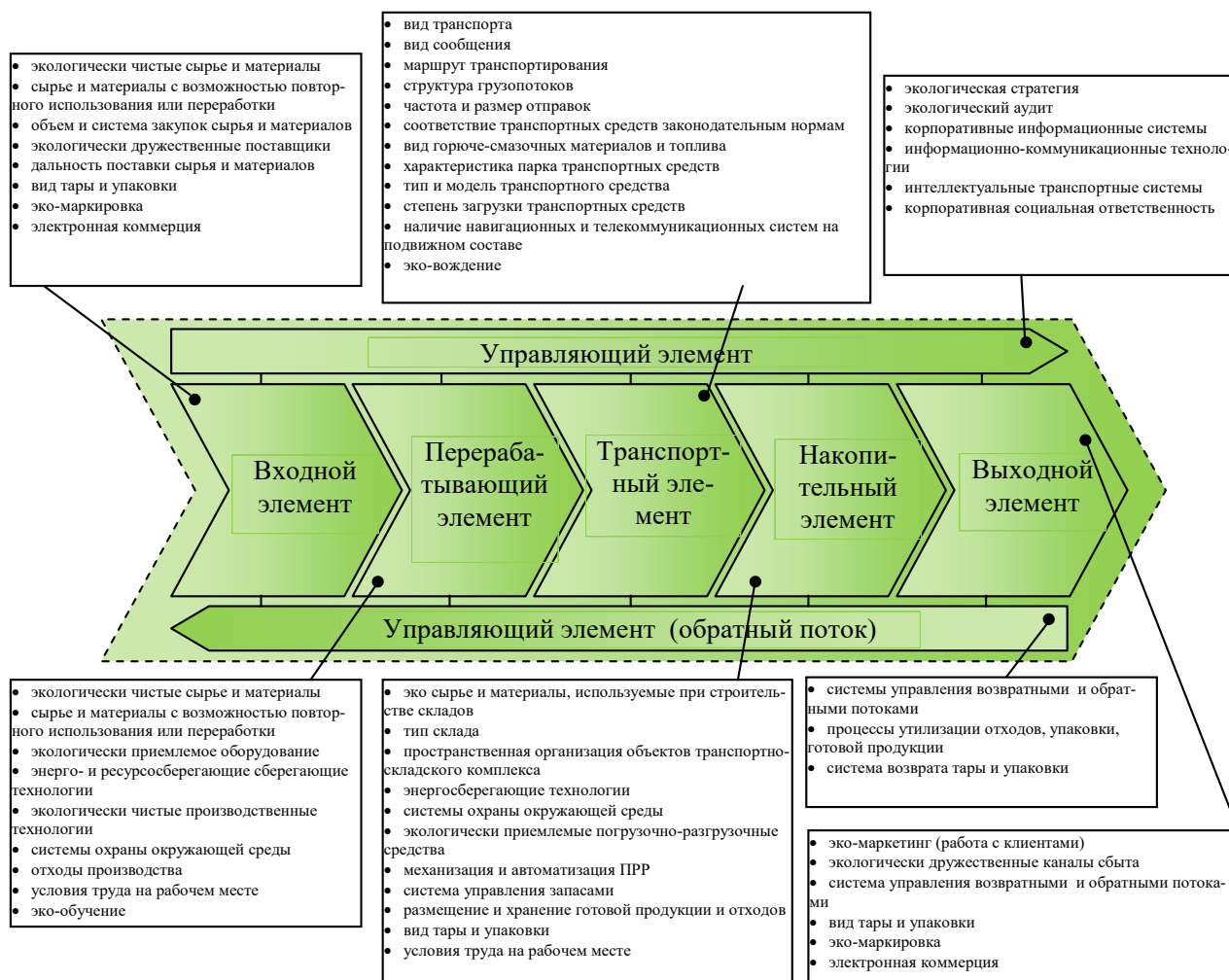


Рис. 9. Схема факторов устойчивого развития транспортно-логистической системы

Факторы устойчивого развития транспортно-логистических систем

Анализ отечественной [21, 45, 47, 50] и зарубежной [23, 25, 48, 49, 51] научной литературы позволил систематизировать факторы устойчивого развития транспортно-логистических систем (см. рис. 9).

При систематизации факторов использован структурно-функциональный и системный подходы [5, 52] к описанию транспортно-логистических систем, предполагающие выделение основных (базисных) функций элементов логистических систем [53]:

- входной элемент — поступление материального потока и потока услуг в логистическую систему;
- перерабатывающий элемент — изменение качественных свойств материального потока, его преобразование из сырья в готовую продукцию;
- накопительный элемент — регулирование скорости материальных потоков в результате их торможения, накопления и хранения;
- транспортный элемент — продвижение материального потока в логистической системе;
- выходной элемент — выбытие материального пото-

ка и потока услуг из логистической системы;

- управляющий элемент — координация действия всех элементов логистической системы по переработке и продвижению материального потока и потока услуг путём изменения свойств информационных и финансовых потоков.

Достоинством структурно-функционального подхода к систематизации различных факторов является возможность их группировки по двум основным признакам: по принадлежности к логистическому элементу, реализующему одну из базисных логистических функций; по влиянию фактора на логистические потоки (материальный, информационный, финансовый, поток услуг).

Использование предлагаемой в работе системы факторов, оказывающих влияние на устойчивое развитие как отдельных элементов транспортно-логистической системы, так и на систему в целом, позволит проводить комплексную оценку цепей поставок на соответствие принципам устойчивого развития, разрабатывать и применять инструменты и методы, способствующие достижению целей устойчивого развития.

Заключение

Мировое сообщество связывает решение проблем глобального изменения климата, повышения качества жизни людей и снижения влияния человека на среду обитания с концепцией устойчивого развития, в основу которой положена идея достижения разумного баланса между экономическим, социальным и экологическим развитием, а также потребностями общества. Увеличение объёмов перевозок и грузооборота, интенсивное использование транспорта делает актуальной задачу устойчивого развития транспортно-логистических систем и выявления факторов, оказывающих влияния на устойчивость этих систем.

Предлагаемая авторами настоящей статьи система факторов устойчивого развития цепей поставок является основой для разработки критериев и показателей оценки транспортно-логистической деятельности. Учёт выявленных факторов в процессе проектирования и функционирования транспортно-логистических систем позволит проводить оценку цепей поставок на соответствие принципам устойчивого развития, разрабатывать мероприятия по повышению эффективности функционирования логистических систем, снижению вредного воздействия на окружающую среду и достижению целей устойчивого развития.

Список литературы

1. Экология и экономика природопользования / Под ред. Э.В.Гирусова. М.: ЮНИТИ-ДАНА, Единство, 2003. 519 с.
2. Дергачёва Е.А. Техногенность и ее идейное содержание // Вестник Брянского государственного технического университета. 2009. №2(22). С. 167-173.
3. Рахмангулов А.Н., Орехова Н.Н., Осинцев Н.А. Концепция системы формирования компетенций в области устойчивого развития // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2017. №4. 2017. С. 11-19.
4. The Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment (Stockholm Declaration). Adopted June 16, 1972 (1992).
5. Green Logistics: Element of the Sustainable Development Concept. Part 1 / Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Muravev D. // Nase More. 2017. №64(3). pp. 120-126.
6. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ, 1999. 455 с.
7. Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара: Самарский научный центр РАН, 2000. 396 с.
8. Образование для перемен: пособие для преподавания и изучения устойчивого развития / Под. ред. Г. Ютвик, И. Лиепина. Уппсала: Изд-во Балтийского университета, Vides Vestis, 2010. 74 с. Режим доступа: www.balticuniv.uu.se/index.php/component/docman/doc_download/208-education-for-change-handbook-russian
9. Данилов-Данильян В.И. Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ) // Экономика и математические методы. 2003. №2(39). С. 123-135.
10. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Режим доступа: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R
11. Кирясов А.С. Формирование эффективной транспортно-логистической системы регионального уровня на основе концепции устойчивого развития // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2012. № 1(68). С. 299-303.
12. Vandycke N. Envisioning the Transport We Need // Transport & ICT. Connections Note #18 – The World Bank. 2015.
13. Павлова Е. И. Экология транспорта. М.: Транспорт, 2008. 231 с.
14. Проект Концепции экологической безопасности транспортного комплекса РФ. Режим доступа: http://niiat.ru/activity/Raboti_2011_2013.ppt
15. Казармщикова Е.В. Экологические факторы в деятельности транспортно-логистических систем в условиях российской федерации // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2017. Т.1. С. 9-12.
16. Millar M. Global Supply Chain Ecosystems: Strategies for Competitive Advantage in a Complex, Connected World. Kogan Page of London. 2015. 288 p.
17. Осинцев Н.А., Мишуков П.Н., Арсланова А.Р. Имитационная модель работы транспортно-складского комплекса в составе «зелёной» цепи поставок // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2017. Т.1. С. 50-52.
18. The Global Economy. Режим доступа: <http://ru.theglobaleconomy.com>
19. Устойчивое развитие: Новые вызовы: Учебник для вузов / Под общ. ред. В. И. Данилова-Данильяна, Н. А. Пискуловой. М.: Издательство «Аспект Пресс», 2015. 336 с.
20. Маилан А.А. Рынок транспортно-логистических услуг: проблемы и перспективы развития // Экономические науки. 2016. №46-4. Режим доступа: <http://novainfo.ru/article/6381>
21. Герами В.Д., Колик А.В. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики: учебник и практикум. М.: Издательство Юрайт, 2015. 510 с.
22. Анашкина Н.Ю. Основные направления и мероприятия для устойчивого развития крупных городов и их транспортных систем // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2016. №11. Режим доступа: <http://ekonomika.snauka.ru/2016/11/12808>
23. Litman T. Well Measured: Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning. 2015. 100 p.
24. Sustainable Transportation – Indicators, Frameworks, and Performance Management / Edited by H. Gudmundsson, R.P. Hall, G. Marsden, J. Zietsman. Springer. 2016. 304 p.
25. Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics. Third edition / Edited by A. McKinnon, M. Browne, A. Whiteing, M. Piecyk. Kogan Page Limited. 2015. 426 p.
26. Emmett S., Sood V. Green Supply Chain – An Action Manifesto. Wiley. 2010. 316 p.
27. Kumar A. Green logistics for sustainable development: an analytical review // IOSRD International Journal of Business. 2015. Vol. 1. Is. 1. pp. 7-13.
28. Lakshmiameera B.L., Palanisamy C. A conceptual framework on green supply chain management practices // Industrial Engineering Letters. 2013. Vol. 3. No.10. pp. 42-51.
29. Rodrigue J-P., Slack B., Comtois C. Green logistics (The paradoxes of) / Handbook of Logistics and Supply Chain Management. 2001. London: Pergamon/Elsevier. pp. 339-350.
30. Рахмангулов А.Н., Орехова Н.Н., Осинцев Н.А. Концепция системы повышения квалификации преподавателей в области экологического образования на основе логистической модели устойчивого развития // Современные проблемы транспортного комплекса России. №1(7), 2016. С. 4-18
31. Бринчук М.М. Экологическое право (право окружающей среды): Учебник для вузов. М.: Юристъ, 1998. 688 с.
32. Показатели энергоэффективности: основы формирования политики. OECD/IEA, International Energy Agency. 2014. 178 с.
33. Эдер Л.В., Проворная И.В., Немов В.Ю. Устойчивые тенденции развития энергопотребления и энергоэффективности на транспорте // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т.3. №3. С. 70-76.
34. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». 2012. №5. Режим доступа: http://journal.esco.co.ua/2012_5/art222.html
35. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году». М.: НИА-Природа, 2016. 270 с.
36. Delivering Tomorrow. Towards Sustainable Logistics How Business Innovation and Green Demand Drive a Carbon-Efficient Industry. Режим доступа: http://www.dhl-usa.com/content/dam/downloads/g0/logistics/green_logistics_sustainable_logistics_study_en.pdf
37. Росреестр. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/>
38. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М.: Минприроды России: НИА-Природа. 2016. 603 с.
39. Минина Н.Н. Снижение шума при строительстве автомобильных дорог: дис. ...канд. техн. наук: 01.04.06. Санкт-Петербург., 2006. 186 с.
40. Анализ выполнения задач государственной политики в области экологического развития и соответствующих Поручений Президента Российской Федерации. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), НИА-Природа, 2016. 54 с.
41. Что делать с мусором в России? Режим доступа: <http://www.greenpeace.org/russia/Global/russia/report/toxics/recycle/RUSI-A-GARBAGE.pdf>
42. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Режим доступа: static.government.ru/media/files/41d4e8c21a5c70008ae9.pdf

43. Транспорт и связь в России. 2016: Статистический сборник. М.: Росстат, 2016. 112 с.
44. Пахомова Н., Рихтер К., Эндрес А. Экологический менеджмент. СПб.: Питер, 2003. 544 с.
45. Журавская М.А. «Зелёная» логистика - стратегия успеха в развитии современного транспорта // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2015. № 1(25). С. 38-48.
46. Проблема утилизации строительных отходов в России. Режим доступа: <http://ecostaff.ru/novosti/1246-problema-utilizatsii-stroitelnykh-otkhodov-v-rossii>
47. Волкова А.А., Колонтай С.Н. Анализ факторов, влияющих на сбалансированность социо-экономики-экологической системы // Глобальні та національні проблеми економіки. 2015 №3 с. 584-589.
48. Environmental Issues in Supply Chain Management: New Trends and Applications / Edited by P. Golinska, C.A. Romano // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2012. 266 p.
49. Коблянская И.И. Научно-методические основы экологически ориентированного логистического управления промышленным производством: дис. ... канд. эк. наук. Суми, 2011. 234 с.
50. Мачерет Д.А., Измайкова А.В. «Экологический императив» и инновационное развитие транспорта // Мир транспорта. 2016. Т. 14. №5(66). С. 20-31.
51. Sustainable Supply Chain Management: Practical Ideas for Moving Towards Best Practice / Edited by B. Cetinkaya, R. Cuthbertson, G. Ewer et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011, 283 p.
52. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N. Design of an ITS for Industrial Enterprises / Edited by A. Sladkowski, W. Pamula. Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives, 2016. Vol.32. Springer International Publishing. Cham, pp. 161-215.
53. Корнилов С.Н., Ракмангулов А.Н., Шайльский Б.Ф. Основы логистики: учеб. пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. 302 с.

Материал поступил в редакцию 17.03.2017

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

FACTORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS

Osintsev Nikita Anatolievich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-16. E-mail: osintsev@magtu.ru

Kazarmshchikova Elena Victorovna – Engineer

LLC «Stal'Prom», Russia. Phone: + 7-3519-29-85-16. E-mail: lenalenin10@gmail.ru

Abstract

Environmental, social and economic aspects of transport and logistics systems' operation are considered in the paper. The role of the transport systems and logistic activities for achieving the goals of sustainable development is presented. Results of the statistical analysis of transport and logistics systems' influence on the environment are provided. The system of factors of sustainable development of transport and logistics systems based on structural and functional approach emphasizing the main functions of elements of a logistics system is proposed. Accounting the factors during transport and logistics systems' operation will allow to carry out integrated assessment of supply chains and their elements in compliance with the principles of sustainable development and develop activities for achieving the goals of sustainable development.

Keywords: sustainable development, environment, factors, transport, logistics, transport and logistics systems.

References

1. Ekologija i ekonomika prirodopol'zovanija [Ecology and economy of environmental management] / E.V. Girusov. Moscow: UNITI-DANA, Edinstvo, 2003. 519 p. (In Russ.)
2. Dergacheva E.A. Technogenesis and its characteristics // Vestnik BSTU. 2009. № 2(22), pp.167-173. (In Russ.)
3. Rakhmangulov A.N., Orekhova N.N., Osintsev N.A. The Concept of Developing Competences System in the Field of Sustainable Development // Journal of the Belarusian State University. Ecology. 2017. no.4, pp. 11-19. (In Russ.)
4. The Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment (Stockholm Declaration). Adopted June 16, 1972 (1992).
5. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Muravev D. Green Logistics: Element of the Sustainable Development Concept. Part 1 // Nase More. 2017. №64(3), pp. 120-126.
6. Akimova T.A., Haskin V.V. Ecology: textbook Moscow: UNITI, 1999. 455 p. (In Russ.)
7. Rozenberg G.S., Mozgovoy D.P., Gelashvili D.B. Ekologija. Elementy teoreticheskikh konstruktivnykh razvitiya [Ecology. Elements of theoretical structures of modern ecology]. Samara: Samarskij nauchnyj tsentr RAN, 2000. 396 p.
8. Jutvik G., Liepin I. Obrazovanie dlja peremen: posobie dlja prepodavaniya i izucheniya ustojchivogo razvitiya [Education for changes: handbook for teaching and studying the sustainable development]. Uppsala: Izd-vo Baltijskogo universiteta, Vides Vestis. 2010. 74 p. (In Russ.) Available at: www.balticuniv.uu.se/index.php/component/docman/doc/download/208-education-for-change-handbook-russian.
9. Danilov-Danil'jan V.I. Ustojchivoe razvitie (teoretiko-metodologicheskij analiz) [Sustainable development (theoretical and methodological analysis)] // Ekonomika i matematicheskie metody [Economy and mathematical methods]. 2003. Vol.39, no.2, pp. 123-135. (In Russ.)
10. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Available at: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R
11. Kiryasov A.S. Formirovanie jeffektivnoj transportno-logisticheskoy sistemy regionalnogo urovnja na osnove koncepcii ustojchivogo razvitiya [Forming of effective transport and logistics system of the regional level on the basis of sustainable development concept] // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta [Vestnik Gagarin Saratov State Technical University]. 2012, vol.4, no.1(68). pp.299-303. (In Russ.)
12. Vandycke N. Envisioning the Transport We Need // Transport & ICT. Connections Note №18. The World Bank. 2015.
13. Pavlova E. I. Ekologija transporta [Ecology of transport]. Moscow: Transport, 2008. 231 p. (In Russ.)
14. Proekt Kontseptsii 'ekologicheskoy bezopasnosti transportnogo kompleksa Rossijskoj Federatsii [Project concept of ecological security of the transport complex of Russian Federation]. Available at: http://niiat.ru/activity/Raboti_2011_2013.ppt. (In Russ.)
15. Kazarmshchikova E.V. Ekologicheskie faktory v dejatel'nosti transportno-logisticheskikh sistem v uslovijah Rossijskoj Federatsii [Environmental factors in activities of transport and logistics systems in the Russian Federation] // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki, tekhniki i obrazovanija [Actual problems of modern science, techniques and education]. 2017. vol.1, pp. 9-12. (In Russ.)
16. Millar M. Global Supply Chain Ecosystems: Strategies for Competitive Advantage in a Complex, Connected World. Kogan Page of London. 2015. 288 p.
17. Osintsev N.A., Mishkurov P.N., Arslanova A.R. Imitatsionnaja model' raboty transportno-skladskogo kompleksa v sostave «zeljonoj» tsepi postavok [Simulation model of a transport- warehousing complex as a part of a «green» supply chain] // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki, tekhniki i obrazovanija [Actual problems of modern science, techniques and education]. 2017. vol.1, pp. 50-52. (In Russ.)
18. The Global Economy. Available at: <http://ru.theglobaleconomy.com>
19. Ustojchivoe razvitie: Novye vyzovy: Uchebnik dlja vuzov [Sustainable development: New Challenges: Textbook] / Pod obsch. red. V.I. Danilova-Danil'jana, N.A. Piskulovoj. Moscow: Izdatel'stvo «Aspekt Press», 2015. 336 p. (In Russ.)
20. Mailan A.A. Rynok transportno-logisticheskikh uslug: problemy i perspektivy razvitiya [The market of transport and logistics services: problems and prospects of development] // Ekonomicheskije nauki [Economic science]. 2016. no.46-4. (In Russ.) Available at: <http://novainfo.ru/article/6381>
21. Gerami V.D. Upravlenie transportnymi sistemami. Transportnoe obespechenie logistiki [Transport management systems. Transportation logistics software]. Moscow: Izd-vo «Jurajt». 2015. 510 p. (In Russ.)
22. Anashkina H.Yu. Osnovnye napravlenija i meroprijatija dlja ustojchivogo razvitiya krupnykh gorodov i ih transportnykh sistem [Main directions of big cities' sustainable development and their transport planning objectives] // Ekonomika i menedzhment innovatsionnykh tehnologij [Economics and innovations management]. 2016. no.11 (In Russ.) Available at:

- <http://ekonomika.snauka.ru/2016/11/12808>
23. Litman T. Well Measured: Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning. 2015. 100 p.
 24. Sustainable Transportation – Indicators, Frameworks, and Performance Management / Edited by H. Gudmundsson, R.P. Hall, G. Marsden, J. Zietsman. Springer. 2016. 304 p.
 25. Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics. Third edition / Edited by A. McKinnon, M. Browne, A. Whiteing, M. Piecyk. Kogan Page Limited. 2015. 426 p.
 26. Emmett S., Sood V. Green Supply Chain – An Action Manifesto. Wiley. 2010. 316 p.
 27. Kumar A. Green logistics for sustainable development: an analytical review // IOSRD International Journal of Business. 2015. vol.1, no.1. pp. 7-13.
 28. Lakshmi Meera B.L., Palanisamy C. A conceptual framework on green supply chain management practices // Industrial Engineering Letters. 2013. vol.3, no.10. pp. 42-51.
 29. Rodrigue J-P., Slack B., Comtois C. Green logistics (The paradoxes of) / Handbook of Logistics and Supply Chain Management. 2001. London: Pergamon/Elsevier. pp. 339-350.
 30. Rakhmangulov A.N., Orekhova N.N., Osintsev N.A. Kontseptsija sistemy povysheniya kvalifikatsii prepodavatelej v oblasti `ekologicheskogo obrazovaniya na osnove logisticheskoy modeli ustojchivogo razvitiya [The concept of a system for advanced training teachers in the field of the ecological education on the basis of logistics model of sustainable development] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2016, vol.7, no.1, pp. 4-18. (In Russ.)
 31. Brinchuk M.M. Ekologicheskoe pravo: uchebnik [Environmental law: Textbook]. Moscow: Jurist, 1998. 688 p. (In Russ.)
 32. Pokazateli `energo`effektivnosti: osnovy formirovaniya politiki [Energy efficiency indicators: bases of policy's formation]. OECD/IEA, International Energy Agency. 2014. 178 p. (In Russ.)
 33. Eder L.V., Provornaya I.V., Nemov V.Yu. Ustojchivye tendentsii razvitiya energopotrebleniya i energo`effektivnosti na transporte [Sustainable tendencies of developing the energy consumption and energy efficiency on transport] // Interesko Geo-Sibir. 2016. vol.3, no.3, pp. 70-76. (In Russ.)
 34. Elektronnyy zhurnal energoservisnoj kompanii «Ekologicheskie sistemy» [Online magazine of power service company «Ecological Systems»]. 2012. no.5. (In Russ.) [Available at: http://journal.esco.co.ua/2012_5/art222.html]
 35. Gosudarstvennyy doklad «O sostojanii i ispol'zovanii vodnyh resursov Rossijskoj Federatsii v 2015 godu» [The state report «About a condition and water resources' utilization of the Russian Federation in 2015»]. Moscow: NIA-Priroda, 2016. 270 p. (In Russ.)
 36. Delivering Tomorrow. Towards Sustainable Logistics How Business Innovation and Green Demand Drive a Carbon-Efficient Industry. Available at: http://www.dhl-usa.com/content/dam/downloads/g0/logistics/green_logistics_sustainable_logistics_study_en.pdf
 37. Rosreestr. Federalnaja sluzhba gosudarstvennoj registracii, kadastra i kartografii [Rosreestr. Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography]. (In Russ.) Available at: <https://rosreestr.ru/site/>
 38. Gosudarstvennyy doklad o sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii na 2015 god [Russian Federation 2015 National Report on the State and Environmental Protection.]. Moscow: NIA-Priroda, 2016. 603 p. (In Russ.)
 39. Minina N.N. Snizhenie shuma pri stroitel'stve avtomobilnyh dorog [Noise reduction in road construction: the dissertation]. St. Petersburg. 2006. 186 p. (In Russ.)
 40. Analiz vypolneniya zadach gosudarstvennoj politiki v oblasti `ekologicheskogo razvitiya i sootvetstvujushchih Poruchenij Prezidenta Rossijskoj Federatsii [The analysis of achieving the objectives of state policy in the field of environmental development and the corresponding orders of the President of the Russian Federation]. Moscow: WWF, NIA-Priroda, 2016. 54 p.
 41. Chto delat' s musorom v Rossii [What to do with waste in Russia?]. (In Russ.) Available at: <http://www.greenpeace.org/russia/Global/russia/report/toxics/recycle/RUSSIA-GARBAGE.pdf>
 42. Transportnaja strategija rossijskoj federatsii na period do 2030 goda [The transport strategy of the Russian Federation until 2030]. (In Russ.) Available at: static.government.ru/media/files/41d4e8c21a5c70008ae9.pdf
 43. Transport i svjaz' v Rossii [Transport and communication in Russia]. Moscow: Rosstat, 2016. 112 p. (In Russ.)
 44. Pahomova N., Rihter K., Endres A. Ekologicheskij menedzhment [Environmental management]. Saint Petersburg: Piter, 2003. 544 p. (In Russ.)
 45. Zhuravskaja M.A. «Zeljonaja» logistika - strategija uspeha v razviti sovremennogo transporta [«Green logistics» - a strategy for success in the development of modern transport industry] // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Vestnik of the Ural State University of Railway Transport]. 2015, no.1(25), pp. 38-48. (In Russ.)
 46. Problema utilizatsii stroitel'nyh othodov v Rossii [Problem of construction waste's utilization in Russia]. (In Russ.) Available at: <http://ecostaff.ru/novosti/1246-problema-utilizatsii-stroitel'nykh-otkhodov-v-rossii>
 47. Volkova A.A., Kolontay S.N. Analiz faktorov, vlijajushchih na sbalansirovannost' sotsio-ekonomiko-ekologicheskoy sistemy [Analysis of factors, influencing balance of socio-economic-ecological system] // Global'ni ta natsional'ni problemi ekonomiki [World economy and international economic relations]. 2015. no. 3, pp. 584-589. (In Russ.)
 48. Environmental Issues in Supply Chain Management: New Trends and Applications / Edited by P. Golinska, C.A. Romano // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2012. 266 p.
 49. Koblyanskaya I.I. Nauchno-metodicheskie osnovy `ekologicheskij orientirovannogo logisticheskogo upravleniya promyshlennym proizvodstvom [Scientific and methodical bases of environmentally oriented logistic management of industrial production]: dis. ... kand. ec. nauk. Sumi, 2011. 234 p. (In Russ.)
 50. Macheret D.A., Izmaikova A.V. «Ecological imperative» and innovative development of transport // World of Transport. 2016. vol. 14, no. 5(66), pp. 20-31.
 51. Sustainable Supply Chain Management: Practical Ideas for Moving Towards Best Practice/ B. Cetinkaya, R. Cuthbertson, G. Ewer et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. 283 p.
 52. Rakhmangulov, A., Sladkowski, A., Osintsev, N. Design of an ITS for Industrial Enterprises / Edited by A. Sladkowski, W. Pamula. Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives, 2016. vol.32, Springer International Publishing, Cham, pp. 161-215.
 53. Komilov S.N., Rakhmangulov A.N., Shaulsky B.F. Osnovy logistiki [Fundamentals of Logistics]. Moscow: FSBEI «Educational and methodical centre on education in railway transport», 2016. 302 p.

Received 17/03/2017

Осинцев Н.А., Казармщикова Е.В. Факторы устойчивого развития транспортно-логистических систем // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2017. Т.7. №1. С. 13-21

Osintsev N.A., Kazarmshchikova E.V. Factors of sustainable development of transport and logistics systems // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2017, Vol.7, no. 1, pp. 13-21

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБОРУДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ РАМАМИ

Цыганов А.В.¹, Шестёркин А.В.²

¹Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия

²ООО «Ремпуть», Магнитогорск, Россия

Аннотация

Рассматривается один из аспектов транспортного обслуживания прокатного производства металлургических предприятий – процесс оборудования железнодорожных вагонов многооборотными средствами крепления (рамами), предназначенными для размещения на них листового рулонного металла. Выявлена неравномерность суточных объемов выпуска данной продукции листопрокатными цехами, а также значительный рост количества вагонов, требующих оборудования рамами. Становится актуальным определение предельной перерабатывающей способности пунктов оборудования вагонов рамами при ограниченности производственных ресурсов. В качестве производственных ресурсов, задействованных в процессе оборудования вагонов рамами, рассмотрены трудовые и технические ресурсы. Определение предельной перерабатывающей способности выполнено посредством разработанной оптимизационной математической модели. В статье представлено описание предложенной линейной оптимизационной модели. Выявлены факторы, влияющие на значения параметров моделируемого процесса. Приводятся результаты расчетов с использованием разработанной модели для условий железнодорожной станции «Чугунная» ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», а также сравнение полученных результатов с фактическими данными.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, железнодорожный вагон, листопрокатный цех, металлопродукция, листовой прокат, многооборотные средства крепления, рама, оборудование вагонов, сохранность груза, математическая модель, линейное программирование, оптимизация, производственные ресурсы, нормирование времени, перерабатывающая способность.

Введение

Листовой металл в рулонах является одним из основных видов готовой продукции металлургических предприятий. На ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) листопрокатное производство включает производство толстолистового проката, два цеха горячей прокатки, производство металла с покрытием, два цеха холодной прокатки и цех глубокой переработки металла. За 2016 год общий объем производства металлопродукции составил 11.6 млн тонн, из которых на листовой прокат приходится более 80% [1].

Для обеспечения безопасности и сохранности груза при перевозке в вагонах, рулоны размещаются на многооборотных средствах крепления – рамах. Широкая номенклатура листового рулонного металла обуславливает большое разнообразие видов сборных деревянных или сварных металлических конструкций рам. На ММК оборудование вагонов рамами выполняется силами Цеха подготовки вагонов ООО «Ремпуть» на нескольких железнодорожных станциях предприятия. После выполнения данной операции, вагоны подаются в листопрокатные цехи для погрузки рулонов.

Актуальность проблемы, постановка задачи исследования

В последние годы на ММК наблюдается увеличение числа вагонов, которые оборудуются рамами [2, 3]. Например, на железнодорожной станции «Чугун-

ная» их число за период с 2013 по 2015 годы удвоилось и превысило 14.7 тыс. ваг./год (рис. 1).

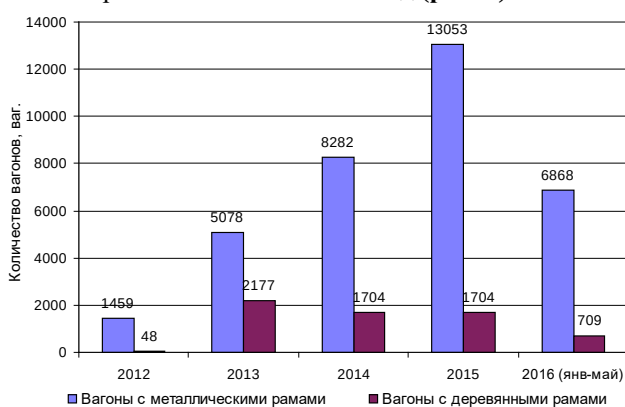


Рис. 1. Динамика оборудования вагонов рамами (станция «Чугунная», ПАО «ММК»)

Анализ организации транспортного обслуживания листопрокатных цехов ММК [2, 4, 7] показывает, что необходимое количество вагонов, подаваемых под погрузку определённого вида продукции, рассчитывается и заказывается исходя из суточного плана отгрузки (выпуска) продукции цехами [3, 5, 6]. Наблюдаемая суточная неравномерность оборудования вагонов рамами (рис. 2) в условиях увеличения объёмов отгрузки металла в рулонах потенциально может стать причиной снижения качества транспортного обслуживания цехов в результате невыполнения заявок на подачу в цехи вагонов, оборудованных рамами.

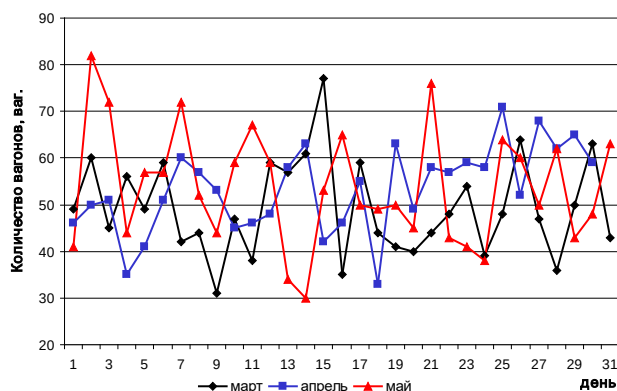


Рис. 2. Суточная неравномерность числа вагонов, оборудованных металлическими и деревянными рамами (станция «Чугунная», ММК, 2016 г.)

В этой связи, определение предельной перерабатывающей способности процесса оборудования вагонов рамами, при ограниченных производственных ресурсах, представляет собой актуальную научно-практическую задачу.

Модель процесса оборудования вагонов рамами

Для определения предельной перерабатывающей способности процесса оборудования железнодорожных вагонов рамами разработана оптимизационная математическая модель. Модель состоит из целевой функции и системы ограничений, определяющей взаимосвязь и запасы ресурсов, задействованные в данном процессе.

В модели приняты следующие предположения:

- в качестве переменных в модели принято количество оборудованных вагонов металлическими и деревянными рамами для различных листопркатных цехов;
- в качестве производственных ресурсов, задействованных в процессе оборудования вагонов рамами, приняты трудовые и технические ресурсы. Трудовыми ресурсами являются человеко-часы, затрачиваемые работниками профессии «стропальщик», а техническими – машино-часы работы мостовых кранов;
- значения производственных ресурсов являются нормируемыми (задаваемыми) величинами и используются в качестве основных ограничений, накладываемых на переменные модели.

Целевая функция процесса оборудования вагонов рамами максимизирует количество оборудованных вагонов, при имеющихся объемах (запасах) производственных ресурсов:

$$Z = \sum_{i,j=1}^{m,n} N_{ij} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где N_{ij} – количество вагонов, оборудованных рамами i -го вида для j -го листопркатного цеха; m – количество видов рам; n – количество листопркатных цехов.

Система ограничений модели включает в себя следующие условия:

- количество вагонов, оборудованных рамами i -го вида для j -го листопркатного цеха, не должно быть меньше заданного количества заявок цехов на подачу оборудованных вагонов, а также должно быть величиной положительной:

$$N_{ij} \geq A_{ij}, \quad (2)$$

$$N_{ij} \geq 0, \quad (3)$$

где A_{ij} – нормированное количество заявок на оборудование вагонов рамами i -го вида, подаваемых j -м листопркатным цехом;

- суммарная величина трудозатрат, выраженная через чел.ч/сут., расходуемых на оборудование вагонов рамами, не должна превышать нормируемого фонда времени работы стропальщиков, занятых в данном процессе:

$$\sum_{i,j=1}^{m,n} N_{ij} \cdot a_{ij} \leq T_w, \quad (4)$$

где a_{ij} – норма времени на оборудование одного вагона рамами i -го вида для j -го листопркатного цеха стропальщиками, чел.ч/ваг.; T_w – суточный фонд времени работы стропальщиков, чел.ч/сут.;

- суммарная величина затрат технических ресурсов, выраженная через маш.ч/сут., расходуемых на оборудование вагонов рамами, не должна превышать нормируемого фонда времени работы кранов

$$\sum_{i,j=1}^{m,n} N_{ij} \cdot b_{ij} \leq T_t, \quad (5)$$

где b_{ij} – норма времени на оборудование одного вагона рамами i -го вида для j -го листопркатного цеха, маш.ч/ваг.; T_t – суточный фонд времени работы кранов, используемых для погрузки рам, маш.ч/сут.

Решение приведенной математической модели требует определения значений следующих параметров моделируемого процесса:

- количество заявок на оборудование вагонов рамами i -го вида, подаваемых в j -й цех;
- норма затрат времени трудовых и технических ресурсов на оборудование одного вагона рамами i -го вида для j -го цеха;
- фонд рабочего времени стропальщиков и времени работы кранов.

Значения указанных параметров зависят от вида рам, устанавливаемых в вагон, и номера листопркатного цеха, для которого оборудуются вагоны; утвержденных технических условий размещения и крепления грузов в различных моделях вагонов, а также применяемых способов их оборудования.

Для анализируемой в работе железнодорожной станции «Чугунная» ММК связь параметров моделируемого процесса и факторов, влияющих на их значения, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Факторы, влияющие на значения параметров моделируемого процесса	
Параметры процесса	Факторы
1. Количество заявок	- вид рам, устанавливаемых в вагон; - номер листопркатного цеха
2. Норма времени на оборудование одного вагона	- вид рам, устанавливаемых в вагон; - номер листопркатного цеха; - схема размещения и крепления груза; - модель вагона (погрузочная длина)
3. Фонд времени работы	- вид ресурса; - способ оборудования вагонов рамами; - число смен и их продолжительность

Результаты расчётов

Определение перерабатывающей способности процесса оборудования железнодорожных вагонов рамами с применением математического моделирования проводилась на примере железнодорожной станции «Чугунная» ММК.

Определение первого параметра – «Количество заявок» проводилось на основе информации о ежесуточном количестве вагонов, оборудованных металлическими и деревянными рамами в 2015 году для листопркатных цехов (ЛПЦ) №4, №5, №10, №11 (табл. 2).

Таблица 2

Фрагмент массива данных о количестве оборудованных вагонов

месяц	№ ЛПЦ	кол-во	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
оборудовано метал. рамами:																	
январь	ЛПЦ-10	737	18	17	20	14	8	49	26	14	48	11	39	24	18	10	36
	ЛПЦ-11	63					17	10	9						4	3	
	ЛПЦ-4	145				12	7	19	11				7	6	11		
	ЛПЦ-5	8															
всего за месяц:			953	18	17	32	38	37	58	37	14	48	18	45	24	33	13
февраль	ЛПЦ-10	742	16	19	12	18	23	35	18	18	36	18	30	36	37	38	40
	ЛПЦ-11	36	6	9					5						3	8	5
	ЛПЦ-4	181	10		9	22		18	12	12		13		2	12	2	
	ЛПЦ-5	46														11	7
всего за месяц:			1005	26	25	30	40	23	53	35	30	36	31	30	41	57	47
март	ЛПЦ-10	693	25	10	37	28	24	22	18	22	37	31	16	13	18	18	23
	ЛПЦ-11	125	6			11	3	26	1				4	7	6		
	ЛПЦ-4	97		1			3	4	4							12	
	ЛПЦ-5	35		8						6							
всего за месяц:			950	31	19	37	39	30	26	48	29	37	31	20	20	18	23

Значения данного параметра рассчитывались путём математической обработки статистической информации [8] (рис. 3).

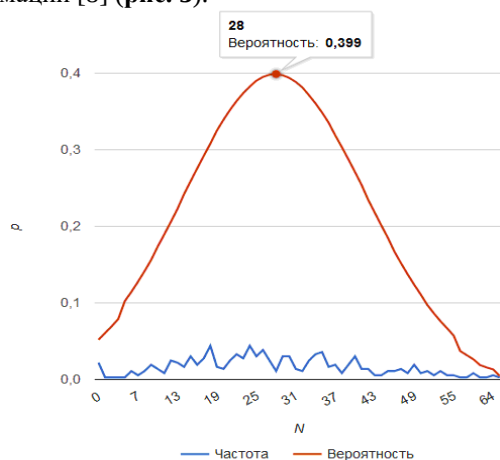


Рис. 3. Полигон эмпирических частот и вероятность для нормального распределения (на примере металлических рам ЛПЦ-10)

Значения второго параметра – «Норма времени на оборудование одного вагона» определялись по утверждённым на предприятии нормам. Значения третьего параметра – «Фонд времени работы» определялись исходя из применяемых способов оборудования вагонов рамами, характеризующихся числом задействованных работников и оборудования.

Решение математической модели процесса оборудования вагонов, проводилось с использованием инструмента «Поиск решения» MS Office Excel (рис. 4).

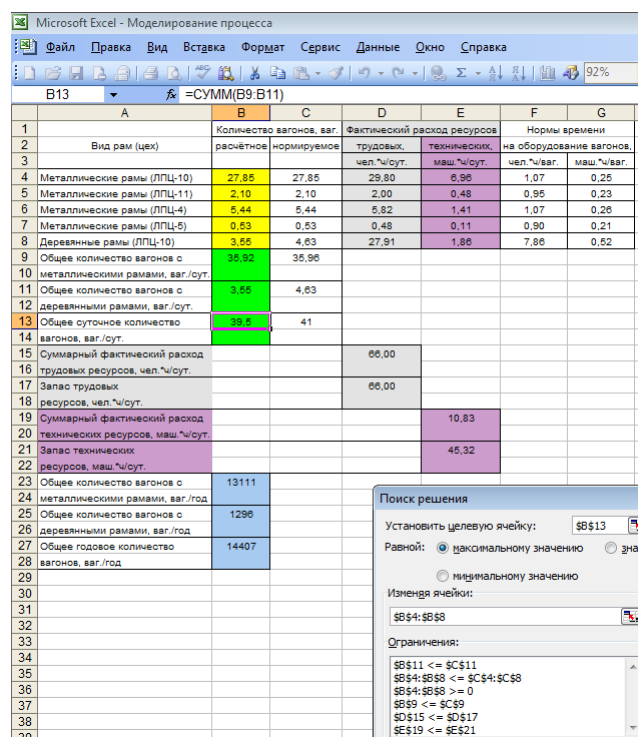


Рис. 4. Пример решения математической модели процесса оборудования вагонов с использованием надстройки MS Office Excel «Поиск решения»

Результаты расчётов предельной перерабатывающей способности процесса оборудования железнодорожных вагонов рамами для различных способов, применяемых на железнодорожной станции «Чугунная» исследуемого предприятия, приведены в табл. 3.

Заключение

Представленные результаты показывают, что для заданных условий определяющим фактором повышения количества оборудованных вагонов рамами является способ их оборудования. Для всех рассмотренных способов оборудования «запасы» трудовых ресурсов расходуются полностью, а технический ресурс (мостовые краны), имеет значительный резерв использования, величина которого варьируется в интервале 59-76%.

Сопоставимость фактических объёмов оборудованных вагонов за 2015 год с результатами выполненных расчётов позволяет сделать вывод, что дальнейшее увеличение объёмов производства возможно

при применении третьего способа оборудования вагонов рамами. В этом случае предельное количество оборудованных вагонов при имеющихся в настоящее время ресурсах и их норме расходования составит 20.3 тыс. вагонов в год.

Таблица 3
Результаты оптимизации процесса оборудования железнодорожных вагонов рамами

Вид рам (листопрокатный цех)	Способ оборудования вагонов рамами		
	1	2	3
Расчётное количество вагонов			
Металлические рамы (ЛПЦ-10), ваг./сут.	27.85	27.85	27.85
Металлические рамы (ЛПЦ-11), ваг./сут.	2.10	2.10	2.10
Металлические рамы (ЛПЦ-4), ваг./сут.	5.44	5.44	5.44
Металлические рамы (ЛПЦ-5), ваг./сут.	0.53	0.53	15.55
Деревянные рамы (ЛПЦ-10), ваг./сут.	0.75	3.55	4.63
Суточное количество вагонов с металлическими рамами, ваг./сут.	35.92	35.92	50.94
Суточное количество вагонов с деревянными рамами, ваг./сут.	0.75	3.55	4.63
Суточное количество вагонов, ваг./сут.	37	40	56
Годовое количество вагонов с металлическими рамами, ваг./год	13111	13111	18592
Годовое количество вагонов с деревянными рамами, ваг./год	274	1296	1690
Суммарное годовое количество вагонов, ваг./год	13385	14407	20282
Затраты ресурсов			
Суммарный фактический расход трудовых ресурсов, чел./ч/сут.	44.0	66.0	88.0
Фонд рабочего времени стропальщиков, чел./ч/сут.	44.0	66.0	88.0
Суммарный фактический расход технических ресурсов, маш./ч/сут.	9.36	10.83	14.55
Фонд времени работы кранов, маш./ч/сут.	22.66	45.32	45.32

Представленная модель и методика оптимизации параметров процесса оборудования железнодорожных вагонов рамами для перевозки листового рулонного металла могут быть использованы для прогнозирования перерабатывающей способности участков подготовки вагонов металлургических предприятий, для определения ограничивающих процесс погрузки ресурсов, а также для выявления и оценки альтернативных способов оборудования вагонов рамами.

Список литературы

1. Годовой отчет ОАО «ММК» за 2016 год. Режим доступа: http://www.mmk.ru/for_investor/annual_reports/.
2. Разработка программных методов сокращения простоя вагонов ОАО «РЖД» на основе оптимизации маршрутов движения вагонопотоков на подъездном пути ОАО «ММК»: отчет о НИР / Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А. и др. Магнитогорск, 2008. 134 с.
3. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н. Управление вагонопотоками в промышленных транспортных системах // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. № 1. С. 16-20.
4. Цыганов А.В., Шестёркин А.В. Развитие технологии транспортного обслуживания прокатных цехов металлургического производства. // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных объектов. СПб: ФГОУ ВПО «ПГУПС». 2011. С. 58-61.
5. Цыганов А.В. Оптимизация перевозочного процесса горного района ОАО «ММК» с разработкой предложений по изменению схемы путевого развития и контактной сети. // Актуальные вопросы экономических наук. Новосибирск: ЦРНС, 2009. № 6-3. С. 201-203.
6. Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А., Мишуров П.Н., Копылова О.А. Интеллектуализация транспортного обслуживания металлургических предприятий. Сталь. 2014. №4. С. 115-118.
7. Dynamic Optimization of Railcar Traffic Volumes at Railway Nodes / Rakhmangulov A., Sładowski A., Osintsev N., Mishkurov P., Muravev D. // Railway Transport – A Systems Approach: Studies in Systems, Decision and Control. 2017, vol. 87. pp. 405-456.
8. Онлайн-калькулятор по статистике. Режим доступа: www.math.semestr.ru/group/group_manual.php/

Материал поступил в редакцию 05.08.2017

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

MATHEMATICAL MODEL OF THE EQUIPMENT PROCESS OF RAILCARS BY TRAIN FRAMES

Tsyganov Aleksandr Vladimirovich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-16. E-mail: ciganov_av@mail.ru

Shesterkin Aleksandr Vladimirovich – Lead Engineer

LLC «Remput», Russia. Phone: +7-912-794-48-03. E-mail: sash087101@yandex.ru

Abstract

One of aspects of transport service of rolling production of the metallurgical enterprises is considered i.e. process of the railcars' installation by the multicurrent assets of fixture (frames) intended for placement on them sheet rolled metal. The unevenness of daily production amounts of these products by sheet-rolling shops and also significant increase in number of the railcars requiring the equipment frames are revealed. Determination of the maximum of handling capacity of the points railcars installation by frames in case of limited production resources becomes relevant. The labor and technical resources are considered as the production resources involved in this process. Determining the maximum handling capacity of is carried out with developed optimization mathematical model. The description of proposed linear optimization model is provided. The factors influencing parameters' values of the modelled process are revealed. The result of experimental calculations on the example of a railway station "Chugun-naya" of OJSC Magnitogorsk Iron and Steel Works and its comparison to actual data are presented.

Keywords: rail transport, railcar, sheet-rolling shop, steel products, sheet hire, multicurrent assets of fixture, frame, railcars installation, cargo safety,

mathematical model, linear programming, optimization, production resources, rationing time, handling capacity.

References

1. Godovoj otchet OAO "MMK" za 2016 god [Annual report of OJSC MMK for the year 2016]. (In Russ.) Available at: http://mmk.ru/for_investor/annual_reports/index.php
2. Programming methods development of railcars downtime reducing of OJSC «Russian Railways» on the basis of railcar flows traffic routes optimization at the siding of OJSC «Magnitogorsk Iron and Steel Works»: report / Rakhmangulov A.N., Osintsev N.A. Magnitogorsk, 2008. 134 p. (In Russ.)
3. Osintsev N.A., Rakhmangulov A.N. Railcar Traffic Volume Management at Industrial Transport Systems // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013, vol. 41, no. 1, pp.16-20. (In Russ.)
4. Tsyganov A.V., Shesterkin A.V. Razvitiye tekhnologii transportnogo obsluzhivaniya prokatnykh cekhov metallurgicheskogo proizvodstva [Developing the technology of transport service of rolling workshops of metallurgical production] // Sovremennye problemy projektirovaniya, stroitel'stva i ehkspluatatsii transportnykh ob'ektov [Modern problems of design, construction and operation of transport facilities]. Saint Petersburg: PSTU.

- 2011, pp. 58-61. (In Russ.)
5. Tsyganov A.V. Optimizatsiya perevoznogo processa gornogo rajona OAO «MMK» s razrabotkoj predlozhenij po izmeneniyu skhemy putevogo razvitiya i kontaktnoj seti. [Optimization of transportation process of the mining area of OJSC MMK with development of offers on changing the scheme of gridiron's development and contact overhead system] // Aktual'nye voprosy ehkonomicheskikh nauk [Actual issues of economic Sciences]. Novosibirsk: CRNS, 2009, no.6-3, pp. 201-203. (In Russ.)
 6. Rakhmangulov A.N., Osintsev N.A., Mishkurov P.N., Kopylova O.A. Intellectualization of Transport Service of the Metallurgical Enterprises // Steel. 2014, no.4, pp. 115-118. (In Russ.)
 7. Dynamic Optimization of Railcar Traffic Volumes at Railway Nodes / Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N. Mishkurov P., Muravev D. // Railway Transport – A Systems Approach: Studies in Systems, Decision and Control. 2017, vol. 87, pp. 405-456.
 8. Online calculator for statistics. (In Russ.) Available at: www.math.semestr.ru/group/group_manual.php/

Received 05/08/2017

Цыганов А.В., Шестёркин А.В. Математическая модель процесса оборудования железнодорожных вагонов рамами // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2017. Т.7. №1. С. 22-26

Tsyganov A.V., Shesterkin A.V. Mathematical model of the equipment process of railcars by train frames // *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2017, vol.7, no.1, pp. 22-26

УДК 656.056

doi 10.18503/2222-9396-2017-7-1-27-34

ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ГОРОДАХ

Рахмангулов А.Н.¹, Ломакина М.Г.²¹Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия²ООО «СтальПром», Россия

Аннотация

Ежегодно на дорогах России увеличивается число транспортных средств, возрастает интенсивность и плотность транспортных потоков и, как следствие, возрастает дорожно-транспортный травматизм и обостряется проблема загрязнения окружающей среды. Если рост травматизма связан, в основном, с несоблюдением скоростного режима, то загрязнение окружающей среды происходит из-за увеличения времени нахождения автотранспортных средств в заторах. Поэтому для снижения уровня дорожно-транспортного травматизма и выбросов в окружающую среду необходимо обеспечивать равномерное движение транспортных потоков в городах. Одним из эффективных современных способов обеспечения равномерного движения транспортного потока является использование систем транспортной телематики, в частности, систем управления дорожными знаками, дорожными табло и светофорной сигнализацией. В статье представлен анализ существующих систем и методов светофорного регулирования. Все проанализированные системы и методы основаны на использовании однородных данных – данных о стандартных параметрах транспортных потоков. Показана необходимость сбора и анализа дополнительных слабоструктурированных данных о факторах, оказывающих значимое влияние на параметры транспортных потоков в городах. В качестве инструментов анализа разнородных данных предложено использовать инструменты Big Data. Представлен алгоритм прогнозирования параметров транспортных потоков, основанный на оригинальной идее ресурсных потоков и сочетании методов Big Data («ближайшего соседа» и фильтра Калмана) с оптимизационным методом поиска минимального покрывающего дерева на ресурсных сетях, описывающих функциональные зависимости между фактическими и прогнозными значениями данных.

Ключевые слова: светофор, транспортный поток, равномерное движение, телематика, светофорное регулирование, перекрёсток, аварийность, загрязнение окружающей среды, метод Вебстера, метод Дарроха, TRANSYT, «зелёная волна», SCOOT, MOTION, Big Data, фильтр Калмана, метод «ближайшего соседа», минимальное покрывающее дерево.

Введение

Ежегодно на дорогах России увеличивается численность транспортных средств, вследствие этого увеличивается интенсивность и плотность транспортных потоков на дорогах. Это приводит к возникновению заторов, снижению скорости транспортного потока, усилению негативного влияния транспорта на окружающую среду [1], а также является потенциальной причиной дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в том числе, со смертельным исходом. По данным доклада Всемирной Организации Здравоохранения [2] число смертельных случаев в результате ДТП с 2007 года в мире не меняется, что свидетельствует об эффективности различных мероприятий по улучшению глобальной безопасности дорожного движения. В России также наблюдается сокращение числа ДТП со смертельным исходом (рис. 1) [3]. По данным Госавтоинспекции России [4] за 2016 год произошло 142437 ДТП с пострадавшими, в которых пострадало 197627 человек, из них ранено 180861 человек, погибло 16766 человек. Тем не менее, травматизм на автодорогах России остается высоким, по сравнению с большинством развитых стран.

Наметившаяся тенденция снижения числа ДТП со смертельным исходом в России предположительно связана с увеличением плотности транспортных потоков в городах и снижением средней скорости движения авто-

транспортных средств. Косвенно это подтверждается сравнительным анализом динамики объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников в РФ (рис. 2) [5], поскольку в режиме холостого хода и наборе скорости, что характерно для заторов, в атмосферу выделяются предельные объемы выхлопных газов [6].

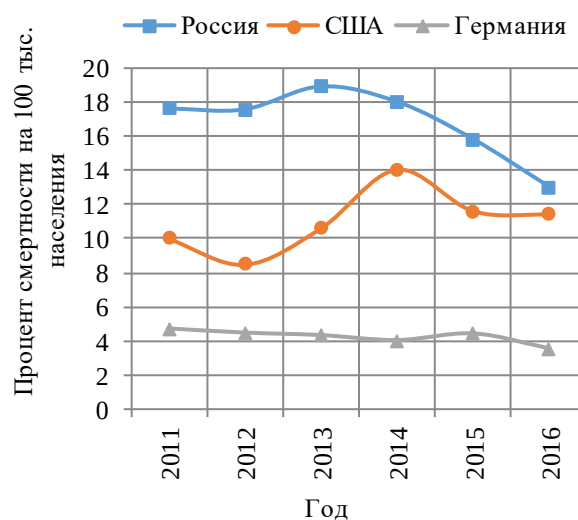


Рис. 1. Тенденция числа ДТП со смертельным исходом в России, США и Германия [3]

Из графика (рис. 2) видно, что в период наиболее интенсивного увеличения численности автотранспортных средств в РФ и, соответственно, плотности транспортных потоков в городах в период с 2000 по 2005 годы, наблюдается увеличение объемов выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников.

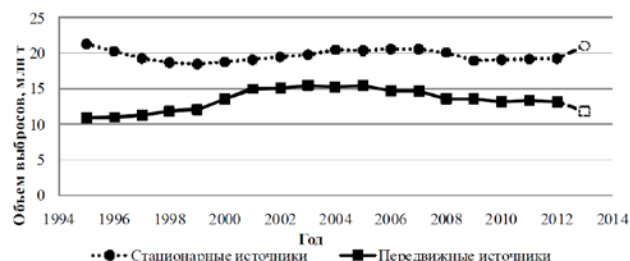


Рис. 2. Динамика объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников в РФ за 1995-2012 гг. [5].

Общий объем выбросов снизился в период экономического кризиса, но в последние годы тенденция на увеличение доли выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников сохраняется (рис. 3) [7].

Обеспечить снижение как дорожного травматизма, так и выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников в результате регулирования скорости движения транспортного потока возможно в результате реализации двух основных групп мероприятий.



Рис. 3. Динамика объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников в РФ за 2011-2016 гг.

Первая группа мероприятий, связанная с улучшением технического состояния автотранспортных магистралей и улично-дорожной сети, требует значительных инвестиционных затрат. Кроме того, необходимо обеспечивать сбалансированное развитие всех элементов улично-дорожной сети. В противном случае заторы будут переноситься с одного на другой участок сети [8].

Вторая группа мероприятий по достижению равномерного движения транспортного потока основана

на использовании систем транспортной телематики [9]. Такие системы начали разрабатывать и внедрять на транспорте в 60-х годах прошлого века в Японии, Европе и США. Телематические системы являются комплексом взаимосвязанных автоматизированных систем, которые решают две основные задачи [10]: управление дорожным движением; мониторинг и управление работой всех видов транспорта.

Основные технологии, которые используются в системах транспортной телематики [10]:

- навигационные и координатно-временные технологии – используются для определения географического положения, направления движения и скорости транспортных средств;
- геоинформационные технологии – предусматривают автоматическое создание, сохранение и актуализацию картографических данных;
- телекоммуникационные технологии передачи данных и информационные технологии накопления, сохранения и переработки информации – используются в интеллектуальных транспортных системах.

К наиболее распространенным функциям, выполняемым системами транспортной телематики в городах следует отнести [11]:

- мониторинг дорожного движения с использованием детекторов интенсивности транспортного потока, накопление статистических данных о параметрах транспортных потоков;
- управление дорожным движением (интенсивностью, маршрутами транспортных потоков) с использованием динамических дорожных знаков, информационных табло, светофоров, анализируя параметры транспортных потоков и внешние, например, метеорологические, условия;
- контроль соблюдения правил дорожного движения с использованием средств фото-видео регистрации нарушений правил дорожного движения;
- информирование участников дорожного движения, а также пассажиров городского транспорта с использованием как разнообразных информационных табло, так и мобильных устройств;
- реализация платных транспортных услуг с использованием различных устройств автоматического сбора платы за пользование дорогами, парковочными местами или стоянками, за въезд на определенные территории.

Комплексная реализация представленных функций систем транспортной телематики позволяет повысить равномерность транспортных потоков в городах, уменьшить число и продолжительность заторов. Однако наиболее эффективным способом предотвращения заторов является применение систем управления дорожным движением [12], в частности, систем светофорного регулирования. В настоящей статье представлен обзор существующих видов светофорного регулирования, выполнен анализ достоинств и недостатков методов светофорного регулирования. На основе анализа определено перспективное направление совершенствования существующих систем и методов светофорного регулирования.

Обзор современных видов, методов и систем светофорного регулирования

В настоящее время выделяют два вида светофорного регулирования – постоянное и адаптивное. На (рис. 4) представлены виды светофорного регулирования с примерами методов и систем их реализации. При постоянном регулировании светофоры осуществляют работу независимо от времени суток, дня недели, показаний других светофоров и других параметров. Расчёт продолжительности цикла светофорного регулирования может производиться с целью обеспечения минимума задержек транспортного потока с использованием метода Вебстера [13], а также по результатам имитационного моделирования транспортного потока [14].



Рис. 4. Виды, методы и системы светофорного регулирования

Координация работы светофоров может производиться как с использованием графоаналитических методов [15], позволяющих строить планы координации светофоров «вручную», так и автоматизированных систем расчёта планов координации, например, системы TRANSYT [16]. Данная система реализует классические модели транспортных потоков, оптимизируя суммарное время задержек и количество остановок транспортных средств. Применение оптимизационных моделей для расчёта фаз светофорного цикла обеспечивает работу светофорной сигнализации в режиме «зеленая волна», что позволяет транспортным средствам двигаться через несколько перекрёстков подряд без остановок и задержек [17].

Более совершенный вид светофорного регулирования – адаптивный, основанный на анализе параметров транспортного потока и обеспечивающий скоординированную работу нескольких светофоров по согласованному управлению транспортными потоками на всей улично-дорожной сети [18].

При локальном адаптивном регулировании учитывается интенсивность транспортного потока непосредственно в месте размещения светофора. В этом случае при помощи разнообразных датчиков могут измеряться интервалы между подходящими к светофору автомобилями (метод Дарроха [19]) или длина очереди к светофору [20].

Сетевые системы адаптивного управления используют различные методы и алгоритмы для оперативной корректировки сигнальных планов на основе сбора и анализа, как правило, определённых наборов

данных. Например, система SCOOT разделяет контролируемую область на части и обеспечивает внутри каждой части сетевую координацию работы светофоров. По аналогии с системой TRANSYT, данная система основана на оптимизации сигнальных планов с использованием трехстадийной оптимизации, работающей в режиме online [21]. Критерием оптимизации в данной системе является время задержек и остановок транспортных средств [22, 23, 24].

Система MOTION идентифицирует транспортную ситуацию и применяет ранее выработанную стратегию управления с использованием экспертной системы [21, 23, 24]. Кроме того, в системе MOTION используется локальное оперативное управление перекрёстком, отделенное от адаптивного управления сетью, с целью более точной реакции на текущую ситуацию.

Для определения состава данных, используемых в рассматриваемых системах светофорного регулирования, выделим соответствующие основные расчётные формулы (табл. 1).

Типизация исходных данных для систем светофорного регулирования

Анализ представленных расчётных формул позволяет выделить следующие группы данных, используемых в системах светофорного регулирования:

- параметры транспортного потока – интенсивность, скорость потока, число транспортных средств в потоке (масса потока), число остановок потока, время задержки транспортного потока или транспортного средства (потери времени), моменты времени начала движения или остановки потока (транспортного средства);
- параметры светофорного регулирования – длительность цикла светофорного регулирования, длительность отдельных фаз цикла светофорного регулирования;
- оценки и коэффициенты – относительные или абсолютные оценки задержек, остановок транспортных средств и заторов на улично-дорожной сети;
- параметры улично-дорожной сети – пропускная способность, число и длина участков улично-дорожной сети.

В качестве целевого параметра в системах светофорного регулирования выступает либо время задержки транспортного потока (транспортного средства), либо интегрированная оценка суммарного времени задержек и остановок транспортных средств.

К регистрируемым при помощи телеметрических систем параметрам относятся интенсивность, скорость, задержки потока, момент времени остановки и начала движения потока или отдельных транспортных средств.

Параметры светофорного регулирования являются управляемыми. Параметры улично-дорожной сети, также как различные коэффициенты и оценки используются в системах светофорного регулирования в качестве постоянных величин, либо изменяются относительно редко.

Основные расчётные формулы, используемые существующими методами и системами светофорного регулирования

Метод, система	Основная расчётная формула	Используемые данные
Метод Вебстера (упрощенная формула) [25]	$d = 0,9 \left[\frac{c(1-g/c)^2}{2[1-(g/c)x]} + \frac{x^2}{2q(1-x)} \right]$	d – средняя задержка транспортных средств на светофоре в течение одного цикла регулирования, с; c – длительность цикла светофорного регулирования, с; g – эффективная длительность зелёного сигнала, с; q – интенсивность прибытия транспортных средств, ед./с; x – степень насыщения (отношение интенсивности движения к пропускной способности).
Графо-аналитический метод [15]	$tg\alpha = \frac{V_p M_\Gamma}{3.6 M_B}$	$tg\alpha$ – тангенс угла наклона прямой – графика движения транспортных средств на зеленый сигнал светофоров на всем протяжении участка улично-дорожной сети, состоящего из нескольких регулируемых перекрёстков; V_p – расчетная (рекомендуемая) скорость движения, км/ч; M_Γ – горизонтальный масштаб графика режимов работы светофоров, с/см; M_B – вертикальный масштаб графика режимов работы светофоров м/с.
Метод «зелёная волна» [26]	$D = \sum_{i=1}^n [f(D_i) + \varphi(D_i)] \rightarrow \min,$ $\left\{ \begin{aligned} f(D_i) &= \int_0^{a_i} I_i(t-t_{Ci}) \left[t_{kpi} + \frac{1}{S_i} \int_0^t I_i(\tau-t_{Ci}) d\tau \right] dt, \\ \varphi(D_i) &= \int_0^{a_i'} I_i'(t-T-t_{Ci+1}) \left[t_{kpi} + \frac{1}{S_i'} \int_0^t I_i'(\tau-T-t_{Ci+1}) d\tau - t \right] dt, \\ a_i - t_{kpi} &= \frac{1}{S_i} \int_0^{a_i} I_i(\tau-t_{Ci}) dt, \\ a_i' - t_{kpi} &= \frac{1}{S_i'} \int_0^{a_i'} I_i'(t-T+t_{Ci+1}) dt. \end{aligned} \right.$	D – суммарное время задержки транспортного потока на участке улично-дорожной сети, включающего в себя n перекрёстков, с; $f(D_i), \varphi(D_i)$ – задержка транспортного потока на i -м перекрестке, соответственно, для прямого и встречного направлений, с; a_i, a_i' – моменты окончания разгрузки очереди на i -м перекрестке, соответственно, для прямого и встречного направлений, с; I_i, I_i' – интенсивность транспортного потока, прибывающего к i -му перекрестку, соответственно, в прямом и встречном направлениях, ед./с; S_i, S_i' – интенсивность разгрузки очереди на i -м перекрестке, соответственно, в прямом и встречном направлениях, ед./с; t_{kpi} – длительность красного сигнала светофора на i -м перекрестке, с; t, t_{Ci+1}, τ – длительность фаз светофорного цикла, с; T – длительность светофорного цикла, с.
Система TRANSYT [24]	$PI = \sum_{i=1}^N (W w_i d_i + K k_i S_i) \rightarrow \min$	PI – Performance Index – оценка затрат, возникающих из-за задержек и остановок транспортного средства на улично-дорожной сети; N – число улиц в составе оптимизируемой улично-дорожной сети; W – средняя стоимость одного часа задержки транспортного средства (в эквиваленте легкового автомобиля); w_i – весовой коэффициент задержки на i -й улице; d_i – задержка на i -й улице; K – средняя стоимость одной остановки транспортного средства (в эквиваленте легкового автомобиля); k_i – весовой коэффициент остановки на i -й улице; S_i – число остановок на i -й улице.

Окончание таблицы 1

Метод Дарроха [19]	$E\{W_1\} = \frac{q_1}{2(1-p_1)} \left[(E\{R_j\} + L)^2 + Var\{R\} \right]$ $E\{W_2\} = \frac{q_2}{2(1-p_2)} \left[(E\{G_j\} + L)^2 + Var\{G\} \right]$ $Var\{R\} = \frac{p_2 L [(1-p_1)^2 L_2 + p_1 p_2 L_1]}{q_{M2} (1-p_1-p_2)^2 (1-p_1-p_2+2p_1 p_2)},$ $Var\{G\} = \frac{p_1 L [(1-p_2)^2 L_1 + p_1 p_2 L_2]}{q_{M1} (1-p_1-p_2)^2 (1-p_1-p_2+2p_1 p_2)}.$	$E\{W_1\}, E\{W_2\}$ – средняя суммарная задержка транспортных средств на регулируемом перекрёстке, соответственно, на дороге (направлении) 1 и 2, с; q_1, q_2 – интенсивность прибытия транспортных средств, соответственно, на направлении 1 и 2, ед./с; q_{M1}, q_{M2} – интенсивность отправок – пропускная способность дорог 1 и 2, ед./с; p_1, p_2 – относительная интенсивность движения, соответственно, на направлении 1 и 2, определяемая как отношение интенсивности прибытия к интенсивности отправления транспортных средств на направлении ($p=q/q_M$); L_1, L_2 – потерянное время, соответственно, для направлений 1 и 2 (потерянное время в цикле приближенно принимается равным сумме промежуточных тактов, входящих в состав цикла [27]), с; L – суммарное потерянное время (принимается $L = L_1 = L_2$), с; $E\{R_j\}, E\{G_j\}$ – средние величины продолжительности горения, соответственно, красного (R) и зелёного (G) сигналов светофора в течение j-го цикла регулирования, с; $Var\{R\}, Var\{G\}$ – дисперсия продолжительности горения, соответственно, красного (R) и зелёного (G) сигналов светофора в стационарном режиме.
Система SCOOT [21]	$PI = \sum_{i=1}^N (w_{di} d_i + K w_{Si} S_i) + QP \rightarrow \min$	PI – Performance Index – оценка затрат, возникающих из-за задержек и остановок транспортного средства на улично-дорожной сети; N – число улиц в составе оптимизируемой улично-дорожной сети; w_{di}, w_{Si} – весовые коэффициенты, соответственно, задержки и остановки транспортного средства на i-й улице; d_i – задержка на i-й улице; K – коэффициент, определяющий важность остановки относительно задержки; S_i – число остановок на i-й улице; QP – оценка важности возникновения заторов (очереди) на улично-дорожной сети.
Система MOTION (для случая насыщенного движения [28])	$d = \frac{1}{A(t)} \cdot \int_0^T Q(t) dt \rightarrow \min,$ $\begin{cases} Q(t) = Q(0) - A(t) - D(t), \\ A(t) = \int_0^t q(t) dt, \\ D(t) = \int_0^t S(t) dt. \end{cases}$	d – средняя задержка транспортных средств, в течение периода $[0, T]$; $A(t)$ – число транспортных средств, прибывших в систему в течение периода $[0, t]$; $Q(t)$ – количество транспортных средств в системе на момент времени t; $q(t)$ – интенсивность прибытия транспортных средств в момент времени t; $D(t)$ – число транспортных средств, выбывших из системы в течение периода $[0, t]$; $S(t)$ – интенсивность убытия транспортных средств из системы в момент времени t.

Типизация данных, используемых современными системами светофорного регулирования, позволяет говорить о недостаточном учёте этими системами факторов, оказывающих значимое влияние на параметры транспортного потока. Например, в работах [29, 30] выполнен анализ таких факторов, в результате которого предложено их группировка на регулярные (инфраструктурные) и нерегулярные (временные).

К регулярным отнесены факторы, определяющие пропускную способность улично-дорожной сети: типы перекрёстков, число нерегулируемых пешеходных переходов, число остановочных пунктов городского пассажирского транспорта, число нерегулируемых пересечений со второстепенными улицами или выездами с парковок, конструктивное сужение проезжей части.

К нерегулярным факторам отнесены факторы, определяющие интенсивность транспортных потоков: ДТП, остановки транспортных средств из-за аварий или для посадки-посадки пассажиров на остановочных пунктах пассажирского транспорта, погодные условия (состояние дорожного покрытия, условия видимости), сужение проезжей части из-за припаркованных автомобилей или снега на обочинах, структура потока (наличие в потоке транспортных средств с различными скоростями движения, например, транспортных средств пассажирского транспорта), массовые мероприятия.

В настоящее время имеется техническая возможность получать часть данных, характеризующих перечисленные факторы, из открытых источников, например, данные о погодных условиях. Другие дан-

ные собираются и накапливаются в рамках различных информационных систем, например, данные о движении и загрузке пассажирских транспортных средств. Третьи данные, такие как вероятность возникновения ДТП, сужение проезжей части из-за припаркованных автомобилей или появление в потоке транспортных средств с различной скоростью движения, возможно получать только в результате прогнозирования.

Таким образом, повышение точности светофорного регулирования с целью обеспечения равномерного продвижения транспортных потоков в городах требует использования как текущих, так и накопленных данных из различных источников. Предполагается, что в условиях равномерного движения транспортного потока будет достигаться снижение выбросов вредных веществ и сокращение ДТП. Использование для прогнозирования и управления параметрами транспортных потоков разнородных данных, полученных из различных источников, требует разработки нового инструментария. На взгляд авторов, в основу такого инструментария могут быть положены алгоритмы Big Data.

Метод и алгоритм прогнозирования параметров транспортных потоков на основе ресурсных сетей

Понятие ресурсных сетей, а также сущность метода оптимизации транспортных потоков на их основе представлены в работах [31, 32]. В задаче прогнозирования параметров транспортных потоков под ресурсной сетью понимается совокупность накопленных и текущих данных, связанных между собой функциональными зависимостями, или объединённых в кластеры [33]. В качестве потоков, протекающих в ресурсных сетях, представляются данные, используемые для прогнозирования. Отклонения прогнозных значений транспортных потоков от фактических являющихся ошибкой прогнозирования. Задача прогнозирования в этом случае сводится к оптимизационной задаче минимизации разницы между прогнозными и фактическими значениями этих параметров, регистрируемыми системами телематики. Решением данной задачи является комбинация значений факторов, при которых достигается минимум отклонений прогнозных параметров транспортных потоков от фактических. Идея оптимизирующего алгоритма заключается в выборе на ресурсных сетях подграфов, определяющих комбинацию регрессионных моделей или классов данных, позволяющих найти наилучший результат прогнозирования.

Разработанный алгоритм метода прогнозирования параметров транспортных потоков основан на комбинации методов «ближайшего соседа», «фильтра Калмана» и оптимизационного метода поиска минимального покрывающего дерева [33].

1. Для каждого фактора формируется вектор $Q_i(j)$, содержащий исторические значения данного фактора, где j – порядковый номер измерения, i – номер вершины ресурсного графа, в данном случае, номер фактора. Формируется ресурсная сеть в виде полного замкнутого графа. Дуги графа соответствуют

функциональным связям между значениями векторов.

2. Для каждой вершины транспортной сети формируется вектор, содержащий значения затрат времени на движение элементов транспортного потока по дуге транспортной сети $TF_i(j)$.

3. Для каждого j -го значения вектора $TF_i(j)$ рассчитываются оценки рёбер (функциональных связей) ресурсной сети как вероятность возникновения каждой связи.

4. В качестве начальной вершины ресурсного графа принимается элемент вектора прогнозных значений $TP_i(j+1)$. На данном графе ищутся оптимальные маршруты или минимальное покрывающее дерево.

5. Производится измерение фактических значений наблюдаемых факторов и формируются соответствующие вектора Q_i . Методом «ближайшего соседа» из маршрутов минимального покрывающего дерева выбирается комбинация элементов векторов $Q_i(j)$, значение которых максимально соответствуют текущей ситуации, а из вектора TF_i – значение k , максимально соответствующее комбинации элементов векторов $Q_i(j)$. Выбранное значение запоминается в качестве прогнозной величины: $TP_i(j+1) = TF_i(k)$.

6. На шаге измерения $j+1$ фиксируется фактическое значение $TF_i(j+1)$, которое сравнивается с полученным прогнозом $TP_i(j+1)$. С использованием фильтра Калмана производится корректировка значений вероятности возникновения связей между значениями измеряемых факторов.

7. Полученные данные накапливаются и используются для расчёта как величин вероятности возникновения связей между значениями факторов, так и для повышения точности выбора элементов векторов $Q_i(j)$ методом «ближайшего соседа».

Предлагаемый алгоритм относится к разряду самообучаемых. Свёртка исходных данных путём поиска минимального покрывающего дерева на сети связей между значениями факторов позволяет сократить число рассматриваемых вариантов, снизить вычислительную сложность задачи, что делает данный алгоритм приемлемым для оперативного прогнозирования параметров транспортных потоков и использования в системах светофорного регулирования.

Заключение

Представленный в статье обзор основных методов и систем светофорного регулирования, а также результаты типизации данных, используемых в большинстве современных систем дорожной телематики, позволяет сделать вывод о недостаточном учете факторов, оказывающих значимое влияние на параметры транспортных потоков в городах. К таким факторам, значение которых необходимо регистрировать или прогнозировать в оперативном режиме, следует отнести случаи ДТП, остановки конкретных транспортных средств по различным причинам, погодные условия, сужение проезжей части, структуру транспортного потока, разнообразные массовые мероприятия.

Повышение эффективности светофорного регулирования возможно в результате как регистрации, так и прогнозирования параметров транспортных потоков на основе данных, накапливаемых различными ин-

формационными системами. Для обеспечения точных прогнозов параметров транспортных потоков предложен алгоритм, основанный на оригинальной идее ресурсных потоков и сочетании методов Big Data («ближайшего соседа», фильтра Калмана) с оптимизационным методом поиска минимального покрывающего дерева на ресурсных сетях, описывающих функциональные зависимости между фактическими и прогнозными значениями данных.

Использование предлагаемого метода и алгоритма позволит повысить точность адаптивного управления транспортными потоками в городах, повысит равномерность этих потоков, что, в свою очередь, будет способствовать уменьшению числа ДТП и снижению выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта.

Список литературы

1. Кобарь Е.В., Полетаikin А.Н., Шира Г.В. Концепция автоматизированной системы управления дорожным движением на участке улично-дорожной сети // Автомобильный транспорт. 2011. №28. С.91-96.
2. Global status report on road safety 2015. Geneva: World Health Organization, 2015. 323 p.
3. Статистика по безопасности дорожного движения в РФ. Режим доступа: <http://transspot.ru/2016/02/27/statistika-po-bezopasnosti-dorozh-nogo-dvizheniya-v-rf-2015/>
4. Госавтоинспекция: сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru>
5. Постников В.П. Анализ загрязнения атмосферного воздуха: национальный и региональный аспекты // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2014. №1(24). С. 117-124.
6. Загрязнение атмосферы автотранспортом в России. Режим доступа: http://www.dishisvobodno.ru/avto_zagryaznenie.html
7. Федеральная служба государственной статистики: охрана атмосферного воздуха. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/#
8. Беккер У., Лебедев В.М., Шотт Н. Ускорение транспортного потока // Экология транспорта. Типография ТУ Дрездена. С. 67-73.
9. Абрамов Л.С., Ширин В.В. Способ повышения пропускной способности регулируемых перекрестков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. №3(46). С. 62-65.
10. Власов В.М., Ефименко Д.Б., Богумил В.Н. Транспортная телематика в дорожной отрасли: учебное пособие. М.: МАДИ, 2013. 80 с.
11. Левашев А.Г. Повышение эффективности организации дорожного движения на регулируемых перекрестках: дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Иркутск: Иркутский государственный технический университет, 2004. 197 с.
12. Малюгин П.Н. Конспект лекций по дисциплине «Теория и моделирование транспортных потоков и систем». Омск: СибАДИ. 2012. 45с.
13. Алфёрова И.Д., Городокин В.А. О проблемах применения методики Ф. Вебстера при расчете цикла работы светофорного объекта на перекрестках // Журнал Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2015. №1. С. 183-188.
14. Ахмадинуров М.М. Оптимизация светофорного регулирования с помощью программы моделирования транспортных потоков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2010. №22. С. 26-30.
15. Основы координированного управления. Режим доступа: https://studopedia.ru/2_100813_osnovi-koordinirovannogo-upravleniya.html
16. TRANSYT. Режим доступа: https://trlsoftware.co.uk/products/junction_signal_design/transyt
17. Петров В.В. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах. Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. 104 с.
18. Шуть В.Н., Войцехович О.Ю. Оптимизация и координация управления светофорными объектами // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния. Научные материалы XVI междуна. науч.-практ. конф. 16-17 июня 2010 года. Екатеринбург, 2010. С. 201-204.
19. Darroch J.N., Newell G.F. Queues for a vehicle-actuated traffic light. 1964. vol.12, no.6, pp. 882-895.
20. Титов А.Ю. Сравнительный анализ аппаратно-программных средств управления дорожным движением // XXII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. С. 8864-8870.
21. Власов А.А., Орлов Н.А., Чушкина К.А. Методика расчета режимов работы светофорных объектов в условиях насыщенного движения // Интернет - журнал Науковедение. 2014. № 2 (21). С. 99.
22. SCOOT – A Traffic Responsive Method of Coordinating Signals / P.B. Hunt, D.I. Robertson, R.D. Bretherton, R.I. Winton // Report TRRL 1014 – Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, U.K., 1981. 44 p.
23. MOTION-a new on-line traffic signal network control system / Bielefeldt, C. Busch, F. // Road Traffic Monitoring and Control, Seventh International Conference on London. 1994. pp. 55-59.
24. Пржибыл П, Свитек М. Телематика на транспорте. М.: МАДИ (ГТУ), 2003. 540 с.
25. Игнатов А.В. Совершенствование управления перевозками с учётом риска возникновения транспортного затора на улично-дорожной сети города: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Волгоград: Саратовский государственный университет им. Ю.А. Гагарина. 2015. 18 с.
26. Михеева Т.И. Моделирование движения в интеллектуальной транспортной системе // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2004. №2. С. 118-126.
27. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах ОДМ 218.6.003-2011. М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). 2013. 69 с.
28. Орлов Н.А., Власов А.А., Чушкина К.А. Синхронизация работы светофорных объектов в условиях насыщенного движения // Современные проблемы науки и образования. 2014. №2. С. 51.
29. Пыталова О.А. Обоснование параметров маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта: дис. ... канд. техн. наук / УрГУПС. Екатеринбург: УрГУПС, 2010. 160 с.
30. Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Пыталова О.А. Повышение безопасности и качества пассажирских перевозок в г. Магнитогорске // Автотранспортное предприятие. 2009. №7. С. 41-44.
31. Багинова В.В., Рахмангулов А.Н. Адаптивная организация вагонопотоков // Мир транспорта. 2011. Т.9. №3(30). С.132-138.
32. Багинова В.В., Рахмангулов А.Н., Аутов Е.К. Модель логистической интеграции собственников и операторов железнодорожного подвижного состава // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2014. № 4. С. 78-84.
33. Рахмангулов А.Н., Юань Т. Исследование методов «Big Data» для прогнозирования параметров транспортных потоков: Отчёт о НИР РФФИ №Ор-15-37-51307/15. Магнитогорск: 2015. 78 с.

Материал поступил в редакцию 23.03.2017

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

SELECTING THE DIRECTION OF IMPROVING THE TRAFFIC LIGHT SYSTEM OF URBAN TRAFFIC FLOWS MANAGEMENT

Rakhmangulov Aleksandr Nelevich – D.Sc. (Eng.), Professor

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-16. E-mail: ran@magtu.ru

Lamakina Maria Gennadiyevna – Engineer

LLC «Stal'Prom», Russia. Phone: +7-965-928-12-97. E-mail: lomackina.marya2015@yandex.ru

Abstract

The number of vehicles has been increasing annually, the number of vehicles increases, the intensity and density of traffic flows increase as well, hence, the rate of road traffic injuries becomes important. If growth of an injury rate is connected, generally with non-compliance with the high-speed mode, then environmental pollution happens because of increased time of vehicles in traffic jams. Therefore, it is necessary to provide uni-

form promotion of traffic flows in the cities for decreasing the level of road traffic injuries and emissions in the environment. One of effective modern methods of ensuring uniform motion of traffic flow is the application of systems of a transport telematics, in particular, the management of systems of traffic signs, road boards and the traffic light alarm system. The analysis of the existing systems and methods of traffic light regulation is provided in the article. All analysed systems and methods are based on application

of uniform data – data on standard parameters of traffic flows. Need of collection and the analysis of additional semistructured data on the factors exerting significant impact on parameters of traffic flows in the cities is shown in paper. As instruments of collection and the analysis of diverse data, it is offered to use the Big Data tools. The algorithm of forecasting parameters of traffic flows based on the original idea of resource flows and a combination of the Big Data methods is proposed ("the closest neighbor" and Kallman's filter) with an optimization method for searching the minimum covering tree on the resource networks describing functional dependences between the actual and forecast values of data.

Keywords: traffic light, traffic flow, uniform movement, telematics, traffic light system., intersection, traffic accidents, environmental pollution, Webster's method, Darroch's method, TRANSYT, «green wave», SCOOT, MOTION, Big Data, Kalman's filter, neighbourhood method, minimum spanning tree.

References

1. Kobzar E.V., Polietaykin A.N., Shira G.V. Konceptiya avtomatizirovannoy sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem na uchastke ulichno-dorozhnoy seti [Conception of automated road traffic control system on road network section] // Zhurnal Avtomobilnyy transport [Journal of Road Transport]. 2011. no. 28, pp. 91-96. (In Russ.)
2. Global status report on road safety 2015. Geneva: World Health Organization, 2015. 323 p. ISBN 978-92-4-156506-6.
3. Statistika po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v RF [Statistics on traffic safety in Russian Federation]. (In Russ.) Available at: <http://transspot.ru/2016/02/27/statistika-po-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizheniya-v-rf-2015/>
4. Gosavtoinspektsiya: svedeniya o pokazatelnykh sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Traffic police: information on indicators of road safety]. (In Russ.) Available at: <http://stat.gibdd.ru>
5. Postnikov V.P. Analiz zagryazneniya atmosfery vozduha: natsionalnyy i regionalnyy aspekty [The analysis of atmospheric air pollution: national and regional aspects] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Ekonomika. Ekologiya [Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3. Ekonomika. Ekologiya]. 2014. no. 1(24), pp. 117-124. (In Russ.)
6. Zagryaznenie atmosfery avtotransportom v Rossii [Air pollution by motor transport in Russia]. (In Russ.) Available at: http://www.dishisvobodno.ru/avo_zagryaznenie.html
7. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki: ohrana atmosfery vozduha [The Federal State Statistics Service: protection of atmospheric air]. (In Russ.) Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/statistics/environment/#
8. Becker U., Lebedew W.M., Schott N. Uskorenie transportnogo potoka [Speeding traffic]. Printing house TU Dresden. p. 76. (In Russ.)
9. Abramov L.S., Shirin V.V. Spособ povysheniya propusknoy sposobnosti reguliruemyykh perekrestkov [The way of increase of traffic capacity of signaled crossing] // Vostochno-Evropeskij zhurnal peredovykh tekhnologiy [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies]. 2010. no. 3(46), pp. 62-65 (In Russ.)
10. Vlasov V.M., Efimenko D.B., Bogumil V.N. Transportnaya telematika v dorozhnoy otrasli [Transport telematics in the road sector]. M.: MADI. 2013. 80 p. (In Russ.)
11. Levashev A.G. Povyshenie effektivnosti organizatsii dorozhnogo dvizheniya na reguliruemyykh perekrestkakh [Increase in efficiency of the organization of traffic at adjustable intersections] Irkutsk. 2004. 197 p. (In Russ.)
12. Malugin P.N. Konspekt lektsii po discipline «Teoriya i modelirovaniye transportnykh potokov i sistem» [Lectures on the subject "Theory and modeling of traffic flows and systems"]. Omsk, 2012. p. 45. (In Russ.)
13. Alferova I.D., Gorodokin V.A. O problemakh primeneniya metodiki F. Vebstera pri raschete tsikla raboty svetofornogo obekta na perekrestkakh [The problems of application F. Webster methodology when calculating the cycle of traffic lights at the crossroads] // Zhurnal Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse [Magazine Modernization and research in the transport sector]. 2015. no.1, pp. 183-188. (In Russ.)
14. Ahmadinurov M.M. Optimizatsiya svetofornogo regulirovaniya s pomoshch'yu programmy modelirovaniya transportnykh potokov [Optimization of traffic light control using the program of traffic flow modeling] // Vestnik Juzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta [Vestnik of South Ural State University]. 2010. no. 22, pp. 26-30. (In Russ.)
15. Osnovy koordinirovannogo upravleniya [Bases of coordinate management]. (In Russ.) Available at: [https://studopedia.ru/2_100813_osnovi-](https://studopedia.ru/2_100813_osnovi-koordinirovannogo-upravleniya.html)

- koordinirovannogo-upravleniya.html
16. TRANSYT. Available at: https://trisoftware.co.uk/products/junction_signal_design/transyt
17. Petrov V.V. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodakh [Automated control systems for traffic in the cities]. Omsk: Iz-vo SibADI, 2007. 104 p. (In Russ.)
18. Shut V.N., Vojtechovich O.Ju. Optimizatsiya i koordinatsiya upravleniya svetofornymi obektami // Socialno-ekonomicheskie problemy razvitiya i funkcionirovaniya transportnykh sistem gorodov i zon ih vliyaniya [Social and economic problems of the development and functioning of the transport systems of towns and areas of their influence]. 2010. pp. 201-204. (In Russ.)
19. Darroch J.N., Newell G.F. Queues for a vehicle-actuated traffic light. 1964. no.12, pp. 896-912.
20. Titov A.U. Sravnitel'nyy analiz apparatno-programmnykh sredstv upravleniya dorozhnym dvizheniem [Comparative analysis of hardware and software for traffic management] // XXII All-Russian meeting on problems of management VSPU-2014. Moscow, on June 16-19, 2014: Works M.: Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN [V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences]. 2014. pp. 8864-8870. (In Russ.)
21. Vlasov A.A., Orlov N.A., Chushkina K.A. Metodika rascheta rezhimov raboty svetofornyykh obektov v usloviyakh nasyshchennogo dvizheniya [Design procedure of traffic light signals in the conditions of the saturated movement] // Internet - zhurnal Naukovedenie [Internet magazine Naukovedenie]. 2014. no. 2(21). (In Russ.)
22. SCOOT – A Traffic Responsive Method of Coordinating Signals / P.B. Hunt, D.I. Robertson, R.D. Bretherton, R.I. Winton // Report TRRL 1014 – Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, U.K., 1981. 44 pp.
23. MOTION-a new on-line traffic signal network control system / Bielefeldt C. Busch F. // Road Traffic Monitoring and Control, Seventh International Conference on London, 1994. pp. 55-59.
24. Przhibyl P., Svitek M. Telematika na transporte [Transport telematics]. Moscow: MADI (GTU). 2003. 540 p. (In Russ.)
25. Ignatov A.V. Sovershenstvovanie upravleniya perevozkami s uchotom riska vozniknoveniya transportnogo zatora na ulichno-dorozhnoy seti goroda [Improvement of transportation management taking into account risk of the traffic jam on urban network]: Abstract yew. ... Cand.Tech.Sci., Volgograd: Yuri Gagarin State Technical University of Saratov. 2015. 18 p. (In Russ.)
26. Miheeva T.I. Modelirovaniye dvizheniya v intellektualnoy transportnoy sisteme [Traffic modelling in intellectual transport system] // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta [Vestnik of Samara University]. 2004. no.2, pp.118-126. (In Russ.)
27. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu svetofornyykh obektov na avtomobilnykh dorogakh [Methodical recommendations about designing traffic light objects on highways] ODM 218.6.003-2011. Moscow: Federal Highway Agency (Rosavtodor). 2013. 69 p. (In Russ.)
28. Orlov N.A., Vlasov A.A., Chushkina K.A. Sinhronizatsiya raboty svetofornyykh obektov v usloviyakh nasyshchennogo dvizheniya [Synchronization of traffic light objects' operation in the conditions of congested traffic] // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. 2014. no.2, p.51. (In Russ.)
29. Pytaleva O.A. Obosnovaniye parametrov marshrutnoy seti gorodskogo nazemnogo passazhirskogo transporta [Justification of parameters of route network of urban land passenger transport]: Cand.Tech.Sci. Ekaterinburg: URUPS, 2010. 160 p. (In Russ.)
30. Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Pytaleva O.A. Povysheniye bezopasnosti i kachestva passazhirskikh perevozk v g. Magnitogorske // [Increase in safety and quality of passenger transportation in Magnitogorsk] // Avtotransportnoe predpriyatie [Motor transportation entity]. 2009. no.7, pp. 41–44. (In Russ.)
31. Baginova V.V., Rakhmangulov A.N. Adaptivnaya organizatsiya vagonopotokov [Adaptive System of Freight Traffic Operation] // Mir transporta [World of Transport]. 2011. vol.9, no.3(30), pp.132-138. (In Russ.)
32. Baginova V.V., Rakhmangulov A.N., Autov E.K. Model logisticheskoy integratsii sobstvennikov i operatorov zheleznodorozhnogo podvzhnogo sostava [Logistic integration model of the railway rolling stock owners and operators] // RISK: Resursy, informatsiya, snabzhenie, konkurentsia [RISK: Resources, Information, Supply, Competition]. 2014. no.4, pp.78-84. (In Russ.)
33. Rakhmangulov A.N., Yuan T. Issledovaniye metodov «Big Data» dlya prognozirovaniya parametrov transportnykh potokov [Research on the "Big Data" methods for forecasting the parameters of traffic flows]: Report on research of RFFR NeOp-15-37-51307A15. Magnitogorsk: NMSTU, 2015. 78 p. (In Russ.)

Received 23/03/2017

Рахмангулов А.Н., Ломакина М.Г. Выбор направления совершенствования систем светофорного регулирования транспортных потоков в городах // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2017. Т.7. №1. С. 27-34

Rakhmangulov A.N., Lomakina M.G. Selecting the direction of improving the traffic light system of urban traffic flows management // Sovremennyye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2017, vol.7, no.1, pp. 27-34