



Вестник

Уральского
государственного
университета
путей сообщения

Научный журнал

Herald
of the Ural State University
of Railway Transport

Scientific journal



Научный журнал
Вестник Уральского государственного
университета путей сообщения
(Вестник УрГУПС)
№ 4 (40), 2018 год

Главный редактор
Василий Михайлович Сай
Научный редактор
Василий Федорович Лапшин

Литературный и выпускающий редактор
Людмила Станиславовна Барышникова

Техническое редактирование и верстка
Светлана Николаевна Наймушина

Учредитель и издатель:
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учрежде-
ние высшего образования «Уральский
государственный университет путей
сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС)

Адрес учредителя, издателя и редакции:
620034, Екатеринбург,
ул. Колмогорова, 66

Телефон редакции: (343) 221-25-60.
Веб-сайт: www.usurt.ru/vestnik;
e-mail: vestnik@usurt.ru.

Вестник УрГУПС включен ВАКом
в перечень периодических, научных
и научно-технических изданий,
выпускаемых в Российской Федерации,
в которых рекомендуется публикация
основных результатов диссертаций.

DOI:10.20291/2079-0392

Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
Роскомнадзора ПИ № ФС77–38188
от 30 ноября 2009 г.

Подписной индекс журнала
в общероссийском
каталоге «Пресса России» — 70070

Отпечатано в издательстве
Уральского государственного
университета путей сообщения,
620034, Екатеринбург,
ул. Колмогорова, 66.

Подписано в печать 16.12.2018
Дата выхода в свет 11.01.2019.
Цена 319 руб.

Тираж 300 экз. 1-й з-д: 1–80.
Формат 70×100/16.
Заказ 173

Уральский государственный
университет путей сообщения
(ФГБОУ ВО УрГУПС), 2018 ©

Scientific journal «Herald of the
Ural State University
of Railway Transport»
(Herald of the USURT)
№ 4 (40), 2018

Editor-in-chief,
Vasily M. Say
Science editor
Vasily Fedorovich Lapshin

Script and copy editor
Lyudmila S. Baryshnikova

Technical editing and make-up
Svetlana N. Naimushina

Founder and publisher:
Federal state-funded educational
institution of the higher education
«Ural State University of Railway Transport»
(FGBOU VO URGUPS)

Address of the founder, publisher and edition:
66 Kolmogorov Street,
620034, Ekaterinburg

Telephone: +7 (343) 221-25-60.
Web-site: www.usurt.ru/vestnik;
e-mail: vestnik@usurt.ru.

DOI:10.20291/2079-0392

Certificate of registration of mass media
by the Federal Service for Supervision
in the sphere of communications,
information technology and mass communications
(Roskomnadzor) PI № FS77–38188
of November 30, 2009.

Subscription reference number
of the issue in the All Russia Catalogue
«Pressa Rossii» — 70070

Printed in the Publishing house
of the Ural State University of
Railway Transport
66 Kolmogorov Street,
620034, Ekaterinburg.

Passed for printing 16.12.2018
Data of issue 11.01.2019.
The price 319 rub.

Circulation 300. The 1st pr.: 1–80.
Format 70×100/16.
Order 173

The Ural State University
of Railway Transport
(FGBOU VO URGUPS), 2018 ©

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Кейт Бурнхам, профессор, Университет г. Ковентри, факультет машиностроения и вычислительной техники, Великобритания

Петер Копачек, профессор, Венский технологический университет, Венский институт транспорта и робототехники, интеллектуальный транспорт и робототехника, Вена, Австрия

Владимир Цыганов, д-р техн. наук, профессор, Институт проблем управления Российской академии наук, Москва, Россия

Сергей Герман-Галкин, д-р техн. наук, профессор, Морская академия, Институт судовой автоматики и электротехники, Щецин, Польша

Клаус Беккер, профессор, Университет прикладных наук г. Кельна, Институт автомобильной техники, лаборатория NVH, Германия

Василий Сай, д-р техн. наук, профессор, Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Аккерман Геннадий Львович, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

Ашпиз Евгений Самуилович, д-р техн. наук, профессор, РУТ, Москва

Булаев Владимир Григорьевич, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

Воробьев Александр Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, МГУПС, Москва

Воскресенская Тамара Петровна, д-р техн. наук, профессор, СибГИУ, Новокузнецк

Корнилов Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, МГТУ, Магнитогорск

Кузнецов Константин Борисович, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

Курганов Валерий Максимович, д-р техн. наук, ТГУ, г. Тверь

Лапшин Василий Федорович, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

Сапожников Валерий Владимирович, д-р техн. наук, профессор, ПГУПС, Санкт-Петербург

Сизый Сергей Викторович, д-р техн. наук, профессор, УрФУ, Екатеринбург

Тимофеева Галина Адольфовна, д-р физ.-мат. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

Щурин Константин Владимирович, д-р техн. наук, профессор, ОГУ, Оренбург

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Keith Burnham, professor, Coventry University, Faculty of Engineering and Computing, Great Britain

Peter Kopachek, professor, Vienna University of Technology, Vienna Institute of Transportation and Robotics, Intelligent Transportation and Robotics, Vienna, Austria

Vladimir Tsyganov, DSc, professor, Russian Academy of Sciences, Institute of Control Sciences, Moscow, Russia

Sergey German-Galkin, DSc, professor Maritime Academy, Institute of naval automation and electric engineering, Szczecin, Poland

Klaus Becker, professor, Cologne University of Applied Sciences, Institute of Automotive Engineering, NVH Laboratory, Germany

Vasily Say, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia

EDITORIAL BOARD

Akkerman Gennadiy Lvovich, DSc, Professor, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg

Ashpiz Evgeniy Samuilovich, DSc, Professor, Russian University of Transport, Moscow

Bulaev Vladimir Grigorievich, DSc, Professor, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg

Vorobjev Alexander Alexeevich, DSc, professor, Moscow State University of Railway Transport, Moscow

Voskresenskaya Tamara Petrovna, DSc, professor, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Kornilov Sergey Nikolaevich, DSc, professor, Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

Kuznetsov Konstantin Borisovich, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

Kurganov Valeriy Maximovich, DSc, Professor, Tver State University, Tver city

Lapshin Vasily Fedorovich, DSc, Professor, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg

Sapozhnikov Valery Vladimirovich, DSc, professor, Petersburg State University of Railway Transport, Saint-Petersburg

Sizyi Sergey Viktorovich, D. Sc. in engineering, professor, Ural Federal University, Ekaterinburg

Timofeeva Galina Adolfovna, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

Shchurin Konstantin Vladimirovich, DSc, professor, Orenburg State University, Orenburg

Содержание

Механика машин и роботов

- 4 И. П. Попов, Д. Н. Парышев, А. В. Ильтяков.
Самосбалансируемые вибрационные
машины
- 11 В. Н. Филиппов, А. А. Тармаев, И. Жайсан.
Снижение износа гребней колес грузовых
вагонов за счет рационализации параметров
узлов опирания кузова

Управление в технических системах

- 18 В. А. Городокин, З. В. Альметова, В. Д. Шепелев,
О. В. Гераскина. Расчет безопасной дистанции
перед началом выполнения маневра «обгон»
- 27 М. С. Мухамедзянов. Улучшение защищенности
канала связи
- 33 М. Б. Петров, К. Б. Кожов. Переход
к электрическим транспортным технологиям:
новые возможности и новые проблемы

Организация и логистика

- 46 Е. М. Бондаренко, М. А. Зачешигрива.
Обоснование необходимости использования
логистического подхода при организации
транспортной работы производственного
предприятия
- 58 А. В. Вохмянина, М. Б. Петров, М. А. Журавская.
Многокритериальный подход для оценки
и обоснования приоритетов развития
транспортной сети территорий, превосходящих
региональный масштаб
- 69 А. С. Кравец, Н. М. Магомедова. Обоснование
социальной и стратегической значимости
перевозок зерновых грузов: историческая
ретроспектива

Управление. Экономика

- 77 А. Л. Каштанов, А. А. Комяков, М. М. Никифоров.
Совершенствование порядка формирования
заданий по экономии топливно-энергетических
ресурсов на нетяговые нужды
- 85 В. С. Паршина. Совершенствование управления
малым предприятием: мотивационный аспект

Аспирантская тетрадь

- 95 В. А. Павленко. Снижение шума системы
колесо-рельс

Contents

Mechanics of machines and robots

- 4 I.P. Popov, D.N. Paryshev,
A.V. Il'tyakov. Self-trimming vibrating
machines
- 11 V.N. Filippov, A.A. Tarmaev, I. Zhajsan.
Reduction of wear of freight cars' wheel
flanges due to the rationalization of nodes
bearing body parameters

Control in engineering systems

- 18 V.A. Gorodokin, Z.V. Al'metova, V.D. Shepelev,
O.V. Geraskina. Calculation of safe distance
before the maneuver «overtaking»
- 27 M. S. Mukhamedzyanov. Improving security
of a communication channel
- 33 M.B. Petrov, K.B. Kozhov. New opportunities
and new challenges of transition to electric
transport technologies

Organization and logistics

- 46 E.M. Bondarenko, M.A. Zacheshigriva.
Rationale for the use of logistic
approach in the organization of
transportation work of production
enterprise
- 58 A.V. Vohmyanina, M.B. Petrov,
M.A. Zhuravskaya. Multicriteria approach
for evaluation and justification of the
transport network territories development
priorities of superior regional scale
- 69 N.M. Magomedova, A.S. Kravec.
Social and strategic rationale in the
transportation of grain cargoes:
a historical retrospective

Management. Economics

- 77 A. L. Kashtanov, A. A. Komyakov,
M. M. Nikiforov. Improving the procedure
of forming tasks for saving fuel and energy
resources on non-tractive needs
- 85 V.S. Parshina. Improving management of small
businesses enterprise: motivational aspects

Research of young scientists

- 95 V.A. Pavlenko. Noise reduction system
«wheel-rail»

Механика машин и роботов

УДК 631.362.322

И. П. Попов, Д. Н. Парышев, А. В. Ильтяков

Самосбалансируемые вибрационные машины

UDC 631.362.322

I. P. Popov, D. N. Paryshev, A. V. Iltyakov

Self-trimming vibrating machines

Аннотация

Рассматриваются механизмы, рабочие органы которых совершают линейные колебания с высокой для их массы частотой. Это приводит к непроизводительной механической реактивной инерционной мощности, которая может на порядок превосходить производительную (полезную) диссипативную мощность. Поэтому нейтрализация инерционной мощности существенно повышает энергоэффективность механизма. Самонейтрализация инерционной мощности происходит в механизмах с постоянным приведенным моментом инерции за счет смещения фаз колебаний рабочих органов (количество

может быть любым). Для механизма с двумя рабочими органами смещение фаз составляет $\pi/2$, а с тремя – $2\pi/3$. Динамика механизма с постоянным приведенным моментом инерции с двумя массивными рабочими органами имеет теоретическую ценность, поскольку его практическое использование затруднено из-за несбалансированности механизма. Механизм с постоянным приведенным моментом инерции с двумя массивными рабочими органами не сбалансирован. Суммарная сила передается на опоры приводного вала и на корпус машины, вызывая значительную вибрацию. Степень сбалансированности

(или несбалансированности) механизма связана со «степенью» центральной симметрии фигуры («звезды»), образованной кривошипами. «Звезды» в механизмах с постоянным приведенным моментом инерции с числом рабочих органов более двух необходимо обладают центральной симметрией. Минимальное число рабочих органов, совершающих линейные колебания, в сбалансированном механизме с постоянным приведенным моментом инерции равно трем.

Ключевые слова: колебания, фаза, инерционная мощность, автобалансирующая, центральная симметрия.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-4-10

Статья рекомендована к публикации С.А. Румянцевым, д-ром техн. наук, профессором Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: SRumyantsev@usurt.ru.

Игорь Павлович Попов, главный инженер проекта; ЗАО «Курганстальмост»; г. Курган, Россия. E-mail: ip.popow@yandex.ru.

Дмитрий Николаевич Парышев, действительный член РАТ, генеральный директор ЗАО «Курганстальмост»; г. Курган, Россия. E-mail: kancler@kurganstalmost.ru.

Александр Владимирович Ильтяков, канд. техн. наук, депутат Государственной думы Российской Федерации, Москва, Россия. E-mail: lltakov@duma.gov.ru.

The article is recommended for publication by S.A. Rumyantsev, Doctor of engineering, Professor, Ural state University of Railway Transport. E-mail: SRumyantsev@usurt.ru.

Igor Pavlovich Popov, Chief engineer of the project; JSC «Kurganstalmost»; Kurgan, Russia. E-mail: ip.popow@yandex.ru.

Dmitrij Nikolaevich Paryshev, full member of the RAS, General Director of JSC «Kurganstalmost»; Kurgan, Russia. E-mail: kancler@kurganstalmost.ru.

Aleksandr Vladimirovich Iltyakov, Candidate of technical sciences, deputy of the State Duma of the Russian Federation, Moscow, Russia. E-mail: lltakov@duma.gov.ru.

Abstract

The mechanisms which working bodies make linear oscillations with a high frequency for their mass are considered. This leads to unproductive mechanical reactive inertial power, which can be much higher than the productive (useful) dissipative power. Therefore, the neutralization of the inertial power significantly increases the energy efficiency of the mechanism. Self-neutralization of the inertial power occurs in mechanisms with a constant reduced moment of inertia due to the displacement of the oscillation phases of the working bodies

(the number can be any). For a mechanism with two working bodies, the phase shift is $\pi/2$, and with three – $2\pi/3$. The dynamics of a mechanism with a constant reduced moment of inertia with two massive working bodies is of theoretical value, since its practical use is hampered by the imbalance of the mechanism.

The mechanism with a constant reduced moment of inertia with two massive working bodies is not balanced. The total force is transmitted to the drive shaft supports and the machine body, causing significant vibration. The degree of balance (or imbalance) of the

mechanism is related to the «degree» of Central symmetry of the figure («star») formed by the cranks. «Stars» in the mechanisms with a constant reduced moment of inertia with the number of working bodies more than two must have a Central symmetry. The minimum number of working bodies performing linear oscillations in a balanced mechanism with a constant reduced moment of inertia is three.

Keywords: oscillations, phase, inertial power, auto-balancing, central symmetry.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-4-10

Вряде машин исполнительные механизмы совершают периодические возвратно-поступательные движения [1–8]. Развиваемая при этом механическая реактивная инерционная мощность непроизводительна, хотя зачастую она существенно превышает производительную механическую мощность. Для повышения энергоэффективности машин следует стремиться

к нейтрализации реактивной механической мощности [9–11].

Реактивная механическая инерционная мощность не развивается в механизмах с постоянным приведенным моментом инерции. В таких механизмах фазы колебаний смещены. Смещение составляет $\pi/2$ для двух рабочих органов 2 [12–15] и $2\pi/3$ – для трех (рис. 1).

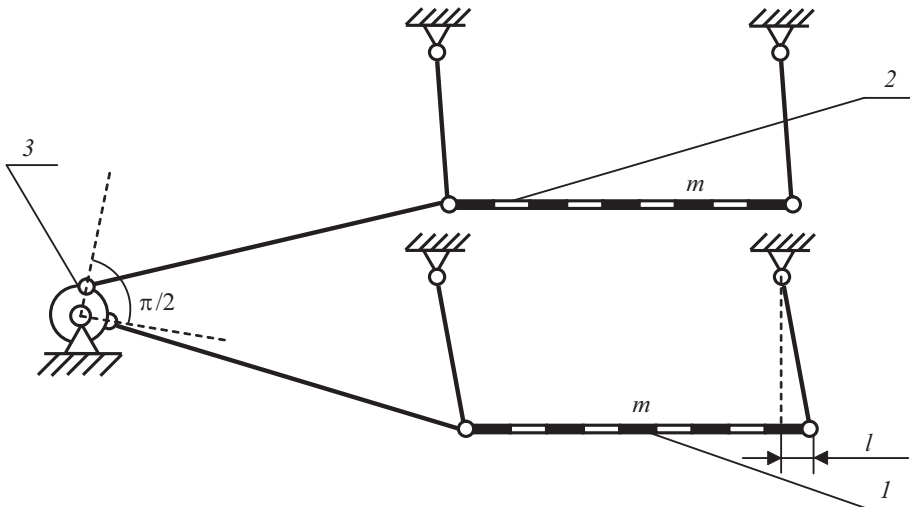


Рис. 1. Кинематическая схема сортировальной машины с постоянным приведенным моментом инерции
1, 2 – решетные станы; 3 – эксцентрики

Энергообмен происходит следующим образом. В некоторый момент времени решетный стан 1 находится в крайнем правом положении, его кинетическая энергия равна нулю. В этот момент решетный стан 2 находится в среднем положении и движется влево с максимальной кинетической энергией. За счет инерции он принуждает решетный стан 1 ускоряться влево, отдавая ему часть своей энергии. К моменту, когда решетный стан 2 достигнет крайнего левого положения, он передаст всю свою энергию решетному стану 1, который в среднем положении с максимальной скоростью будет двигаться влево. Аналогичным образом будут происходить дальнейшие колебания.

Механизм с двумя исполнительными органами не сбалансирован, что является его основным недостатком, ограничивающим применение.

Силы инерции, действующие на кривошпы или эксцентрики в механизме

с постоянным приведенным моментом инерции с двумя массивными рабочими органами, показаны на рис. 2.

При этом

$$F_1 = F_m \cos \varphi_1 = F_m \cos \varphi,$$

$$F_2 = F_m \cos \varphi_2 = F_m \cos(\varphi + \pi/2) = -F_m \sin \varphi.$$

$$F = F_1 + F_2 = F_m \cos \varphi - F_m \sin \varphi \neq 0.$$

Таким образом, механизм не сбалансирован. Суммарная сила передается на опоры приводного вала и на корпус машины, вызывая значительную вибрацию.

Сбалансированность (или несбалансированность) машины зависит от симметричности фигуры («звезды»), образованной кривошипами приводного механизма.

Двухлучевая «звезда» на рис. 2 не симметрична.

«Звезды» в механизмах с постоянным приведенным моментом инерции с числом рабочих органов более двух необходимо обладают центральной симметрией.

Необходимо установить условия автобалансировки механизмов с постоянным приведенным моментом инерции с четырьмя и тремя рабочими органами, определив силы, действующие на корпус механизма.

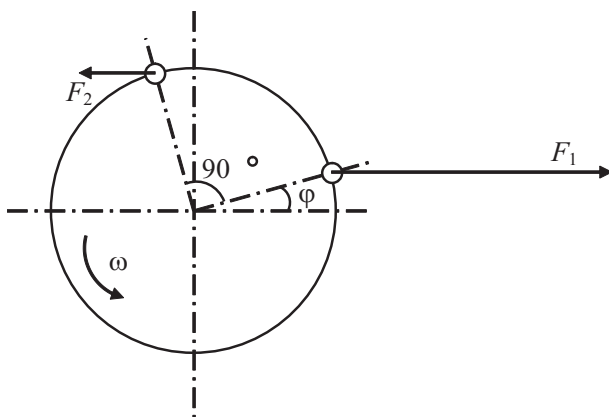


Рис. 2. Силы инерции, действующие на кривошпы в механизме с двумя рабочими органами

Автобалансировка механизма с постоянным приведенным моментом инерции с четырьмя массивными рабочими органами

Пример такого механизма – сортировальная машина с четырьмя решетными станами. Ее достоинство заключается в возможности модернизации таким образом, чтобы приведенный момент инерции стал постоянным. Для этого не нужно трудоемкое изготовление эксцентриковых валов со смещением эксцентриков на $\pi/2$. Кинематическая схема машины (рис. 3) позволяет, не изменяя конструкцию

эксцентриковых валов 3, обеспечить смещение фазы колебаний любой пары решетных станов 1 на $\pi/2$ за счет относительного разворота эксцентриковых валов 3 на 90° . Это выполняется при размыкании цепной передачи 4. При этом оба решетных стана верхней пары и оба решетных стана нижней пары продолжают работать в противофазе, что обеспечивает динамическую уравновешенность машины.

Силы инерции, действующие на кривошип (эксцентрики) в механизме с постоянным приведенным моментом инерции с четырьмя рабочими органами, показаны на рис. 4.

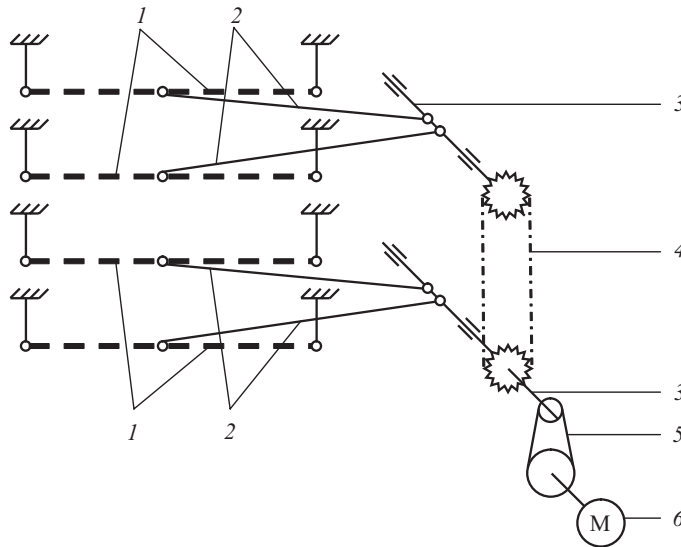


Рис. 3. Кинематическая схема сортировальной машины с четырьмя решетными станами
1 – решетные станы; 2 – шатуны; 3 – эксцентриковые валы; 4 – цепная передача;
5 – клиноременная передача; 6 – электродвигатель

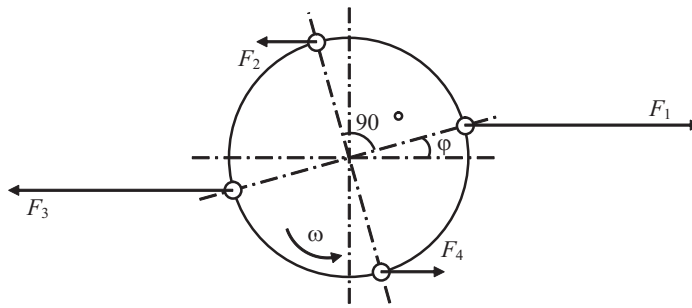


Рис. 4. Силы инерции, действующие на кривошип в механизме с четырьмя рабочими органами

«Звезда», образованная кривошипами, обладает центральной симметрией.

При этом

$$F_1 = F_m \cos \varphi_1 = F_m \cos \varphi,$$

$$F_2 = F_m \cos \varphi_2 = F_m \cos(\varphi + \pi/2) = -F_m \sin \varphi,$$

$$F_3 = F_m \cos \varphi_3 = F_m \cos(\varphi + \pi) = -F_m \cos \varphi,$$

$$F_4 = F_m \cos \varphi_4 = F_m \cos(\varphi + 3\pi/2) = F_m \sin \varphi.$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 =$$

$$= F_m \cos \varphi - F_m \sin \varphi - F_m \cos \varphi + F_m \sin \varphi = 0.$$

Таким образом, механизм сбалансирован.

Автобалансировка механизма с постоянным приведенным моментом инерции с тремя массивными рабочими органами

Силы инерции, действующие на кривошипы в механизме с постоянным приведенным моментом инерции с тремя рабочими органами, показаны на рис. 5.

«Звезда», образованная кривошипами, обладает центральной симметрией.

При этом

$$F_1 = F_m \cos \varphi_1 = F_m \cos \varphi,$$

$$F_2 = F_m \cos \varphi_2 = F_m \cos(\varphi + 2\pi/3),$$

$$F_3 = F_m \cos \varphi_3 = F_m \cos(\varphi + 4\pi/3).$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3 =$$

$$= F_m \cos \varphi_1 + F_m \cos \varphi_2 + F_m \cos \varphi_3 =$$

$$= F_m \cos \varphi_1 + F_m 2 \cos \frac{\varphi_2 + \varphi_3}{2} \cos \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{2} =$$

$$= F_m \cos \varphi + F_m 2 \cos(\varphi + \pi) \cos(-\pi/3) = 0.$$

Таким образом, механизм сбалансирован.

«Звезды», образованные кривошипами механизмов с постоянным приведенным моментом инерции с числом рабочих органов более двух, обладают центральной симметрией. Такие механизмы сбалансированы.

Минимальное число рабочих органов, совершающих линейные колебания, в сбалансированном механизме с постоянным приведенным моментом инерции равно трем. ■

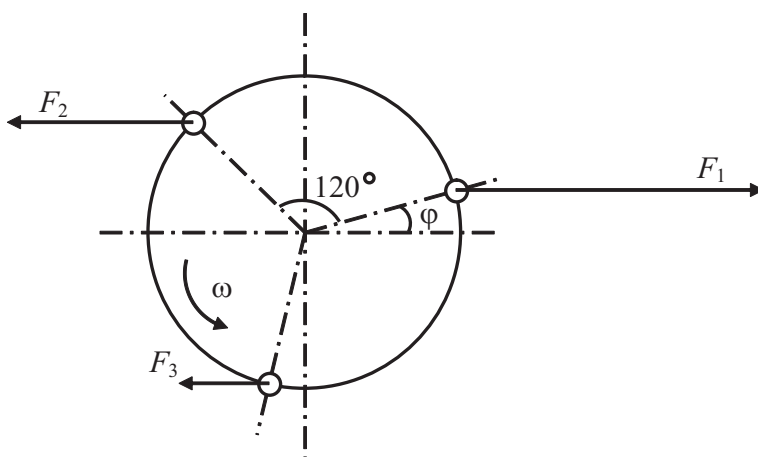


Рис. 5. Силы инерции, действующие на кривошипы механизме с тремя рабочими органами

Список литературы

1. Попов И. П., Парышев Д. Н., Самуйлов В. М., Васильев К. А. Балансировка вибромашин при строительстве железнодорожного пути // Вестник УрГУПС. 2018. № 2 (38). С. 15–19. ISSN 2079-0392.
2. Popov I. P., Chumakov V. G., Sukhanova S. F. Reducing the total power consumption of the grid separators in feed production // British journal of innovation in science and technology. 2017. Vol 2. № 2. P. 15–20. ISSN 2398-9297.
3. Popov I. P., Chumakov V. G., Rodionov S. S., Chumakova L. Ja., Rodionova S. I. Energy efficiency assessment of sieve separation gear kinematic diagram // British journal of innovation in science and technology. 2017. Vol 2. № 3. P. 5–11. ISSN 2398-9297.
4. Popov I. P. Synthesis inert-inertial oscillator // Applied mathematics and control sciences. 2017. № 1. P. 7–13. ISSN 2499-9873.
5. Popov I. P. Modeling of objects in the form of superposition of states // Applied mathematics and control sciences. 2015. № 2. P. 18–27. ISSN 2499-9873.
6. Попов И. П., Чумаков В. Г., Чарыков В. И. Использование принципа суперпозиции в математическом моделировании состояний объекта // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2016. Т. 4. № 2. С. 8–12. ISSN 2306-2053.
7. Попов И. П. Суперпозиция граничных состояний макрообъектов // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2015. № 2. С. 43–47. ISSN 1815-9958.
8. Попов И. П. Суперпозиция состояний как принцип моделирования // Вестник Морского государственного университета им. адмирала Г. И. Невельского. – Сер. : Автоматическое управление, математическое моделирование и информационные технологии. 2016. Вып. 75. С. 75–81. ISBN 978-5-8343-0541-5.
9. Попов И. П. Механические аналоги реактивной мощности // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2015. № 3 (30). С. 37–39. ISSN 1993-0550.
10. Попов И. П. Механическая мощность при колебательных технологических операциях // Вестник Псковского государственного университета. Технические науки. 2015. Вып. 2. С. 15–18. ISSN 2413-3493.
11. Попов И. П. Комплексная мощность механических колебательных процессов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2016. № 1. С. 32–36. ISSN 1815-9265.
12. Патент 2601891 RU, МПК6 F 16 F 15/24. Устройство для уравнивания инерционных сил / И. П. Попов, В. Г. Чумаков, М. В. Давыдова, Д. П. Попов, С. Ю. Кубарева (Россия). – № 2015100567/11; заявл. 12.01.2015; опубл. 10.11.2016, Бюл. № 31.
13. Патент 2575763 RU, МПК6 B 06 B 1/12. Способ получения механических колебаний / И. П. Попов (Россия). – № 2015100584/28; заявл. 12.01.2015; опубл. 20.02.2016, Бюл. № 5.
14. Патент № 157214 RU, МПК6 F 16 F 15/24, F 16 H 21/14. Механизм для уравнивания инерционных сил / И. П. Попов, В. Г. Чумаков, А. Б. Переладов, Д. П. Попов, С. Ю. Кубарева (Россия). – № 2015104504/11; заявл. 10.02.2015; опубл. 27.11.2015, Бюл. № 33.
15. Попов И. П. Моделирование биинертного осциллятора // Приложение математики в экономических и технических исследованиях: сб. науч. тр. / под общ. ред. В. С. Мхитаряна. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2017. С. 188–192. ISBN 978-5-9967-1271-7.

Bibliography

1. Popov I. P., Paryshev D. N., Samujlov V. M., Vasilev K. A. Balancing vibrators in the construction of the railway track [Popov I. P., Paryshev D. N., Samujlov V. M., Vasil'ev K. A. Balansirovka vibromashin pri stroitel'stve zheleznodorozhnogo puti] // Herald of USURT. 2018. № 2 (38). P. 15–19. ISSN 2079-0392.
2. Popov I. P., Chumakov V. G., Sukhanova S. F. Reducing the total power consumption of the grid separators in feed production // British journal of innovation in science and technology. 2017. Vol 2. № 2. P. 15–20. ISSN 2398-9297.
3. Popov I. P., Chumakov V. G., Rodionov S. S., Chumakova L. Ja., Rodionova S. I. Energy efficiency assessment of sieve separation gear kinematic diagram // British journal of innovation in science and technology. 2017. Vol 2. № 3. P. 5–11. ISSN 2398-9297.
4. Popov I. P. Synthesis inert-inertial oscillator // Applied mathematics and control sciences. 2017. № 1. P. 7–13. ISSN 2499-9873.

5. Popov I. P. Modeling of objects in the form of superposition of states // Applied mathematics and control sciences. 2015. № 2. P. 18–27. ISSN 2499-9873.
6. Popov I. P., Chumakov V. G., Charykov V. I. Using the principle of superposition in the mathematical modeling of object state [Popov I. P., CHumakov V. G., CHarykov V. I. Ispol'zovanie printsiipa superpo-zitsii v matematicheskom modelirovanii sostoyanij ob'ekta] // Mathematical and software systems in industrial and social spheres. 2016. T4. № 2. Pp. 8–12. ISSN 2306-2053.
7. Popov I. P. Superposition of macroscopic boundary conditions [Popov I. P. Superpozitsiya granichnykh sostoyanij makroob'ektov] // News of higher educational institutions of the region. 2015. № 2. P. 43–47. ISSN 1815-9958.
8. Popov I. P. Superposition of States as the principle modeling [Popov I. P. Superpozitsiya sostoyanij kak printsiip modelirovaniya] // Bulletin of the Maritime state University. Admiral G. I. Nevelsky. – Ser.: Automatic control, mathematical modeling and information technology. 2016. Vol. 75. P. 75–81. ISBN 978-5-8343-0541-5.
9. Popov I. P. Mechanical analogues of reactive power [Popov I. P. Mekhanicheskie analogi reaktivnoj moshhnosti] // Bulletin of Perm University. Mathematics. Mechanics. Informatics. 2015. № 3 (30). P. 37–39. ISSN 1993-0550.
10. Popov I. P. Mechanical power at oscillatory technological operations [Popov I. P. Mekhanicheskaya moshhnost' pri kolebatel'nykh tekhnologicheskikh operatsiyakh] // Bulletin of Pskov state University. Technical science. 2015. Vol. 2. P. 15–18. ISSN 2413-3493.
11. Popov I. P. Complex power of mechanical oscillatory processes [Popov I. P. Kompleksnaya moshhnost' mekhanicheskikh kolebatel'nykh protsessov] // Bulletin of the Siberian state University of railway engineering. 2016. № 1. P. 32–36. ISSN 1815-9265.
12. Patent 2601891 RU, IPC6 F 16 F 15/24. Device for balancing inertial forces [Patent 2601891 RU, MPK6 F 16 F 15/24. Ustrojstvo dlya uravnoveshivaniya inertsionnykh sil]. V. G. Chumakov, M. V. Davydova, D. p. Popov, S. Kubarev (Russia). № 2015100567/11; Appl. 12.01.2015; publ. 10.11.2016, Bulletin № 31.
13. Patent 2575763 EN, IPC6 IN 06 TO 1/12. Method for obtaining mechanical vibrations [Patent 2575763 RU, MPK6 V 06 V 1/12. Sposob polucheniya mekhanicheskikh kolebanij] / I. P. Popov (Russia). No 2015100584/28; Appl. 12.01.2015; publ. 20.02.2016, Bulletin № 5.
14. Patent № 157214 EN, IPC 6 F 16 F 15/24, F16H 21/14. The mechanism for balancing the inertial forces [Patent № 157214 RU, MPK6 F 16 F 15/24, F 16 H 21/14. Mekhanizm dlya uravnoveshivaniya inertsionnykh sil] / I. P. Popov, V. G. Chumakov, A. B. Pereladov, D. P. Popov, S. Y. Kubarev (Russia). No 2015104504/11; Appl. 10.02.2015; publ. 27.11.2015, Byul. № 33.
15. Popov I. P. Modeling bioinert oscillator [Popov I. P. Modelirovanie biinertnogo ostsillyatora] // Application of mathematics in technical and economic studies: collection of scientific works / edited by V. S. Mkhitaryan. – Magnitogorsk: publishing house Magnitogorsk. state tech. university under the name of G. I. Nosov, 2017. P. 188–192. ISBN 978-5-9967-1271-7.

Статья сдана в редакцию 18 сентября 2018 года

В.Н. Филиппов, А.А. Тармаев, И. Жайсан

Снижение износа гребней колес грузовых вагонов за счет рационализации параметров узлов опирания кузова

UDC 629.4.027

V.N. Filippov, A.A. Tarmaev, I. Zhajsan

Reduction of wear of freight cars' wheel flanges due to the rationalization of nodes bearing body parameters

Аннотация

В статье рассматривается проблема повышения безремонтного пробега подвижного состава. Обосновывается, что безремонтный пробег грузовых вагонов ограничивается ресурсом ходовых частей, в первую очередь износом гребней колесных пар. Средняя интенсивность износа колеса по тонкому гребню составляет 0,53 мм на 10 тыс. км пробега, что в два раза превышает установленный норматив. Причина интенсивного и неравномерного износа в системе «колесо-рельс» заключается в увеличении нагрузок в области колеса и рельса и конструктивном

несовершенстве эксплуатирующихся трехэлементных тележек.

Проведен анализ отечественного и зарубежного опыта конструктивной реализации узлов опирания кузова. Показано, что избыточные силы трения в боковых опорах (скользунах) увеличивают момент сил сопротивления повороту тележки, ведут к значительному увеличению сил взаимодействия колеса и рельса в горизонтальной плоскости. Для снижения износов гребней колес предлагается рационализировать значения момента сопротивления повороту тележки относительно кузова в узлах опирания.

Проанализирован ряд вариантов опирания кузова с использованием бесконтактных упругих скользунков, боковых опор каткового типа, упругих элементов из эластомерных материалов для определения конструктивного облика, позволяющего обеспечить рациональные значения сил трения. Моменты силы сопротивления повороту тележки определены по упрощенной расчетной модели.

Реализация предложенных мероприятий позволит уменьшить величины рамных сил по сравнению с типовой конструкцией в прямых примерно на 30 %, в крутых кривых – на 5–10 %, в

Статья рекомендована к публикации В.Ф. Лапшиным, д-ром техн. наук, профессором Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: VLapshin@usurt.ru.

Виктор Николаевич Филиппов, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство» Российского университета транспорта (МИИТ); Москва, Россия. E-mail: filippovvn@gmail.com.

Анатолий Анатольевич Тармаев, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство» Иркутского государственного университета путей сообщения; Иркутск, Россия. E-mail: t38_69@mail.ru.

Иса Жайсан, аспирант; кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство» Российского университета транспорта (МИИТ); Москва, Россия. E-mail: issa_161@mail.ru.

The article is recommended for publication by V.F. Lapshin, Doctor of engineering, Professor, Ural State University of Railway Transport. E-mail: VLapshin@usurt.ru.

Viktor Nikolaevich Filippov, Doctor of engineering, Professor; Department of «Cars and wagon economy» of the Russian University of transport (MIIT); Moscow, Russia. E-mail: filippovvn@gmail.com.

Anatolij Anatolevich Tarmaev, Candidate of technical sciences, Associate Professor; Chair «Cars and wagon economy» of Irkutsk State University of Railway Transport; Irkutsk, Russia. E-mail: t38_69@mail.ru.

Isa Zhajsan, post-graduate student, Chair «Cars and wagon economy» of the Russian University of Transport (MIIT); Moscow, Russia. E-mail: issa_161@mail.ru.

получить рациональные значения момента сопротивления повороту тележки относительно кузова, увеличить безремонтный пробег по гребням колес колесных пар.

Ключевые слова: грузовой вагон, динамика вагона, безремонтный пробег, тележка, пятник-подпятник, скользун, гребень колеса.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-11-17

Abstract

The article deals with the problem of increasing the maintenance-free run of rolling stock. It is proved that the maintenance-free run of freight cars is limited by the resource of running parts and, first of all, by the wear of the ridges of wheel pairs. The average wear rate of the wheel on the thin ridge is 0.53 mm per 10 thousand km, which is twice the established standard. The reason for the intensive and

uneven wear in the «wheel-rail» system is to increase the loads in the wheel and rail area and the structural imperfection of the operated three-element trolleys.

The analysis of domestic and foreign experience in the constructive implementation of the body support units. It is shown that excessive friction forces in the side supports (sliders) increase the moment of drag forces to turn the trolley, lead to a significant increase in the forces of interaction between the wheel and the rail in the horizontal plane. To reduce the wear of the wheel ridges, it is proposed to rationalize the values of the moment of resistance to the rotation of the trolley relative to the body in the support nodes.

Analyzed a number of variants of the support body with the use of contactless elastic bearings, side supports

a roller-type elastic members of elastomer materials for the determination of a constructive character, allowing to provide rational values of friction forces. Moments of forces of resistance to rotation of the trolley determined by the simplified analysis model.

The implementation of the proposed measures will reduce the size of the frame forces in comparison with the standard design in straight lines by about 30 %, in steep curves – by 5–10 %, to obtain rational values of the moment of resistance to the rotation of the trolley relative to the body, to increase the maintenance-free mileage on the ridges of the wheels.

Keywords: freight car, the dynamics of the car, maintenance-free mileage, the truck center plate-center plate, side radial block, comb wheels.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-11-17

В настоящее время актуальна задача повышения безремонтного пробега подвижного состава, который ограничен ресурсом ходовых частей, в первую очередь износом гребней колес колесных пар. Интенсивный и неравномерный износ в системе «колесо-рельс» обусловлен увеличением нагрузок в области контакта колеса и рельса вследствие увеличения осевых нагрузок и недостаточного конструктивного совершенства эксплуатирующихся трехэлементных тележек грузовых вагонов. Износы гребней зависят от ряда внутренних и внешних факторов. Внешние факторы: соотношение кривых и прямых путей, доли кривых малого и среднего радиусов, доли уклонов, возвышения рельсов, скорости и т. д. Основной внутренний фактор: силы трения, препятствующие повороту тележки относительно кузова. Они зависят от состояния и технических характеристик узлов опирания

кузова грузового вагона на тележку, полигона обращения вагонов и состояния железнодорожного пути.

Проблема влияния сил трения в узлах опирания кузова на динамические характеристики и износы в системе «колесо-рельс», несмотря на ряд проведенных исследований [1–6], изучена недостаточно. Силы трения в опорах тележки могут влиять как положительно, так и отрицательно на динамические качества подвижного состава.

Увеличение момента трения препятствует повороту тележки, ухудшая ее вписывание в кривые. Из-за небольших размеров узла «пятник-подпятник» – диаметр 300–350 мм – происходит валка кузова на боковые опоры. Боковые нагрузки увеличиваются, так как кузов при перевалке не скользит из-за появления дополнительных сил трения в боковых опорах кузова. Это приводит к значительному увеличению износов гребней колес и боковых

граней рельсов. Применение тележек со скользунами постоянного контакта лишь усугубляет ситуацию.

С другой стороны, увеличение сил трения в опорах тележки может влиять положительно за счет уменьшения склонности вагона к возникновению извилистого движения, снижения амплитуды виляния экипажа на прямых участках и в кривых большого радиуса.

Уровень сил сухого трения в опорах тележки в существующих конструкциях, по нашему мнению, представляется несколько избыточным, что подтверждается опытом эксплуатации. По данным Управления вагонного хозяйства ОАО «РЖД», ежегодно на сети дорог отцепляется почти миллион единиц подвижного состава [7]. По статистике некоммерческого партнерства «Объединение производителей железнодорожной техники», доля неисправностей колесных пар составляет 75 % среди причин отцепок в текущий отцепочный ремонт, из которых более 60 % приходится на несоблюдение нормативных требований по гребням колес [8]. Колесные пары бракуются и подлежат обточке при незначительной величине проката поверхности катания. Средняя интенсивность износа колеса по тонкому гребню составляет 0,53 мм на 10 тыс. км пробега, что в два раза превышает установленный норматив 4 мм на 160 тыс. км межремонтного пробега. По опыту эксплуатации 120 собственных грузовых вагонов АО «Первая грузовая компания» (новые колеса, расстояние между гранями колесных пар – 1442 мм, толщина гребня – 33 мм), уже при пробеге 30–40 тыс. км в среднесетевых условиях гребень колеса стачивается в среднем до 30 мм.

Каковы же возможные пути решения проблемы, какие подходы реализованы в отечественном и зарубежном вагоностроении?

На отечественных железных дорогах в 1950–1960 гг. применялись пассажирские вагоны с маслёнками для смазки пятника, подпятника и скользунов жидкой смазкой. В конструкции грузовых тележек на скользунах

применялись чугунные опоры. В последующем без должного обоснования начали применять стальные колпаки-скользуны. В конце 1970-х гг. проводились испытания износа пятников и подпятников на шестиосных вагонах-дуппках, эксплуатировавшийся на дорогах Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного комбината с большим количеством кривых (руководитель испытаний руководитель – профессор Н. А. Панькин, МИИТ). Для снижения износа были разработаны варианты вкладышей в узел «пятник-подпятник» с использованием местных материалов, которые достаточно снижали момент трения. Единственный недостаток – ограниченный срок службы, тем не менее это помогло решению проблемы и обеспечило безопасность движения. На отечественных тележках 18-100 была попытка установки прокладки на подпятнике, применялись стальной круг и стальное кольцо для упора на борт подпятника. Однако применение высокопрочной износостойкой стали не позволяло обеспечить их гарантированное закрепление при существовавших пятнике и подпятнике. На тележке модели 18-578 для защиты от износа узла «пятник-подпятник» устанавливаются износостойкие элементы: либо износостойкая прокладка на опорной поверхности подпятника, либо чаша из низколегированной стали в подпятнике.

На железных дорогах США в конструкции шкворневых узлов [9] в пятнике и подпятнике устанавливались шариковые или роликовые подшипники, практически все американские вагоны с 1930-х г. выпускались со скользунами качения. В дальнейшем в узле «пятник-подпятник» как на американских, так и на европейских вагонах стал применяться сферический подпятник с прокладками. Прокладка между пятником и подпятником в настоящее время применяется на тележках типа «Барбер» (российские модели 18-9810, 18-9855), китайского производства ZK-1 (18-9996). Таким образом, и зарубежная

практика [10] свидетельствует о том внимании, которое уделяется моменту силы трения, препятствующей повороту тележки.

Момент трения между опорными поверхностями кузова и надрессорной балки зависит от геометрических размеров пятника, подпятника, наличия-отсутствия перевалки кузова, положения скользунов, величины коэффициента трения. Коэффициент трения зависит от трибологических параметров материала изготовления контактных поверхностей; для пары трения «сталь по стали», «чугун по стали» его величина может меняться от 0,25 до 0,4. Появление дополнительных сил трения, возникающих на колпаках скользунов, максимальные значения коэффициента трения между опорными поверхностями значительно увеличивают момент сил сопротивления повороту тележки.

Применение сферического подпятника (хорошо зарекомендовавшего себя на зарубежных железных дорогах) на отечественных грузовых вагонах требует внесения серьезных изменений в конструкцию грузового вагона. Экономическая эффективность подобного решения для сегодняшнего парка вагонов не очевидна.

Эксплуатирующиеся грузовые вагоны имеют плоское опирание на скользуны постоянного контакта. Применение бесконтактных упругих скользунов, катковых и упруго-катковых скользунов позволит уменьшить момент сопротивления, препятствующий повороту тележки под кузовом, возникающий от контакта с боковыми опорами. Это обусловлено значительным снижением трения при переходе от сил трения скольжения на силы трения качения в узлах опирания вагона.

Тела качения используются в скользунах модификаций тележек грузовых вагонов 18-578, 18-194-1. Целесообразно их конструктивное исполнение в виде цилиндрических роликов. Как вариант, для центрирования ролики могут опираться на профилированную опорную поверхность корпуса боковой опоры.

Ранее в ходовых частях подвижного состава широко применялись чугунные детали. Например, тележки МТ-50 (Уралвагонзавод) имели чугунные вкладыши-скользун, устанавливаемые в гнездо на надрессорной балке. Эти чугунные элементы взаимодействовали со стальными рабочими поверхностями шкворневой балки рамы вагона (пара трения «сталь-чугун»).

Такое конструктивное исполнение обусловлено тем, что коэффициент трения чугуна по стали при определенных композициях чугуна не превышает 0,15. В последующем на тележках типа 18-100 без должного обоснования начали применять стальные колпаки скользунов, что при коэффициенте трения пары трения «сталь-сталь» 0,25–0,40 привело к увеличению момента силы сопротивления повороту тележки и износов гребней колес колесных пар.

Совместная работа сотрудников Московского института инженеров транспорта и Уралвагонзавода позволила подобрать комбинации пары трения «сталь-чугун», которые с середины 1980-х гг. широко внедрялись в рессорном подвешивании цистерн, выпускающихся в Мариуполе. При этом предложенные варианты чугунных клиньев рессорного подвешивания позволили снизить величину коэффициента относительного трения с 0,1–0,12 до 0,08. Кроме того, в сейчас широко применяются полимерные материалы, также обладающие меньшим коэффициентом трения.

Для диссипации кинетической энергии, возникающей при повороте тележки относительно кузова в опорах, применяют упругие элементы. Подобные элементы часто выполняются в виде винтовых пружин, имеющих линейную (билинейную, трилинейную) характеристику. Однако ведущие производители применяют упругие элементы из эластомерных материалов, имеющих нелинейную силовые характеристики. Нелинейная характеристика в большей степени способствует демпфированию

**Моменты трения в опорах тележки при различных материалах
конструктивного исполнения пар трения (осевая нагрузка 23,5 тс/ось)**

Материал пар трения в узлах опирания		Коэффициенты трения в узлах опирания		Момент трения в опорах тележки, тс·м	
пятник	скользуны	пятник	скользуны	прямые	кривые
Сталь-сталь	Сталь-сталь	0,40	0,40	5,6	6,4
Сталь-пластик	Сталь-сталь	0,18	0,40	3,2	3,7
Сталь-сталь	Сталь-чугун	0,40	0,20	2,8	3,2
Сталь-пластик	Сталь-чугун	0,18	0,20	2,5	2,9

наклона кузова по отношению к над-ресорной балке.

Был проанализирован ряд вариантов опирания кузова с использованием бесконтактных упругих скользун, боковых опор каткового типа, упругих элементов из эластомерных материалов с целью определения конструктивного облика, позволяющего обеспечить рациональные значения сил трения.

Моменты силы сопротивления повороту тележки определяются по упрощенной расчетной модели [11], описываются уравнениями статики в поперечной и вертикальной плоскостях с учетом максимально возможных усилий при кромочном опирании контактирующих поверхностей тележки. Момент сил от колесных пар тележки должен превышать значение максимальной величины момента трения в шкворневом сечении. По существу, задача является нелинейной и решается с использованием уточненных расчетных моделей, колебаний вагона в пространстве. Такая модель представляет собой совокупность нелинейных дифференциальных уравнений с переменной структурой.

Даже применение упрощенных расчетов позволяет оценить влияние существенного фактора, каковым является момент трения в узлах опирания.

В расчете учитывается вертикальная нагрузка, действующая на подпятник тележки и скользуны, соответствующие коэффициенты трения и геометрические размеры (диаметр подпятника, расстояние между центром подпятника и центром скользяна). Коэффициенты трения приняты соответствующими парам трения, например, «сталь по стали», «чугун по стали» и т.д.; распределение нагрузки от веса вагона – в соответствии с требованиями [12] (таблица).

Таким образом, варьируя материалом и конструктивным исполнением узлов опирания кузова, можно обеспечить рациональные значения сил трения.

Примеры конструкций, которые могут обеспечить рациональные значения момента сопротивления повороту тележки относительно кузова, представлены на рис. 1, 2.

Использование рассмотренных вариантов конструкции и материалов узлов опирания уменьшает величины рамных сил по сравнению с типовой конструкцией в прямых примерно на 30 %, в крутых кривых – на 5–10 %, позволяет получить рациональные значения момента сопротивления повороту тележки относительно кузова и увеличить безремонтный пробег по гребням колес колесных пар. ■

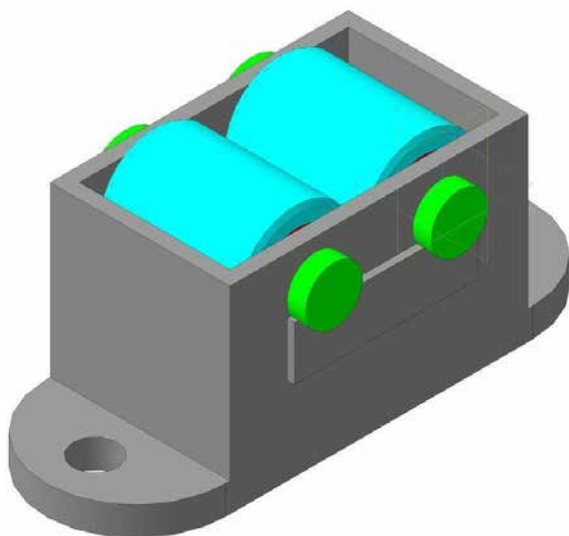


Рис. 1. Вариант роликового бесконтактного скользуна

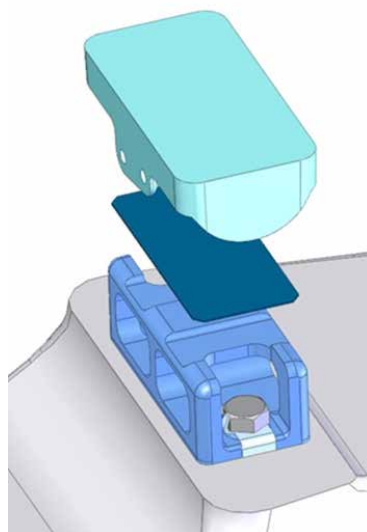


Рис. 2. Вариант упругого бесконтактного скользуна

Литература

1. Давыдов А.Н. Анализ конструкций боковых опор грузовых вагонов / А.Н. Давыдов, Г.И. Петров, А.В. Смольянинов // Инновационный транспорт. 2013. № 4. С. 6–11. ISSN 2311-164X.
2. Петров Г.И. Оценка скользунов постоянного контакта / Г.И. Петров, Е.Г. Адильханов, Ш.А. Секерова // Мир транспорта. 2011. №1. С. 28–37. ISSN 1992-3252.
3. Филиппов В.Н. Снижение подреза гребней колесных пар грузовых вагонов / В.Н. Филиппов, П.И. Зуйков, Я.Д. Подлесников // Железнодорожный транспорт. 2013. № 3. С. 70–72. ISSN 0044-4448.
4. Морчиладзе И.Г. Сравнение конструктивных схем отечественной и зарубежной тележек для грузовых вагонов / И.Г. Морчиладзе, А.М. Соколов, А.В. Додонов // Вестник ВНИИЖТ. 2004. № 8. С. 48–52. ISSN 0869-8163.
5. Смольянинов А.В. Оценка устойчивости движения грузовых вагонов, оборудованных боковыми опорами / А.В. Смольянинов, А.Н. Давыдов // Транспорт Урала. 2011. № 4 (31). С. 45–47. ISSN 2311-164X.
6. Северинова Т. П. Увеличение долговечности надрессорной балки грузового вагона за счет установки упругих скользунов / Т. П. Северинова, О. Н. Попов // Вестник ВНИИЖТ. 2005. № 3. С. 37–40. ISSN 0869-8163.
7. Скольжение по тонкому гребню // Гудок. – 2017. № 180 (11 октября). С. 5.
8. Гончаров С.Е. Износ гребней колесных пар грузовых вагонов // Техника железных дорог. 2017. № 4. С. 32–37. ISSN 1998-9318.
9. Американские железнодорожные энциклопедии: вагоны / под ред. П. И. Травина ; пер. с англ. – М. : Трансжелдориздат, 1937. 844 с.
10. GATX Tank Car Manual, 4th ed., by General American Transportation Corporation. Chicago : The Corporation 1979. 179 p.
11. Подлесников Я.Д. Методы улучшения динамических качеств вагонов для перевозки опасных грузов : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.22.07 / Подлесников Ярослав Дмитриевич. – М. : МГУПС, 2016. – 179 с.
12. ГОСТ 9246–2013. Тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. Введ. 2014–07–01. – М. : ФГУП Стандартиформ, 2014. – 24 с.

Bibliography

1. Davydov A.N. Analysis of the structures of the side supports of freight cars / A.N. Davydov, G.I. Petrov, A.V. Smolyanov [Davydov A.N. Analiz konstruktсий bokovykh opor gruzovykh vagonov] // Innovative transport. 2013. № 4. P. 6–11. ISSN 2311-164X.
2. Petrov G.I. Evaluation of bearings constant contact [Petrov G.I. Otsenka skol'zunov postoyannogo kontakta] / G.I. Petrov, E.G. Adilhanov, SH.A. Sekerova // World of transport. 2011. № 1. P. 28–37. ISSN 1992-3252.
3. Filippov V.N. Reduction of cutting ridges of wheel pairs of freight wagons [Filippov V.N. Snizhenie podreza grebnej kolesnykh par gruzovykh vagonov] / V.N. Filippov, P.I. Zuykov, J.D. Podlesnik // Railway transport. 2013. № 3. P. 70–72. ISSN 0044-4448.
4. Morchiladze I.G. Comparison of constructive schemes of domestic and foreign trucks for freight cars [Morchiladze I.G. Sravnenie konstruktivnykh skhem otechestvennoj i zarubezhnoj telezhek dlya gruzovykh vagonov] / I.G. Morchiladze, A.M. Sokolov, A.V. Dodonov // Herald of VNIIZHT. 2004. № 8. P. 48–52. ISSN 0869-8163.
5. Smolyaninov, A.V. Assessment of the sustainability of freight cars equipped with side supports [Smol'yaninov A.V. Otsenka ustojchivosti dvizheniya gruzovykh vagonov, oborudovannykh bokovymi oporami] / A.V. Smolyaninov, A.N. Davydov // Transport of Ural. 2011. № 4 (31). P. 45–47. ISSN 2311-164X.
6. Severinova T.P. Increase the durability of a truck bolster of the freight car due to the installation of elastic bearings [Severinova T.P. Uvelichenie dolgovechnosti nadressornoj balki gruzovogo vagona za schet ustanovki uprugikh skol'zunov] / Etc. Severinova, A.N. Popov // Herald of VNIIZHT. 2005. № 3. P. 37–40. ISSN 0869-8163.
7. Sliding on a thin ridge [Skol'zhenie po tonkomu grebnyu] // Gudok. – 2017. № 180 (October 11). C. 5.
8. Goncharov S.E. Wear of the ridges wheelset wagons [Goncharov S.E. Iznos grebnej kolesnykh par gruzovykh vagonov] // The Moscow times. 2017. № 4. P. 32–37. ISSN 1998-9318.
9. American railway encyclopaedias: wagons [Amerikanskije zheleznodorozhnye ehntsiklopedii: vagony] / ed. P. I. Travin ; transl. from English. – M. : Transzheldorizdat, 1937. 844 p.
10. GATX Tank Car Manual, 4th ed., by General American Transportation Corporation. Chicago : The Corporation 1979. 179 p.
11. Podlesnikov Y.D. Methods improve the dynamic qualities of wagons for the transport of dangerous goods : Diss. ... on kand. tech. sciences: 05.22.07 [Podlesnikov YA.D. Metody uluchsheniya dinamicheskikh kachestv vagonov dlya perevozki opasnykh gruzov] / Yaroslav Dmitrievich Podlesnikov. – M. : Moscow state Railway University, 2016. 179 p.
12. GOST 9246–2013. Bogies two-axis three-element freight cars of the railroads of a track of 1520 mm. General specifications [ГОСТ 9246–2013. Тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия]. Intr. 2014-07-01. – M. : FGUP Standartinform, 2014. 24 p.

Статья сдана в редакцию 25 сентября 2018 года

Управление в технических системах

УДК 658.014

В.А. Городокин, З.В. Альметова, В.Д. Шепелев, О.В. Гераскина

Расчет безопасной дистанции перед началом выполнения маневра «обгон»

UDC 658.014

V.A. Gorodokin, Z.V. Al'metova, V.D. Shepelev, O.V. Geraskina

Calculation of safe distance before the maneuver «overtaking»

Аннотация

С учетом конкретных ограничений и допущений характеристик транспортных средств и дорожных условий предложена методика расчета безопасной дистанции, позволяющая рассчитать ее величину и предотвратить попутное столкновение в случае внезапного торможения двигавшегося впереди транспортного средства. Установлена зависимость

между значением скорости обгоняющего транспортного средства к скорости обгоняемого к величине выбираемой водителем безопасной дистанции до движущегося впереди транспортного средства.

На основании математических расчетов выполнено графическое изображение взаимного расположения попутно движущихся с одинаковыми и различными

скоростями транспортных средств, обладающих разными тормозными характеристиками. Наиболее точный результат получен при использовании графоаналитического метода. Установлена зависимость безопасной дистанции от скоростей обгоняемого и обгоняющего транспортных средств.

Результаты исследования имеют прикладной характер и могут быть использованы

Статья рекомендована к публикации В.И. Васильевым, д-ром техн. наук, профессором Курганского государственного университета. E-mail: vvprof@rtural.ru.

Владимир Анатольевич Городокин, канд. юрид. наук, профессор; кафедра «Автомобильный транспорт» Южно-Уральского государственного университета; г. Челябинск, Россия. E-mail: gorodokinva@susu.ru.

Злата Викторовна Альметова, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Автомобильный транспорт» Южно-Уральского государственного университета; г. Челябинск, Россия. E-mail: almetovazv@susu.ru.

Владимир Дмитриевич Шепелев, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Автомобильный транспорт» Южно-Уральского государственного университета; г. Челябинск, Россия. E-mail: shepelevvd@susu.ru.

Ольга Владимировна Гераскина, магистрант; кафедра «Автомобильный транспорт» Южно-Уральского государственного университета; г. Челябинск, Россия. E-mail: geraskina-1996@mail.ru.

The article is recommended for publication by V. I. Vasilyev, Doctor of engineering, Professor, Kurgan State University. E-mail: vvprof@rtural.ru.

Vladimir Anatolevich Gorodokin, Candidate of Juridical Sciences, Professor; Department of «Road transport» of South Ural State University; Chelyabinsk, Russia. E-mail: gorodokinva@susu.ru.

Zlata Viktorovna Almetova, Candidate of technical sciences, Associate Professor; Department of «Road transport» South Ural state University; Chelyabinsk, Russia. E-mail: almetovazv@susu.ru.

Vladimir Dmitrievich Shepelev, Candidate of technical sciences, Associate Professor; Department of «Road transport» South Ural State University; Chelyabinsk, Russia. E-mail: shepelevvd@susu.ru.

Olga Vladimirovna Geraskina, Master's degree student; Department of «Road transport» of South Ural state University; Chelyabinsk, Russia. E-mail: geraskina-1996@mail.ru.

практикующими экспертами-автотехниками для производства автотехнической экспертизы с целью получения объективных данных по выполнению водителями транспортных средств требований правил дорожного движения при выполнении маневра «обгон».

Ключевые слова: маневр «обгон», остановочный путь, безопасная дистанция, комфортная дистанция, обгон при равных скоростях, обгон сходу.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-18-26

Abstract

Taking into account the specific limitations and assumptions of vehicle charac-

teristics and road conditions, a method for calculating the safe distance is proposed, which allows to calculate its value and prevent a passing collision in case of sudden braking of the vehicle in front. The dependence between the speed value of the overtaking vehicle to the speed of the overtaking vehicle and the value of the driver's chosen safe distance to the vehicle in front is established.

On the basis of mathematical calculations, a graphical representation of the relative position of simultaneously moving vehicles with the same and different speeds with different braking characteristics is made. The most accurate result is obtained

using the graphoanalytic method. The dependence of the safe distance on the speeds of overtaking vehicles is established.

The results of the study are applied and can be used by practicing automotive experts for the production of automotive expertise in order to obtain objective data on the implementation of drivers of vehicles requirements of traffic rules when performing the maneuver «overtaking».

Keywords: maneuver «overtaking», stopping way, safe distance, comfortable distance, overtaking at equal speeds, overtaking immediately.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-18-26

Обгон представляет собой один из наиболее опасных маневров, при выполнении которого совершаемые дорожно-транспортные происшествия влекут причинение тяжкого вреда здоровью.

В общем случае маневр «обгон» предполагает, что водителю необходимо решить множество задач. Первая из них – допустимость выполнения маневра. Данная задача имеет пути допустимости, безопасности и целесообразности [1–3].

Путь допустимости выбирает водитель исходя из системы организации движения, действующей на этом отрезке пути. Определение степени безопасности выполнения маневра «обгон»: первый этап – сближение с транспортным средством, обгон которого предполагается совершить, второй – определение необходимого для обгона отрезка пути, который должен быть свободен до момента завершения маневра, третий – определение наличия встречных транспортных средств, способных попасть в определенную выше зону обгона за время выполнения маневра [4].

Водитель, намеревающийся совершить обгон, может выполнять маневр сходу, без снижения скорости или выполнять маневр после достижения транспортного средства, движущегося впереди, и приведения своей скорости к скорости обгоняемого [5–7].

При любом из вариантов выполнения обгона водитель транспортного средства (ТС) должен на первом этапе сближения выбрать безопасную до движущегося впереди транспортного средства дистанцию. Рекомендации по выбору дистанции различны.

Очень часто в правилах дорожного движения зарубежных стран (Англия, ФРГ, некоторые штаты США) водитель транспортного средства, движущегося позади, не должен пересечь какую-либо точку на проезжей части, которую ТС, движущееся впереди, преодолело за 2 с до этого [8]. Иногда предлагается не пересекать указанную точку ранее, чем через 3 с [9]. Кроме этого, в литературе, касающейся безопасности движения в Российской Федерации, встречаются рекомендации выбирать дистанцию, измеряемую в метрах, равной половине скорости, измеряемой

в километрах в час. Это означает, что дистанция до движущегося впереди ТС в городском цикле (60 км/ч) должна составлять 30 м. С технической точки зрения, о такой дистанции можно говорить, как о комфортной, т.к. ее соблюдение не требует от водителя концентрации внимания на действиях движущегося впереди водителя, позволяет вести ТС в расслабленном состоянии и останавливать его с использованием служебного торможения.

На практике при выполнении обгона водитель выбирает безопасную дистанцию до движущегося впереди ТС интуитивно. Но чтобы проверить правильность выбора, сделанного водителем, необходимы соответствующие расчеты. Для этого следует принять некоторые допущения и условия: в процессе опережения скорость обгоняемого ТС принимается постоянной и составляет 70 км/ч; водитель, опережая ТС, движется прямолинейно с постоянной скоростью; на дорогах общего пользования вне населенных пунктов первоначальная скорость обгоняющего ТС равна предельно допустимой (90 км/ч) и по мере сближения (в зависимости от варианта выполнения маневра) может снижаться до 70 км/ч.

Дистанция до движущегося впереди ТС (D_1) ограничена условиями: соблюдение безопасности в случае внезапного резкого торможения движущегося впереди транспортного средства; обгоняемым является ТС категории N3 (грузовой автомобиль в снаряженном состоянии, буксирующий полуприцеп, при общей максимально допустимой длине автопоезда 20 м); обгоняющим является ТС категории M1 (легковой автомобиль в снаряженном состоянии); маневр производится при неограниченной видимости на горизонтальном участке дороги и сухом асфальтобетонном покрытии.

Условие сохранения безопасности при внезапном торможении обгоняемого транспортного средства решается из соблюдения неравенства:

$$D_1 \geq S_{o1} - S_{m2}, \quad (1)$$

где S_{o1} – остановочный путь обгоняющего транспортного средства, м; S_{m2} – тормозной путь обгоняемого транспортного средства, м.

Минимальная безопасная дистанция будет снижаться по мере сближения транспортных средств и приведения скорости обгоняющего к скорости обгоняемого до момента движения обоих транспортных средств с одинаковой скоростью. Остановочный путь обгоняющего транспортного средства находится в зависимости от скорости в пределах 44,72–55,6–67,69 м.

$$S_{o1} = (t_1 + t_{21} + 0,5 \cdot t_{31}) \cdot \frac{V_{a1}}{3,6} + \frac{V_{a1}^2}{26 \cdot j_{a1}}, \quad (2)$$

где t_1 – продолжительность простой сенсорной реакции водителя ведомого ТС, не требующей выбора характера действий, однако предполагающей необходимость определения темпа сближения транспортных средств в случае внезапного торможения двигавшегося впереди автомобиля-лидера (0,6 с); t_{21} – продолжительность времени запаздывания срабатывания тормозного привода ведомого транспортного средства (0,1 с); t_{31} – продолжительность времени нарастания замедления ведомого ТС при применении экстренного торможения (0,35 с); $V_{a1} = 70\text{--}80\text{--}90$ км/ч – диапазон скоростей ведомого ТС перед началом маневра «обгон»; j_{a1} – замедление ведомого ТС при применении экстренного торможения (6,8 м/с²).

Тормозной путь обгоняемого транспортного средства находится в пределах 43,99 м:

$$S_{T2} = (t_{22} + 0,5 \cdot t_{32}) \cdot \frac{V_{a2}}{3,6} + \frac{V_{a2}^2}{26 \cdot j_{a2}}, \quad (3)$$

где t_{22} – продолжительность времени запаздывания срабатывания тормозного привода автомобиля-лидера при применении экстренного торможения (0,2 с); t_{32} – продолжительность времени нарастания замедления автомобиля-лидера при применении

экстренного торможения (0,6 с); V_{a2} – скорость обгоняемого ТС в процессе его обгона (70 км/ч); j_{a2} – замедление автомобиля-лидера при применении экстренного торможения (5,5 м/с²).

Расчетами установлено, что минимальная безопасная дистанция между автомобилем-лидером и ведомым автомобилем в заданных условиях будет составлять при скоростях, равных 70 км/ч, 0,73 м, при скорости обгоняющего 80 км/ч – 11,6 м, при скорости обгоняющего 90 км/ч – 23,7 м. Дальнейшее сближение попутных транспортных средств при движении в диапазоне указанных скоростей небезопасно.

Безопасная дистанция до движущегося впереди транспортного средства при движении с равными скоростями составляет [2, 4, 5]:

$$D = (t_1 + t_{21} + 0,5 \cdot t_{31} - t_{22} - t_{32}) \cdot \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2 (j_{a2} - j_{a1})}{26 \cdot j_{a1} \cdot j_{a2}}, \quad (4)$$

где V_a – заданная величина скоростей ведомого автомобиля и автомобиля-лидера (70 км/ч).

Расчеты показали, что безопасная дистанция до движущегося впереди грузового автомобиля, выбираемая водителем легкового автомобиля, с учетом различных тормозных характеристик ТС составляет 0,64 м.

Таким образом, согласно расчетам по формулам (1) и (2), между транспортными средствами, движущимися с одинаковой скоростью, при условии, что автомобилем-лидером является грузовой автомобиль, а ведомым транспортным средством – легковой, безопасная дистанция находится в пределах 0,64–0,73 м.

Для уточнения факта безопасно-го движения с одинаковой скоростью в попутном направлении ТС, имеющих различные тормозные характеристики, графоаналитическим способом проведен анализ взаимного расположения транспортных средств, начиная

с момента включения на автомобиле-лидере стоп-сигналов и ответной реакции на них водителя ведомого транспортного средства до момента их остановки.

Характер перемещения автомобилей до начала и после начала замедления определяется по формулам (5) и (6):

$$S = T \cdot V, \quad (5)$$

где T – продолжительность времени приведения тормозов в действие, с; V – скорость транспортного средства, км/ч;

$$S_2 = \frac{j_a \cdot t^2}{2}, \quad (6)$$

где j_a – величина установившегося замедления ТС (6,8 м/с²); t – время преодоления отрезка пути до остановки, с.

Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

На основании данных таблицы 1 и с учетом того, что начало реагирования водителя ведомого ТС совпадает с моментом включения стоп-сигналов, выполнено графическое построение точек, в которых располагались транспортные средства при перемещении к месту остановки (рис. 1).

Анализируя график перемещения автомобилей, движущихся с различными скоростями (70 и 90 км/ч), можно сделать вывод, что вычисленная по формулам (1) и (3) безопасная дистанция составляет 23,7 м (рис. 2).

При указанных обстоятельствах в случае выбора водителем ведомого ТС дистанции 0,73 м и внезапного торможения автомобиля-лидера столкновение транспортных средств произойдет ориентировочно через 0,83 с на 15,83 м пути автомобиля-лидера. Соответственно, при выборе дистанции 0,64 м столкновение произойдет еще раньше. Об этом свидетельствует пересечение графиков перемещения автомобиля-лидера, водитель которого приступил к снижению скорости, и ведомого автомобиля, замедление которого еще не наступило. То есть транспортные средства, движущиеся с одинаковой скоростью в попутном направлении, начиная с момента внезапного резкого торможения

Таблица 1

Таблица значений расположения транспортных средств
в заданные моменты времени

Оцениваемый параметр	Автомобиль-лидер	Ведомый автомобиль $V = 70$ км/ч	Ведомый автомобиль $V = 90$ км/ч
S_o – остановочный путь, м	–	44,72	67,69
T_o – остановочное время, с	–	3,72	4,55
S_T^I – тормозной путь, м	43,99	–	–
T_T^I – тормозное время, с	4,03	–	–
$S_{\text{пр}2} = (t_{22} + 0,5 \cdot t_{32}) \cdot \frac{V_{a2}}{3,6}$ – расстояние, преодолеваемое ТС за время срабатывания тормозов, м	9,72	–	–
$T_{\text{пр}2} = (t_{22} + 0,5 \cdot t_{32})$ – время срабатывания тормозной системы, с	0,5	–	–
$S_{\text{пр}1} = (t_1 + t_{21} + 0,5 \cdot t_{31}) \cdot \frac{V_{a1}}{3,6}$ – расстояние, преодолеваемое ТС за время приведения тормозов в действие, м	–	17,01	21,875
$T_{\text{пр}1} = (t_1 + 0,5 \cdot t_{31})$ – время приведения тормозов в действие, с	–	0,875	0,875

Расположение ТС относительно места остановки, при расчетной продолжительности времени до остановки

$\Delta S = S_o - S_i = S_o - \frac{j_a \cdot t^2}{2}$	t , с	S , м	S , м	S , м
	0,2	43,88	44,58	67,55
	0,4	43,55	44,18	67,15
	0,6	43,0	43,5	66,47
	0,8	42,23	42,55	65,52
	1,0	41,24	41,32	64,29
	1,2	40,03	39,83	62,8
	1,4	38,6	38,06	61,03
	1,6	36,02	36,02	58,99
	1,8	33,71	33,71	56,68
	2,0	31,12	31,12	54,09
	2,2	30,68	28,27	51,24
	2,4	28,15	25,14	48,11
	2,6	25,40	21,74	44,71
	2,8	22,43	18,07	41,04
	3,0	19,24	–	37,09
	3,2	15,83	–	32,88
	3,4	12,2	–	28,39
	3,6	–	–	23,63

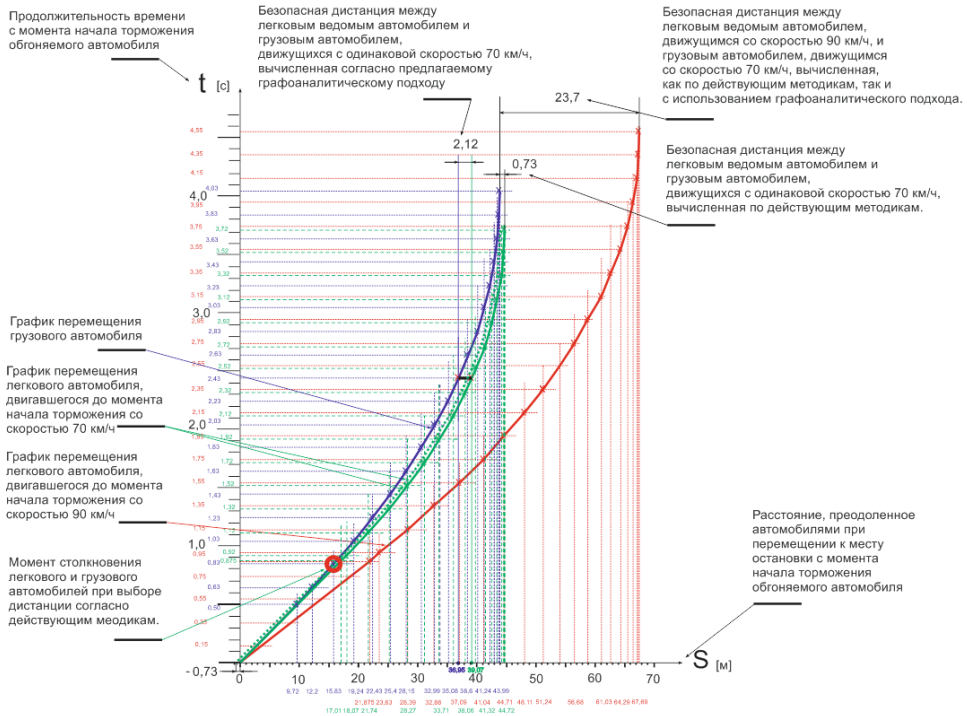


Рис. 1. Взаимное расположение попутно движущихся с одинаковыми и различными скоростями ТС, обладающих разными тормозными характеристиками

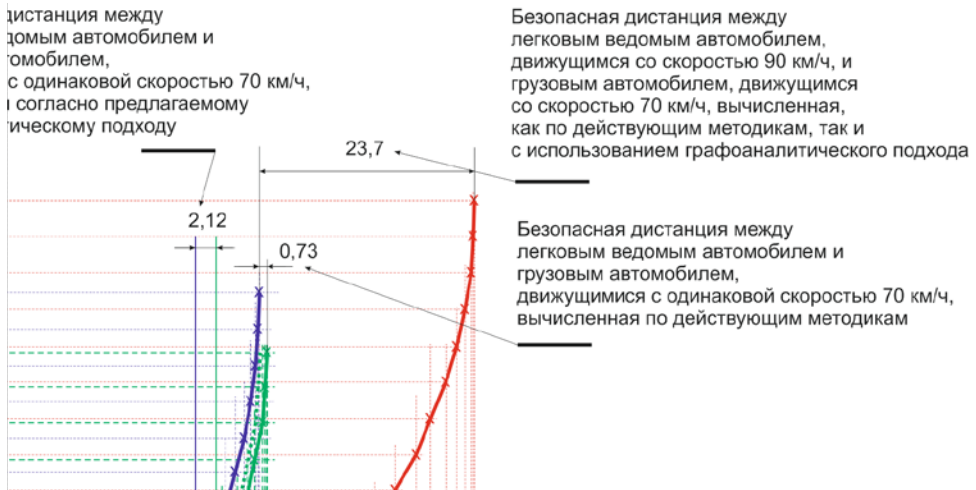



Рис. 2. Фрагмент рис. 1 (увеличено)

автомобиля-лидера преодолевают разное расстояние, при этом расстояние, преодоленное автомобилем, движущимся впереди, с момента включения на нем стоп-сигналов, меньше расстояния, преодолеваемого ведомым ТС с момента начала реагирования его водителя на включение стоп-сигналов автомобиля-лидера.

Как следует из графика (см. рис. 1 и 3), момент начала движения автомобиля-лидера в заторможенном состоянии наступает раньше окончания момента приведения тормозной системы ведомого транспортного средства в рабочее состояние. На этом отрезке пути, согласно графику, происходит столкновение попутных транспортных средств, движущихся с одинаковой скоростью (рис. 3, значок ). Установлено, что столкновения можно избежать, если дистанция между транспортными средствами будет находиться в пределах 2,12 м ($39,07 - 36,95 = 2,12$).

Таким образом, при заданных условиях (движение в снаряженном состоянии транспортных средств автомобиля-лидера (грузового автомобиля) и ведомого транспортного средства (легкового автомобиля) с одной скоростью – 70 км/ч на сухом горизонтальном асфальтобетонном покрытии) безопасная дистанция между ними составит не определенную расчетным путем величину (0,64–0,73) м, а более 2,12 м.

Из полученных результатов ясно, что потребуется большая дистанция для случая движения легкового автомобиля со скоростью, превышающей скорость грузового, в дорожно-транспортных ситуациях, когда маневр «обгон» выполняется сходу.

При движении ведомого автомобиля с большей скоростью (в рассматриваемом случае – 90 км/ч), графоаналитический метод в полной мере подтверждает результаты, полученные расчетным путем. Для рассматриваемых условий безопасная дистанция между транспортными средствами должна составлять не менее 23,7 м.

Особенность будет представлять вариант, при котором водитель легкового автомобиля, приблизившись к грузовому и уравнивая скорости, приступит к обгону с одновременным увеличением скорости и перестроением на встречную сторону проезжей части. Согласно результату, полученному для выбора безопасной дистанции при равных скоростях, увеличение скорости обгоняющим транспортным средством недопустимо до момента окончания перестроения или разгон должен начинаться на дистанции, превышающей расчетную. В противном случае при внезапном торможении автомобиля-лидера попутное столкновение неизбежно. Учитывая значительный рост (в десять раз) необходимой безопасной дистанции (от 2,12

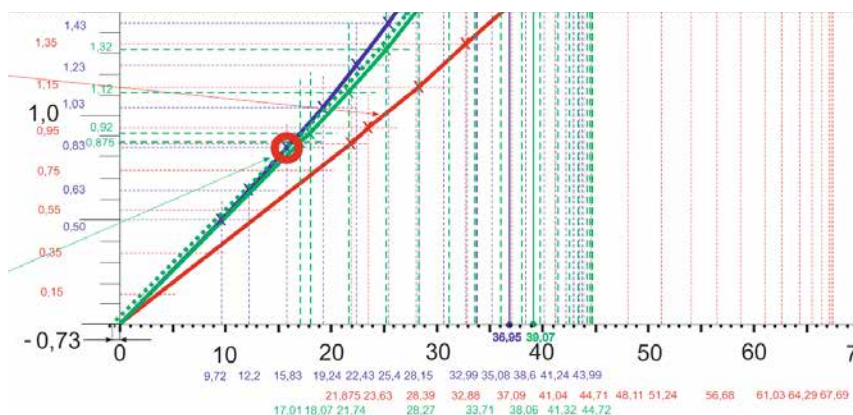


Рис. 3. Фрагмент рис. 1 (увеличено)

Таблица 2

Значение безопасной дистанции

V_{a1} , км/ч	V_{a2} , км/ч	D , м	V_{a1} , км/ч	V_{a2} , км/ч	D , м
70	70	0,74	81	70	12,81
71	70	1,78	82	70	13,97
72	70	2,83	83	70	15,15
73	70	3,9	84	70	16,34
74	70	4,97	85	70	17,54
75	70	6,06	86	70	18,75
76	70	7,15	87	70	19,97
77	70	8,26	88	70	21,20
78	70	9,38	89	70	22,45
79	70	10,51	90	70	23,7
80	70	11,66			—

до 23,7 м) при незначительном увеличении скорости (с 70 до 90 км/ч) в момент увеличения скорости ведомого ТС дистанция между транспортными средствами должна стремиться к указанной величине: 23,7 м.

С использованием формул (1)–(3) зависимость безопасной дистанции для различных транспортных средств в различных условиях и при различных значениях скорости:

$$D_1 = (t_1 + t_{21} + 0,5 \cdot t_{31}) \cdot \frac{V_{a1}}{3,6} + \frac{V_{a1}^2}{26 \cdot j_{a1}} - (t_{22} + 0,5 \cdot t_{32}) \cdot \frac{V_{a2}}{3,6} + \frac{V_{a2}^2}{26 \cdot j_{a2}}. \quad (7)$$

Значения безопасной дистанции приведены в таблице 2.

Величина безопасной дистанции в среднем подчиняется математической зависимости:

$$D_1 = 1,17 \cdot (V_{a1} - V_{a2}) = 1,17 \cdot \Delta V. \quad (8)$$

Поправку следует сделать для скоростей обгоняющего транспортного

средства – 70 и 71 км/ч, при которых дистанция не может быть менее 2,12 м, а также для скоростей обгоняющего ТС – от 72 до 75 км/ч, при которых коэффициент при ΔV находится от 1,41 до 1,21. В остальных случаях величина безопасной дистанции составляет около 1,17 м от разности скоростей обгоняющего и обгоняемого транспортного средства.

Таким образом, показана несостоятельность утвержденной методики, с помощью которой определяется безопасная дистанция между транспортными средствами, движущимися попутно с одинаковыми скоростями. Более точный результат получен при использовании графоаналитического метода, согласно которому безопасную дистанцию следует увеличить с 0,74 м до 2,12 м. Установлена зависимость между разностью скоростей обгоняемого ТС и обгоняющего, согласно которой (за некоторым исключением) на каждый километр в час разности скоростей безопасная дистанция должна увеличиваться в 1,17 раз. ■

Литература

1. Васильев В.И., Шарыпов А.В., Осипов Г.В. Обеспечение безопасности автотранспортных средств на режимах торможения при попутном следовании. Курган : КГУ, 2006. 128 с. ISBN 5-836-717-9.
2. Карев Б.Н. Определение скорости автомобиля при экстренном торможении. Современные проблемы науки и образования. Пенза : Академия естествознания, 2012. 96 с. ISSN 2070-7428.

3. Пучкин В.А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий : База данных. Экспертная техника. Методы решений. Ростов-на-Дону : ИПО ПИ ЮФУ, 2010. 400 с. ISBN 978-5-8480-0738-1.
4. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителя и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП : учебное пособие. М. : Изд-во «Экзамен», «Право и закон». 2003. 96 с. ISBN 5-94692-404-4.
5. Gorodokin V., Almetova Z., Shepelev V. Procedure for Calculating On-Time Duration of the Main Cycle of a Set of Coordinated Traffic Lights // Transportation Research Procedia. 2017. № 20 (2017). Pp. 231–235. ISSN 2352-1465.
6. Damerow F., Flade B., Eggert J. Extensions for the Foresighted Driver Model: Tactical lane change, overtaking and continuous lateral control // IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Proceedings. 2016. Vol. 2016 (August). Pp. 186–193.
7. Ghaffari A., Khodayari A., Alimardani F., Sadati H. MANFIS-based overtaking maneuver modeling and prediction of a driver-vehicle-unit in real traffic flow // IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, ICVES 2012. Pp. 387–392.
8. Kretschmer M., Neubeck J., Wiedemann J. Combining vehicle dynamics control and decision making procedures towards safe overtaking maneuvers // SAE Technical Papers. 2005. Pp. 63–72.
9. Wilson T. Driving strategies in overtaking // Accident Analysis and Prevention. 1982. № 14(3). Pp. 179–185. ISSN 0001-4575.

Bibliography

1. Vasilev V.I., Sharypov A.V., Osipov G.V. Maintenance of security of motor vehicles at braking operation with passing following [Vasil'ev V.I., SHarypov A.V., Osipov G.V. Obespechenie bezopasnosti avtotransportnykh sredstv na rezhimakh tormozheniya pri poputnom sledovanii]. Kurgan : KSU, 2006. 128 p. ISBN 5-836-717-9.
2. Karev B.N. Speed detection of the vehicle during emergency braking. //Modern problems of science and education [Karev B.N. Opredelenie skorosti avtomobilya pri ehkstreennom tormozhe-nii. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya]. Penza : Academy of natural Sciences, 2012. 96 p. ISSN 2070-7428.
3. Puchkin V.A. Basics of expert traffic accident analysis : Database. Expert technique. Method of solution [Puchkin V.A. Osnovy ehkspertnogo analiza dorozhno-transportnykh pro-isshestvij : Baza dannykh. EHkspertnaya tekhnika. Metody reshenij]. Rostov-on-Don : SFEDU, 2010. 400 p. ISBN 978-5-8480-0738-1.
4. Suvorov Y. B. Judicial road and transport expertise. Forensic expert assessment of the actions of the driver and other persons responsible for road safety in road accident areas : training manual [Suvorov YU.B. Sudebnaya dorozhno-transportnaya ehkspertiza. Sudebno-ehkspertnaya otsenka dejstvij voditelya i drugikh lits, otvetstvennykh za obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya, na uchastkakh DTP : uchebnoe posobie]. M. : Publishing House «Ekzamen», «Pravo i zakon». 2003. 96 p. ISBN 5-94692-404-4.
5. Gorodokin V., Almetova Z., Shepelev V. Procedure for Calculating On-Time Duration of the Main Cycle of a Set of Coordinated Traffic Lights // Transportation Research Procedia. 2017. № 20 (2017). Pp. 231–235. ISSN 2352-1465.
6. Damerow F., Flade B., Eggert J. Extensions for the Foresighted Driver Model: Tactical lane change, overtaking and continuous lateral control // IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Proceedings. 2016. Vol. 2016 (August). Pp. 186–193.
7. Ghaffari A., Khodayari A., Alimardani F., Sadati H. MANFIS-based overtaking maneuver modeling and prediction of a driver-vehicle-unit in real traffic flow // IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, ICVES 2012. Pp. 387–392.
8. Kretschmer M., Neubeck J., Wiedemann J. Combining vehicle dynamics control and decision making procedures towards safe overtaking maneuvers // SAE Technical Papers. 2005. Pp. 63–72.
9. Wilson T. Driving strategies in overtaking // Accident Analysis and Prevention. 1982. № 14(3). Pp. 179–185. ISSN 0001-4575.

Статья сдана в редакцию 17 октября 2017 года

М.С. Мухамедзянов

Улучшение защищенности канала связи

M. S. Mukhamedzyanov

Improving security of a communication channel**Аннотация**

Защита информации всегда была актуальной задачей. Эта задача предполагает достоверную передачу и достоверный приём. Важно обеспечить скрытность содержания при несанкционированном доступе и избежать искажения и даже утери информации при возникновении преднамеренных или непреднамеренных внешних воздействий (помех).

Ограничение или полное устранение возможности доступа к телекоммуникационным системам – актуальная задача для всех видов служебной связи. Особенно это важно для систем радиолокации, радиоопознавания, систем связи Министерства обороны, космических систем связи. Существует множество способов решения этой задачи.

В настоящей статье представлен один из способов решения поставленной задачи [1, 2].

Предлагается использование автокорреляционной характеристики последовательности Баркера [3–8] и введение определённых весовых коэффициентов, которые существенно увеличивают амплитуду главного лепестка последовательности на приёме при сохранении минимального уровня сигнала на передаче. Это означает существенное снижение уровня сигнала на передающей стороне, в ряде случаев можно снизить уровень входного сигнала ниже уровня естественных шумов при получении необходимого уровня сигнала на выходе. Таким образом, сигнал перестаёт быть опознаваемым для всех, кроме адресата, которому известен алгоритм извлечения сигнала.

Для оценки эффективности предлагаемого метода в статье предлагается ввести такие параметры, как коэффициент защиты, коэффициент энергетической эффективности; при этом во внимание берётся скорость передачи.

Ключевые слова: цифровой сигнал, система передачи информации, кодовая последовательность, защита от несанкционированного доступа, энергетическая эффективность, соотношение сигнал/шум, весовой коэффициент элемента последовательности.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-27-32

Abstract

Information security has always been an urgent task. This task involves reliable transmission and reliable reception. It is important to ensure the secrecy of the content in case of unauthorized access and avoid distortion and even loss of information in the case of intentional or unintentional external influences (interferences).

Limiting or eliminating the possibility of access to telecommunication systems is an urgent task for all types of service communication. This is especially important for radar, radio recognition, communication systems of the Ministry of Defense, space communication systems. There are many ways to solve this problem.

This article presents one of the ways to solve the problem [1, 2].

It is proposed to use the autocorrelation characteristics of the Barker sequence [3–8] and the introduction of certain weight coefficients, which significantly increase the amplitude of the main lobe of the sequence at the reception while maintaining the minimum level of the signal in the transmission. This means a significant reduction in the level of the signal on the transmitting side. In some cases it is possible to reduce the level of the input signal below the level of natural noise when receiving the required level of the output signal. Thus, the signal ceases to be identifiable to all but the recipient, who is a well-known algorithm of extracting the signal.

To assess the effectiveness of the proposed method, the author suggests to introducing such parameters as the protection coefficient, the energy efficiency coefficient; in this case, the transmission rate is taken into account.

Keywords: digital signal, information transmission system, code sequence, protection against unauthorized access, energy efficiency, signal/noise ratio, weight coefficient of the sequence element.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-27-32

Статья рекомендована к публикации Т.Ю. Зыряновой, канд. тех. наук, доцентом кафедры «Информационные технологии и защита информации» Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: TZYryanova@usurt.ru.

Мансур Салимгареевич Мухамедзянов, канд. тех. наук, доцент, кафедра «Автоматика, телемеханика и связь» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: nmcm@usurt.ru.

The article is recommended for publication by T.Yu. Zyryanova, Cand. Tech. Sci., the associate professor of «Information Technologies and Information Security» department of the Ural State University of means of communication. E-mail: TZYryanova@usurt.ru.

Mansour Salimgareevich Mukhamedzyanov, Cand. Tech. Sci., associate professor; «Automatic Equipment, Telemechanics and Communication» department of the Ural State University of means of communication; Yekaterinburg, Russia. E-mail: nmcm@usurt.ru.

При защите информации выделяются достоверные передача и приём (т.е. минимизация возможности ошибки), скрытность содержания при несанкционированном доступе, устойчивость по отношению к преднамеренным и непреднамеренным внешним воздействиям, приводящим к полной или частичной потере достоверности.

Существуют различные методы и способы решения задачи защиты информации. Чаще всего производят соответствующее шифрование и/или кодирование.

В нашем случае предлагается кодирование исходной информации, позволяющее решать задачи защиты информации, при этом исходная информация должна быть преобразована в дискретную информацию. Возможно, она исходно является дискретной.

В качестве исходной позиции выбрана последовательность Баркера как последовательность с хорошей автокорреляционной характеристикой.

Предлагается повысить эффективность применения этих последовательностей; при этом лучше использовать короткие последовательности, чтобы не слишком снижать скорость передачи.

Предложение заключается во введении весовых коэффициентов на передаче и приеме у отдельных членов исходной последовательности [1, 2].

Будем считать, что исходная информационная последовательность теперь представлена в двоичной форме, а преобразованию подвергается каждый импульс этой последовательности.

Рассмотрим это на примере пятиэлементной последовательности (рис. 1).

При передаче исходный импульс преобразован в пятиэлементную последовательность Баркера (рис. 2).

Представим эту последовательность символически (рис. 3).

Сигнал на выходе приемника формируется в соответствии с автокорреляционной характеристикой по закону, символически представленному на рис. 4.

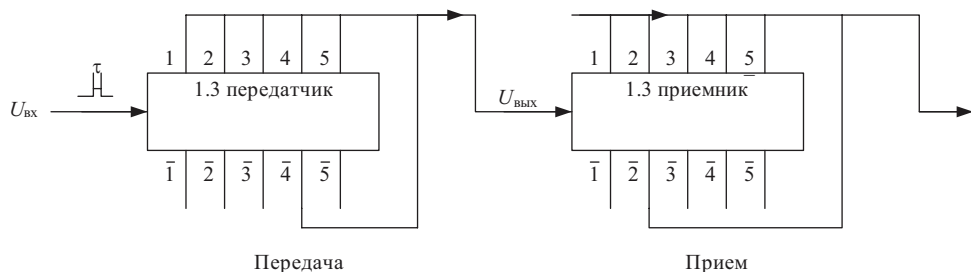


Рис. 1. Упрощенная схема передачи представления сигналов

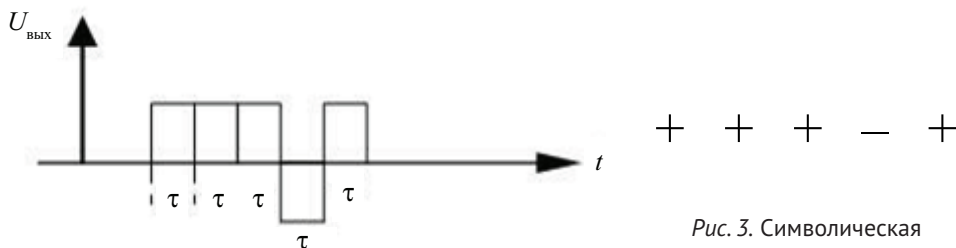


Рис. 2. Пятиэлементная последовательность Баркера

Рис. 3. Символическая последовательность на выходе передатчика



Рис. 4. Закон обработки сигнала передатчика приёмником

В соответствии с рис. 1, на выходе приёмника формируется сигнальная последовательность, представленная на рис. 5, 6.

На рис. 6 видно, что выходной сигнал имеет главный лепесток величиной в 5 ед. (здесь и в дальнейшем полагаем амплитуду условного исходного сигнала равной единице) и боковые лепестки, каждый из которых равен единице.

В дальнейшем степень защищённости кода предложено оценивать с помощью коэффициента защиты:

$$K_3 = \left(\frac{E_{\max}}{E_{\min}} \right)^2, \quad (1)$$

где E_{\max} – амплитуда главного лепестка последовательности на выходе приёмника после обработки; E_{\min} – максимальная используемая амплитуда среди амплитуд входной последовательности, то есть на выходе передатчика.

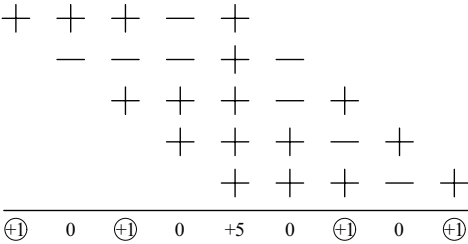


Рис. 5. Результат обработки приёмника

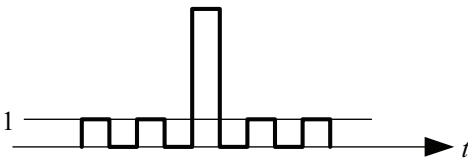


Рис. 6. Сигнал на выходе приёмника (использование пятиэлементной последовательности Баркера)

Оценим также выигрыш использования рассматриваемого варианта обработки последовательности по соотношению затраченной мощности сигналов на передаче при различных весовых коэффициентах входной последовательности. Коэффициент эффективности энергетических затрат оценим по отношению максимальной амплитуды (пика) выходного сигнала к величине затраченной энергии на передаче (коэффициент энергетических затрат):

$$K_3 = \left(\frac{E_{\max}}{E_{\text{зп}}} \right)^2, \quad (2)$$

где E_{\max} – максимальное значение амплитуды главного лепестка (пика) на выходе передатчика; $E_{\text{зп}}$ – значение амплитуды, пропорциональное энергии затраченной при передаче.

Обе величины выражаются в условных энергетических единицах. В нашем случае имеем:

$$K_3 = \left(\frac{E_{\max}}{E_{\text{зп}}} \right)^2 = \frac{5}{5} = 1. \quad (3)$$

Перейдём к рассмотрению сути предложения в соответствии с [1, 2]. Введем весовой множитель N при некоторых отводах приемника и передатчика. Предлагаемая обработка сигнала на передаче представлена на рис. 7.

Полученная кодировка обработки сигнала на приемной стороне представлена на рис. 8.

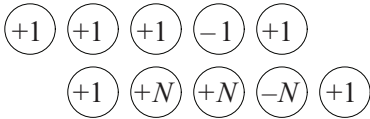


Рис. 7. Исходные и предлагаемые последовательности обработки сигнала на передаче



Рис. 8. Алгоритм обработки сигнала приёмником

Подставим вместо N разные числовые коэффициенты (для схемы на рис. 1) с числом элементов, равным 5.

Вместо аналитического описания для наглядности используем табличную форму представления сигналов.

Рассмотрим сказанное на примере использования коэффициента $N = 2$. Результаты представлены в таблице 1.

Оценим выигрыш при $N = 2$ в соответствии с ранее предложенными формулами оценки (1), (2). Тогда коэффициент защиты

$$K_3 = \left(\frac{E_{\max}}{E_{\min}} \right)^2 = \left(\frac{14}{2} \right)^2 = 49, \quad (4)$$

а коэффициент энергетических затрат

$$K_9 = \left(\frac{E_{\max}}{E_{\text{зп}}} \right)^2 = \left(\frac{14}{8} \right)^2 = 3,063. \quad (5)$$

Несложно заметить, что центральный лепесток при $N = 2$ значительно выше значения центрального лепестка при $N = 1$. Состояние боковых лепестков улучшилось, так как максимальная величина бокового лепестка сохранилась равной единице и в то же

время значительной части временных интервалов значение боковых лепестков стало равным нулю. Данную последовательность можно передать, затратив значительно меньшее количество энергии. При введении коэффициента $N = 2$ наблюдается выигрыш по затратам энергии в 3,06 раза.

Как видно из таблицы 2, коэффициент защиты при условии отбрасывания отрицательных боковых лепестков выходной последовательности составляет

$$K_3 = \left(\frac{E_{\max}}{E_{\min}} \right)^2 = \left(\frac{77}{5} \right)^2 = 237,16. \quad (6)$$

При этом энергетический выигрыш составляет

$$K_9 = \left(\frac{77}{17} \right)^2 = 20,51. \quad (7)$$

Представляет также интерес использования коэффициента $N = 3$. Результаты обработки при $N = 3$ представлены в таблице 3.

На основании информации таблицы 3 имеем:

Результаты обработки сигнала при $N = 2$

Состояние	Передача				Приём				
Исходные	+1	+2	+2	-2	+1	+1	-2	+2	+2
Результат	+1	0	0	0	+14	0	0	0	+1

Таблица 1

Результаты обработки сигнала при $N = 5$

Состояние	Передача				Приём				
Последовательность	+1	+5	+5	-5	+1	+1	-5	+5	+5
Результат	+1	0	-15	0	+77	0	-15	0	+1

Таблица 2

Результаты обработки сигнала при $N = 3$

Состояние	Передача				Приём				
Последовательность	+1	+3	+3	-3	+1	+1	-3	+3	+3
Результат	+1	0	-3	0	19	0	-3	0	+1

Таблица 3

Таблица 4

Результат обработки 3-элементной последовательности при $N = 5$

Состояние	Передача		Приём			
Последовательность	+1	+5	+1	-1	+5	+1
Результат	-1	0	+27	0	-1	

$$K_3 = \left(\frac{E_{\max}}{E_{\min}} \right)^2 = \left(\frac{19}{3} \right)^2 = 40,11, \quad (8)$$

$$K_9 = \left(\frac{19}{11} \right)^2 = 2,98347. \quad (9)$$

В формулах (8) и (9) показана возможность использования разных весовых коэффициентов в разных позициях передатчика и соответственно приёмника.

Рассмотрен один из параметров (коэффициентов) эффективности использования весовых коэффициентов. Однако имеется и недостаток подобной кодовой обработки, независимый от коэффициента N . Он заключается в том, что увеличивается время передачи одного символа информации. В принципе, вопрос этот решаем, хотя в настоящей статье не рассматривается.

Представляют интерес результаты выигрыша при использовании коротких кодовых последовательностей. Рассмотрим, например, использование трехэлементной последовательности с коэффициентом $N = 5$. Результат представлен в таблице 4.

При этом имеем выигрыш:

$$K_3 = \left(\frac{E_{\max}}{E_{\min}} \right)^2 = \left(\frac{27}{3} \right)^2 = 81; \quad (10)$$

$$K_9 = \left(\frac{17}{7} \right)^2 = 14,161. \quad (11)$$

Преимущество использования трёхэлементной последовательности заключается в том, что передача и обработка одного элемента исходной информации требует меньше времени.

При сохранении максимального первоначального уровня сигнала на выходе приёмника можно понизить уровень входного сигнала передатчика на величину центрального лепестка используемой кодовой последовательности. Это означает повышение защищённости передаваемого сигнала, доведение его до уровня шумов и даже понижение уровня сигнала ниже уровня шумов, что обеспечивает скрытность передачи. Одновременно это означает устранение несанкционированного доступа к информации. ■

Литература

1. Пат. РФ RU 2510930 МПК H03M 13/00. Мухамедзянов М.С., Рожкин А.В. Способ передачи цифровых сигналов. Опубликовано: 10.04.2014 Бюл. № 10.
2. Пат. РФ КГ 2656994 МПК P03B 13.00 P06A 17.15. Мухамедзянов М.С., Рожкин А.В. Способ передачи цифровых сигналов. Опубликовано 07.06.2018. Бюл. №16.
3. Шестов Н.С. Выделение оптических сигналов на фоне случайных помех. М.: Советское радио, 1967. 352 с.
4. Семенов А.М., Сикарев А.А. Широкополосная радиосвязь. М.: Воениздат, 1970. 280 с.
5. Кларк-мл. Дж., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1987. 392 с.
6. Мановцев А.П. Введение в цифровую радиотелеметрию. М.: Энергия, 1997. 358 с.
7. Теория электрической связи / под ред. проф. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1998. 432 с.
8. Максименко В.Н., Афанасьев В. В., Волков Н.В. Защита информации в сетях подвижной связи / под ред. д-ра техн. наук, проф. О.Б Макаревича. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 360 с. ISBN 978-5-9912-0009-7.

Bibliography

1. Pat. RF EN 2510930 IPC H03M 13/00. Mukhamedzyanov M.S., Rozhkin A.V. Method of transmission of digital signals [Pat. RF RU 2510930 MPK H03M 13/00. Mukhamedzyanov M.S., Rozhkin A.V. Sposob peredachi tsifrovyykh signalov]. Published: 10.04.2014 Bulletin No. 10.
2. Pat. RF KG 2656994 IPC P03B П06А 13.00 17.15. Mukhamedzyanov M.S., Rozhkin A.V. Method of transmission of digital signals [Pat. RF KG 2656994 MPK R03' 13.00 P06A 17.15. Mukhamedzyanov M.S., Rozhkin A.V. Sposob peredachi tsifrovyykh signalov]. Published 07.06.2018. Bul. № 16.
3. Shestov N.S. Allocation of the optical signals on the background of random noise [Shestov N.S. Vydelenie opticheskikh signalov na fone sluchajnykh pomekh]. M.: Soviet radio, 1967. 352 p.
4. Semenov A.M., A.A. Sigarev Broadband radio [Semenov A.M., Sikarev A.A. SHirokopolosnaya radiosvyaz']. M. : Voenizdat, 1970. 280 c.
5. Clark, Jr., Kane J. Coding with error correction in digital communication systems [Klark-m.l. Dzh., Kejn Dzh. Kodirovanie s ispravleniem oshibok v sistemakh tsifrovoj svyazi] / Transl. from English. – M. : Radio and communication, 1987. 392 p.
6. Manovtsev P. Introduction to digital radiometry [Manovtsev A.P. Vvedenie v tsifrovuyu radioteleometriyu]. M. : Energy, 1997. 358 p.
7. Theory of electric communication [Teoriya ehlektricheskoy svyazi] / under the editorship of Professor D.D. Klovsky. – Moscow: Radio and communication, 1998. 432 p.
8. Maksimenko V.N., Afanasiev V.V., Volkov N.V. Information security in mobile communication networks [Maksimenko V.N., Afanas'ev V.V., Volkov N.V. Zashhita informatsii v setyakh podvizhnoy svyazi] / under the editorship of Doc. of tech. sciences, Professor O.B. Makarevich. – M.: Goryachaya liniya – Telecom, 2007. 360 p. ISBN 978-5-9912-0009-7.

Статья сдана в редакцию 26 ноября 2018 года

УДК 656.138

М.Б. Петров, К.Б. Кожов

Новые возможности и новые проблемы перехода к электрическим транспортным технологиям

UDC 656.138

M.B. Petrov, K.B. Kozhov

New opportunities and new challenges of transition to electric transport technologies

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы оценки тенденций развития электромобилей в мире и в России в качестве одной из альтернативных технологий автомобилестроения. Проанализированы процессы, влияющие технологически и экономически на темпы и масштабы электрификации автомобильного транспорта. Дан обзор альтернатив в транспортно-энергетических технологиях для легкового автомобилестроения. Показано, что процессы расширения применения электропривода оказывают системное воздействие на национальную экономику как со стороны производства, так и в сфере использования электромобилей.

Электрификация транспорта рассматривается как закономерное направление технологического развития страны. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны, возможности и угрозы массового перехода на электромобили. На примере легкового транспорта описаны предпосылки к сдвигам в сторону электропотребления. Поставлен вопрос о системной оценке эффективности нового направления в энергетическом обеспечении транспорта. В частности, необходимо учитывать энергетические и неэнергетические, транспортные и нетранспортные эффекты. Изменение потребности в энергии важно оценивать по всему

энергетическому циклу – от добычи первичных энергоносителей до потребления конечной энергии в транспортных процессах. Особое внимание в статье обращено на формирование в транспортном секторе импульса к дополнительному росту спроса на электроэнергию и обострению проблемы обеспечения адекватного развития электроэнергетики. При разности продолжительности инвестиционных лагов создания и развития рассматриваемых объектов в перспективной электрификации транспорта мы имеем потенциальный источник угрозы надежности балансирования производства и потребления электрической энергии и мощности. Допущенное

Статья рекомендована к публикации В.А. Антроповым, д-ром экон. наук, профессором Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: antrvl49@yandex.ru.

Михаил Борисович Петров, д-р техн. наук, к-т экон. наук; руководитель Центра развития и размещения производительных сил Института экономики УрО РАН; Екатеринбург, Россия. E-mail: michpetrov@mail.ru.

Константин Борисович Кожов, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Центра развития и размещения производительных сил Института экономики УрО РАН; Екатеринбург, Россия. E-mail: jefytt11@mail.ru.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, РФФИ (проект № 16-06-00464 А).

The article is recommended for publication by V.A. Antropov, Doctor of Science, Economics, Professor, Ural State University of Railway Transport. E-mail: antrvl49@yandex.ru.

Mikhail Borisovich Petrov, Doctor of engineering, Candidate of Economics, Head of the Center for development and deployment of productive forces of the Institute of Economics of RAS; Ekaterinburg, Russia. E-mail: michpetrov@mail.ru.

Konstantin Borisovich Kozhov, Candidate of technical sciences, Senior researcher at the center for development and deployment of productive forces of the Institute of Economics of RAS; Ekaterinburg, Russia. E-mail: jefytt11@mail.ru.

The study was carried out with the partial financial support of the Russian Foundation for basic research, RFBR (project № 16-06-00464 A).

отставание и обострение неравномерности технического прогресса различных отраслей российской экономики создает ложную картину отсутствия выраженного спроса на электроэнергию.

Ключевые слова: легковой автомобиль, топливно-энергетические технологии, электромобиль, энергетический и неэнергетический эффект, спрос на электроэнергию.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-33-45

Abstract

The article deals with the assessment of trends in the development of electric vehicles in the world and in Russia as one of the alternative technologies of the automotive industry. The article analyses the processes that influence technologically and economically at the pace and scale of electrification of road transport. An overview of alternatives in transport and energy technologies for the automotive industry is

given. It is shown that the processes of expanding the use of the electric drive have a systemic impact on the national economy both from the production and in the use of electric vehicles. Electrification of transport is considered as a natural direction of technological development of the country. The positive and negative sides, opportunities and threats of mass transition to electric vehicles are considered. On the example of passenger transport, the prerequisites for shifts in the direction of electricity consumption are described. The question of system assessment of efficiency of the new direction in power supply of transport is raised. In particular, energy and non-energy, transport and non-transport effects should be taken into account. It is important to assess changes in energy demand throughout the energy cycle, from primary energy production to final energy consumption in transport processes.

Particular attention is paid to the formation of the momentum in the transport sector to the additional growth in demand for electricity and the aggravation of the problem of ensuring adequate development of the electric power industry. With the difference in the duration of investment lags for the creation and development of the objects under consideration in the prospective electrification of transport, we have a potential source of threat to the reliability of balancing the production and consumption of electric energy and power. The allowed lag and aggravation of unevenness of technical progress of various branches of the Russian economy creates a false picture of absence of the expressed demand for the electric power.

Keywords: passenger car, fuel and energy technologies, electric vehicle, energy and non-energy effect, demand for electricity.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-33-45

Введение

На бурный рост количества автомобилей в российских городах оказывают решающее влияние долговременные социально-экономические факторы: рост мелкотоварного сектора и количества юридических лиц, развитие оптовой и розничной торговли, всей сферы обращения, изменение структуры материального производства и вслед за этим структуры видов транспорта, перевозящего грузы, интенсивная автомобилизация населения и рост доли индивидуального транспорта в пассажирских местных перевозках.

Именно автомобильный транспорт стал крупнейшим загрязнителем и источником выбросов в большинстве городов, а также крупнейшим потребителем

горюче-смазочных материалов. Необходимость искать инновационные пути снижения экологической нагрузки и повышения энергоэффективности транспорта приводит к росту интереса к возможностям электрификации транспорта; в данном случае речь идет главным образом об индивидуальном и общественном безрельсовом транспорте. Изучение и оценка таких возможностей крайне важны как с точки зрения прогноза потребности и спроса на сами транспортные средства и их инфраструктуру, так и с позиции энергетического прогнозирования. Последние годы из-за медленного роста экономики нет явного роста электропотребления. Однако ценность адекватного сценарного прогнозирования потребности в электроэнергии как никогда велика. Электроэнергетика

постепенно выходит на пределы своих производственных возможностей. И если сегодня еще мы сталкиваемся лишь с экономическими ограничениями, исходящими от нее в связи с нерациональными затратами и завышенным уровнем цен и тарифов, то скоро может проявиться ограничение по мощности и вырабатываемой энергии. Цикл создания энергетических мощностей более длинный, чем у большинства потребителей энергии, следовательно, велики временные лаги по решениям в сфере управления развитием этой отрасли.

В настоящей статье ставится задача проанализировать процессы, влияющие технологически и экономически на темпы и масштабы электрификации автомобильного транспорта, экономические последствия распространения в российских городах и регионах электромобилей и дать оценку возможных изменений в тенденциях топливно-энергетического баланса, прежде всего потребностей в электроэнергии.

Одним из направлений решения проблемы экологической нагрузки от автомобильного транспорта могло бы стать внедрение электромобилей. Однако у нас нет достаточной локализации в рамках национальной экономики цикла производства электромобилей, что затрудняет освоение массового производства этой техники даже при наличии хорошего задела (большого числа научно-исследовательских организаций, накопленного технологического опыта, в том числе и в оборонной сфере, высококвалифицированного управленческого и технического персонала). Нет никаких решений по развитию инфраструктуры энергообеспечения электромобилей, что не позволяет расширять их парк за счет импорта готовых машин. Отсутствие внимания к этой теме, видимо, не позволит в ближайшие годы преодолеть технологическое отставание в этой сфере от Запада и, как следствие, приведет к потере потенциальных конкурентных преимуществ в электромобилестроении, имеющих в России. Наличие технологических предпосылок

для освоения производства электромобилей проявляется, например, в интересе к ним на некоторых предприятиях оборонно-промышленного комплекса в рамках трансферта технологий и поиска вариантов замещения на перспективу части оборонного заказа продукцией гражданского назначения. Так, уже появилось сообщение, что концерн «Калашников» разработал концепцию производства легковых электромобилей [1].

Анализ тенденций использования имеющихся топливно-энергетических технологий в легковом автомобилестроении

Как ожидается, в ближайшей перспективе произойдет выход мировой добычи нефти на максимум. С учетом этого производство автомобильного топлива (дизельное топливо, бензин) также выйдет на определенный уровень и не сможет покрывать дальнейший рост потребности из-за все возрастающего количества автомобилей в мире. Для замещения нефтяных топлив потребуются переход к массовому использованию на транспорте других видов энергии.

Можно выделить пять перспективных топливно-энергетических технологий (ТЭТ) на транспорте: 1) на традиционных двигателях внутреннего сгорания (ДВС) на бензине и дизельном топливе; 2) на природном газе (газомоторное топливо (ГМТ)); 3) на биотопливе (этанол, биодизель, синтез-газ (диметиловый эфир)); 4) на электроэнергии (электромобили); 5) на комбинированном использовании источников энергии (гибридные автомобили) (рис. 1).

В перспективе доля технологии на основе бензина и дизельного топлива будет снижаться; к 2040 г. снизится по различным оценкам до 70–75 %. В России же эта доля, по-видимому, сохранится на более высоком уровне.

Вторым типом ТЭТ выступает газомоторное топливо [2, 3, 4]. В качестве ГМТ используется компримированный (сжатый) природный газ (КПГ). Компримирование газа (метана) до

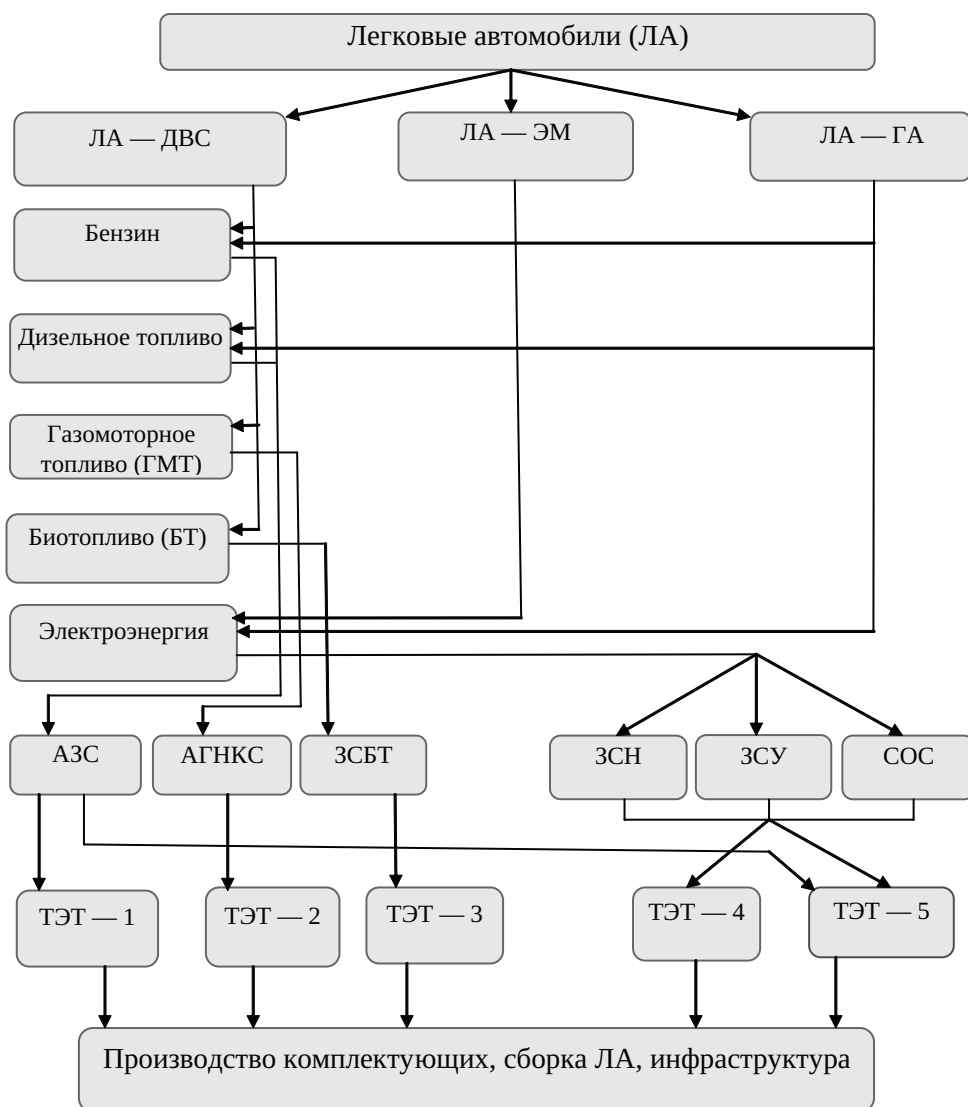


Рис. 1. Схема развития топливно-энергетических технологий для легковых автомобилей в России

ЭМ – электромобиль; ГА – гибридный автомобиль; ДВС – двигатель внутреннего сгорания; СОС – специальная обменная станция; АЗС – автомобильная заправочная станция; АГНКС – автомобильная газонаполнительная компрессорная станция; ЗСБТ – заправочная станция биотоплива; ЗСН – зарядная станция нормальной зарядки; ЗСУ – зарядная станция ускоренной зарядки

давления 200–250 бар для использования в качестве топлива в ДВС производится в автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС), куда газ поставляется от

магистральных трубопроводов. КПП используется на легковых автомобилях, пассажирском и грузовом транспорте, коммунальной технике. Компримированный природный газ относится

к наиболее экологичным видам топлива и соответствует стандарту «Евро-5»/«Евро-6» бензиновых двигателей [5]. Очевидно, именно газ на ближайшую перспективу станет ведущим видом моторного топлива. По суммарному загрязнению окружающей среды использование ГМТ может быть предпочтительнее электромобилей, поскольку значительная доля электроэнергии вырабатывается на угольных электростанциях. При этом перевод автомобилей с ДВС на сжигание ГМТ не потребует таких значительных затрат по сравнению с переходом на другие типы ТЭТ. В поддержку использования ГМТ для заправки автомобилей в России можно сказать о наличии развитой инфраструктуры – развернутая сеть газозаправочных станций по всей стране. Россия – страна газодобывающая и способна обеспечивать относительно низкие цены на ГМТ по сравнению с качественным бензином. ГМТ, наряду с бензиновым топливом, хорошо зарекомендовало себя при низких температурах, что крайне актуально в зимний период.

Переводу на газ легковых автомобилей поспособствует и положительный опыт широкомасштабного применения газа на общественном и грузовом транспорте. Планируется к 2020 г. в крупных городах до 50 % общественного транспорта и автотехники коммунальных служб перевести на природный газ. В настоящее время в России парк машин на природном газе насчитывает около 150 тыс. ед., станций заправки транспорта газомоторным топливом – 320 ед., а к 2020 г. планируется довести их численность до 500. Крупные потребители ГМТ на Урале: Свердловская и Челябинская области, Башкортостан. В ряде городов Урала введены в эксплуатацию автобусы на КППГ. Долгое время одним из препятствий для увеличения доли рынка ГМТ было отсутствие выпуска новых серийных легковых и грузовых автомобилей и автобусов, работающих на КППГ. В настоящее время в России выпускаются грузовые автомобили на газе (КамАЗ, ГАЗ),

автобусы ЛиАЗ. Начато производство и легковых автомобилей на газе (Lada Vesta и Ford Focus).

Третий тип ТЭТ включает в себя транспортное биотопливо, которое подразделяется на жидкое (для ДВС – этанол, метанол, биодизель) и газообразное (синтез-газ, биогаз, водород).

Расширению использования биотоплива может способствовать введение обязательных норм, требующих иметь определенный процент биотоплива в общем потреблении. Такие нормы разрабатываются на национальном и региональном уровне во многих странах Европы.

В России пока биотопливо применяется мало – нет достаточного объема сырья для его производства и разработанных технологий. Для производства этанола используют сахарный тростник и зерно, для биодизеля – сою и рапс. Это традиционное биотопливное сырье культивируется в основном в южных странах (США, Бразилия и др.) [6].

Однако уже сегодня на более чем 300 шведских заправочных станциях можно приобрести новое дизельное биотопливо. Швеция стала первой страной в мире, где можно заправлять машины эко-дизелем, сделанным на основе масла шведских сосен. Это также способствует более полному использованию многих ценных составляющих леса, увеличению количества рабочих мест и улучшению экологии. Освоение технологий полного использования лесных отходов в России позволит эффективней использовать отходы лесозаготовительной деятельности и вырабатывать биодизель для заправки легковых и грузовых автомобилей.

В качестве другого достаточного эффективного биотоплива может рассматриваться диметиловый эфир, который производят как из угля, природного и попутного газа, так и из биомассы. Большое количество диметилового эфира получают из отходов целлюлозно-бумажного производства. Диметиловый эфир – экологически чистое топливо, без содержания серы, содержание оксидов азота в выхлопных газах на 90 %

меньше, чем у бензина. Применение диметилового эфира не требует специальных фильтров, но необходима переделка систем питания (установка газобаллонного оборудования, корректировка смесеобразования) и зажигания двигателя. Без переделки его можно применять на автомобилях с LPG-двигателями при 30%-ном содержании в топливе. Сжигание диметилового эфира происходит при небольшом давлении.

В июле 2006 г. Национальная комиссия развития и реформ (NDRC) (Китай) приняла стандарт использования диметилового эфира в качестве топлива. Китайское правительство будет поддерживать развитие диметилового эфира как возможную альтернативу дизельному топливу. Китай планирует производить 5–10 млн т диметилового эфира в год.

На фоне такого большого интереса к диметиловому эфиру в мире необходимо создавать проекты по его производству и на территории России. Департамент транспорта и связи Москвы подготовил проект постановления городского правительства «О расширении применения диметилового эфира и других альтернативных видов моторного топлива» [7]. Автомобили с двигателями, работающими на диметиловом эфире, разрабатывают КамАЗ, Volvo, Nissan и китайская компания SAIC Motor.

Производство диметилового эфира – крайне электроемкий процесс, так как на одной из стадий требуется получение свободного водорода. Включением в энергетический баланс доступных возобновляемых источников энергии можно сделать всю цепочку производства экономически целесообразной. В частности, в условиях России целесообразно реализовать пилотный проект в Ямало-Ненецком округе, где можно использовать энергию ветра для выработки электроэнергии для электролизеров и остаточный низконапорный природный и попутный газ для получения сырья для диметилового эфира. Освоение комплекса взаимосвязанных производств, направленных на появление диметилового эфира, представляет

собой большой межрегиональный проект по созданию оборудования, химического производства, транспортной сети – «Большой уральский ветроводородный мегапроект» [8].

Четвертый тип ТЭТ – электромобили (ЭМ); темпы роста этого сегмента составляют 70–80 % в год. К концу 2016 г. общее количество электромобилей в мире достигло 2 млн ед., а количество мест для их электрозарядки выросло в десять раз. В 2017 г. мировые продажи электромобилей составили 1,2 млн шт., только компания Tesla продала 100 тыс. электромобилей (а в России – всего 95 электромобилей) [9]. В 2020 г. продажи электромобилей могут достигнуть: в Германии – 1 млн ед., в США – 1 млн ед., во Франции – до 2 млн ед., в Китае – до 5 млн. К 2040 г. мировой парк электромобилей превысит 150 млн ед., а его доля в общемировом автопарке составит 8 %.

Электромобили, в отличие от автомобилей с ДВС, имеют небольшой пробег на одном заряде и высокую стоимость. Используемая литий-ионная аккумуляторная батарея – очень дорогая в производстве и служит всего 5–10 лет. Величина пробега автомобиля зависит от емкости аккумуляторной батареи, характера и условий движения, степени использования вспомогательных систем. В настоящее время средняя дальность использования электрического автомобиля на одном заряде составляет 150–200 км, в перспективе дальность увеличится до 300–400 км. При этом немаловажную роль играет время зарядки аккумулятора электромобиля: нормальная зарядка от бытовой электросети – до 8 ч, ускоренная зарядка на специальных станциях – до 1 ч. Наиболее быстрый способ – замена разряженной батареи на заряженную (на специальных обменных станциях).

В России парк электромобилей – около 1000 ед. Высокая стоимость и минимальный спрос как следствие отсутствия инфраструктуры, а также не совсем благоприятный для электролитической технологии климат тормозят рост

количества электромобилей в России. Основная причина их дороговизны – импортное происхождение и крайне медленное освоение производства в России. Электромобиль Mitsubishi i-MiEV стоит 2,9 млн руб., Tesla Model X – 14 млн [9]. Для увеличения ввоза, а лучше собственного производства электромобилей в стране необходимо создание условий для поддержки спроса на них, например, введение льготных тарифов на платных дорогах, бесплатные парковки и зарядные станции в городах, возможность двигаться по выделенным полосам для общественного транспорта, нулевой транспортный налог и упрощение бюрократических процедур при строительстве зарядных станций, введение каршеринга. Внедрение в настоящее время беспилотных такси в городах России [10] и использование в качестве такси электромобилей, конечно же, способствует увеличению спроса на легковые электромобили и создаст стимул для развертывания их производства на отечественных предприятиях.

Пятый тип ТЭТ – гибридные автомобили, использующие для привода колес более одного источника энергии. В основном в гибридных автомобилях совместно используются ДВС и электродвигатель (ЭД). Преимущество гибридного автомобиля: исключение работы

ДВС в режиме малых нагрузок, возможность рекуперации кинетической энергии для повышения топливной эффективности силовой установки. Основными причинами роста спроса на гибридные автомобили в мире стали высокие цена на нефть и экологические ограничения. Гибридные автомобили стали компромиссным решением таких недостатков электромобилей, как значительная масса аккумуляторов и необходимость их длительной зарядки, неразвитая инфраструктура зарядных станций и сравнительно небольшая дальность пробега [11].

Очевидно, речь не идет о предпочтении в качестве единственного или основного на перспективу какого-либо одного типа энергетической установки автомобиля. Видимо, лишь комплексное их использование даст наибольший эффект как с энергетической, так и с экологической точек зрения. Вопрос заключается в нахождении их оптимального соотношения. Относительные оценки преимуществ и недостатков легковых автомобилей России, построенных по различным технологиям автомобильного транспорта, представлены в таблице 1.

Таким образом, следует ожидать реализацию того или иного варианта диверсификации типов энергетических

Таблица 1

Относительные ранговые оценки топливно-энергетических технологий легковых автомобилей России (составлено авторами)

Показатель	ТЭТ-1	ТЭТ-2	ТЭТ-3	ТЭТ-4	ТЭТ-5
Затраты на топливо (электроэнергию)	5	3	4	1	2
Вредные выбросы (экологичность)	5	3	4	1	2
КПД двигателя	5	3	4	1	2
Надежность двигателя	5	3	4	1	2
Экономия углеводородного топлива	5	3	4	1	2
Шумовое загрязнение	3	3	3	1	2
Стоимость автомобиля	1	2	3	4	5
Степень автономности	1	2	3	5	4
Зарядки аккумулятора	1	1	1	3	2
Неразвитость инфраструктуры зарядных станций	1	1	1	3	2

Примечание: рейтинг автомобиля с ТЭТ по показателям: 1 – наилучший, ..., 5 – наихудший.

установок на автомобильном транспорте.

На транспортный сектор приходится около 30 % конечного потребления энергии [12]. Поэтому тенденции в энергетических технологиях любого вида транспорта могут очень ощутимо влиять на общую потребность и структуру видов производимой энергии, то есть развитие транспортных технологий повлияет на развитие энергетики.

Массовое развитие электромобилей в России может привести к качественным трансформациям в энергетическом комплексе и увеличению спроса на электроэнергию.

Развитие электромобилистования в России: за и против

В ряде развитых стран наблюдается довольно бурный рост парков и производства электромобилей. Основные причины и факторы: необходимость снижения выбросов парниковых газов; рост цены моторных топлив, наличие успешных проектов и освоение новых технологий на транспорте, постепенное снижение стоимости электромобилей по отношению к автомобилям, возникновение сетей по обслуживанию электромобилей, совершенствование организации зарядки их аккумуляторных батарей, активная государственная политика, направленная на поддержку этого типа транспортных средств.

В России технологические и конструкторские разработки по электромобилям находятся на начальной стадии (ПАО «АвтоВАЗ», государственная корпорация «Ростехнологии», концерн «Калашников»). Так, в 2011 г. создан российский электромобиль «ВАЗ Еlлада» и готовится его мелкосерийное производство (цена 1,2 млн руб.). Пока только лишь прорабатываются законодательные инициативы поддержки производства и эксплуатации электромобилей. Для нашей страны проблема загрязнения воздуха пока не столь остра, как в странах с гораздо большей плотностью населения, а производство

органического топлива имеется в достаточном объеме на основе отечественного сырья. Поэтому на начальном этапе развития электромобилей естественными зонами его приоритетного применения могут стать крупнейшие города и курортные зоны России. В Москве начато массовое использование электробусов. В сентябре 2018 г. на городские маршруты запустили электробусы «НефАЗ» и ультрабыстрые зарядные станции (зарядка электробуса занимает 8 мин) [13]. В России также производится электробус «Тролза 52501», разработанный производителем троллейбусов (г. Энгельс). Электробус позволил исключить недостатки автобусов (вредные выбросы) и троллейбусов (контактная сеть). Потребление электробусом электричества снижено на 35–40 % по сравнению с обычным троллейбусом благодаря микропроцессорной системе управления тяговым приводом и рекуперативному торможению. Электробус в два раза экономичнее троллейбуса и в шесть раз автобуса.

Электрификация постепенно затрагивает также грузовой и производственный транспорт. Горьковский автомобильный завод выпускает фургон ГАЗ Next Electro, собранный на основе иностранных комплектующих. КамАЗ уже приступил к разработке автобусов, мусоровозов и эвакуаторов с электрическим приводом. Пока большинство комплектующих для электромобилей поставляется из-за рубежа. Предприятие «Автономные источники тока» начало производство литий-ионных аккумуляторов для отечественных электромобилей. Электробус «Тролза 52501» использует отечественные аккумуляторные батареи производства ООО «Лиотех», которые обеспечивают его работу в течение смены без подзарядки (заряд батарей позволяет пройти путь длиной 250 км). Время подзарядки используемых литий-ионных накопителей составляет около 3 ч. Развитием зарядной инфраструктуры в России занимается фирма Revolta. В планах этой фирмы создание

2000 зарядных станций по всей территории России.

Однако рынок электромобилей пока не сформирован, особенно в сегменте легковых машин. За исключением Москвы инфраструктура для электромобилей практически отсутствует.

Сильные и слабые стороны электромобилей в России сведены в таблицу 2.

В стимулировании развития электромобилей есть неоспоримые преимущества (экологичность, технологическая перспективность, потенциальный рост энергоэффективности), позволяющие им занять соответствующую нишу в совокупном транспорте России.

Однако все эти преимущества удастся реализовать при условии освоения в России всего комплекса основных

и обеспечивающих производств, направленных на электрический транспорт. Как и в других сферах, Россия здесь стоит перед выбором между развитием на основе импорта с локализацией преимущественно сборочных и сервисных производств и созданием собственной индустрии полного цикла. При этом принятая Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 г. [14] направлена на обеспечение импортозамещения продукции и технологий, нацелена на развитие производства автокомпонентов и локализации производства автомобильной техники на территории России, на заключение долгосрочных контрактов между автосборочными предприятиями

Таблица 2

Преимущества и недостатки применения электромобилей (ЭМ) в России

Преимущества и факторы перспективности ЭМ	Слабые стороны и ограничения ЭМ
Ужесточение экологических требований к транспорту	Неразвитость инфраструктуры эксплуатации
Удорожание качественных органических топлив	Риски менее надежной эксплуатации в зимнее и ночное время (повышенный разряд батарей)
Более высокий КПД	Ограниченная автономность
Лучшая ремонтпригодность	Высокое время заряда батарей
Потенциально более простая организация заряда батарей по сравнению с автозаправочной станцией	Сравнительно высокая цена
Перспективы удешевления эксплуатации	Необходимость массовой утилизации аккумуляторов
Отсутствие выбросов в атмосферу	Требовательность к масштабам и качеству инфраструктуры
Экономия углеводородного топлива	Неразвитость производства комплектующих (двигатели, батареи)
Низкое шумовое загрязнение	
Стимулирование технологического прогресса в промышленности	
Возможности гибридного транспорта и расширения альтернатив способов энергообеспечения транспорта	
Рост доли электроэнергии в топливно-энергетическом балансе	
Возможности уплотнения суточных графиков электропотребления	
В перспективе возможность создания на базе электромобиля мобильных автономных систем на возобновляемых источниках энергии	

и российскими производителями автокомпонентов. Стратегия содержит и ряд исследовательских и пилотных проектов по развитию зарядной инфраструктуры и производству электромобилей.

Энергетические и неэнергетические эффекты развития электромобилей в России

Эффективен ли электромобиль по сравнению с традиционным автомобилем? С точки зрения исходной цели его создания — уменьшение нагрузки на окружающую среду, видимо, да. Однако экологическим фактором оценка эффективности не ограничивается. Поскольку электрификация транспорта затрагивает энергетический баланс, необходимо оценивать еще и энергетическую эффективность. Кроме того, как и любой проект, переход к электромобилям должен показывать экономическую эффективность различных уровней. Таким образом, полная оценка эффективности является многокритериальной.

Не ставя перед собой в этой статье задачу многокритериальной оценки, рассмотрим подробнее энергетический аспект эффективности. То есть обратим внимание на воздействие массового применения электрической тяги на безрельсовом транспорте на баланс производства и распределения энергии. Рост числа электромобилей будет означать изменение структуры конечного потребления энергии на транспорте, снижая сжигание органического топлива непосредственно в транспортном потреблении и повышая потребность транспорта в электроэнергии.

По различным данным, до сих пор около половины нефти в мире потребляется в виде топлива для автомобильного транспорта. В России на нужды автомобильного транспорта расходуется 14 % добываемой в стране нефти, из них 46 % приходится на легковые автомобили. По данным аналитического агентства «Автостат», в 2015 г. автотранспорт в России потребил

64 млн т топлива, в том числе бензина — 38,6 млн т (60,3 %) и дизельного топлива — 24 млн т (37,5 %) [15]. Энергопотребление автотранспорта необходимо оценивать в составе суммарного энергопотребления и соотносить с потреблением других форм энергии, поскольку, как показано выше, существуют предпосылки к переходу к использованию на автомобильном транспорте электрической энергии.

Средний годовой пробег автомобиля в России составляет 16 тыс. км, а общий парк достиг 50 млн, из них 42 млн — легковые автомобили, потребляющие в среднем 6–7 кг топлива на 100 км пути при суммарном годовом пробеге 672 млрд км. Электромобиль Tesla Model S на 100 км пути расходует 23,6 кВт·ч электроэнергии [16]. Примем эту величину за основу нашей оценки динамики роста электропотребления на тягу безрельсового легкового транспорта. Если будет переведено на электричество лишь 3 % автомобилей, то спрос на электроэнергию в стране возрастет на 4,8–5 млрд кВт·ч, что потребует работы дополнительной генерирующей мощности до 1000 МВт. Казалось бы, это немного — менее одного процента от существующих. Но важно вовремя заметить новую тенденцию. Если описываемый процесс наберет динамику, то счет пойдет на гигаватты, при том, что ввод электрогенерирующих мощностей в 2017 г. в России составил 3,6 ГВт. Рост спроса на электроэнергию ускоряется за счет вывода на полную мощность целого ряда энергоемких предприятий. При этом нарастание износа энергооборудования электростанций потребует ускорения выбытия мощностей. А значит, по отношению к намечаемому приросту генерирующих мощностей со стороны электромобилей мы имеем ощутимое увеличение потенциального спроса на электроэнергию [17, 18]. Такова оценка энергетических эффектов. Однако в условиях поставленных целей новой индустриализации и импортозамещения при ужесточаемых против России внешнеэкономических санкциях

важно анализировать и неэнергетические, технологические эффекты [19].

Так, применение электромобилей стимулирует развитие микропроцессорной техники для управления электродвигателем и другими системами, развитие технологий электрохимических источников тока, включая аккумуляторы большой мощности, которые смогут применяться и в других областях. Для самой энергетики можно использовать эффект уплотнения суточных графиков за счет организации преимущественно ночной работы зарядных станций.

Среди межотраслевых эффектов развитие электромобилей позволит несколько снизить затраты на весь цикл добычи, транспорта и переработки нефти. Поэтому обосновывать решения, связанные с разработкой программ развития тех или иных транспортных и энергетических технологий, необходимо на основе критерия интегральных энергетических затрат.

Проблематичны в настоящее время возможности электроэнергетики, которая оказалась без единого центра и механизма управления развитием, оставшись при этом весьма инерционной отраслью с длинными проектно-строительными лагами и ответом на возникновение новых потребностей в энергии, которые могут быть связаны с желаемым и необходимым сегодня ускорением развития техники и технологии.

Заключение

Электрификация безрельсового автомобильного транспорта – один из вариантов в числе других топливно-энергетических технологий в автомобилестроении. Под воздействием

ужесточения экологических требований, удорожания нефтепродуктов и появления технологических альтернатив отмечается устойчивая тенденция снижения доли автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями внутреннего сгорания, хотя еще долго доля будет оставаться достаточно высокой. Показано, что для России может быть достаточно эффективен переход от бензина к газомоторному топливу, а также к пока еще экзотическому диметиловому эфиру либо водороду как промежуточному продукту производства эфира. Сценарий преимущественного развития легковых электромобилей в России, с одной стороны, позволит улучшить экологическую ситуацию в городах, а, с другой, создаст дополнительный импульс к ускорению роста спроса на электроэнергию, что, как следствие, требует соответствующего отклика со стороны развития электроэнергетики. Необходимо учитывать, что технический прогресс в России будет в значительной мере энергоемким, при этом временные лаги в обеспечивающей такой прогресс отрасли – электроэнергетике – наиболее длинные. Однако даже на примере электромобилей прослеживаются крупные как энергетические, так и технологические (неэнергетические) эффекты их влияния на российскую экономику. Важно в целях превращения потенциальной экономической эффективности в реальную координировано управлять развитием на различных уровнях, в частности, в рамках методов программно-проектного управления. Требуемая в данном случае государственная программа должна быть нацелена на создание собственной индустрии полного цикла на российских предприятиях. ■

Литература

1. «Калашников» планирует создать конкурента Tesla. URL: <https://ria.ru/technology/20180823/1527087784.html?inj=1> (дата обращения: 24.08.2018).
2. Синяк Ю.В., Колпаков А.Ю. Экономические оценки использования в автотранспорте альтернативных моторных топлив на базе природного газа // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2. С. 34–46. ISSN 0868-6351.
3. Пронин Е.Н. Природный газ – моторное топливо XXI века // Транспорт Российской Федерации. 2007. №10. С. 12–14. ISSN 1994-831X.

4. Волков В.С., Каплун С.В., Зеря А.В. Новое оборудование для использования метана в качестве моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. 2008. № 1. С. 40–43. ISSN 2073-1329.
5. Газомоторное топливо. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/ngv-fuel/> (дата обращения: 28.08.2018).
6. Биотопливо для автомобилей – альтернатива бензину и дизелю. URL: <http://energomir.biz/alternativnaya-energetika/biotoplivo/biotoplivo-dlya-avtomobilej.html> (дата обращения: 28.08.2018).
7. Постановление Правительства Москвы от 24 апреля 2007 г. № 290-ПП «О расширении применения диметилового эфира и других альтернативных видов моторного топлива». URL: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/14960220/> (дата обращения: 12.07.2018).
8. Кожов К.Б. Макрорегион на основе электроэнергетической инфраструктуры (раздел в кол. моногр.) // Проблемы инфраструктурного обеспечения пространственного социально-экономического развития макрорегионов / коллектив авторов / под ред. М.Б. Петрова. – Изд. УрО РАН, 2017. С. 20–25.
9. Глава Renault в России назвал препятствие для развития электромобилей. URL: <https://www.rbc.ru/business/31/08/2018> (дата обращения: 31.08.2018).
10. Беспилотное такси в Татарстане. URL: <https://sntat.ru/obrazovanie/mashiny-s-nevidimymi-vozditleyami-v-innopolise-zapustili-pervoe-v-evrop/> (дата обращения: 29.08.2018).
11. Гибридный автомобиль. URL: <http://systemsauto.ru/engine/hybrid.html> (дата обращения: 28.04.2018).
12. Доля моторного топлива в производстве энергии. URL: <https://yandex.ru/images/search?text> (дата обращения: 17.09.2018).
13. Электробусы, изготавливаемые на башкирском «НефАЗе», пустили на улицы Москвы. URL: <https://gtrk.tv/novosti/98708-elektrobussy-izgotavlivaemye-bashkirskom-nefaze-pustili-ulicy-moskvu> (дата обращения: 01.09.2018).
14. Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года. URL: <http://economy.gov.ru/minrec/about/structure/depSectorEconom/2017310512> (дата обращения: 12.07.2018).
15. Потребление топлива автотранспортом в России в 2015 году. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/25742/> (дата обращения: 17.09.2018).
16. Сколько нефти нужно электромобилям? URL: <https://www.rbc.ru/magazine/2014/11/56> (дата обращения: 11.09.2018).
17. Петров М.Б., Кожов К.Б. Новые подходы к прогнозированию в целях управления развитием больших систем территориальной инфраструктуры // Инновационный транспорт, 2017. № 2. С. 3–11. ISSN 2311-164X.
18. Петров М.Б. Энергетическая политика и новая индустриализация России: о роли энергетической политики в развитии страны и регионов // Энергетика Татарстана, 2014. № 35–36. С. 3–6. ISSN 1994-8697.
19. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. М. : Наука, 1983. 465 с.

Bibliography

1. «Kalashnikov» plans to create a competitor of Tesla [«Kalashnikov» planiruet sozdat konkurenta Tesla]. URL: <https://ria.ru/technology/20180823/1527087784.html?inj=1> (date of access: 24.08.2018).
2. Sinyak Y.V., Kolkpakov A.Y. Economic assessment of used vehicles alternative motor fuels based on natural gas [Sinyak YU.V., Kolkpakov A.YU. EHkonomicheskie otsenki ispol'zovaniya v avtotransporte al'ternativnykh motornykh topliv na baze prirodnogo gaza] // Problems of forecasting. 2012. № 2. P. 34–46. ISSN 0868-6351.
3. Pronin E.N. Natural gas-motor fuel of the XXI century [Pronin E.N. Prirodnyj gaz – motornoe toplivo XXI veka] // Transport of the Russian Federation. 2007. № 10. P. 12–14. ISSN 1994-831X.
4. Volkov V.S., Kaplun S.V., Zerya A.V. New equipment to use the methane as a motor fuel [Volkov V.S., Kaplun S.V., Zerya A.V. Novoe oborudovanie dlya ispol'zovaniya metana v kachestve motornogo topliva] // Alternative fuel Transport. 2008. № 1. P. 40–43. ISSN 2073-1329.

5. Gas fuel [Gazomotornoe toplivo]. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/ngv-fuel/> (date of access: 28.08.2018).
6. Biofuel for cars is an alternative to gasoline and diesel [Biotoplivo dlya avtomobilej – al'ternativa benzinu i dizelyu]. URL: <http://energomir.biz/alternativnaya-energetika/biotoplivo/biotoplivo-dlya-avtomobilej.html> (date of access: 28.08.2018).
7. Moscow Government resolution № 290-PP of 24 April 2007 on the expansion of the use of dimethyl ether and other alternative motor fuels [Postanovlenie Pravitel'stva Moskvy ot 24 aprelya 2007 g. № 290-PP «O rasshirenii primeneniya dimetilovogo ehfira i drugih al'ternativnyh vidov motornogo topliva»]. URL: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/14960220/> (date of access: 12.07.2018).
8. Kozhov K.B. Macro-region based on the electricity infrastructure (Chapter in monograph the count.) [Kozhov K.B. Makroregion na osnove ehlektroehnergeticheskoy infrastruktury (razdel v kol. monogr.)] // Problems of infrastructure provision of spatial socio-economic development of regions /collective of authors, ed. by M.B. Petrov. – Ed. Uran, 2017. P. 20–25.
9. The head of Renault in Russia called an obstacle to the development of electric vehicles [Glava Renault v Rossii nazval prepyatstvie dlya razvitiya ehlektromobilej]. URL: <https://www.rbc.ru/business/31/08/2018> (date of access: 31.08.2018).
10. Unmanned taxi in Tatarstan [Bespilotnoe taksi v Tatarstane]. URL: <https://sntat.ru/obrazovanie/mashiny-s-nevidimymi-voditelyami-v-innopolise-zapustili-pervoe-v-evrop/> (date of access: 29.08.2018).
11. Hybrid car [Gibridnyj avtomobil']. URL: <http://systemsauto.ru/engine/hybrid.html> (date of access: 28.04.2018).
12. Share of motor fuel in energy production [Dolya motornogo topliva v proizvodstve ehnergii]. URL: <https://yandex.ru/images/search?text> (date of access: 17.09.2018).
13. Electric buses, manufactured at the Bashkir «NefAZ», let on the streets of Moscow [EHlektrobusy, izgotavlivaemye na bashkirskom «NefAZE», pustili na ulicy Moskvy]. URL: <https://gtrk.tv/novosti/98708-elektrobusy-izgotavlivaemye-bashkirskom-nefaze-pustili-ulicy-moskvy> (date of access: 01.09.2018).
14. Strategy of development of the automotive industry of the Russian Federation for the period up to 2025 [Strategiya razvitiya avtomobil'noj promyshlennosti Rossijskoj federacii na period do 2025 god]. URL: <http://economy.gov.ru/> (date of access: 12.07.2018).
15. Fuel consumption by road in Russia in 2015 [Potreblenie topliva avtotransportom v Rossii v 2015 godu]. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/25742/> (date of access: 17.09.2018).
16. How much oil do electric cars need? [Skol'ko nefti nuzhno ehlektromobilyam?] URL: <https://www.rbc.ru/magazine/2014/11/56> (date of access: 11.09.2018).
17. Petrov M.B., Kozhov K.B. New approaches to forecasting the development management of large systems of territorial infrastructure [Petrov M.B., Kozhov K.B. Novye podhody k prognozirovaniyu v celyah upravleniya razvitiem bol'shih sistem territorial'noj infrastruktury] // Innovative transport, 2017. № 2. S. 3–11. ISSN 2311-164X.
18. Petrov M.B. Energy policy and the new industrialization of Russia: the role of energy policy in developing countries and regions [Petrov M.B. EHnergeticheskaya politika i novaya industrializaciya Rossii: o roli ehnergeticheskoy politiki v razvitiy strany i regionov] // Energetika Tatarstana, 2014. № 35-36. P. 3–6. ISSN 1994-8697.
19. Melentev L.A. System studies in the energy sector [Melent'ev L.A. Sistemnye issledovaniya v ehnergetike]. M. : Science, 1983. 465 s.

Статья сдана в редакцию 13 сентября 2018 года

Организация и логистика

УДК 656.225

Е.М. Бондаренко, М.А. Зачешигрива

Обоснование необходимости использования логистического подхода при организации транспортной работы производственного предприятия

UDC656.225

Е.М. Bondarenko, M.A. Zacheshigriva

Rationale for the use of logistic approach in the organization of transportation work of production enterprise

Аннотация

В статье рассмотрены факторы, от которых могут зависеть решения, принимаемые грузоотправителями и грузополучателями при организации транспортной работы производственного предприятия. Предложен общий перечень факторов, влияющих на эффективность транспортной работы различных компаний.

Проанализированы основополагающие аспекты транспортного обслуживания производственного предприятия. Проведено сравнение вариантов транспортной работы компании в случае принятия решения о развитии собственной структуры транспортной логистики и

передаче на аутсорсинг рассматриваемых компетенций.

Приведён анализ факторов, которые необходимо учитывать при организации поставки сырья и материалов, отгрузке готовой продукции. Отмечено, что организация транспортной работы производственного предприятия напрямую зависит от схемы взаимодействия с перевозчиком, логистическим посредником и от выбранного вида транспорта.

На основе анализа основных аспектов организации транспортной работы даны рекомендации для грузоотправителей и грузополучателей по выбору вида транспорта, перевозчика, логистического посредника.

Выявлено, что вариант организации транспортировки напрямую влияет на конечную стоимость продукции, а рациональная организация транспортной работы производственного предприятия снизит транспортные издержки и стоимость готовой продукции, не снижая качество товара, положительно повлияет на репутацию компании и её конкурентоспособность.

Ключевые слова: транспортная логистика, транспортное обслуживание, инсорсинг, аутсорсинг, логистический посредник, транспортно-экспедиторская компания.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-46-57

Статья рекомендована к публикации А.В. Вохмяниной, канд. техн. наук, доцентом Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: AVohmyanina@mail.ru.

Екатерина Михайловна Бондаренко, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» Сибирского государственного университета путей сообщения; Новосибирск, Россия. E-mail: KuchkinaEM@mail.ru.

Марина Александровна Зачешигрива, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» Сибирского государственного университета путей сообщения; Новосибирск, Россия. E-mail: capitan@ngs.ru.

The article is recommended for publication by A.V. Vohmyanina, Candidate of tech. sciences, Associate Professor of the Ural State University of Railway Transport. E-mail: AVohmyanina@mail.ru.

Ekaterina Mihajlovna Bondarenko, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of logistics, commercial work and rolling stock at Siberian State University of Railway Transport; Novosibirsk, Russia. E-mail: KuchkinaEM@mail.ru.

Marina Aleksandrovna Zacheshigriva, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of logistics, commercial work and rolling stock at Siberian State University of Railway Transport; Novosibirsk, Russia. E-mail: capitan@ngs.ru.

Abstract

The article deals with the factors that can affect the decisions taken by cargo shippers and cargo receivers in the process of organization of transport work of the production enterprise. The general list of the factors influencing efficiency of transport work of various companies is offered.

The basic aspects of transport service of the production enterprise are analyzed. The comparison of variations of transport work of the company in the case of a decision making of the development of its own structure of transport logistics and outsourcing of

the competencies under consideration.

The analysis of the factors is given that must be taken into account in the organization of supply of raw materials, shipment of finished products. It is mentioned that the organization of transport work of the production enterprise depends on the scheme of interaction with the carrier, logistics intermediary and the selected mode of transport.

Based on the analysis of the main aspects of the organization of transport work, recommendations for shippers and consignees on the choice of mode of transport, carrier, logistics dealer are given.

It is revealed that the variant of the organization of transportation directly affects the final cost of production, and the rational organization of transport work of the production enterprise will reduce transport costs and the cost of finished products, without reducing the quality of the goods, will positively affect the reputation of the company and its competitiveness.

Keywords: transport logistics, transport service, insourcing, outsourcing, logistics dealer, freight forwarding company.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-46-57

Предприятию при реализации товаров необходимо спланировать не только процесс производства и переговоров по заключению контрактов с партнёрами, но и дальнейшую транспортировку готовой продукции [1].

Без тщательной организации цепи поставки невозможно выбрать оптимальную схему доставки сырья и материалов и спланировать процесс доставки готовой продукции. При выборе схемы доставки продукции для нужд конкретного предприятия учитываются различные факторы, влияющие на функционирование организации [2].

Наиболее важные аспекты организации транспортного обслуживания производственного предприятия: выбор вида транспорта, перевозчика, логистического посредника, планирование срока доставки груза, принятие решения «инсорсинг-аутсорсинг» в транспортировке (рис. 1) [3].

При планировании транспортной работы предприятия в первую очередь необходимо определить принципиальные особенности организации транспортной работы: либо предприятие развивает собственную структуру транспортной логистики (закупает транспортные

средства и погрузочно-разгрузочные механизмы, инвестирует строительство собственных складов, увеличивает расходы на фонд заработной платы в связи с необходимостью найма специалистов в области организации перевозки), либо передаёт все компетенции, связанные с организацией транспортировки, на аутсорсинг (в соответствии с контрактом, который заключается с транспортно-экспедиторской организацией) [4].

Решение об использовании инсорсинга или аутсорсинга в транспортировке принимается на основе сравнения общих затрат по различным вариантам [5].

На окончательное решение влияют и неценовые факторы: репутация логистического посредника, возможность создания дополнительных рабочих мест на предприятии, возможность бесприбыльной работы собственных транспортных средств и увеличения (уменьшения) объёмов отгрузки без дополнительного согласования с партнёром и т. д.

К одному из наиболее важных решений при планировании транспортной работы предприятия относится выбор

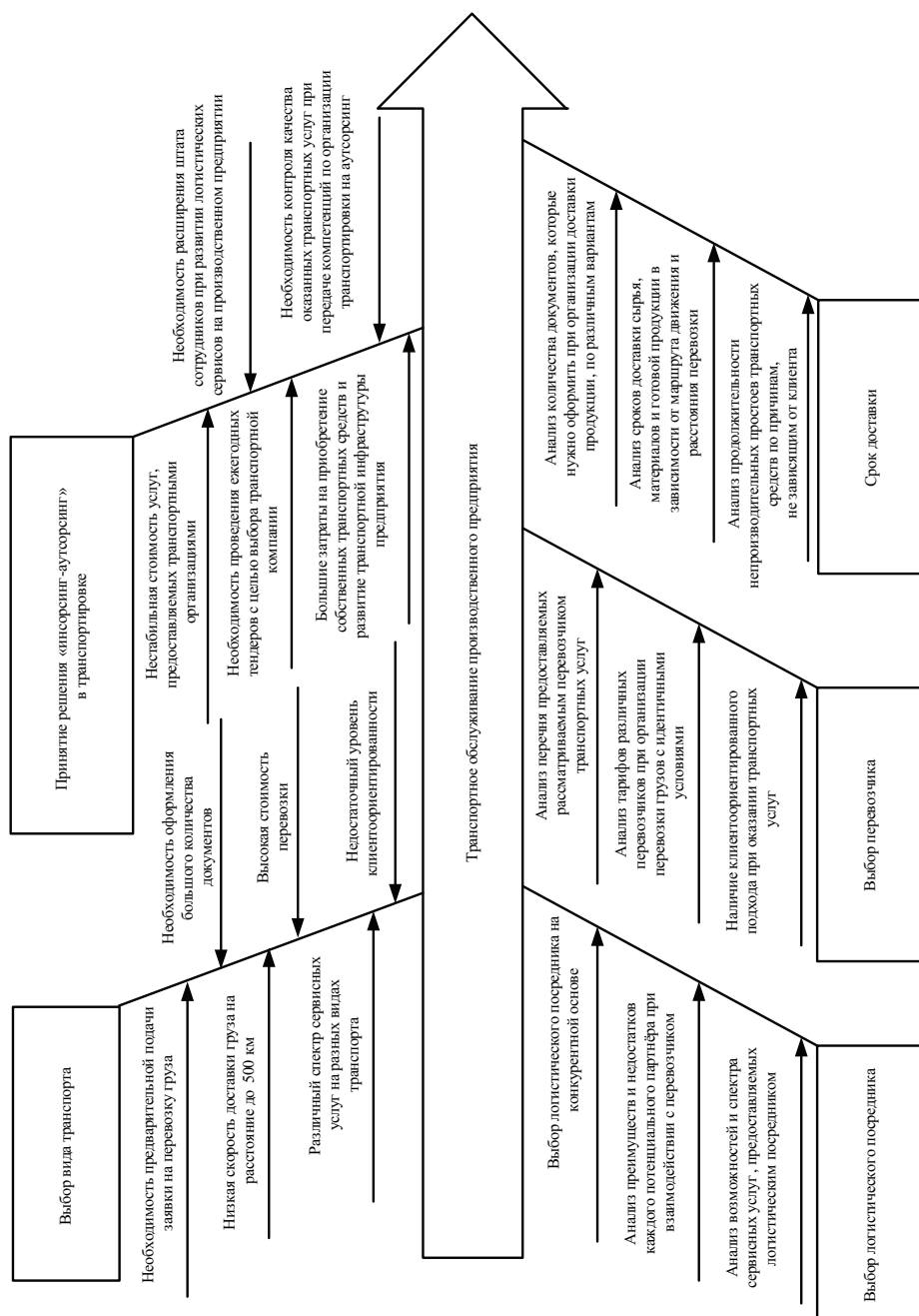


Рис. 1. Анализ факторов, влияющих на организацию транспортной работы производственного предприятия

вида транспорта и перевозчика. Эти аспекты чаще всего взаимосвязаны.

Большинство перевозчиков в работе использует конкретный вид транспорта (чаще всего железнодорожный или автомобильный). Хотя некоторые перевозчики могут организовать доставку продукции любым из наиболее удобных для клиента видов транспорта и/или несколькими видами транспорта в смешанном сообщении. Но в таком случае транспортная организация является перевозчиком лишь с правовой точки зрения (она указывается в качестве перевозчика в договоре и обязана нести полную ответственность перед клиентом за сохранность и своевременность доставки). Фактически же такая транспортная организация относится, скорее, к транспортно-экспедиторской компании, которая по договору субподряда организует и координирует действия фактических перевозчиков [6].

Для производственного предприятия, принявшего решение о развитии собственной транспортной инфраструктуры, вопросы выбора перевозчика и вида транспорта косвенны, потому что при внедрении собственной структуры транспортной логистики специалисты транспортного отдела производственного предприятия уже провели детальный анализ возможных вариантов отгрузки готовой продукции. При выборе перевозчика из множества возможных специалисты транспортного отдела, как правило, проводят анализ стоимости перевозки груза, репутации перевозчика и качества предоставляемых услуг, а также перечня предоставляемых перевозчиком сервисных услуг. Специалисты транспортного отдела производственного предприятия могут обращать внимание и на другие факторы, существенно влияющие на доставку готовой продукции. Поэтому закупка транспортных средств и погрузочно-разгрузочных механизмов, строительство складов и терминалов проводится с учётом выбранной транспортной стратегии предприятия.

Если производственное предприятие принимает решение о передаче компетенций в области транспортировки на аутсорсинг, вопрос выбора логистического посредника (по договору являющегося перевозчиком) и вида транспорта выходят на первый план. При организации транспортного обслуживания производственное предприятие должно в первую очередь определиться с наиболее значимыми особенностями организации доставки продукции. Чаще всего к основным критериям важности грузоотправители и грузополучатели относят стоимость и срок доставки продукции. Но при определённых условиях к ним могут быть отнесены клиентоориентированный подход, широкий перечень услуг, надёжная репутация логистического посредника, возможность организации доставки «от двери до двери» и т. д. Поэтому в каждом конкретном случае выбор индивидуален [7].

При выборе оптимального варианта взаимодействия с логистическим посредником целесообразно составить рейтинг транспортно-экспедиторских компаний с учётом значимости важных для предприятия критериев. Это позволит выбрать надёжного партнёра по организации доставки продукции или группу потенциальных аутсорсеров, с которыми целесообразно провести дальнейшие переговоры по заключению контракта на перевозку [8].

Здесь важно учитывать вид сообщения при организации перевозки: одни предприятия отгружают готовую продукцию только во внутреннем сообщении, другие – только в международном, третьи – и во внутреннем, и в международном. В первых двух вариантах необходимо выбрать логистического посредника, перевозящего грузы с использованием одного вида сообщения (либо внутреннего, либо международного), что, как правило, не вызывает затруднений у работников производственного предприятия. В третьем случае, когда производственному предприятию необходимо организовать перевозку груза

с использованием нескольких видов сообщений, возможны различные варианты выбора транспортно-экспедиторских компаний: либо заключать контракт с одним аутсорсером, который организует доставку продукции и во внутреннем, и в международном сообщении; либо для организации каждого вида сообщения выбирать отдельного партнера (так как далеко не каждая транспортная организация предлагает услуги по доставке груза и во внутреннем, и в международном сообщении).

Исследования, проведенные в Сибирском государственном университете путей сообщения методом анкетирования, показали, что на данный момент производственные предприятия предпочитают выбирать одного логистического посредника на основе тендера. В дальнейшем была проанализирована работа наиболее популярных транспортно-экспедиторских компаний Новосибирска в соответствии с критериями: стоимость перевозки, срок доставки и репутация компании на рынке. Некоторые транспортно-экспедиторские компании узко специализировались только на одном виде сообщения, другие же предоставляли услуги по транспортировке готовой продукции как внутри страны, так и за рубеж. После сбора необходимой информации был составлен рейтинг рассматриваемых транспортно-экспедиторских компаний (рис. 2). Анализ показал, что транспортно-экспедиторские компании, имеющие максимальный балл рейтинга как во внутреннем сообщении, так и в международном, узко специализированы и не занимаются доставкой груза в другом сообщении. Также было установлено, что компании, оказывающие транспортные услуги и во внутреннем, и в международном сообщении, имеют средний балл рейтинга либо ниже среднего. Таким образом, сделан вывод, что оптимальным вариантом, с точки

зрения финансовых затрат на транспортировку готовой продукции, является заключение контрактов с различными транспортными организациями при отгрузке продукции во внутреннем и в международном сообщении.

При организации транспортной работы производственного предприятия необходимо анализировать срок доставки сырья, материалов и готовой продукции по рассматриваемым вариантам. В некоторых случаях целесообразно выбрать вариант с большим сроком доставки, но с меньшей стоимостью перевозки, в других же – увеличение срока доставки может сорвать производственный процесс, спровоцировать дефицит сырья и материалов на складе предприятия, задержку поставки готовой продукции и, как следствие, потерю репутации компании на рынке [9].

Описанные аспекты логистического подхода при формировании транспортной структуры производственного предприятия приведены на рис. 3. Выбор рационального варианта взаимодействия с партнерами по организации доставки готовой продукции позволит укрепить позиции производственного предприятия на рынке. Поэтому предприятию, производящему определенную продукцию и отгружающую её с целью доставки конечному потребителю, рекомендуется тщательно оценивать рассмотренные факторы, влияющие на процесс перевозки, и выбирать оптимальный вариант с помощью технико-экономических расчетов [10].

На основании анализа степени влияния основных аспектов транспортного обслуживания производственного предприятия составлены рекомендации по выбору вида транспорта, созданию структуры транспортной логистики в компании, выбору перевозчика или логистического посредника (таблица).

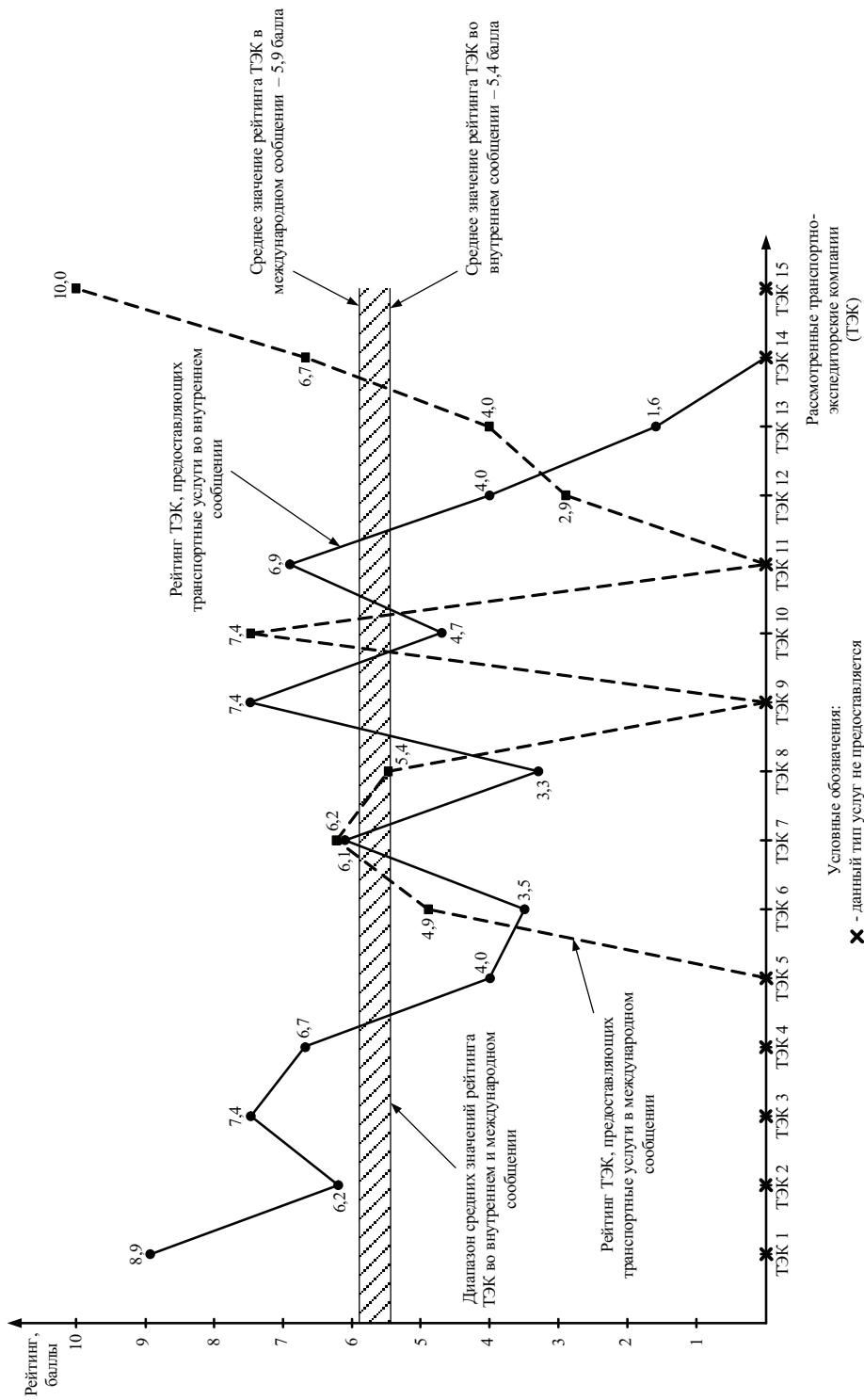


Рис 2. Анализ рейтинга транспортно-экспедиторских компаний

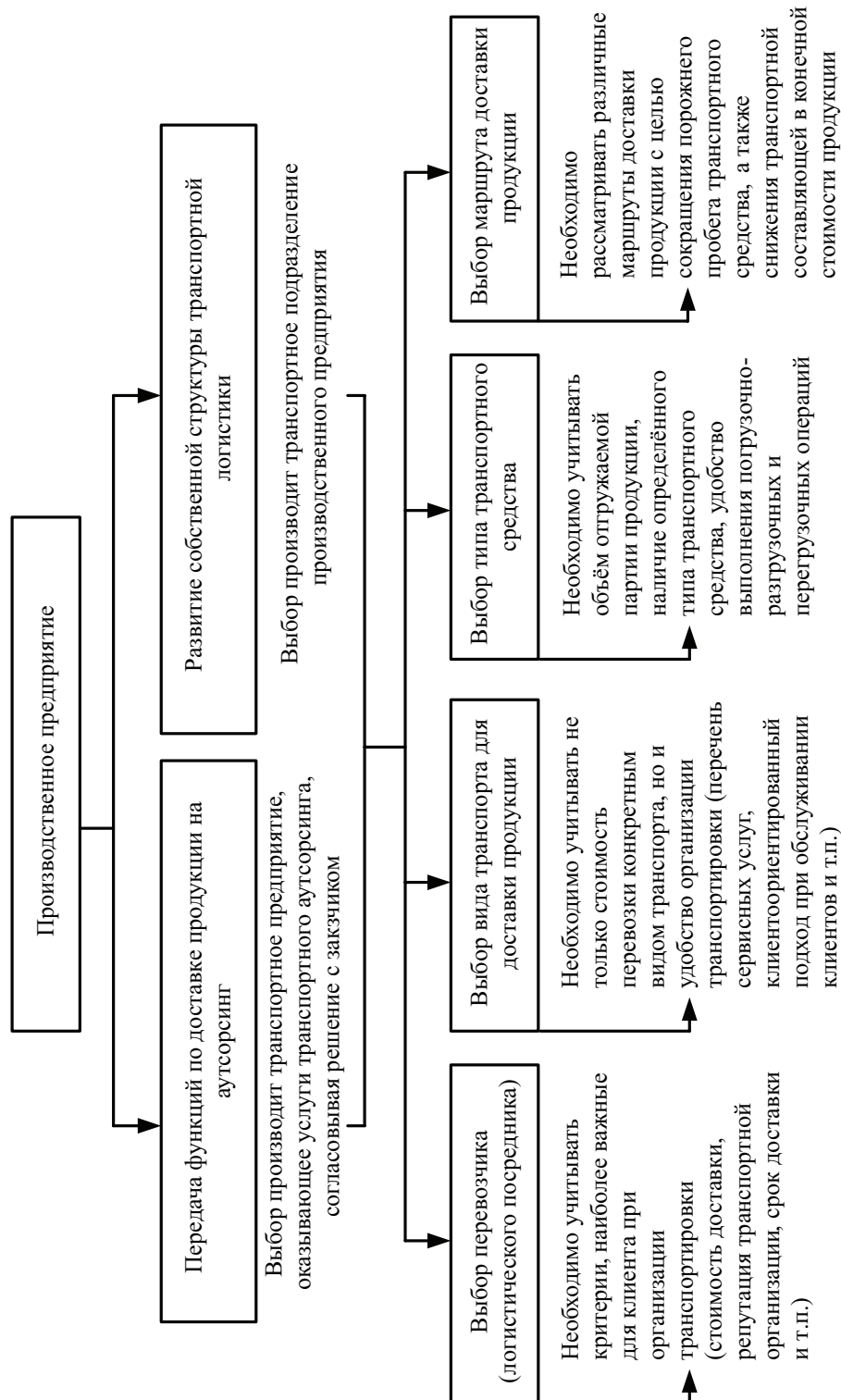


Рис. 3. Аспекты логистического подхода при проектировании системы транспортного обслуживания производственного предприятия

Рекомендации по организации транспортного обслуживания предприятия

Аспекты проектирования системы транспортного обслуживания производственного предприятия	Возможные варианты организации транспортной работы производственного предприятия	Вывод о рациональности применения технологий транспортной работы производственного предприятия с учетом применения логистического подхода	Вывод о целесообразности изменения транспортной работы производственного предприятия
Выбор вида транспорта	Автомобильный транспорт	Автомобильный транспорт выгодно использовать для доставки малых и средних партий товара на короткие и средние расстояния, при отсутствии подвода железнодорожных путей к складу предприятия, а также при потребности предприятия в оказании сервисных услуг	Изменение вида транспорта при организации перевозок груза целесообразно при изменении условий транспортной работы предприятия (например, строительство пути общего пользования, повышение тарифов на использование в том виде транспорта, более выгодные условия контракта на другом виде транспорта и т.д.)
	Железнодорожный транспорт	Универсальная перевозка с использованием железнодорожного транспорта оправдана при наличии подвода железнодорожных путей к складу, а также при необходимости доставки грузов на средние и дальние расстояния. Также данный вид транспорта оптимально использовать при отгрузке крупных партий грузов, позволяющих формировать грушевые и маршрутные отправки	
	Использование нескольких видов транспорта при организации перевозок каждой партии	Использование нескольких видов транспорта при организации одной доставки оптимально, если смешанная перевозка по наиболее важному для клиента показателю превосходит универсальную перевозку любым из рассматриваемых видов транспорта (наименьшая цена, наилучший сервис, удобство организации доставки, сокращение срока доставки и т.д.)	
	Передача компетенции по организации доставки сырья и готовой продукции на аутсорсинг	Принятие данного решения основывается на определении затрат по каждому из рассматриваемых вариантов. Чаще всего предприятием принимается вариант с минимумом общих затрат. Для предприятий с малым и средним объемом отгрузки оптимальным становится вариант работы с применением транспортного аутсорсинга, для предприятий с большим объемом отгрузки – вариант с применением инсорсинга в транспортировке	Переход с одной системы организации транспортной работы целесообразен при изменении (увеличении или снижении) объемов отгрузки
Создание структуры транспортной логистики на предприятии	Развитие инсорсинга в транспортировке на предприятии		

Аспекты проектирования системы транспортного обслуживания производственного предприятия	Возможные варианты организации транспортной работы производственного предприятия	Вывод о рациональности применения технологии транспортной работы производственного предприятия с учетом применения логистического подхода	Вывод о целесообразности изменения транспортной работы производственного предприятия
Выбор перевозчика	Заключение контракта на перевозку груза с определённым перевозчиком и взаимодействие с ним напрямую	Данная технология рациональна при наличии на предприятии транспортного отдела. Специалисты на основе проведенного анализа (маркетингового, экспертного, экономического и т.д.) выбирают организацию-перевозчика груза. При этом они должны руководствоваться уже выбранным видом транспорта, оптимальным для доставки рассматриваемой партии груза. При смене исходных параметров доставки (наименование и количество груза, расстояние перевозки, требуемая срочность поставки) перевозчик может меняться	Изменение технологии взаимодействия с перевозчиком целесообразно в случае отказа компании от услуг логистических посредников и решении создать собственный транспортный отдел,
	Заключение контракта с транспортно-экспедиторской компанией (логистическим посредником) и отказ от прямого взаимодействия с фактическим перевозчиком	При передаче компетенций по организации транспортировки на аутсорсинг предприятие, анализируя сложившийся рынок транспортных услуг, делает выбор в пользу определенной транспортной экспедиторской компании. Как правило, логистический посредник выбирается на основе проведения тендера. Рекомендуется при проведении тендера выбрать не одну транспортно-экспедиторскую компанию, а несколько. При этом окончательный выбор провести путем составления рейтинга компаний, а также проведения переговоров с целью достижения взаимовыгодных условий контракта	нецелесообразности содержания собственного транспортного отдела и решении передать компетенции транспортировки на аутсорсинг
	Необходимость доставки готовой продукции внутри страны	Транспортно-экспедиторскую компанию рационально выбирать при проведении тендера. В данном случае производственному предприятию выгодно заключить контракт с одной транспортно-экспедиторской компанией (максимальный объем отгрузки, сосредоточенный на одном логистическом посреднике, обеспечит доставку продукции по минимальному тарифу)	Смена логистического посредника ежегодно предприятию в случае получения более выгодного коммерческого предложения от компании-конкурента, изменений направлений отгрузки продукции
Выбор логистического посредника	Необходимость доставки готовой продукции и внутри страны, и за рубеж	Транспортно-экспедиторскую компанию также рационально выбирать при проведении тендера. Но в этом случае следует заключать контракт с одной организацией на поставку груза во внутреннем сообщении, и с другой – в международном сообщении. Это объясняется тем, что тарифы компаний, работающих и внутри, и за её пределами, существенно выше, чем у узкоспециализированных транспортных компаний	

В результате проведённого исследования были сделаны следующие выводы:

- функционирование любого производственного предприятия предполагает организацию транспортной работы по доставке ресурсов, а также готовой продукции. При организации транспортировки необходимо учитывать множество факторов, которые могут оказать влияние на работу предприятия, его финансовые издержки, а также качество готовой продукции. Среди них можно выделить общие для различных предприятий факторы: принятие решения «инсорсинг-аутсорсинг» в транспортировке, выбор вида транспорта, выбор перевозчика, выбор логистического посредника, а также срок доставки груза;

- помимо ценовых факторов, являющихся, как правило, определяющими для грузоотправителей и грузополучателей, рекомендуется учитывать и неценовые. К ним относится возможность сохранения рабочих мест и регулирования объёмов отгрузки в зависимости от сезонности работы, метеорологических условий и т.п. при развитии собственной транспортной инфраструктуры внутри производственного предприятия, а также возможность сосредоточения менеджмента компании на ключевых компетенциях при передаче функций транспортировки на логистический аутсорсинг;

- любое решение, связанное с транспортировкой готовой продукции, должно приниматься на основе специфики

работы конкретного производственного предприятия, так как на организацию перевозки влияет технологический процесс выполнения производственных, складских, погрузочно-выгрузочных и прочих работ. В статье представлены рекомендации для грузоотправителей и грузополучателей по выбору способа организации транспортной работы в зависимости от условий функционирования предприятия, а также определены случаи, при которых целесообразно изменить вариант организации транспортировки;

- выбор перевозчика или логистического посредника рекомендуется проводить на основании рейтинга, учитывающего наиболее важные аспекты перевозки для клиента (грузоотправителя и грузополучателя), а также важность каждого из них;

- для того чтобы структура транспортной логистики производственного предприятия работала эффективно, необходимо при планировании транспортной работы учитывать факторы, оказывающие влияние и на финансовые издержки, и на безопасность сотрудников при производстве погрузочно-выгрузочных, складских работ, и обеспечение сохранности отгружаемого товара. Применение логистического подхода при выборе оптимального варианта транспортного обслуживания производственного предприятия позволит снизить транспортные издержки и, следовательно, стоимость готовой продукции, не снижая качества товара. ■

Литература

1. Стримовская А.В., Бажина Д.Б. Формирование комплекса показателей эффективности транспортировки в цепях поставок // Логистика и управление цепями поставок. 2018. № 3. С. 55–65. ISSN 2587-6775.
2. Бондаренко Е.М. Применение логистических принципов доставки штучных грузов // Политранспортные системы : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. в рамках года науки Россия – ЕС «Науч. пробл. реализации трансп. проектов в Сибири и на Дал. Востоке» / Сиб. гос. ун-т путей сообщ. – Новосибирск, 2015. С. 388–391. ISBN 978-5-93461-680-0.
3. Бондаренко Е.М. Логистический подход при выборе варианта транспортного обслуживания производственного предприятия // Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика / КазАТК им. М. Тынышпаева. – Алматы, 2018. С. 143–146. ISBN 978-601-325-028-1.

4. Бондаренко Е.М., Умняшкин А.В. Аспекты принятия решения «инсорсинг-аутсорсинг в транспортировке» для предприятия, отгружающего опасные грузы // Академическая наука – проблемы и достижения: материалы XII междунар. науч.-практ. конф./ CreateSpace – North Charleston, USA, 2017. С. 112–115. ISBN 978-1546863953.
5. Гольчик Е.В. Отдел логистики: штатные специалисты или аутсорсинг? // Логистика сегодня. 2018. № 1. С. 20–25. ISSN 2500-1302.
6. Бондаренко Е.М. Технология работы «в одно окно» как способ оптимальной организации цепи поставок без участия логистических посредников // Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика : м-лы Международн. научн-практ. конф. / Сиб. гос. ун-т путей сообщ. – Новосибирск, 2018. С. 82–86. ISBN 978-5-93461-951-1.
7. Бондаренко Е.М. Клиентоориентированный подход как способ привлечения дополнительных объёмов перевозки опасных грузов железнодорожным транспортом // Вестник УрГУПС. 2017. № 4. С. 106–113. ISSN 2079-0392.
8. Рыженков А.В., Хлуднев А.А., Сотов В.В. Формирование рейтинговой оценки филиальной сети логистической компании на основе системы ключевых показателей эффективности // Логистика и управление цепями поставок. 2018. № 2. С. 55–65. ISSN 2587-6775.
9. Аветикян М.А., Цыганов В.В., Савушкин С.А. Единый каталог услуг холдинга «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2017. № 8. С. 7–11. ISSN 0044-4448.
10. Бондаренко Е.М. Пути увеличения объёмов перевозок опасных грузов // Железнодорожный транспорт. 2018. № 8. С. 2–5. ISSN 0044-4448.

Bibliography

1. Strimovskaya A.V., Bazhina D.B. Formation of efficiency complex indicators of transportation in the supply chain [Strimovskaya A.V., Bazhina D.B. Formirovanie kompleksa pokazatelej ehffektivnosti transportirovki v cepyah postavok] // Logistics and supply chain management. 2018. № 3. P. 55–65. ISSN 2587-6775.
2. Bondarenko E.M. Application of logistic principles of delivery of piece freight [Bondarenko E.M. Primenenie logisticheskikh principov dostavki shtuchnyh грузов] // Polytransport systems : Proceedings of VIII International. scientific techn. Conf. in the framework of the year of science Russia – EU «Problems of implementations of transp. projects in Siberia and Far East» // Sib. State University of Railway Transport. Novosibirsk, 2015. P. 388–391. ISBN 978-5-93461-680-0.
3. Bondarenko E. M. Logistic approach choosing the way of transport service on the production enterprise [Bondarenko E.M. Logisticheskij podhod pri vybore varianta transportnogo obsluzhivaniya proizvodstvennogo predpriyatiya] // Innovative technologies on transport: education, science, practice / KazATK im. M. Tynyshpaeva. – Almaty, 2018. P. 143–146. ISBN 978-601-325-028-1.
4. Bondarenko E.M., Umnyashkin A.V. Aspects of decision-making «insourcing-outsourcing in transportation» for the enterprise shipping dangerous cargoes [Bondarenko E.M., Umnyashkin A.V. Aspekty prinyatiya resheniya «insorsing-autsorsing v transportirovke» dlya predpriyatiya, otgruzhayushchego opasnye грузы] // Academic science – problems and achievements: proceedings of the XII Intern. scientific. prakt. Conf./ CreateSpace – North Charleston, USA, 2017. С. 112–115. ISBN 978-1-54686-39–53.
5. Golchik E. V. Logistics Department: full-time specialists or outsourcing? [Gol'chik E.V. Otdel logistiki: shtatnye specialisty ili autsorsing?] // Logistics today. 2018. № 1. P. 20–25. ISSN 2500-1302.
6. Bondarenko E. M. One-stop principle as a way of optimal organization of the supply chain without the participation of logistics intermediaries [Bondarenko E.M. Tekhnologiya raboty «v odno okno» kak sposob optimal'noj organizacii cepi postavok bez uchastiya logisticheskikh posrednikov] // Innovative factors of transport development. Theory and practice : Proceedings of international. scientific pract. Conf. / Sib. State University of Railway Transport. – Novosibirsk, 2018. P. 82–86. ISBN 978-5-93461-951-1.
7. Bondarenko E. M. Customer-focused approach as a method of attracting additional volumes of transportations of dangerous cargoes on railway transport [Bondarenko E.M. Klientoorientirovannyj podhod kak sposob privlecheniya dopolnitel'nyh ob'yomov perevozki opasnyh грузов zheleznodorozhnym transportom] // Herald of USURT. 2017. № 4. P. 106–113. ISSN 2079-0392.

8. Ryzhenkov A.V., Hludnev A.A., Sotov V.V. The formation of the rating of the logistics company branch network on the basis of the system of key performance indicators [Ryzhenkov A.V., Hludnev A.A., Sotov V.V. Formirovanie rejtingovoj ocenki filial'noj seti logisticheskoy kompanii na osnove sistemy klyuchevykh pokazatelej ehffektivnosti] // Logistics and supply chain management. 2018. № 2. P. 55–65. ISSN 2587-6775.
9. Avetikyan M.A., Cyganov V.V., Savushkin S.A. Unified catalogue of services of the holding company «Russian Railways» [Avetikyan M.A., Cyganov V.V., Savushkin S.A. Edinyj katalog uslug holdinga «RZHD»] // Railway transport. 2017. № 8. P. 7–11. ISSN 0044-4448.
10. Bondarenko E. M. Ways of increasing the volume of dangerous cargoes transportation [Bondarenko E.M. Puti uvelicheniya ob'yomov perevozok opasnykh грузов] // Railway transport. 2018. № 8. P. 2-5. ISSN 0044-4448.

Статья сдана в редакцию 11 сентября 2018 года

УДК656

А.В. Вохмянина, М.А. Журавская, М.Б. Петров

Многокритериальный подход для оценки и обоснования приоритетов развития транспортной сети территорий, превосходящих региональный масштаб

UDC 656

A.V. Vohmyanina, M.A. Zhuravskaya, M.B. Petrov

Multicriteria approach for evaluation and justification of the transport network territories development priorities of superior regional scale

Аннотация

К основным задачам развития социально-экономических систем регионов и территорий традиционно относят организацию их взаимодействия, что требует создания определенных условий, одно из которых – создание транспортно-логистических систем, превосходящих региональный масштаб. Развитие территорий и функционирование в их пределах территориальных транспортно-логистических систем (ТТЛС) реализуется путем формирования сетевых форм взаимодействия.

В статье раскрываются аспекты транспортных сетей с точки зрения пространственной парадигмы и определяются основные приоритетные направления их развития с учетом современных требований общества.

Динамические ТТЛС рассматриваются путем анализа изменений в элементах ее сетевого представления (в узлах и дугах с учетом их особенностей) и последующего управления ими.

Изученные документы федерального и регионального уровней подтверждают необходимость прогнозирова-

ния развития ТТЛС и формулируют необходимую систему критериев для оценки степени достижения системных и самостоятельных целей социально-экономической системы региона в целом и ее ТТЛС в частности.

Для получения объективных оценок текущего состояния ТТЛС, перспектив ее развития и влияния на конкурентоспособность всей территории используются многокритериальный подход и формирование системы критериев, характеризующих различные аспекты функционирования ТТЛС.

Статья рекомендована к публикации Е.Ю. Кузнецовой, д-ром экон. наук, профессором Уральского федерального университета. E-mail: elena.bstm@gmail.com.

Анна Владимировна Вохмянина, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: AVohmyanina@mail.ru.

Марина Аркадьевна Журавская, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: MZhuravskaya@usurt.ru.

Михаил Борисович Петров, д-р техн. наук, профессор; Институт экономики уральского отделения Российской академии наук; Екатеринбург, Россия. E-mail: michpetrov@mail.ru.

Работа проведена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты № 18-07-00604, 16-06-00464.

The article is recommended for publication by E. Kuznetsova, Doctor of Science, Economics, Professor, Ural Federal University. E-mail: elena.bstm@gmail.com.

Anna Vladimirovna Vohmyanina, Candidate of technical sciences, Associate Professor, Department of World economy and logistics, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: AVohmyanina@mail.ru.

Marina Arkadevna Zhuravskaya, Candidate of technical sciences, Associate Professor, Department of World economy and logistics, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: MZhuravskaya@usurt.ru.

Mihail Borisovich Petrov, Doctor of engineering. Professor; Institute of Economics of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences; Yekaterinburg, Russia. E-mail: michpetrov@mail.ru.

The work was carried out with partial financial support of RFBR, projects № 18-07-00604, 16-06-00464.

Такая многокритериальная оценка выполняется путем систематизации множеств социальных, экономических и экологических функций, их сокращения Парето-оптимизацией и нахождением «идеальной точки».

Ключевые слова: территориальные транспортно-логистические системы, транспортные сети, территории, превосходящие региональный масштаб, пространственная парадигма, динамические системы, физическое, функциональное и ментальное пространство, прогнозирование развития, транспортная стратегия, устойчивое развитие, многокритериальная оценка развития, система критериев, экологическая устойчивость, социальная и экономическая эффективность, Парето-оптимизация.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-58-68

Abstract

The main tasks of the development of social and economic systems of regions and territories traditionally include the organization of their

interaction, which requires the creation of certain conditions, one of which is the creation of transport and logistics systems that exceed the regional scale. The development of territories and the functioning within their territorial transport and logistics systems (TLS) is implemented through the formation of network forms of interaction.

The article reveals the aspects of transport networks from the point of view of the spatial paradigm and identifies the main priority directions of their development taking into account the modern requirements of society.

Dynamic TLS are considered by analyzing the changes in the elements of its network representation (in nodes and arcs, taking into account their features) and their subsequent management.

The studied documents of the Federal and regional levels confirm the need to predict the development of TLS and formulate the necessary system of criteria for assessing the degree of achievement of systemic and independent goals of the socio-economic

system of the region as a whole and its TLS in particular.

To obtain objective assessments of the current state of the TLS, the prospects for its development and impact on the competitiveness of the entire territory, a multi-criteria approach and the formation of a system of criteria characterizing various aspects of the functioning of the TLS are used. This multi-criteria assessment is carried out by systematizing a variety of social, economic and environmental functions, reducing their Pareto-optimization and finding the «ideal point».

Keywords: regional transport and logistics systems, transport networks, territories, surpassing the regional scale, the spatial paradigm of a dynamical system, physical, functional and mental spaces, forecasting, development, transport strategy, sustainable development, multi-criteria evaluation of development, the system of criteria of ecological sustainability, social and economic efficiency, Pareto-optimization.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-58-68

Для каждой страны важно, чтобы ее территория развивалась равномерно и сбалансировано. Но в настоящее время в разных странах мира происходит активный переход к сетевому обществу, в котором система сетей как для перемещения людей, товаров, так и информации становится крайне взаимосвязанной, взаимозависимой и сложной. Примером этому служит увеличение зависимости сетей (например, транспортных или электросетей и др.) от телекоммуникаций и информации. Многие современные сети имеют пространственную структуру, т.к. расположены в физическом пространстве; пространственное измерение обусловлено в основном их зависимостью от

информационных технологий. Часто они являются одним из компонентов более крупной системы географически интегрированных и перекрывающихся сетей, работающих на разных пространственных уровнях. Понимание этих сложностей необходимо для обоснования приоритетов развития территорий и особенно территорий, превосходящих региональный масштаб, и формирования их транспортной политики на основе согласования интересов регионов-соседей.

Пространственная парадигма развития становится сегодня всё более актуальной, а сети крупнейших инфраструктур на территориях разных регионов выступают одним из основных

объектов такого развития. Научным и экспертным сообществами обсуждается появившийся в публичном поле, проект «Стратегии пространственного развития РФ на период до 2030 г.» [1]. Вопросы развития транспортной сети необходимо ставить в этот контекст. Обоснование приоритетов развития сети, с одной стороны, может получать дополнительные доминанты, с другой, через сеть формировать пространство.

Процессы формирования сети затрагивают взаимодействие в трех основных аспектах пространства – физического, функционального и смыслового.

Так, процессы организации физического пространства на базе развития сети воздействуют на социально-экономические системы в широком спектре отношений. Уже на этом, физическом, уровне понимания пространства важны результаты в единстве как чисто транспортного, так и экономического, экологического, социального измерений.

Функциональное пространство как пространство деятельности и взаимодействий формируется транспортными функциями движения и связности, а сеть дает возможность наращивать потоки по ней, управлять этими потоками и оптимизировать их. На основе узловых и дуговых структур сети обслуживаются все логистические процессы. На ранних стадиях зрелости сети эти процессы используются в качестве клиентов. Далее возможности и интересы оптимизации приводят к интеграции частных, отдельных логистик и формированию транспортно-логистических систем (ТЛС). ТЛС в отличие от транспортной сети адекватней условиям пространственной парадигмы как сеть более высокого уровня. Ее новые функции сильнее по сравнению с транспортной сетью проявляют многоцелевой характер развития, которому соответствует множество критериев.

Сеть – каркас пространства, все пространственные подходы применимы к сети. Пространственный уровень

социально-экономического развития становится всеобщим, что и вызывает к жизни стратегию пространственного развития. Однако до сих пор реальное содержание пространственной парадигмы применительно к развитию социально-экономических систем остается дискуссионным. В простейшем случае пространственное развитие понимается как синоним территориального, как совокупный процесс расселения и соответственное ему размещение производительных сил. Другая тенденция пространственного подхода к развитию – активное освоение многоуровневых компоновок техносферы, в частности, рассмотрение в качестве важных частей транспортных систем надземных видов транспорта.

Одна из проекций эволюции ТС в ТЛС в ментальном пространстве – это развитие инструментально-методического аппарата обоснования. А для получения завершеного пространственного представления транспортной сети необходимо оценить ее функционирование и развитие (для таких больших и сложных систем – на основе многокритериальности). Хотя для поиска варианта усиления транспортной сети часто ограничиваются экономическим критерием в форме минимизации интегральных или даже просто капитальных затрат. Экономический критерий обоснования, недостаточно структурированный в физическом и функциональном пространствах, обретает свою полную структуру.

Экономический эффект проекта заключается в превышении стоимостного выражения результата над затратами. ТЛС, способная создавать законченный логистический продукт, позволяет построить решение не просто по минимизации затрат, но и по максимизации стоимостного результата.

Анализ научной литературы по теме приоритета развития транспортной сети показал, что расширение территориальной транспортной политики от инвестиций в стратегическую инфраструктуру до управления этой инфраструктурой

усиливает потребность в передовых и более чувствительных к политике инструментах анализа и оценки. Для повышения межрегиональной и международной мобильности необходимы инструменты прогнозирования, выходящие за пределы городского или регионального уровня.

Сети служат фундаментальными предпосылками для производства и процветания общества [2, 3]. Без транспортных сетей и связи всякая социальная и экономическая жизнь сводится к изолированным явлениям. Поэтому транспортировку нельзя оценивать так же, как другие услуги. Плавно функционирующая система транспорта и связи – это предпосылка для социальной и экономической интеграции между отдельными географическими регионами. Поэтому модернизация инфраструктуры – неотложная задача и предварительное условие для осуществления всей амбициозной политической, экономической и социальной повестки дня в Европе. Потребность в связи и транспортировке не знает каких-либо национальных границ, функционирование сетей необходимо принять в этой новой экономической и политической географии.

Ученые демонстрируют широкий спектр эмпирических и теоретических доказательств того, что рост сети следует по пути, который не только логичен в ретроспективе, но и предсказуем и управляем с точки зрения планирования [4]. Они определили факторы роста сети, которые могут быть топологическими, морфологическими, временными, технологическими, экономическими, управленческими, социальными или политическими. Используя многомерные концепции и методы, авторы предложили целостную структуру для представления роста сети как открытого и сложного процесса. Модели предлагаются с новаторских перспектив, включая самоорганизацию, дегенерацию и последовательную связь для интерпретации эволюционного роста транспортных сетей при явном рассмотрении

независимых экономических и регуляторных инициатив.

Вопросам экологической устойчивости транспортных сетей и социальной справедливости уделено серьезное внимание в работе [5]. Авторы представляют всеобъемлющий обзор устойчивой транспортировки.

Авторы настоящей статьи также занимались изучением устойчивого развития в сфере транспортно-логистических систем [6] и вопросами формирования транспортной сети в условиях экологизации общества [7–8]. В результате этой работы выявлено, что основная проблема, которая возникает при разработке стратегии развития региона, заключается в получении объективных оценок по системе критериев для дальнейшего моделирования укрупненных блоков. Поэтому для выявления причинно-следственных связей между различными результирующими и факторными показателями необходим междисциплинарный подход. Системный подход в этом случае реализуется путем анализа состояний выделенных элементов и подсистем территориальных транспортно-логистических систем (ТТЛС) и взаимосвязей между ними в текущий момент времени и прогнозирования их на долгосрочную стратегическую перспективу (рис. 1).

Проблема становится еще более острой, когда появляется необходимость в разработке стратегии территории, превосходящей региональный масштаб. Но именно такие территории выбраны авторами в качестве объекта исследования, а предметом стали оценки обоснования приоритетов развития территорий.

Реализация научной задачи формирования методологии управления развитием как региона, так и территории в России базируется в том числе на Федеральном законе № 172-ФЗ от 28.06.2014 «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [8]. Основываясь на названном документе, авторы схематично представили содержание и подчиненность основных понятий



Рис. 1. Схема управления ТТЛС на основании анализа состояния и прогнозов развития региона

на рис. 2; систематизированное представление основных положений этого закона позволяет выявить роль и место прогнозирования и планирования развития региона и территории.

В соответствии с законом [9], можно дать следующее определение прогнозирования как функции стратегического планирования: это разработка научно обоснованных представлений о возможных состояниях национальной социально-экономической системы и ее региональных и муниципальных подсистем, о направлениях, результатах, показателях и рисках социально-экономического развития, об угрозах национальной безопасности.

Планирование развития региона и территории заключается в обосновании его приоритетов и связано с разработкой научно обоснованных представлений о возможных состояниях национальной социально-экономической системы и ее региональных и муниципальных подсистем, о направлениях, результатах, показателях и рисках социально-экономического развития, об угрозах национальной безопасности.

Транспортно-логистическая система территории как объект управления и стратегического планирования – это большая сложная система с большим количеством элементов и связей. Поэтому прогнозирование ее поведения и развития суть нетривиальная задача, решение которой позволит создавать и синхронизировать планы развития социально-экономических систем регионов-соседей. Планирование развития транспортно-логистической системы территории, превосходящей региональный аспект (в дальнейшем назовем ее территориальной транспортно-логистической системой, или ТТЛС), требует учитывать множество факторов и перспектив. На рис. 3 представлена обобщенная схема анализа транспортно-логистической системы, которая в качестве методологической основы использует анализ системной динамики.

Такое представление ТТЛС позволяет, помимо всего прочего, выявить в ее структуре место и роль подсистемы управления, посредством которой осуществляются информационные функции разработки и принятия решений

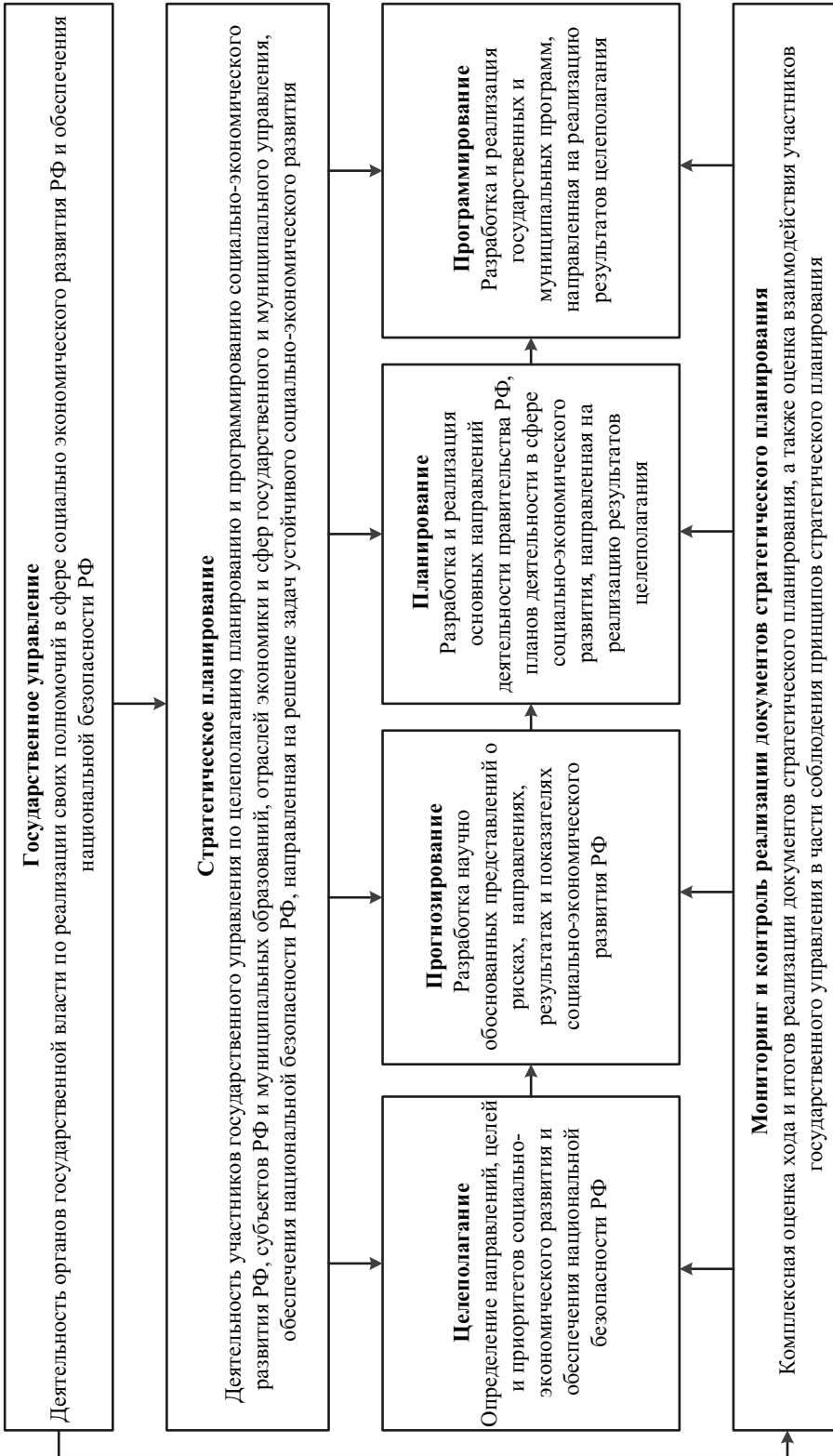


Рис. 2. Основные положения ФЗ-172 от 28.06.2014 «О стратегическом планировании в РФ»

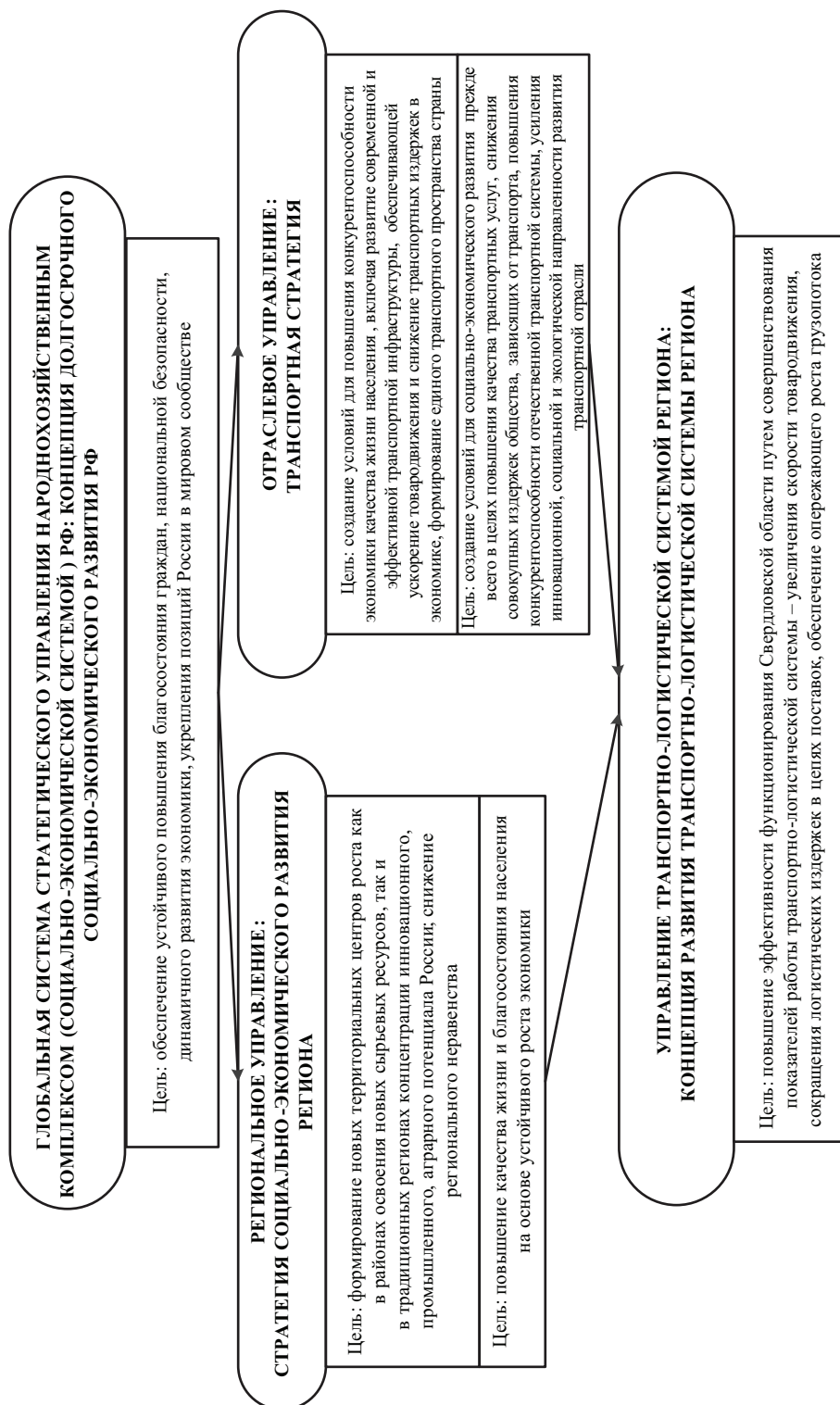


Рис. 3. Взаимодействие документов различных уровней при формировании целей управления ТТЛС (разработано авторами [10–15])

в сфере транспорта и логистики. Анализ и диагноз состояния ТТЛС необходимы для выработки прогнозов развития, на которых, в свою очередь, базируется формирование стратегий управления и стабилизации развития.

Для каждого из условно выделенных блоков существуют процедуры получения объективных оценок текущего состояния ТТЛС. В данном случае, «процедура – это последовательность обработки исходной информации о текущем состоянии блока, поставляемой системами мониторинга, и сбора статистики» [15].

Наиболее очевидный вариант прогноза развития ТТЛС базируется на анализе динамики таких количественных показателей ее функционирования, как объемы грузооборота, погрузки и выгрузки [16, 17]. Такой вариант оправдан в случае представления ТТЛС как одной из подсистем социально-экономической системы территории.

Однако при разработке стратегического плана развития ТТЛС как системы с собственной самостоятельной целью использования этих показателей недостаточно. ТТЛС – это большая сложная система, значит, она характеризуется большим количеством прямых и обратных связей, описываемых системой различных показателей и оцениваемых системой различных критериев. Такая система критериев, помимо перечисленных объемных, должна включать финансовые (стоимостные) показатели и показатели уровня качества общественной жизни.

Таким образом, предлагается система критериев для физического пространства: факторы по трем укрупненным группам (экономическим, социальным и экологическим).

Задачу многокритериальной оценки транспортной сети территории представим в виде графа G , который минимизирует экономические функции $C(S)$, экологические $E(S)$ и социальные $\Theta(S)$, или кратко:

$$\min\{C(S), E(S), \Theta(S)\} \text{ для } S \in W. \quad (1)$$

Данная формулировка задачи является достаточно общей. Её решение сводится к поиску пути с минимальным вектором значений целевых функций. Разумеется, необходимо уточнить, как именно понимать минимальность вектора целевых функций, поскольку целевые функции, как правило, изменяются разнонаправленно (например, уменьшение $C(S)$ приводит к увеличению $\Theta(S)$ и наоборот). В теории многокритериальной оптимизации разработано много различных подходов, которые позволяют свести многокритериальную задачу к однокритериальной или уменьшить множество допустимых решений так, чтобы было возможно осуществить выбор решения на основе экспертного заключения.

В частности, на первом этапе удобно сузить множество допустимых решений при помощи выделения множества Парето-оптимальных решений $\text{Par} \subset W$. Оптимальность по Парето мы понимаем в общепринятом смысле: решение $S_0 \in W$ сильно оптимально по Парето, если не существует $S \in W$ такого, что $C(S) \leq C(S_0)$, $E(S) \leq E(S_0)$, $\Theta(S) \leq \Theta(S_0)$, и хотя бы в одном из этих условий имеет место строгое неравенство.

Парето-оптимизация в разы сокращает множество допустимых решений, поэтому лицо, принимающее решение (ЛПР), может непосредственно выбрать оптимальное решение из Par . Однако, если же множество Par велико и ЛПР сложно осуществить свой выбор, то можно воспользоваться методом идеальной точки (см. [19]):

$$\begin{aligned} A^{ID} &= \{C^{ID}, \Theta^{ID}, E^{ID}\} = \\ &= \left\{ \min_{S \in \text{Par}} C(S), \min_{S \in \text{Par}} \Theta(S), \min_{S \in \text{Par}} E(S) \right\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Для любой другой точки $A = \{C(S), \Theta(S), E(S)\}$, $S \in \text{Par}$ введем «расстояние» до точки A^{ID} :

$$\begin{aligned} F(S) &= \left(\frac{C(S) - C^{ID}}{C(S)} \right)^2 + \\ &+ \left(\frac{\Theta(S) - \Theta^{ID}}{\Theta(S)} \right)^2 + \left(\frac{E(S) - E^{ID}}{E(S)} \right)^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Метод идеальной точки заключается в том, что решение задачи сводится к минимизации функционала $F(S)$.

Такая задача может быть хорошо проиллюстрирована для мегапроектов, где основным объектом изучения становится большая транспортная сеть и масштаб превышает регион. Так, группой разработчиков предлагается мегапроект Трансевразийского пояса развития (ТЕПР) и «Интегральной евразийской транспортной системы» (ИЕТС), который предполагает создание трех транспортно-логистических комплексов (ТЛК) между Европой и Азией: высокоскоростной транспортной сети, ТЛК портовой инфраструктуры Северного морского пути (СМП) и инновационного ТЛК безаэродромных транспортных средств большой грузоподъемности с инфраструктурой быстровозводимых взлетно-посадочных полос (площадок) для малой и безаэродромной авиации. Проекты особо крупных масштабов, подобные этому, будут предлагаться к рассмотрению снова и снова, поскольку при правильной постановке они способны кроме прямых транспортных эффектов генерировать столь же значимые нетранспортные эффекты. Это эффекты различной природы, которые не всегда удается адекватно отразить в составе расширенного экономического критерия. Поэтому проекты особо крупных масштабов – объект для многокритериального анализа и оценки. Если в таких мегапроектах не учитывать многокритериальность, то оценки и обоснования развития транспортной сети будут сильно различны, вплоть до взаимоисключающих.

Сформулированная роль транспортной сети в формировании территориального пространства создает предпосылки использования пространственной парадигмы для стратегического управления функционированием и развитием социально-экономической системы и ТТЛС как системы более низкого уровня как ее подсистемы. Уровни пространств этой парадигмы позволяют выполнять многокритериальную оценку эффективности этих систем, уточняя и детализируя ее на каждом уровне.

Авторами рассмотрены ключевые аспекты реализации прогнозирования как обязательной функции стратегического планирования развития территории. ТТЛС сформулирована как подсистема, обеспечивающая и опережающая развитие территории. Обоснована необходимость автономного прогнозирования развития ТТЛС по системе критериев. Определен опережающий характер развития ТТЛС по отношению к другим элементам и подсистемам социально-экономической системы территории.

Формализована задача минимизации расходов и издержек по трем укрупненным группам критериев: экономическим, социальным и экологическим. Реализованы алгоритмы нахождения Парето-оптимальных решений и «идеальной точки» по предложенным критериям. Эффективность предложенного подхода многокритериальной оценки подтверждается его успешным использованием в ряде проектов развития транспортных систем территориально-го и федерального масштабов. ■

Литература

1. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года (проект) // Официальный сайт Минэкономразвития. 2018. URL: <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/planning/sd/201817081> (дата обращения: 10.10.2018).
2. The Future of Transportation and Communication. Visions and Perspectives from Europe, Japan, and the U.S.A. / Thord, Roland (Ed.). 1993. URL: <https://www.springer.com/us/book/9783642780332> (дата обращения 15.10.2018).
3. Пьяных Е.П. Роль железной дороги в формировании и развитии общества // Вестник УрГУПС, № 3, 2017. С. 98–110. ISSN 2079-0392.
4. Modeling the Growth of Transportation Networks: A Comprehensive Review // Networks and Spatial Economics, Vol. 9, No. 3, pp. 291-307. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1735563 (дата обращения: 15.10.2018).

5. Urban Transportation and the Environment: Issues, Alternatives and Policy Analysis 2015 / Edition by Sudhakar Yedla (Author). 2015. URL: <https://www.amazon.in/Urban-Transportation-Environment-Alternatives-Analysis-ebook/dp/B00X6W24F8> (дата обращения 15.10.2018).
6. Журавская М.А. «Зеленая» логистика – стратегия успеха в развитии современного транспорта // Вестник УрГУПС. 2015. № 1 (25). С. 38–48. ISSN 2079-0392.
7. Петров М.Б., Тарасян В.С., Журавская М.А. Моделирование оптимальной сети железных дорог с учетом развития транспортно-логистической системы региона // Экономика региона. 2013. № 4 (36). С. 181–189.
8. Zhuravskaya M., Tarasyan V. Forming of the regional core transport network taking into account the allocation of alternative energy sources based on artificial intelligence methods // Transport Problems. 2014. Т. 9. № 4. С. 121–130.
9. Федеральный закон ФЗ-172 от 28.06.2014 «О стратегическом планировании в РФ». URL: <http://base.garant.ru/70684666> (дата обращения: 15.10.2018).
10. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-п). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134/28c7f9e359e8af09d7244d8033c66928fa27e527/ (дата обращения: 15.10.2018).
11. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190 (дата обращения: 15.10.2018).
12. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82617 (дата обращения: 15.10.2018).
13. Стратегия социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года. URL: http://economy.midural.ru/otr_strateg_doc (дата обращения: 15.10.2018).
14. Концепция развития транспортно-логистической системы Свердловской области на 2009–2015 годы (с перспективной до 2030 года). URL: http://economy.midural.ru/otr_strateg_doc (дата обращения: 15.10.2018).
15. Государственная программа Свердловской области «Развитие транспортного комплекса Свердловской области до 2024 года». URL: https://mtrans.midural.ru/document/list/document_class/25#document_list (дата обращения: 15.10.2018).
16. Синцов К.В. Прогнозирование как метод региональных исследований : дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. экон. наук : 08.00.05. – М., 2007. 148 с.
17. Вохмянина А.В. Прогнозирование логистических показателей работы транспортно-распределительной системы региона // Транспорт: наука, техника, управление. 2017. № 3. С. 13–20. ISSN 0236-1914.
18. Вохмянина А.В. Прогнозирование логистических показателей в условиях внутригодовой неравномерности деятельности железнодорожного транспорта // Транспорт: наука, техника, управление. 2017. № 5. С. 24–30. ISSN 0236-1914.
19. Цяо Цун. Формирование «зеленых» цепей поставок в условиях неопределенности : дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук : 05.22.01. – Екатеринбург, 2016. 126 с.

Bibliography

1. Strategy of spatial development of the Russian Federation for the period up to 2025 (project) [Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda (proekt)] // Official website of the Ministry of economic development. 2018. URL: <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/planning/sd/201817081> (date of access: 10.10.2018).
2. The Future of Transportation and Communication. Visions and Perspectives from Europe, Japan, and the U.S.A. / Thord, Roland (Ed.). 1993. URL: <https://www.springer.com/us/book/9783642780332> (date of acces: 15.10.2018).
3. Pyanyh E.P. The role of the railway in the formation and development of society [P'yanyh E.P. Rol' zheleznoj dorogi v formirovanii i razvitii obshchestva] // Herald of USURT, № 3, 2017. P. 98–110. ISSN 2079-0392.
4. Modeling the Growth of Transportation Networks: A Comprehensive Review // Networks and Spatial Economics, Vol. 9, № 3, pp. 291–307. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1735563 (date of acces: 15.10.2018).
5. Urban Transportation and the Environment: Issues, Alternatives and Policy Analysis 2015 / Edition by Sudhakar Yedla (Author). 2015. URL: <https://www.amazon.in/>

- Urban-Transportation-Environment-Alternatives-Analysis-ebook/dp/B00X6W24F8 (date of access: 15.10.2018).
6. Zhuravskaya M. A. Green logistics: strategy of success in the development of modern transport [ZHuravskaya M.A. «Zelenaya» logistika – strategiya uspekha v razvitiy sovremennogo transporta] // Herald of USURT. 2015. № 1 (25). P. 38–48. ISSN 2079-0392.
7. Petrov M.B., Tarasyan V.S., ZHuravskaya M.A. Modeling of the optimal railway network considering the development of the region transport and logistics system [Petrov M.B., Tarasyan V.S., ZHuravskaya M.A. Modelirovanie optimal'noy seti zheleznih dorog s uchedom razvitiya transportno-logisticheskoy sistemy regional] // Regional Economy 2013. № 4 (36). P. 181–189.
8. Zhuravskaya M., Tarasyan V. Forming of the regional core transport network taking into account the allocation of alternative energy sources based on artificial intelligence methods // Transport Problems. 2014. T. 9. № 4. C. 121–130.
9. Federal law FZ-172 of 28.06.2014 «on strategic planning in the Russian Federation» [Federal'nyy zakon FZ-172 ot 28.06.2014 «O strategicheskoy planirovaniy v RF»]. URL: <http://base.garant.ru/70684666> (date of access: 15.10.2018).
10. The concept of long-term social economic development of the Russian Federation for the period up to 2020 (approved order of the government of the Russian Federation on November 17, 2008 № 1662-p) [Konceptiya dolgosrochnogo social'no-ehkonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda (utv. rasporyazheniem pravitel'stva RF ot 17 noyabrya 2008 g. № 1662-r)]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134/28c7f9e359e8af09d7244d8033c66928fa27e527 (date of access: 15.10.2018).
11. Forecast of long-term social economic development of the Russian Federation for the period up to 2030 [Prognoz dolgosrochnogo social'no-ehkonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190 (date of access: 15.10.2018).
12. Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 [Transportnaya strategiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82617 (date of access: 15.10.2018).
13. Strategy of social economic development of the Sverdlovsk region for the period up to 2020 [Strategiya social'no-ehkonomicheskogo razvitiya Sverdlovskoj oblasti na period do 2020 goda]. URL: http://economy.midural.ru/otr_strateg_doc (date of access: 15.10.2018).
14. The concept of development of transport and logistics system of Sverdlovsk region for 2009–2015 (with the prospects until 2030) [Konceptiya razvitiya transportno-logisticheskoy sistemy Sverdlovskoj oblasti na 2009–2015 gody]. URL: http://economy.midural.ru/otr_strateg_doc (date of access: 15.10.2018).
15. Government program of the Sverdlovsk region «Development of the transport complex of the Sverdlovsk region until 2024» [Gosudarstvennaya programma Sverdlovskoj oblasti «Razvitie transportnogo kompleksa Sverdlovskoj oblasti do 2024 goda»]. URL: https://mtrans.midural.ru/document/list/document_class/25#document_list (date of access: 15.10.2018).
16. Sincov K.V. Forecasting as a method of regional studies : Diss. ... on kand. Econ. Sciences : 08.00.05 [Sincov K.V. Prognozirovanie kak metod regional'nyh issledovaniy : diss. ... na soisk. uch. st. kand. ehkon. nauk : 08.00.05]. – M., 2007. 148 p.
17. Vokhmyanina A. V. Forecasting of logistic indicators of work of transport and distribution system of the region [Vohmyanina A.V. Prognozirovanie logisticheskikh pokazatelej v usloviyah vnutrigodovoj neravnomernosti deyatel'nosti zheleznodorozhnogo transporta] // Transport: science, equipment, management. 2017. № 3. P. 13–20. ISSN 0236-1914.
18. Vokhmyanina A.V. Forecasting of logistic indicators in the conditions of intra-annual unevenness of activity of railway transport [Vohmyanina A.V. Prognozirovanie logisticheskikh pokazatelej v usloviyah vnutrigodovoj neravnomernosti deyatel'nosti zheleznodorozhnogo transporta] // Transport: science, technique, management. 2017. № 5. P. 24–30. ISSN 0236-1914.
19. Cyao Cun. The formation of green supply chains under uncertainty : Diss. ... on kand. tech. sciences : 05.22.01 [19. Cyao Cun Formirovanie «zelenyh» cepej postavok v usloviyah neopredelennosti : diss. ... na soisk. uch. st. kand. tekhn. nauk : 05.22.01]. – Ekaterinburg, 2016. 126 p.

Статья сдана в редакцию 8 ноября 2018 года

Н.М. Магомедова, А.С. Кравец

Обоснование социальной и стратегической значимости перевозок зерновых грузов: историческая ретроспектива

UDC 656.22 + 06

N.M. Magomedova, A.S. Kravec

Social and strategic rationale in the transportation of grain cargoes: a historical retrospective

Аннотация

Перевозка массовых грузов – одна из основополагающих задач железнодорожного транспорта, особенно если речь идет о таком стратегическом грузе, как зерно.

Авторами проведен анализ развития перевозок зерновых грузов, в котором отмечается, что существенных изменений тенденции перевозки зерновых не претерпели, в частности, учет изменения экономических условий, в которых осуществляется предложение транспортных услуг.

Рассматривается перевозка зерновых грузов в историческом аспекте. Приведены основные периоды в развитии зерновых перевозок, рассмотрены способы перевозки зерна в различные исторические периоды. Приводится обоснование стратегической важности зерновых перевозок, их влияния на развитие транспорта, а также регионов и страны в целом. Проведен анализ исторической тенденции в части экспортно-импортной направленности России во временном контексте.

На сегодняшний день зерновые грузы составляют большую долю экспорта России и в доставке их к потребителю немалую роль играет железнодорожный транспорт. Исторические тенденции в экспортно-импортном потенциале нашей страны сохраняются, массовый импорт зерновых грузов для России остается, скорее, феноменом. Стратегическая важность зерновых грузов не снижается с учетом времени, остается на высоком уровне.

Ключевые слова: зерновые грузы, перевозка, инфраструктура, тарифы, железнодорожный транспорт, история перевозок, развитие транспорта, экспортно-импортный потенциал.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-69-76

Abstract

Transportation of bulk cargo is one of the fundamental tasks of railway transport, especially when it comes to such strategic cargo as grain.

The authors analyzed the development of transportation of grain cargoes, which notes that significant changes in the trend of transportation of grain in comparison with modern have not undergone, in particular, taking into account changes in the economic conditions in which the supply of transport services.

Transportation of grain cargoes in historical aspect is considered. The main periods in the development of grain transportation are given, the methods of transportation of grain in different historical periods are considered. The substantiation of the strategic importance of grain transportation, their impact on the development of transport, as well as regions and the country as a whole. The analysis of the historical trend in terms of export-import orientation of Russia in the time context.

To date, grain cargoes account for a large share of Russia's exports and rail transport plays a significant role in their delivery to the consumer. Historical trends in the export-import potential of our country remain, the mass import of grain cargoes for Russia remains rather a phenomenon. The strategic importance of grain cargo does not decrease with time, it remains at a high level.

Keywords: grain cargoes, transportation, infrastructure, tariffs, railway transport, transportation history, transport development, export-import potential.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-69-76

Статья рекомендована к публикации Ю.Ф. Чистяковым, канд. экон. наук, старшим научным сотрудником Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: uch1961@mail.ru.

Наталья Мусаевна Магомедова, канд. экон. наук, доцент; кафедра «Станции и грузовая работа» Ростовского государственного университета путей сообщения; г. Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: nata-vesna333@yandex.ru.

Александра Сергеевна Кравец, ст.преподаватель; кафедра «Управление эксплуатационной работой» Ростовского государственного университета путей сообщения; г. Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: kravec_as@mail.ru.

The article is recommended for publication by Y.F. Chistyakov, Candidate of Econ., Senior researcher at the Institute of Economics of the Ural branch of RAS. E-mail: uch1961@mail.ru.

Natalya Musaevna Magomedova, Candidate of Econ. Sciences, Associate Professor of Chair «Stations and cargo work» at Rostov State University of Railway Transport; Rostov-on-don, Russia. E-mail: nata-vesna333@yandex.ru.

Aleksandra Sergeevna Kravec, Senior lecturer; Department of operational management at Rostov State University of Railway Transport; Rostov-on-don, Russia. E-mail: kravec_as@mail.ru.

Базой территориально-административного деления Северного Кавказа, разработанного еще в советское время комиссией под председательством М. И. Калинина, стал именно экономический подход (рис.).

Северный Кавказ в экономическом отношении располагает богатейшими хлебными районами, многими месторождениями полезных ископаемых, главным образом, угля, нефти и других видов промышленного сырья.

Экономическое значение Северного Кавказа не исчерпывается сырьевыми и производственными ресурсами. Через эти районы и их порты на Черном, Азовском и Каспийском морях проходил и проходит значительный внешний торговый грузооборот.

Хозяйственная специализация Северного Кавказа сегодня – это четыре основных направления, важнейшим из которых является многоотраслевой агропромышленный комплекс, в том числе большое количество предприятий по переработке животноводческой продукции, а также различных растительных культур, Благоприятные климатические условия и наличие выходов к морям изначально определили сельскохозяйственную и транспортно-транзитную составляющую специализации. Высокую значимость придавало выращивание хлеба на этих территориях.

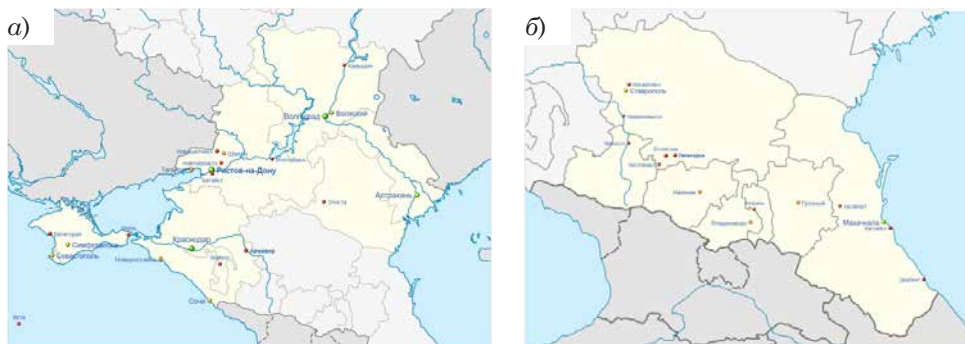
В конце XVIII – начале XIX вв. устойчивый рост численности населения и постепенное расширение посевных

площадей в России обусловили неуклонное увеличение производства товарного зерна и продуктов животноводства. На известных российских ярмарках, таких как Макарьевская, переименованная в Нижегородскую, Московская, Екатерининдарская, Майкопская и других, продавали крупные партии домашнего скота и товаров, производимых на донской земле: лошадей, рогатый скот, овец, шерсть, рыбу, зерно, донские вина. Развивается внешняя торговля.

Из внутренних губерний России в Ростовский и Таганрогский порты стекаются крупные партии товаров на экспорт. С каждым годом усиливается поток хлеба из плодородных районов Приазовья, Дона и Волги. В портах торговыми людьми усиленно строятся хлебные амбары для ссыпки зерна, ожидающего отправки за рубеж. К этому времени торговлю на Дону вели не только иногородние купцы, но и торговые казаки, освобождавшиеся по государеву указу от воинской службы, вносившие за эту льготу специальную ежегодную плату в казну [2].

Главным экспортным грузом считалась пшеница, отправляемая в Англию и другие станы Европы. В 1836–1860 гг. вывоз льняного семени, поступающего из Воронежской губернии и Восточной Украины, в среднем увеличился в 60 раз, а хлеба – в 100 раз. В Англию также отправляли шерсть и сельхозпродукты.

Большие просторы Северного Кавказа (территории современных Южного



Южный (а) и Северо-Кавказский (б) федеральные округа РФ

и Северо-Кавказского федеральных округов РФ составляют 618260 км²) требовали развития надежных сухопутных видов транспорта. На Дону и Кубани начали строить железные дороги; первая из них – Владикавказская (1875 г.), на момент открытия ее протяженность – 966,5 км, а в 1913 г. она уже составляла 2511 км. Немалую роль в развитии сухопутного транспорта на юге России имеют и перевозки зерновых грузов. Поиск новых дешевых и простых технологий перевозки зерна привели к тому, что часто зерно стали перевозить водным транспортом навалом, без тары, что послужило причиной многих аварий в силу физических свойств этого груза, в частности, его сыпучести. В данном случае технический прогресс стал причиной повышенной аварийности и гибели судов. Изменения в конструкции судов и технологии перевозки зерна с высоты современных теоретических позиций и накопленного опыта приводили к неблагоприятным с точки зрения безопасности изменениям в системе «судно – груз». Высокобортные, с большим запасом остойчивости парусные суда обычно имели некоторый постоянный крен на наветренный борт, паруса служили своего рода успокоителями качки. На смену таким суда пришли низкобортные и менее остойчивые, с механическим двигателем, подверженные всем видам качки, особенно бортовой (суда еще не имели скуловых килей); сыпучий груз в мешках был заменен навалочным. В случае качки зерно пересыпалось, образуя неравномерную нагрузку, и судно переворачивалось.

Россия являлась одним из ведущих экспортеров зерна. Основной поток экспортного зерна шел через черноморские порты (Одесса, Мариуполь, Новороссийск). Объемы экспорта товаров в 1913 г. представлены в таблице 1 [3].

В конце XIX – начале XX вв. в портах построены перегрузочные комплексы. Например, в порту Новороссийск – элеватор, соединенный с причалом специальным транспортером,

обеспечивающим механизированную погрузку зерна прямо в грузовые помещения судна. Аварийность при перевозках зерна навалом из черноморских портов была значительно ниже. Это объясняется тем, что маршруты движения судов пролегли в основном по закрытым морским бассейнам, Черного, Азовского и Средиземного морей (т.к. странами-экспортерами российских товаров были Германия, Великобритания, Голландия, Франция, Италия, Бельгия, Румыния, а также Иран и Турция), где погодные условия значительно мягче по сравнению с районами северной Атлантики и, кроме того, плавание осуществляется в относительной близости берега и имеется возможность укрыться за островами или зайти в порт-убежище.

В дальнейшем английские правила (1906 г.), подкрепленные опытом морской практики, послужили основой для создания национальных требований в ряде стран. Суть всех этих правил сводилась к применению устройств, ограничивающих смещение зерна, тщательной штивке и к закреплению свободной поверхности зерна. Однако аварии с судами, перевозящими зерно навалом, не прекращались – с начала XX в. до второй мировой войны ежегодно терпели бедствие от 3 до 7 судов с зерном [4].

Одной из экономических предпосылок создания железных дорог общего пользования является интенсивное развитие сельскохозяйственного производства, что провоцировало развитие торговли [5].

Организация транспортного коридора в конце XIX в., соединяющего центр России с Нижним Поволжьем и Уралом, была обусловлена большим потоком продовольственных грузов, в том числе зерна, большую роль здесь играла скорость их доставки [6].

Россия в течение длительного исторического периода являлась одним из крупнейших мировых экспортеров зерна. Среднегодовой экспорт зерна в период 1909–1913 гг. составлял 10,5 млн т. Крупные объемы зерна

Таблица 1

Вывоз Россией важнейших товаров в 1913 г.

Товар	Вывоз	
	тыс. пудов	тыс. руб.
Хлеб в зерне и муке	722995	651601
Отруби	48662	32716
Жмыхи льняные и подсолнечные	31791	28963
Семя льняное	6651	10070
Табак	819	7733
Лошади (тыс. голов)	107	13885
Свиньи (тыс. голов)	110	8678
Домашняя птица	9898	9467
Мясо домашней птицы	729	6556
Яйца (тыс. штук)	3572	90646
Мясо свиное соленое	637	5129
Масло коровье	4763	71558
Сахар-песок и рафинад	8994	27558
Спирт и вино хлебное	259	5251
Дерево строительное	137000	37300
Доски	217000	94434
Деревянные товары и изделия	2877	5681
Лен	16632	86818
Льняная кудель и пакля	1994	7371
Пенька	3271	20369
Шелк и коконы	127	4517
Шерсть	1072	10664
Кожи невыделанные	2548	36130
Кожаные изделия	35	1287
Стеклянные изделия	226	1690
Резиновые изделия	227	5855
Спички	300	1310
Руда железная	28674	3047
Руда марганцевая	72879	14575
Нефтяные масла	39237	33247
Осветительные и смазочные масла	13065	13230
Платина (пуд)	381	14117
Бумажные ткани	1050	43894
Машины и части машин	180	2145
Железные изделия	906	4017

экспортировались СССР в 1929–1930 гг. В 1950–1960-е гг. СССР экспортировал большое количество зерна. После распада СССР основными государствами СНГ, экспортирующими зерно, стали Казахстан, Россия, Украина [7].

В конце 80-х гг. XX в. возникает феномен советского зернового импорта, обусловленный нерациональной структурой производства зерновых, которая порождала недостаток фуражных сортов пшеницы и кукурузы. Но это исключительный случай [8]. В целом же экономисты определяют зерновой рынок как «рынок с существенной долей экспорта». Экспорт зерновых не только пополняет бюджет страны, но и решает проблему санации избытков, которая особенно остро стоит в урожайные годы. По оценкам специалистов, внутренние потребности России в зерне с учетом различных потерь составляют примерно 70 млн т [9].

По прогнозам, к 2020 г. численность населения Земли достигнет почти 8 млрд человек (прирост в 1,5 раза по сравнению с последним десятилетием прошлого столетия), что потребует соответствующего увеличения производства продуктов питания, в первую очередь пищевого и фуражного зерна.

В первое десятилетие XX в. зерно экспортировалось через 13 портов, крупнейшими из которых были Николаевский, Одесский и Херсонский. Так, ежегодно через Николаевский порт вывозилось более 1250 тыс. т зерна. В порту действовал крупнейший элеватор емкостью 24 тыс. т. Ежедневно в порт подавалось 400 грузовых вагонов.

Рост хлебных перевозок во все времена обуславливал увеличение флота и интенсивное строительство железных дорог. Зерно тысячелетиями составляло основу грузовой базы морских перевозок. Еще в IV в. до н. э. в Афины ввозилось 400 000 медимнов хлеба (около 20 800 000 л) с Черного моря.

В начале XIX в. Россия вывозила очень маленькие объемы хлеба из районов, примыкающих к водным путям,

и только в 60-х гг., по мере постройки железных дорог, экспорт зерна начал активно развиваться, появилась реальная надежда на уравнивание хлебных цен в центральных, северных и восточных областях страны. Стало возможным быстрое перемещение больших партий зерна в черноморские порты [10].

Складская система для хранения зерна стала возникать с 1888 г.; первый элеватор открыли в г. Ельце на частные средства, затем сеть элеваторов расширялась, самые крупные построены в портовых городах (Новороссийск, Николаев, Одесса и др.).

Однако оборудование железных дорог складскими помещениями, подвижным составом, подъездными путями было недостаточным по сравнению с объемами торговли зерном. Грунтовые дороги, по которым грузы доставлялись к железнодорожным станциям и портам, не были приспособлены к нуждам грузоотправителей, т. е. не всегда можно было привезти груз в нужное время из-за состояния дорог и отсутствия необходимого количества элеваторов.

Главным зерновым портом Европы в конце XIX в. стала Одесса, но в первое десятилетие XX в. с нею конкурировали уже 12 черноморских портов, крупнейшие из которых – Николаевский и Херсонский.

К внешней торговле хлебными грузами были причастны и многие коммерческие банки. Наибольшим экспортным оборотом отличались Международный коммерческий и Русско-Азиатский банки. В 1910 г. они учредили Международное общество погрузочных средств и складских помещений, развернувшее широкую экспортную торговлю со странами Южной Европы. Через черноморские порты Российская империя экспортировала в начале XX века 3,5 млн т зерна. Перевозка хлеба в порт по железной дороге обходилась тогда почти в шесть раз дешевле по сравнению с гужевым транспортом [10].

Строительство Владикавказской железной дороги во многом стало

следствием реализации экспортного потенциала России. Значение хлебных грузов в общем грузообороте дороги подчеркивает тот факт, что в «Общем очерке экономических и торгово-промышленных условий района Владикавказской железной дороги», выпущенном в Санкт-Петербурге в 1892 г., хлебной торговле и производству зерновых посвящен первый том, в котором подробно исследован вопрос конкуренции железных дорог с гужевым транспортом в части перевозки зерновых грузов [11].

Линия Краснодар-Крымская – Новороссийск особенно привлекла существовавшее тогда акционерное общество Владикавказской железной дороги, так как в то время там был единственный хорошо оборудованный порт на Черноморском побережье Кавказа. Это центр экспортной хлебной торговли. В настоящее время здесь крупнейший элеватор. Зерно в нем очищается, высушивается, взвешивается, сортируется и механически грузится на суда водного транспорта. Новороссийский элеватор имеет крупные железнодорожные пакгаузы и мощные дороги к нему, благоустроенные площадки и эстакады с галереями.

Ставрополь, основанный в 1777 г., – центр большой хлебной торговли, с оборотом до 1917-го г. до 40 млн руб. в год. Преследуя коммерческие цели объединения хлебных районов Дона, Кубани, Терека, акционерное общество Владикавказской железной дороги в июле 1899 г. завершает строительство и вводит в эксплуатацию линию Тихорецкая – Торговая (ныне Сальск) (148 км) и далее до Царицына (ныне Волгоград) (351 км) [12].

В начале XX в. действовали уже пять пристаней Владикавказской дороги, одна из них, эстакадная, состояла из двух ярусов: по верхнему – хлебные грузы подавались к причалу в вагонетках и выгружались в трюмы судов через люки по направляющим трубам, по нижнему ярусу подавались вагоны с хлебными грузами в мешках и выгружались вручную.

С приходом железной дороги в Новороссийск приток зерна в порт для отправки на экспорт вырос с 7,5 тыс. пудов в 1887 г. до 18,9 млн в 1889 г. Для успешного освоения устойчиво возрастающего потока хлебных грузов обществом Владикавказской дороги решено приступить к строительству элеватора, позволяющего механизировать весь комплекс операций с зерном: выгрузку из вагонов, очистку от примесей, сортировку, взвешивание, перемещение в закрома на хранение и по мере надобности доставку к пристаням и загрузку в трюмы морских судов.

В это же время стала очевидной стесненность Ростово-Нахичеванского транспортного узла, где сходились три железные дороги (Владикавказская, Екатерининская и Юго-Восточные) и размещался крупный торговый речной порт. Узел не справлялся с переработкой из года в год возрастающих вагонопотоков, особенно в сезон усиленной подвозки хлебных грузов.

В 1909 г. тремя железными дорогами было завезено в Ростов 70 млн пудов зерна (со станций Владикавказской дороги – 25 млн). Большая его часть подавалась вагонами через ст. Кизитеринка (Юго-Восточная железная дорога) на подъездные пути Ростовского порта для перегрузки в суда и отправки водным транспортом за рубеж. В осеннюю навигацию подача в порт зерна не считая других грузов достигала 380 тыс. пудов, или более 500 вагонов в сутки. При таких объемах даже незначительные нарушения технологии внутриузловых перевозок, малейшие сбои в работе технических средств или несогласованность действий и задержка при натурной и документальной передаче вагонов с одной дороги на другую нередко заканчивались серьезными осложнениями всего перевозочного процесса в транспортном узле и на его подходах. В итоге вагоны с зерном скапливались на подступах к порту, а на линейных станциях росли залежи товарного зерна в ожидании отгрузки. Немалая его доля стала уходить в другие порты

(Новороссийск, Ейск, Мариуполь и даже Николаев) [12].

Зерно остается важнейшим товаром на мировом рынке благодаря продолжительным срокам хранения в определенных условиях без изменения физических свойств, питательной ценности, дешевизне, высокой транспортабельности – это все исторически определило место зерновых в пищевой корзине человека. Оно получило широкое распространение как основной продукт питания людей, а также домашних животных и птиц. Основой сельского хозяйства, в том числе животноводства является выращивание зерновых.

Благодаря возможности длительного хранения администрациями разных стран создаются резервы зерна, обеспечивающие продовольственную безопасность государств. Объемы экспорта зерновых из стран-производителей говорят о востребованности зерна на мировом рынке. Еще одна сторона экспорта – пополнение бюджетов стран-производителей, в том числе за счет санации излишков, т. е. выполняется сразу две задачи.

Использование различных видов транспорта, технологий перевозки, хранения подтверждает поиск эффективной схемы доставки зерновых от производителя потребителю, что еще раз подчеркивает значимость возможностей перевозки зерновых грузов. В РФ возможность перемещения зерновых грузов обеспечивает не только экспортный потенциал, но и продовольственную безопасность регионов, в природных условиях которых зерновые культуры не выращиваются или выращиваются, но не обеспечивают потребности региона (северные территории, Забайкалье, Дальний Восток).

Стратегическая и социальная значимость перевозок зерновых грузов в исторической ретроспективе определила и развитие мировой транспортной сети, в частности современной России. Строительство новых линий железных дорог, совершенствование гужевых, а теперь автомобильных дорог, строительство новых и совершенствование имеющихся портовых и складских мощностей стимулировала в числе прочих факторов и устойчивая торговля зерном. ■

Литература

1. Сидоренко В.Т. Путешествие в историю Северо-Кавказской железной дороги. 1860–1920. Ростов-на-Дону : Омега-принт, 2007. 323 с.
2. Вывоз и ввоз Россией важнейших товаров в 1913 г. URL: <http://www.protown.ru/information/hide/6619.html> (дата обращения: 12.08.2018).
3. Перевозка зерна навалом. URL: <https://filesclub.net/1779693/#downloadjump> (дата обращения: 12.08.2018).
4. История железнодорожного транспорта России. – Т. 1 : 1836–1917 / под ред. Е.Я. Красковского, М.М. Уздина. СПб, 1994. 336 с. ISBN 5-85952-005-0.
5. Крейниис З.Л. Очерки истории железных дорог. Кн. 3 : Великий Российский путь из Санкт-Петербурга во Владивосток. М. : ГОУ »Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2010. 492 с. ISBN 978-5-9994-0024-6.
6. Чистяков Ю.Ф. Долговременные тенденции развития зернового экспорта России // Аграрный вестник Урала. 2014. №12 (130). С. 102–108. ISSN 1997-4868.
7. Чистяков Ю.Ф. Советский и региональный импорт зерна (70-80-е гг. XX в.) // Документ. Архив. История. Современность. 2009. №10. С. 163–169. ISBN 978-5-7996-0490-5.
8. Барсукова С.Ю. «Экономический патриотизм» на продовольственных рынках: импортозамещение и реализация экспортного потенциала (на примере мясного рынка, рынка зерна и рынка соков) // Journal of institutional studies (Журнал институциональных исследований). 2010. Т. 2. № 2. С. 118–134. ISSN 2076-6297.
9. Зерновой путь. URL: <https://viggorr.livejournal.com/8510.html> (дата обращения: 12.08.2018).
10. Общий очерк экономических и торгово-промышленных условий района Владикавказской железной дороги, Санкт-Петербург 1892 г. URL: <https://vivaldi.dspl.ru/bv0000543/view#page=2> (дата обращения: 12.08.2018).

11. Вульф А.Б. История железных дорог Российской империи. М. : РИПОЛ классик, 2016. 744 с. ISBN 978-5-386-08589-6.

Bibliography

1. Sidorenko V.T. Journey into the history of the North Caucasus railway. 1860–1920 [Sidorenko V.T. Puteshestvie v istoriyu Severo-Kavkazskoj zheleznoj dorogi. 1860–1920]. Rostov-on-Don : Omega print, 2007. 323 p.
2. Export and import of the most important cargoes by Russia in 1913 [Vyvoz i vvoz Rossiej vazhnejshih tovarov v 1913 g.]. URL: <http://www.protown.ru/information/hide/6619.html> (date of access: 12.08.2018).
3. Transportation of grain in bulk [Perevozka zerna navalom]. URL: <https://filesclub.net/1779693/#downloadjump> (date of access: 12.08.2018).
4. History of railway transport in Russia [Istoriya zheleznodorozhnogo transporta Rossii]. – Vol. 1: 1836-1917 / under the editorship of E. Y. Kraskovsky, M. M. Uzdin. – Spb, 1994. 336 p. ISBN 5-85952-005-0.
5. Krejnis Z.L. Sketches of history of Railways [Krejnis Z.L. Oчерки istorii zheleznyh dorog]. Vol. 3: the Great Russian way from St. Petersburg to Vladivostok. M.: GOU «Uchebno-methodical centre on education on railway transport», 2010. 492 p. ISBN 978-5-9994-0024-6.
6. Chistyakov Y.F. Long-term tendencies of development of grain export of Russia [CHistyakov YU.F. Dolgovremennye tendencii razvitiya zernovogo ehksporta Rossii] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. №12 (130). P. 102–108. ISSN 1997-4868.
7. Chistyakov Y.F. Soviet and regional grain imports (70–80-ies of XX century) [CHistyakov YU.F. Sovetskij i regional'nyj import zerna (70–80-e gg.XX v.)] // Document. Archive. History. Modernity. 2009. № 10. P. 163–169. ISBN 978-5-7996-0490-5.
8. Barsukova S.Y. «Economic patriotism» in food markets: import substitution and export potential (for example, meat market, grain market and the market for juices) [Barsukova S.YU. «EHkonomicheskij patriotizm» na prodovol'stvennyh rynkah: importozameshchenie i realizaciya ehksportnogo potenciala (na primere myasnogo rynka, rynka zerna i rynka sokov)] // Journal of institutional studies (Journal of institutional researches). 2010. Vol. 2. № 2. P. 118–134. ISSN 2076-6297.
9. Grain path [Zernovoj put']. URL: <https://viggorr.livejournal.com/8510.html> (date of access: 12.08.2018).
10. General overview of economic, commercial and industrial conditions of the Vladikavkaz railway district, St. Petersburg, 1892 [Obshchij oчерk ehkonomicheskikh i torgovopromyshlennyh uslovij rajona Vla-dikavkazskoj zheleznoj dorogi, Sankt-Peterburg 1892 g.]. URL: <https://vivaldi.dspl.ru/bv0000543/view#page=2> (date of access: 12.08.2018).
11. Vulfov A.B. The history of the Railways of the Russian Empire [Vul'fov A.B. Istoriya zheleznyh dorog Rossijskoj imperii]. M. : RIPOL classic, 2016. 744 p. ISBN 978-5-386-08589-6.

Статья сдана в редакцию 27 сентября 2018 года

Управление. Экономика

УДК 621.311

А.Л. Каштанов, А.А. Комяков, М.М. Никифоров

Совершенствование порядка формирования заданий по экономии топливно-энергетических ресурсов на нетяговые нужды

UDC 621.311

A.L. Kashtanov, A. A. Komyakov, M. M. Nikiforov

Improving the procedure of forming tasks for saving fuel and energy resources on non-tractive needs

Аннотация

В статье отражены вопросы совершенствования системы планирования экономии энергоресурсов за счет разработки порядка формирования заданий филиалам ОАО «РЖД» по экономии топливно-энергетических ресурсов.

Основная задача разработки заключается в отказе от применяемого в настоящее время подхода, основанного на эвристических методах, то есть

на основе экспертных оценок причастных к разработке плана экономии энергоресурсов руководителей.

В работе предложены принципы определения обоснованного потенциала экономии энергоресурсов, которые базируются на анализе временных тенденций изменения заданий по экономии энергоресурсов, оценке экономии, достигаемой в результате реализации организационных и мало-

затратных мероприятий, разработанных по итогам энергетического обследования филиала, а также результатов внедрения энергосберегающих технических средств и технологий, направленных на оптимизацию технологических процессов и структуры потребления энергоресурсов.

Выполнен анализ выборок заданий по экономии энергоресурсов по филиалам ОАО «РЖД» с 2013 по

Статья рекомендована к публикации Н.А. Афанасьевой, канд. техн. наук. Свердловская железная дорога, филиала ОАО «РЖД». E-mail: nafanastva_78@mail.ru.

Алексей Леонидович Каштанов, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Теоретическая электротехника», начальник отраслевой научно-производственной лаборатории «Энергосбережение и энергоэффективность на железнодорожном транспорте» Омского государственного университета путей сообщения; Омск, Россия. E-mail: kesh-al@rambler.ru.

Александр Анатольевич Комяков, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Теоретическая электротехника», руководитель учебно-методического центра по энергосбережению и повышению энергоэффективности Омского государственного университета путей сообщения; Омск, Россия. E-mail: tskom@mail.ru.

Михаил Михайлович Никифоров, канд. техн. наук; заместитель директора научно-исследовательского института энергосбережения на железнодорожном транспорте Омского государственного университета путей сообщения; Омск, Россия. E-mail: nikiforovmm@rambler.ru.

The article is recommended for publication by N.A. Afanaseva, Candidate of technical sciences, Sverdlovsk railway, branch of JSC «Russian Railways». E-mail: nafanastva_78@mail.ru

Aleksej Leonidovich Kashtanov, Candidate of technical sciences, Department of Theoretical electrical engineering, Head of the branch research and production laboratory «Energy saving and energy efficiency in railway transport» at Omsk State University of Railway Transport; Omsk, Russia. E-mail: kesh-al@rambler.ru.

Aleksandr Anatolevich Komyakov, Candidate of technical sciences, Department of Theoretical electrical engineering, director of the educational and methodical center for energy saving and energy efficiency at Omsk State University of Railway Transport; Omsk, Russia. E-mail: tskom@mail.ru.

Mihail Mihajlovich Nikiforov, Candidate of technical sciences, Deputy Director of the Research Institute of energy saving in railway transport of Omsk State University of Railway Transport; Omsk, Russia. E-mail: nikiforovmm@rambler.ru.

2017 г., рассмотрены различные тренды временных рядов, на основе чего предложены методы оценки потенциала экономии на последующие периоды.

Предлагаемый подход позволяет объективно учитывать особенности хозяйственной деятельности различных структурных подразделений с точки зрения процесса энергопотребления и обоснованно формировать задания по экономии, тем самым мотивируя подразделения на их выполнение.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, планирование, потенциал экономии, топливно-энергетические ресурсы, математический анализ.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-77-84

Abstract

The article reflects the issues of improving the planning

system of energy saving through the development of the order of formation of tasks to the branches of JSC «Russian Railways» to save fuel and energy resources.

The main task of the developed procedure is to abandon the currently used approach based on heuristic methods, that is, on the basis of expert assessments of managers involved in the development of the energy saving plan.

The paper proposes the principles of determining the justified potential of energy saving, which are based on the analysis of time trends in the tasks of energy saving, the assessment of savings achieved as a result of the implementation of organizational and low-cost measures developed on the results of the energy survey of the branch, as well as the results of the introduction of energy-saving technical

means and technologies aimed at optimizing the technological processes and the structure of energy consumption.

The analysis of samples of tasks on energy saving by branches of JSC «Russian Railways» for the period from 2013 to 2017, considered various trends in time series, on the basis of which proposed methods for assessing the potential savings for subsequent periods.

The proposed approach allows you to objectively take into account the peculiarities of economic activity of various structural units in terms of the energy consumption process and reasonably form tasks for saving, thereby motivating the units to perform them.

Keywords: railway transport, planning, economy potential, fuel and energy resources, mathematical analysis.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-77-84

В 2016 г. актуализирована энергетическая стратегия ОАО «РЖД» [1], в соответствии с которой одна из ключевых задач – качественное улучшение структуры управления энергетическим комплексом холдинга, в частности, за счет развития инструментария динамического нормирования и прогнозирования расхода ТЭР.

При формировании заданий филиалам ОАО «РЖД» по расходу ТЭР, в том числе и на нетяговые нужды, наиболее сложна для анализа оценка потенциала экономии энергоресурсов на период планирования.

К числу методов оценки прогнозных значений расхода ТЭР можно отнести эвристические [2–6], методы с применением средних характеристик ряда динамики энергопотребления [7], методы, основанные на предположении о вероятностном характере энергопотребления [8–10], подходы, основанные на методах искусственного интеллекта [11–13] и др.

Задания по экономии ТЭР в ОАО «РЖД» формируются в основном с применением эвристических методов, то есть на основе экспертных оценок причастных к разработке плана экономии ТЭР руководителей и статистических данных о расходе ТЭР за предшествующие периоды планирования. Такой подход не позволяет объективно учитывать особенности хозяйственной деятельности различных филиалов с точки зрения процесса энергопотребления.

Основная задача в разработке порядка формирования заданий филиалам ОАО «РЖД» по экономии ТЭР заключается в разработке методики, предусматривающей создание единых принципов определения обоснованного потенциала экономии ТЭР.

В основу методики предлагается заложить принципы математического анализа, основанные на следующих исходных данных: результаты энергообследования структурных подразделений

филиалов ОАО «РЖД»; результаты внедрения энергосберегающих технических средств и технологий; планируемые филиалами и их структурными подразделениями мероприятия по оптимизации технологических процессов и изменения структуры потребления ТЭР; данные существующей статистической отчетности по расходу ТЭР.

В общем виде планируемый расход ТЭР филиала на расчетный период определяется по выражению:

$$W_i^{\text{расч.план}} = W_i^{9\text{мес текущ.факт}} + W_i^{4\text{кв текущ.план}} + W_i^{\text{доп.мощн}} - W_i^{\text{вывод мощн}} - \Theta_i^{\text{ОТМ}}, \quad (1)$$

где $W_i^{9\text{мес текущ.факт}}$ – фактический расход ТЭР i -го вида за девять месяцев базового периода; $W_i^{4\text{кв текущ.план}}$ – планируемый расход ТЭР i -го вида на 4-й квартал базового периода; $W_i^{\text{доп.мощн}}$ – ожидаемое увеличение расхода ТЭР i -го вида в планируемом периоде за счет ввода в эксплуатацию дополнительных мощностей; $W_i^{\text{вывод мощн}}$ – ожидаемое уменьшение расхода ТЭР i -го вида в планируемом периоде за счет вывода из эксплуатации мощностей; $\Theta_i^{\text{ОТМ}}$ – обоснованный потенциал экономии ТЭР i -го вида за счет реализации организационно-технических мероприятий (ОТМ), внедряемых в рамках проекта «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте» и других инвестиционных проектов филиалов, а также за счет эксплуатационных расходов структурных подразделений ОАО «РЖД»:

$$\Theta_i^{\text{ОТМ}} = \Theta_i^{\text{ИПРС}} + \Theta_i^{\text{ИПФ}} + \Theta_i^{\text{ОМ}}, \quad (2)$$

где $\Theta_i^{\text{ИПРС}}$ – ожидаемая экономия ТЭР i -го вида за планируемый период, достигаемая в результате реализации мероприятий, внедряемых в рамках инвестиционного проекта ОАО «РЖД» «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте»; $\Theta_i^{\text{ИПФ}}$ – ожидаемая экономия

ТЭР i -го вида за планируемый период, достигаемая в результате реализации мероприятий, внедряемых в рамках инвестиционных программ филиалов; $\Theta_i^{\text{ОМ}}$ – потенциал экономии ТЭР i -го вида в планируемом периоде за счет реализации мероприятий, внедряемых в процессе текущей эксплуатационной деятельности.

Практически все эти показатели на момент разработки заданий филиалам по экономии ТЭР – известные величины, определяемые по данным существующей статистической отчетности. Исключение – величина потенциала экономии различных видов ТЭР в планируемом периоде, достигаемой в процессе текущей эксплуатационной деятельности структурных подразделений.

Определение обоснованного потенциала экономии на основании имеющейся статистики о заданиях по экономии ТЭР крайне затруднительно по следующим причинам: 1) реорганизация филиалов, объединение или реформирование, в результате чего статистика за предыдущие годы в отдельных случаях несопоставима; 2) разделение в существующей отчетности значений экономии, получаемой за счет реализации инвестиционного проекта «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте», инвестиционных проектов филиалов ОАО «РЖД» и организационных мероприятий, реализуемых за счет эксплуатационных средств текущего периода, выполняется лишь с 2017 г., а за предыдущие годы такая статистика отсутствует; 3) в ряде случаев отдельные значения экономии ТЭР резко выделяются среди остальных выборки, что с точки зрения теории обработки результатов многократных наблюдений можно трактовать как промах; 4) недостаточный горизонт имеющихся для анализа исходных данных не позволяет сформировать надежную модель.

Таким образом, имеющаяся статистика о заданиях по экономии ТЭР может быть лишь вспомогательной

информацией для определения среднего темпа изменения экономики.

В основу предлагаемой нами методики заложен принцип, в соответствии с которым потенциал экономии за счет текущей эксплуатационной деятельности определяется путем анализа таких составляющих, как временные тенденции изменения заданий по экономии ТЭР, потенциал экономии, достигаемый в результате реализации организационных и малозатратных мероприятий, разработанных по итогам последнего энергетического обследования филиала.

Для анализа временных тенденций изменения заданий по экономии ТЭР формируется выборка из значений экономии за предшествующие расчетному периоды. На основе полученной выборки строится график временного ряда. Значения в выборке проверяются на наличие промахов, т. е. сомнительных значений, резко выделяющихся из наблюдаемого тренда.

Анализ выборок заданий по экономии ТЭР по филиалам ОАО «РЖД» показал, что возможны три варианта тренда временных рядов.

Первый вариант: нисходящий тренд. В данном случае потенциал экономии \mathcal{E}^{OM} следует запланировать равным предыдущему значению или несколько

ниже согласно линии тренда. Это объясняется тем, что потенциал экономии за счет собственных возможностей филиала (структурного подразделения) постепенно исчерпывается.

Второй вариант: тренд отсутствует. В данном случае потенциал экономии будет равен математическому ожиданию за предыдущие периоды. Очевидно, что такой филиал еще имеет резервы экономии.

Третий вариант: восходящий тренд. Это самый сложный для прогнозирования случай; возможно, следует запланировать согласно тренду несколько большее значение экономии на расчетный период и смотреть за фактическим выполнением задания по экономии ТЭР.

Реальный график изменения потенциала экономии ТЭР может включать в себя все три варианта (рис. 1), характеризующиеся этапами активного внедрения организационных и малозатратных мероприятий силами филиала, постепенным исчерпанием возможностей экономии и выходом на стабильный уровень энергопотребления.

В настоящее время практически все филиалы находятся на второй стадии, характеризующейся постепенным исчерпанием возможностей экономии ТЭР.



Рис. 1. Пример временного графика изменения потенциала экономии ТЭР

По внешнему виду временной тенденции изменения заданий по экономии ТЭР определяется аппроксимирующая функция, в соответствии с которой и определяется планируемое значение потенциала экономии ТЭР. В большинстве случаев целесообразна аппроксимация тренда степенной функцией.

Второй основной параметр по оценке потенциала экономии ТЭР – это результаты энергетического обследования филиала, точнее, суммарное значение экономии ТЭР, достигаемой в результате внедрения организационных и малозатратных мероприятий, разработанных организацией-энергоаудитором, за предшествующие планируемому временные периоды.

Расчетное значение потенциала экономии ТЭР $\Theta_t^{\text{ЭО}}$ по результатам энергетического обследования определяется с учетом среднегодового темпа изменения заданий по экономии ТЭР. При этом $\Theta_t^{\text{ЭО}}$ определяется по выражениям: за период $t = 1$

$$\Theta_1^{\text{ЭО}} = \frac{\Theta^{\text{ЭО}}}{\sum_{j=0}^{n-1} (T_{\text{ср}[1;n]})^j}; \quad (3)$$

за периоды $t = 2, 3 \dots n$

$$\Theta_t^{\text{ЭО}} = T_{\text{ср}[1;n]} \cdot \Theta_{(t-1)}^{\text{ЭО}}, \quad (4)$$

где $\Theta^{\text{ЭО}}$ – потенциал экономии ТЭР, достигаемый в результате реализации организационных и малозатратных мероприятий, разработанных по итогам последнего энергетического обследования, рассчитанный за весь срок действия энергетического паспорта; $\Theta_{(t-1)}^{\text{ЭО}}$ – расчетное значение потенциала экономии ТЭР, определяемого по результатам энергетического обследования, за период $t - 1$; $T_{\text{ср}[1;n]}$ – среднегодовой темп изменения заданий по экономии ТЭР за период $[1; n]$:

$$T_{\text{ср}[1;n]} = \sqrt[n-2]{\frac{\Theta_n^{\text{ЭО}}}{\Theta_1^{\text{ЭО}}}}, \quad (5)$$

где $\Theta_1^{\text{ЭО}}$, $\Theta_n^{\text{ЭО}}$ – соответственно первое и n -е по порядку значения исходной выборки.

На основе выборки из значений $\Theta^{\text{ЭО}}$, рассчитанных по формулам (3) и (4), определяется аппроксимирующая функция $\Theta^{\text{ЭО}} = f(t)$, тип которой должен совпадать с функцией, выбранной ранее при аппроксимации заданий по экономии ТЭР.

Плановое значение потенциала экономии ТЭР на расчетный период следует выбирать из полученного диапазона между полученными трендами, который обозначен заштрихованной областью на рис. 2.

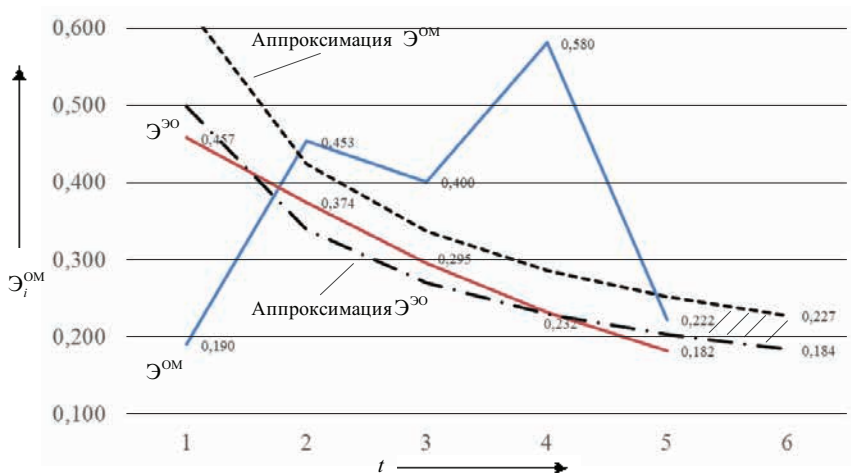


Рис. 2. Графический пример расчета плановых значений потенциала экономии ТЭР

В случае ожидаемого ввода/вывода в эксплуатации мощностей, а также при наличии документально подтвержденного дополнительного потенциала экономии ТЭР, выявленного в результате проверок Желдораудита, Желдорконтроля, комиссионного осмотра начальника дороги и других проверяющих органов, потенциал экономии ТЭР может подвергаться корректировке.

Таким образом, в результате выполнения исследований предложена методика определения потенциала экономии ТЭР, которая основана на анализе

следующих показателей: временные тренды изменения заданий по экономии ТЭР за предыдущие периоды, результаты энергетического обследования филиала, ввод в эксплуатацию или вывод из эксплуатации дополнительных мощностей. Предлагаемый подход позволяет объективно учитывать особенности хозяйственной деятельности различных филиалов с точки зрения процесса энергопотребления и обоснованно формировать задания по экономии ТЭР, тем самым мотивируя филиалы ОАО «РЖД» на их выполнение. ■

Литература

1. Энергетическая стратегия холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и на перспективу до 2030 года: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 14 декабря 2016 г. № 2537р. М., 2016. 76 с.
2. Бэнн Д.В., Фармер Е.Д. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки. М. : Энергоатомиздат, 1987. 200 с.
3. Громова Н.М., Громова Н.И. Основы экономического прогнозирования : монография. М. : Академия естествознания, 2006. 150 с. ISBN 978-5-91327-005-4.
4. Пальчиков А.С. Существующие способы прогнозирования электропотребления объектов в металлургической отрасли // Современные научные исследования и инновации: электронный научно-практический журнал. 2012. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/09/16877> (дата обращения: 23.09.2018).
5. Черемисин В.Т. Совершенствование системы контроля и анализа расхода электрической энергии тяговыми железнодорожными потребителями : монография / В.Т. Черемисин, М.М. Никифоров, А.А. Комяков, Д.В. Пашков. – Омск : ОмГУПС, 2010. 94 с. ISBN 5-94941-056-4.
6. Никифоров М.М. Целевые показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности системы тягового электроснабжения и электропотребления на тяговые нужды // Известия Транссиба, 2010, № 3 (3). С. 110–116. ISSN 2220-4245.
7. Гальперова Е.В. Методы исследования и прогнозирования электропотребления на региональном уровне : дис... на соиск. уч. ст канд. техн. наук. – Иркутск, 2004. 115 с.
8. Кирилова Т.Н. Прогнозирование графиков нагрузки как основа энергосбережения неритмично работающих предприятий / Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования. – Сб. тр. V Всероссийской науч.-техн. конф. – Томск, 17-18.05.2012 : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2012. С. 68–70.
9. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник. М. : Интермет Инжиниринг, 2005. 672 с. ISBN 5-89594-113-5.
10. Li J., Wang Y.W., Wei C., & Zhang P. A survey on the application of Kalman filtering method in power system. Dianli Xitong Baohu Yu Kongzhi // Power System Protection and Control: Power System Protection and Control Press, 2014, Vol 42, № 6. Pp. 135–144. ISSN 16743415.
11. Надтока И. Краткосрочное прогнозирование нагрузки с помощью теории наименьших квадратов опорных векторов (LS-SVM) / И. Надтока, Б. Аль-Зихери // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 108–114. ISSN 2070-7428.
12. Комяков А.А. Применение искусственных нейронных сетей для планирования расхода электрической энергии на тяговые нужды структурных подразделений железных дорог / А.А. Комяков, А.В. Пономарев, О.А. Комякова // Известия Транссиба, 2011. № 1(5). С. 63–67. ISSN 2220-4245.
13. Cheremisin V.T. Simulation of power consumption in railway power supply systems with of artificial intelligence aids / V.T. Cheremisin, A.A. Komyakov, V.V. Erbes // 2017

International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) : materials of International scientific and practical conference. – Chelyabinsk, 16-19.05.2017 : Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2017, pp. 1–5.

Bibliography

1. Energy strategy of the Russian Railways holding for the period up to 2020 and for the future up to 2030: approved by order of JSC «Russian Railways» dated December 14, 2016 № 2537r. [EHnergeticheskaya strategiya holdinga «Rossijskie zheleznnye dorogi» na period do 2020 goda i na perspektivu do 2030 goda: utv. rasporyazheniem OAO «RZHD» ot 14 dekabrya 2016 g. № 2537r.]. M., 2016. 76 p.
2. Behnn D.V., Farmer E.D. Comparative models predicting electrical load [Behnn D.V., Farmer E.D. Sravnitel'nye modeli prognozirovaniya ehlektricheskoy nagruzki]. M. : Energoatomizdat, 1987. 200 pp.
3. Gromova N.M., Gromova N. I. Fundamentals of economic forecasting: monograph [Gromova N.M., Gromova N.I. Osnovy ehkonomicheskogo prognozirovaniya : monografiya]. M. : Academy of natural Sciences, 2006. 150 p. ISBN 978-5-91327-005-4.
4. Palchikov A.S. Existing methods of forecasting power consumption of objects in the metallurgical industry. Modern scientific research and innovation: electronic scientific and practical journal. 2012 [Pal'chikov A.S. Sushchestvuyushchie sposoby prognozirovaniya ehlektropotrebleniya ob'ektov v metallurgicheskoy otrasli]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/09/16877> (date of access: 23.09.2018).
5. Cheremisin V.T. Improvement of the system of control and analysis of electric power consumption non-tractive railway consumers : monograph [CHeremisin V.T. Sovershenstvovanie sistemy kontrolya i analiza raskhoda ehlektricheskoy ehnergii netyagovymi zheleznodorozhnymi potrebitelyami : monografiya] / V.T. Cheremisin, M.M. Nikiforov, A.A. Komyakov, D.V. Pashkov. – Omsk : Omgups, 2010. 94 p. ISBN 5-94941-056-4.
6. Nikiforov M.M. Target indicators of energy saving and increasing energy efficiency of the traction power system and the power consumption on the non-tractive needs [Nikiforov M.M. Celevye pokazateli ehnergoberezheniya i povysheniya ehnergeticheskoy ehffektivnosti sistemy tyagovogo ehlektrosnabzheniya i ehlektropotrebleniya na netyagovye nuzhdy] // Proceedings of the TRANS-Siberian, 2010, № 3 (3). P. 110–116. ISSN 2220-4245.
7. Galperova E.V. Research Methods and future energy consumption at the regional level : Diss... on kand. tech. sciences [Gal'perova E.V. Metody issledovaniya i prognozirovaniya ehlektropotrebleniya na regional'nom urovne : dis... na soisk. uch. st kand. tekhn. nauk]. – Irkutsk, 2004. 115 pp.
8. Kirilova T.N. Forecasting load schedules as a basis for energy conservation of non-rhythmically operating enterprises [Kirilova T.N. Prognozirovanie grafikov nagruzki kak osnova ehnergoberezheniya neritmichno rabotayushchih predpriyatij] / Electricity: from production and distribution to efficient use. – Collected works V all-Russian science tech. Conf. – Tomsk, 17–18.05.2012: national research Tomsk Polytechnic University, 2012. P. 68–70.
9. Kudrin B.I. Power supply of industrial enterprises: textbook [Kudrin B.I. EHlektrosnabzhenie promyshlennyyh predpriyatij : uchebnyk]. M. : Intermet Engineering, 2005. 672 p. ISBN 5-89594-113-5.
10. Li J., Wang Y.W., Wei C., & Zhang P. A survey on the application of Kalman filtering method in power system. Dianli Xitong Baohu Yu Kongzhi // Power System Protection and Control : Power System Protection and Control Press, 2014, Vol 42, № 6. Pp. 135–144. ISSN 16743415.
11. Nadtoke I. Short-Term load forecasting using least squares support vector machines (LS-SVM) [Nadtoka I. Kratkosrochnoe prognozirovanie nagruzki s pomoshch'yu teorii naimen'shikh kvadratov opornykh vektorov (LS-SVM)] / I. Nadtoke, B. al-Zacheri / Modern problems of science and education. 2013. № 6. P. 108–114. ISSN 2070-7428.
12. Komyakov A.A. Application of artificial neural networks for scheduling electric power consumption by non-tractive needs of the structural units of Railways [Komyakov A.A. Primenenie iskusstvennykh nejronnykh setej dlya planirovaniya raskhoda ehlektricheskoy ehnergii na netyagovye nuzhdy strukturnykh podrazdelenij zheleznnykh dorog] / by

- A.A. Komyakov, V.A. Ponomarev, O.A. Khomyakova // Proceedings of the TRANS-Siberian railway, 2011. № 1 (5). P. 63–67. ISSN 2220-4245.
13. Cheremisin V. T. Simulation of power consumption in railway power supply systems with of artificial intelligence aids / V.T. Cheremisin, A.A. Komyakov, V.V. Erbes // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) : materials of International scientific and practical conference. – Chelyabinsk, 16-19.05.2017 : Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2017, pp. 1–5.

Статья сдана в редакцию 7 ноября 2018 года

В.С. Паршина

**Совершенствование управления малым предприятием:
мотивационный аспект**

V.S. Parshina

**Improving management of small businesses enterprise:
motivational aspects****Аннотация**

В отличие от распространенного в литературе анализа проблем и проектирования управленческих решений для отдельных процессов предприятия в статье предлагается алгоритм действий в целом для системы управления на микроуровне. Представлена последовательность аналитических действий, каждая из которых имеет свою целевую направленность.

Недостаточное развитие малого бизнеса в нашей стране и планируемое увеличение количества данных предприятий в соответствии с разработанной стратегией развития экономики ставит задачу их количественного прироста и сохранения существующих единиц на основе своевременной адаптации к меняющимся рыночным условиям. Проведенный анализ статистических данных выявил среднюю продолжительность

функционирования данных объектов хозяйствования, составляющую около двух лет.

Обобщены особенности внешней и внутренней среды функционирования малых предприятий, позволяющие сконцентрировать внимание на причинах возникающих проблем, которые обуславливают их непродолжительный срок на рынке. Изучение факторов роста эффективности управления бизнесом приводит к утверждению важности внутрихозяйственной системы управления, с которой связывают до 80 % успеха.

Изложен современный алгоритм анализа проблем внутрифирменного управления предприятиями малого бизнеса и разработки рекомендаций по их устранению: анкетирование на основе функциональной модели, определение типов внутренней мотивации и соответствующих им мотивационных воздействий,

составление модели бизнес-процессов применительно к сфере услуг, закрепление исполнителей за отдельными функциями, разработка показателей и критериев оценки их деятельности, а также предложений по программному обеспечению управления. На примере малого предприятия сферы услуг проведено исследование системы управления и разработка рекомендаций, представленных в виде последовательности действий.

Ключевые слова: малые предприятия, состояние малого бизнеса, особенности малых предприятий, конкуренция, система управления, SWOT-анализ, мотивация персонала, бизнес-процессы, персонал фирмы, алгоритм повышения эффективности управления, функциональная модель управления IDEF0, система KPI, программа KPI-Drive.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-85-94

Статья рекомендована к публикации А.П. Багировой, д-ром экон. наук, профессором Уральского федерального университета. E-mail: a.p.bagirova@urfu.ru.

Валентина Сергеевна Паршина, д-р экон. наук, профессор, кафедра «Управление в социальных и экономических системах» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: vparshina@usurt.ru.

The article is recommended for publication by A.P. Bagirova, Doctor of Science, Economics, Professor, Ural Federal University. E-mail: a.p.bagirova@urfu.ru.

Valentina Sergeevna Parshina, Doctor of Science, Economics, Professor, Department of management in social and economic systems, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: vparshina@usurt.ru

Abstract

In contrast to the common in the literature analysis of problems and design of management solutions for individual processes of the enterprise, the article proposes an algorithm of actions for the whole control system at the micro level. The sequence of analytical actions is presented, each of which has its own target orientation.

Insufficient development of small business in our country and the planned increase in the number of these enterprises in accordance with the developed strategy of economic development sets the task of their quantitative growth and preservation of existing units on the basis of timely adaptation to changing market conditions. The analysis of statistical data revealed the average duration of operation of these objects of

management, which is about two years.

The features of the external and internal environment of small enterprises, allowing to focus on the causes of the problems that cause their short term in the market, are summarized. The study of the factors of growth of business management efficiency leads to the assertion of the importance of on-farm management system, which is associated with up to 80% of success.

Modern algorithm is given for the analysis of problems of corporate management of small businesses and develop recommendations for their elimination: a survey based on the functional model, identify types of intrinsic motivation and the corresponding motivational influences, development of model business processes in the field of services, securing performers

for individual functions, the development of indicators and criteria for their evaluation and suggestions for management software. On the example of a small enterprise in the service sector, a study of the management system and the development of recommendations presented in the form of a sequence of actions.

Keywords: small enterprises, the state of small business, features of small enterprises, competition, management system, SWOT-analysis, personnel motivation, business processes, company personnel, management efficiency improvement algorithm, IDEF0 functional management model, KPI system, KPI-Drive program.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-85-94

Состояние малого бизнеса во многом определяет экономическое развитие стран, объем ВВП. Основные критерии отнесения хозяйствующих субъектов к категории малых в РФ: численность работников (до 15 чел.) и годовой оборот деятельности (до 60 млн руб. Важная особенность среды функционирования малого предпринимательства заключается в ее условиях, приближенных к совершенной конкуренции, что определяет специфические аспекты управления данными объектами деятельности.

В настоящее время количество малых предприятий в нашей стране отстает от ведущих держав. Согласно статистике, на начало 2018 г. в РФ зарегистрировано 2848 тыс. субъектов малого бизнеса, удельный вес которых в ВВП (данные 2016 г.) составил 19,7%. Например, в Японии и США этот показатель приближается к 70%. Согласно стратегии развития экономики РФ,

удельный вес продукции и услуг малых предприятий в ВВП к 2025 г. должен составить 40%. Планируемый рост числа малых предприятий ставит задачу их сохранения на основе своевременной адаптации к меняющимся рыночным условиям.

Но малые предприятия в нашей стране функционируют, как правило, недолго, среднем около двух лет, десятилетний же барьер преодолевают лишь 10%. В числе их доля убыточных предприятий в последние годы находится в пределах 17,7–20,6% от общего количества, объем долга которых достиг примерно 30% общего объема прибыли всех малых предприятий [1].

Проблемы малого бизнеса принято отсылать к внешней среде их функционирования. Но анализ деятельности позволяет сделать вывод о приоритете внутренних причин, связанных с недостатками в управлении. Часто руководители не предпринимают мер

по их устранению в плане разработки адаптационных механизмов к изменениям. Мировой опыт управления бизнесом также свидетельствует о важности системы управления: рост эффективности деятельности на 20% зависит от финансовых затрат, остальные 80% связывают с уровнем организации управленческой деятельности [2]. Данный вывод положен в основу нашего исследования.

Распределение количества субъектов МП по видам экономической деятельности остается практически неизменным по годам и может быть проиллюстрировано данными 2016 г. (таблица 1).

Большое количество предприятий сферы услуг в разных отраслях предполагает значительный объем работы сотрудников с клиентами, что обуславливает специфику их деятельности и особые подходы к мотивации труда.

Рассмотрим общие особенности малых предприятий, которые определяют характерные для них управленческие воздействия. Следует отметить возрастающее количество организаций, которые конкурируют, взаимодействуют в рыночных отношениях, преследуя цель продолжительной дееспособности. Особенности внешней среды малых предприятий: работа в конкурентном окружении, контакт со многими предприятиями и возникновение сложных взаимодействий между их элементами, существенные отличия потребностей клиентов, обусловленных объективными и субъективными факторами, часто сезонные колебания спроса; высокая значимость общественных факторов (экономическая ситуация в стране, экология, социальная среда и т. д.).

Внешние условия деятельности малых фирм приводят к необходимости их анализа и учета специалистами при разработке управленческих решений.

Внутренние особенности предприятий малого бизнеса

Прежде всего это работа в небольшом коллективе, отсутствие многоуровневой организационной структуры. Обобщим отмечаемые авторами [3–5] особенности внутренней среды малых предприятий, которые определяют специфику управления: многоаспектный характер деятельности работников, без четкого разделения функций между членами коллектива; часто недостаточная управленческая компетентность собственников бизнеса; ограниченные возможности карьерного продвижения; практика увеличения оплаты труда при расширении функциональных обязанностей, повышении уровня компетентности; высокая информированность персонала; ограниченное количество работников, приводящее к неравномерному распределению нагрузки между ними; требование многофункциональной компетентности руководителей и специалистов, т. е. сотрудников, которые своими действиями обеспечивают прибыль; низкая степень регламентации работы, индивидуальный подход к каждой ситуации как следствие ограниченности регламентов по отдельным процессам; недостаточное вкладывание средств в организационное обучение вследствие недооценки отдачи от него; нехватка денежных средств; неопределенность перспектив; низкая оценка обучения на курсах; повышенные требования к коммуникативным компетенциям работников; возможность привлекать для работы сотрудников за

Таблица 1

Структура видов деятельности субъектов малого бизнеса [2]

Вид деятельности	Торговля	Операции с недвиж.	Строительство	Промышленность	Транспорт и связь	Сельское хоз-во	Прочие услуги
Доля субъектов, %	39,6	20,2	11,6	10,2	6,7	3,2	8,5

невысокую заработную плату и незначительных затратах на соцпакет, обучение, условия труда и др.; приоритет при отборе работников отдается тем, которые обладают специфической информацией в виде знакомств, контактов и неформальных связей, обеспечивающих в дальнейшем приток новых клиентов; возможность работников повышать отдачу; условия для дифференциации заработной платы и проявления активности персонала и т. д.

Представленные негативные особенности предприятий малого бизнеса позволяют сделать вывод, что управление бизнес-процессами недостаточно четко выстроено. Однако наличие единоначалия в условиях небольшой структуры управления создает предпосылки для возникновения системного подхода. Прежде всего следует определить, в каком направлении должны развиваться управленческие решения, чтобы обеспечить поступательное движение. Направленность управления бизнесом на эффективность может обеспечить быстрое развитие отдельной компании.

Обострение межфирменной конкурентной борьбы приводит к расширению аспектов конкуренции. Традиционно к ним относятся цены на услуги, их качество, новые виды диверсификации деятельности. В последнее время стали обращать внимание на наличие

опытного, компетентного персонала, составляющего костяк организации. Другими словами, перед фирмами стоит задача построения эффективной системы управления, которая позволила бы укрепить экономические позиции каждой организации, обеспечивающие развитие всей экономики.

В качестве объекта исследования выбрано типичное предприятие малого бизнеса сферы услуг. Цель разработки алгоритма реорганизации – выявление проблем управления с целью систематизации деятельности предприятием путем конкретизации бизнес-процессов и разработки мотивационных механизмов для предотвращения негативных шагов, приводящих к банкротству.

В качестве первого этапа оценки системы управления организацией предлагается проведение анкетирования на основе ее функциональной модели, включающей планирование, организацию, контроль, координацию и мотивацию. Эталонные значения функций приняты в размере 20 ед. Для определения фактических данных относительно состояния использована анкета экспресс-оценки [6], вопросы которой обобщены в пять групп в соответствии с выделенными функциями. По результатам анкетирования построен функциональный профиль системы менеджмента исследуемого предприятия (рис. 1).

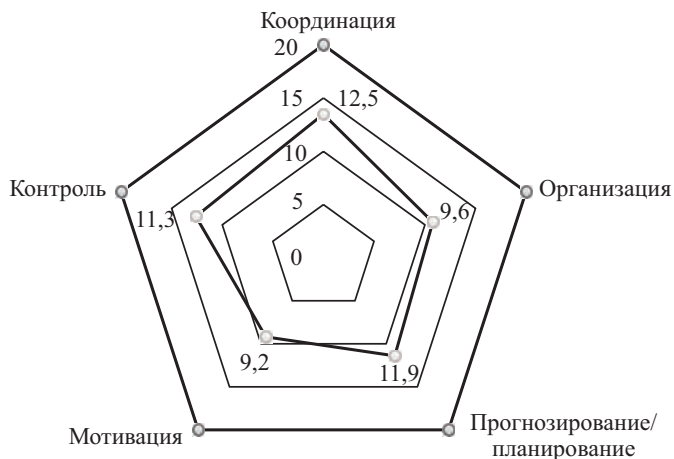


Рис. 1. Функциональный профиль организации

Представленный профиль иллюстрирует состояние системы управления, общая оценка которого – 54,5 баллов, что соответствует среднему уровню развития, когда надо провести оптимизацию бизнес-процессов и привести в соответствие стимулирующие показатели деятельности сотрудников и планы фирмы. Среди задач фигурирует оптимизация бизнес-процессов и более пристальное внимание как к потребителям, так и персоналу. Наиболее низкие оценки получены по функциям «организация» и «мотивация». Далее сосредоточим внимание на этих направлениях для конкретизации проблем и выработки рекомендаций по улучшению системы управления.

Проведенный по стандартной технологии SWOT-анализ деятельности фирмы показал, что ее слабые стороны (достаточно типичная ситуация для современных предприятий) заключаются в низкой реакции на изменение рыночной конъюнктуры, значительном влиянии фактора сезонности на объем и прибыль, низкой мотивации сотрудников, слабой заинтересованности рядовых сотрудников в развитии предприятия, неотрегулированной

системе организационных связей, недостаточной формализации процессов управления и зон ответственности сотрудников.

Недостаточная регламентация трудовой деятельности ставит задачу формализации бизнес-процессов, которую проведем на основе графоаналитической модели, представляющей последовательность действий исполнителей, распределение обязанностей между ними, результаты работ. В качестве подхода к упорядочению деятельности используем методологию функционального моделирования IDEF0 [7, 8], которая применима для организационного проектирования. В основе методологии лежит процессный подход к системе управления, представляемой в виде сети взаимодействующих процессов. Четыре взаимодействующих процесса, обязательных с точки зрения требований МС ИСО 9001:2000, иллюстрируют деятельность исследуемой фирмы по предоставлению услуг (рис. 2).

Следующий этап – регламентация всех БП, зафиксированных на этапе моделирования системы управления: это определение критериев оценки промежуточных результатов бизнес-процессов,



Рис. 2. Состав бизнес-процессов фирмы по предоставлению услуг

разработка форм документов промежуточных и конечных результатов бизнес-процессов, уточнение регламентов БП во взаимосвязи.

Обоснуем рекомендации по повышению уровня мотивации сотрудников, для чего распределим сотрудников по уровням квалификации, определим мотивы работников, которые определяют их восприятие своих ролей в фирме, ранжируем группы мотивов отдельных категорий сотрудников, разработаем мотивационные показатели.

Для решения поставленных задач проведем оценку трудовой мотивации, используя тест В. И. Герчикова [9]. Оценка типов трудовой мотивации позволяет определить внутреннюю ориентацию респондентов в отношении труда. В основу нашего исследования положены теоретические положения: существуют две основные формы мотивации – достижительная и избегательная (люмпенизированная).

Отдавая приоритет на основе предварительных наблюдений достижительной мотивации, выделим следующие присущие ей типы мотивации: инструментальная (сама работа не является для работника сколько-нибудь значимой ценностью, а только источником заработка или других благ),

профессиональная (работник ценит в работе ее содержание, возможность проявить себя и доказать, что он может справиться с трудным заданием), патриотическая (основана на высоких моральных или идеологических соображениях, убеждении в своей нужности фирме; такой работник более всего ценит результативность общего дела и общественное признание, выраженное в большей степени моральных, а не материальных вознаграждениях), хозяйская (добровольное принятие на себя полной ответственности за выполняемую работу; работник стремится к автономии и не нуждается в приказаниях и контроле).

Для определения типов трудовой мотивации сотрудников фирмы проведен опрос в первую очередь тех работников, деятельность которых строится на непосредственных контактах с клиентами (рис. 3).

Как видно из диаграммы (рис. 3), преобладает инструментальный тип трудовой мотивации персонала фирмы (25%), далее следует хозяйственная (23%). На основе обобщения выводов литературных источников [10] выберем наиболее действенные для этих типов мотивации виды и формы мотивационных воздействий (таблица 2).

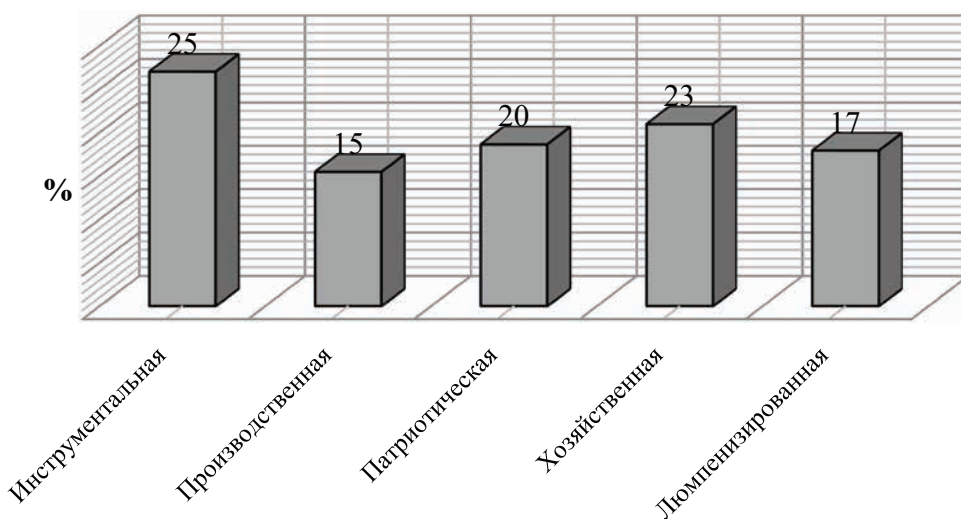


Рис. 3. Распределение сотрудников по типам внутренней мотивации

Таблица 2

Виды и формы внешней мотивации работников в соответствии
с типами внутренней мотивации

Виды и формы мотивации	Тип мотивации	
	инструментальная	хозяйская
Денежные	Базовые	Применимы
Натуральные (аренда жилья, предоставление автомобиля и др.)	Применимы в денежной форме	Применимы при целевой договоренности
Моральные	Нецелесообразны	Нейтральные
Негативные (наказания, штрафы, угроза потери работы и т. п.)	Применимы в денежной форме	Запрещены
Патернализм (забота о работнике)	Нецелесообразны	Нецелесообразны
Организационные (условия и организация работы)	Нейтральные	Применимы
Карьера	Применимы	Применимы
Совладение и участие в управлении	Нейтральные	Базовые

В соответствии с выявленными проблемами очевидна актуальность совершенствования мотивации трудовой деятельности работников исследуемой фирмы как функции управления ею. Сосредоточим внимание на этом направлении. В настоящее время руководство при принятии решений часто полагается на интуицию, опыт и знания о произошедшем в сходных ситуациях ранее. Такая ситуация вполне типична для малых организаций. Разработка и внедрение мотивационных показателей обусловит активность персонала в плане реализации поставленных целей.

С учетом специфики деятельности фирмы совершенствование системы мотивации сотрудников направлено на интенсификацию труда, повышение его результатов и качество. Реализация поставленных целей возможна путем использования критериев материального вознаграждения, учитывающих личные результаты деятельности сотрудника на основании заранее известных и четких показателей. Используем приведенные выше выводы авторов [9, 10] относительно оказывающих наибольшее мотивационное воздействие форм организации заработной платы для различных мотивационных типов. Для

инструментальной мотивации предпочтение следует отдавать сдельной форме оплаты с большим удельным весом переменной части заработной платы, зависящей от достигнутых индивидуальных результатов труда. Для хозяйского типа мотивации применима как сдельная, так и повременная оплата по результатам индивидуальным или руководимой им команды.

В большей степени требованиям деятельности и приоритетам работников отвечает система мотивации, основанная на установлении дополнительно к основной переменной части заработной платы по методике Key Performance Indicator (KPI) [11]. Эффективность данной системы базируется систематической оценке элементов деятельности сотрудников, мотивируя их на повышенные результаты. При этом устанавливаются показатели и критерии оценки работников в соответствии с планами деятельности по всем БП.

Сущность построения системы мотивации на базе KPI заключается в установлении всем сотрудникам конкретных целей и задач, за достижение которых начисляется дополнительное к основной части заработной платы вознаграждение. KPI – это количественно

измеримый критерий достижения результатов в конкретной деятельности. С помощью системы КРІ регулярная оценка персонала приближается к объективности. Для эффективного внедрения системы КРІ как мотивационной системы нужно выполнить несколько условий: информация должна быть актуальной и из достоверных источников; ключевые показатели должны быть определены в соответствии с обязанностями сотрудника и быть в его компетенции; цель должна быть достижимой, планы реальными, все расчеты должны производиться автоматически.

Наибольший эффект, как показывает практика, достигается именно за счет комплексного подхода к устранению проблем.

Разработка системы материальной мотивации персонала для многочисленной категории персонала менеджеров по продажам

Задачи менеджера для достижения цели компании: увеличение объемов продаж, привлечение новых клиентов, количество положительных отзывов клиентов и т. д. На каждый период устанавливаются КРІ в абсолютных единицах и вес каждого показателя. Исходя из конкретных планов фирмы значение этих показателей представим в виде таблицы 3.

По результатам работы за месяц подсчитываются фактические значения КРІ. Зная планы по всем показателям, их вес и фактические результаты, определяем значения каждого коэффициента КРІ (P_i):

$$P_i = \frac{П_{ф}}{П_{п}} B_i, \quad (1)$$

где P_i – коэффициент результативности каждого КРІ; $П_{ф}$ – фактическое значение показателя; $П_{п}$ – плановое значение показателя; B_i – весовое значение показателя.

Далее рассчитывается общий коэффициент эффективности деятельности работника за месяц ($P_{ср}$):

$$P_{ср} = (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n) - 1. \quad (2)$$

Величина дополнительного вознаграждения (D):

$$D = O \cdot P_{ср}, \quad (3)$$

где O – размер основной части заработной платы

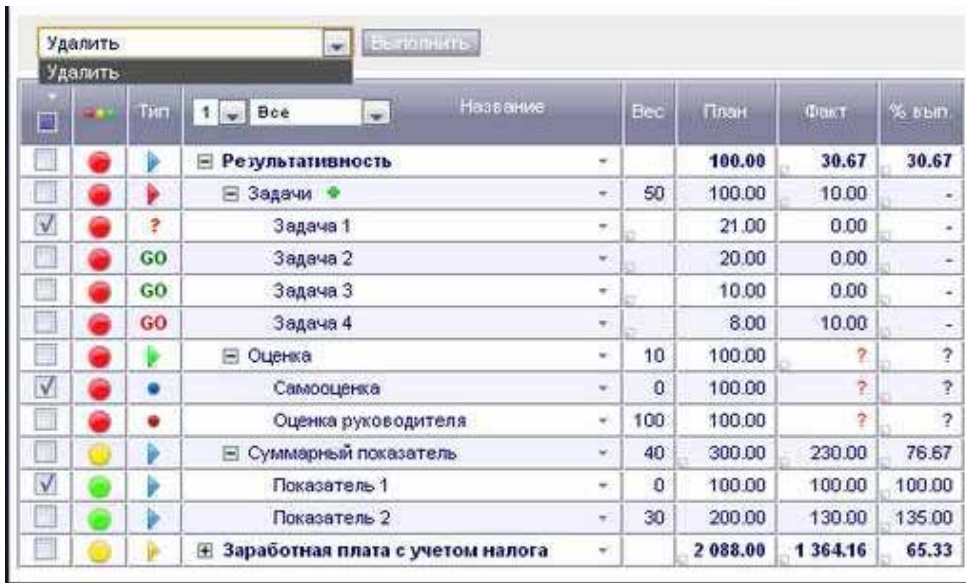
Переменная часть заработной платы (дополнительное вознаграждение) выплачивается из прибыли. Автоматизированная система КРІ-Drive позволяет оценивать сформированные по категориям работников ключевые показатели эффективности, рассчитывать размер переменной части заработной платы и тем самым повышать результативность всего предприятия. Система основана на GOAL-технологии А. Литягина [12]. Встроенные в программу КРІ-Drive модули «Показатели», «Задачи», «Оценки» и «Оплата» позволяют руководству контролировать эффективность работы персонала, выстроить организацию оплаты труда по реальному результату. Интерфейс программы КРІ-Drive представлен на рис. 4.

Правильная постановка целей бизнеса, формализация бизнес-процессов,

Таблица 3

Показатели эффективности менеджера по продажам за месяц

Показатель	Абсолютное плановое значение показателя	Вес показателя, B_i
Объём продаж	400 тыс. руб.	0,7
Количество новых клиентов	5 чел.	0,1
Количество положительных отзывов	6 шт.	0,2
Итого		1



The screenshot shows the KPI-Drive software interface. At the top, there are buttons for 'Удалить' (Delete) and 'Выполнить' (Execute). Below them is a table with columns: 'Тип' (Type), '1' (a dropdown menu), 'Все' (All), 'Название' (Name), 'Вес' (Weight), 'План' (Plan), 'Факт' (Fact), and '% вып.' (Completion %). The table contains several rows, including 'Результативность' (Effectiveness), 'Задачи' (Tasks), 'Задача 1' through 'Задача 4' (Tasks 1 through 4), 'Оценка' (Evaluation), 'Самоеценка' (Self-evaluation), 'Оценка руководителя' (Supervisor evaluation), 'Суммарный показатель' (Summary indicator), 'Показатель 1' (Indicator 1), 'Показатель 2' (Indicator 2), and 'Заработная плата с учетом налога' (Salary with tax). The values for 'План', 'Факт', and '% вып.' are displayed for each row.

Тип	1	Все	Название	Вес	План	Факт	% вып.
			Результативность		100.00	30.67	30.67
			Задачи	50	100.00	10.00	-
			Задача 1		21.00	0.00	-
			Задача 2		20.00	0.00	-
			Задача 3		10.00	0.00	-
			Задача 4		8.00	10.00	-
			Оценка	10	100.00	?	?
			Самоеценка	0	100.00	?	?
			Оценка руководителя	100	100.00	?	?
			Суммарный показатель	40	300.00	230.00	76.67
			Показатель 1	0	100.00	100.00	100.00
			Показатель 2	30	200.00	130.00	135.00
			Заработная плата с учетом налога		2 088.00	1 364.16	65.33

Рис. 4. Интерфейс программы KPI-Drive

введение КРІ-показателей оценки эффективности деятельности, оплата по результату для каждого работника компании (и линейного персонала, и руководителей) становится первостепенной задачей, тем более, что чаще всего собственник бизнеса узнает о проблемах в коллективе чуть ли не последним, и он чаще всего очень занят, чтобы исправить ситуацию быстро, малой кровью и в краткие сроки. В итоге бизнес существенно теряет эффективность и отстает с выработкой решений на несколько месяцев. Конкретизация мотивационного механизма делает работников заинтересованными в реализации планов компании.

Предложен алгоритм административного и экономического воздействия на персонал путем введения системы поощрений по результатам труда. Для координации усилий персонала на конкретных задачах предложено включение в состав заработной платы переменной части вознаграждения, которая будет, с одной стороны, зависеть от результатов их работы, а с другой, повышать результативность деятельности.

Материалы имеют практическую направленность и позволяют менеджерскому составу малых предприятий сконцентрировать внимание на мотивационном воздействии на персонал для устранения проблем управления. ■

Литература

1. Федеральный портал малого и среднего предпринимательства. URL : <http://smb.gov.ru> (дата обращения: 1.11.2018).
2. Короткова Т.Л. Исследования в менеджменте : пособие для магистров. М. : КУРС : НИЦ. Инфра-М, 2013. 256 с. ISBN 978-5-905554-25-4.
3. Метелкин А.Е. Предприятия малого бизнеса: современное состояние и тенденции развития // Молодой ученый. 2012. № 10. С. 129–132.
4. Малое и среднее предпринимательство в России-2013 : стат.сборник // Сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 3.11.2018).
5. Сивенок А.И. Перспективы развития малого бизнеса в России // Молодой ученый. 2013. № 7. С. 293–294.

6. Maslov D., Chileshe N., Watson P. Management functional assessment model for obtaining sustainable competitive advantage // Экономика и предпринимательство. 2009. № 5. С. 176–191.
7. Draft Federal Information Processing Standards. Announcing the Standard for integration definition for function modeling (IDEF0). – Publication 183. 1993, December 21.
8. Свиридов С., Курьян А. IDEF0: функциональное моделирование деловых процессов. URL : <http://www.trizminsk.org> (дата обращения: 3.11.2018).
9. Герчиков В.И. Управление персоналом. Работник – самый эффективный ресурс компании : учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2011. 282 ISBN: 978-5-16-003198-9.
10. Kjeldsen A.M. Dynamics of Public Service Motivation : PhD Dissertation. – Denmark : Department of Political Science and Government Business and Social Sciences Aarhus University, 2012. 148 p. ISBN 978-87-7335-166-6
11. Parmenter D. Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPIs. New Jersey, USA : John Wiley & Sons, inc., 2007. – С. 233. ISBN 0-470-09588-1 (англ.).
12. Реальное целевое управление. Практика реального внедрения и использования GOAL-технологии А. Литягина. – М. : Изд-во «Альпина Паблишер», 2010. 342 с. ISBN 978-5-9614-1071-6.

Bibliography

1. Federal portal of small and medium-sized businesses [Federal'nyj portal malogo i srednego predprinimatel'stva]. URL : <http://smb.gov.ru> (date of access: 1.11.2018).
2. Korotkova T.L. Research in management: a manual for masters' degree students. [Korotkova T.L. Issledovaniya v menedzhmente : posobie dlya magistrov] M. : COURSE: Research center Infra-M, 2013. 256 p. ISBN 978-5-905554-25-4.
3. Metelkin A.E. Small business enterprises: current state and development trends [Metelkin A.E. Predpriyatiya malogo biznesa: sovremennoe sostoyanie i tendencii razvitiya] // Young scientist. 2012. № 10. P. 129-132.
4. Small and medium enterprises in Russia-2013: collection of works [Maloe i srednee predprinimatel'stvo v Rossii-2013] // Website of the Federal state statistics service (Rosstat). URL: <http://www.gks.ru> (date of access: 3.11.2018).
5. Sivenok A.I. Prospects of small business development in Russia [Sivenok A.I. Perspektivy razvitiya malogo biznesa v Rossii] // Young scientist. 2013. № 7. P. 293-294.
6. Maslov D., Chileshe N., Watson P. Management functional assessment model for obtaining sustainable competitive advantage // Economics and entrepreneurship. 2009. № 5. P. 176–191. 2009. № 5. С. 176–191.
7. Draft Federal Information Processing Standards. Announcing the Standard for integration definition for function modeling (IDEF0). – Publication 183. 1993, December 21.
8. Sviridov S., Kuryan A. IDEF0: functional modeling of business processes [Sviridov S., Kur'yan A. IDEF0: funktsional'noe modelirovanie delo-vyh processov]. URL : <http://www.trizminsk.org> (date of access: 3.11.2018).
9. Gerchikov V.I. Personnel Management. Employee – the most effective resource of the company : tutorial [Gerchikov V.I. Upravlenie personalom. Rabotnik – samyj ehffektivnyj resurs kompanii]. – М. : INFRA-M, 2011. 282 ISBN 978-5-16-003198-9.
10. Kjeldsen A.M. Dynamics of Public Service Motivation : PhD Dissertation. – Denmark : Department of Political Science and Government Business and Social Sciences Aarhus University, 2012. 148 p. ISBN 978-87-7335-166-6
11. Parmenter D. Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPI's. New Jersey, USA : John Wiley & Sons, Inc., 2007. С. 233. ISBN 0-470-09588-1.
12. Real target management. Practice of real-life implementation and use of Goal-technology of A. Lityagin [Real'noe celevoe upravlenie. Praktika real'nogo vnedreniya i is-pol'zovaniya GOAL-tekhnologii A. Lityagina]. М. : Publishing house «Alpina Publisher», 2010. 342 p. ISBN 978-5-9614-1071-6

Статья сдана в редакцию 10 ноября 2018 года

Аспирантская тетрадь

УДК 629.4.015629.4.027.512

В.А. Павленко

Снижение шума системы «колесо-рельс»

UDC 629.4.015629.4.027.512

V.A. Pavlenko

Noise reduction system «wheel-rail»

Аннотация

Шум от железнодорожного транспорта загрязняет акустическое пространство городов, что снижает комфорт жителей. В настоящей работе исследованы железнодорожные колеса с кольцевыми демпферами для снижения исходящего шума.

Для верификации конечно-элементной (КЭ) модели колеса выполнено натурное испытание на ударный отклик. Получены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) ускорений на диске при помощи быстрого преобразования Фурье. Из временной характеристики был определен коэффициент конструкционного демпфирования, равный 0,000955. Была смоделирована КЭ модель колесной пары для проведения аналогичного испытания. Полученный спектр из КЭ расчета имеет хорошее совпадение с результатами эксперимента в области частот.

Для уменьшения размерности задачи создана упрощенная КЭ модель, где присутствует только одно колесо, без оси. Проведен расчет на частотный отклик одного колеса. Выполнено сравнение АЧХ ускорений отдельного колеса (без оси и колесной пары) с АЧХ КЭ моделью КП.

Построена КЭ модель колеса с демпфером в виде металлического кольца, соединенного с бандажом через слой резины. Для определения наиболее эффективных демпфирующих свойств устройства выполнено 400 расчетов с различными характеристиками материалов резино-металлического кольца. По каждой третьей октавной полосе определялся максимум звукового давления, после чего выполнено сравнение с результатами расчета серийного колеса.

Ключевые слова: снижение шума, колесная пара, демпфирование, ударный отклик.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-95-102

Abstract

Noise from railway transport pollutes the acoustic space of cities, which reduces the comfort of residents. In this paper, railway wheels with ring dampers are investigated to reduce the outgoing noise.

To verify the finite element (FE) model of the wheel, a full-scale impact test was performed. The amplitude-frequency characteristics (AFC) of the disk accelerations are obtained by fast Fourier transform. From the time characteristic, the coefficient of structural damping equals to 0.000955 was determined. The FE model of the wheelset was simulated for a similar test. The obtained spectrum from the FE calculation has a good agreement with the results of the experiment in the frequency domain.

To reduce the dimension of the problem, a simplified FE model is created, where there is only one wheel, without an axis. Calculation on frequency response of one wheel is done. The comparison of the frequency response of the acceleration of the individual wheels (without the axle and wheel sets) the frequency response of a FE model of KP.

The FE model of a wheel with a damper in the form of a metal ring connected to a bandage through a rubber layer is constructed. To determine the most effective damping properties of the device, 400 calculations with different characteristics of rubber-metal ring materials were performed. For each third octave band, the maximum sound pressure was determined, after which a comparison with the results of the calculation of the serial wheel was performed.

Keywords: noise reduction, wheelset, damping, shock response.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-4-95-102

Статья рекомендована к публикации К.Б. Кузнецовым, д-ром техн. наук, профессором Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: K.Kuznetsov@usurt.ru.

Владислав Алексеевич Павленко, аспирант; кафедра «Электропоезда и локомотивы» Российского университета транспорта (МИИТ); Москва, Россия. E-mail: vlad755609@yandex.ru.

The article is recommended for publication by K. Kuznetsov, Doctor of engineering, Professor at Ural State University of Railway Transport. E-mail: K.Kuznetsov@usurt.ru.

Vladislav Alekseevich Pavlenko, PhD student; Department of electric trains and locomotives of the Russian University of Transport (MIIT); Moscow, Russia. E-mail: vlad755609@yandex.ru.

Активное развитие железнодорожного транспорта в крупных городах несет с собой и негативные моменты. Одна из проблем – повышенный шум, часто служащий причиной дополнительного стресса и дискомфорта [1]; из-за несовершенства эргономичности российских городов железнодорожный путь проходит в самых разных районах, в том числе через жилые районы.

Один из самых значимых источников шума – система «колесо-рельс» [2]. На поверхности колеса и рельса присутствуют различные неровности, например, волновой износ рельса, износ бандажей колесной пары, стыки между рельсами. Такие неровности создают колебания в звуковой полосе частот и распространяются в окружающее пространство. Необходимо искать способы снижения колебаний в этих узлах.

Каждая динамическая система обладает рядом особенностей, в силу которых те или иные способы применить нельзя; в этом плане система «колесо-рельс» вовсе не исключение. В системе «колесо-рельс» источником возмущения служит упругое ударное воздействие, особенно на стыках. Такое воздействие имеет очень широкий спектр

частот, поэтому оно возмущает все значимые собственные частоты колеса. Есть и ограничения: эксплуатационные требования, ограниченное пространство для узлов, требования безопасности.

В настоящем исследовании применен метод конечных элементов. Для этого использованы пакеты программ Patran/Nastran [3, 4]. Для построения геометрических тел использован пакет SolidWorks [5].

Моделировался режим испытаний колес, который обычно используется при экспериментальном определении частотных характеристик [6]. Испытываемые колеса закрепляются на стенде в области отверстия, в которое впрессовывается ось колесной пары, колебания колеса возбуждаются импульсным воздействием на обод колеса.

Для верификации конечно-элементной (КЭ) модели проделано испытание на ударный отклик. К колесу подсоединен акселерометр на магнитном креплении, имеющий предел измерения 12 кГц, диапазон – ± 50 g. Крепление магнитного типа имеет предел измерения около 7 кГц. Установка датчика производилась на внешней стороне диска колеса (рис. 1).



Рис. 1. Установка акселерометра на диске колеса

Для возбуждения колебаний выполнен точечный удар (материал наколенника – сталь). Чем выше жесткость ударного элемента и чем ближе пятно удара к точке, тем больше импульс похож на импульс Дирака. Такой импульс содержит наибольший спектр частот. Ударный элемент с жестким наколенником и малым пятном контакта используется для относительно небольших и жестких конструкций. Удар производился в верхней точке обода по кругу катания. Сила удара подбиралась таким образом, чтобы не превысить допустимый диапазон ускорений датчика ± 50 g. Данные регистрировались при помощи портативного оборудования National Instrument. Использовалась шасси NI 9162, модуль NI 9234. Полученная зависимость ускорения от времени показана на рис. 2.

Железнодорожное колесо имеет очень низкое демпфирование, вибрации характеризуются особенно сильными резонансами. Это по большей части благодаря осесимметричной форме, закрепленной в центре за цапфой осей, что позволяет модам колебаний происходить с ничтожным движением в точке соединения с осью (похожая структура – винный бокал с жидкостью или церковный колокол). Из характеристики ускорений в области времени (рис. 2) определим демпфирование системы.

Для этого воспользуемся формулой для вычисления логарифмического декремента затухания:

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{A_0}{A_n},$$

где A_0 – начальная амплитуда ускорения; A_n – конечная амплитуда ускорения; n – число периодов.

Взяв диапазон из временной характеристики ускорения с 0,022 по 0,25 с (рис. 2). На данном отрезке времени вместились 900 периодов. Начальная и конечная амплитуды ускорений взяты усредненными. Выполнено по пять последовательных замеров амплитуд для начала и конца диапазона. По следующей формуле определены средние значения ускорений:

$$A = \frac{\sum_{i=0}^{n_a} x_i}{n_a},$$

где x – замеры амплитуд; n_a – количество замеров.

$$A_0 = 23,52,$$

$$A_n = 1,56.$$

Логарифмический декремент затухания:

$$\lambda = \frac{1}{903} \ln \frac{23,52}{1,56} = 0,003.$$

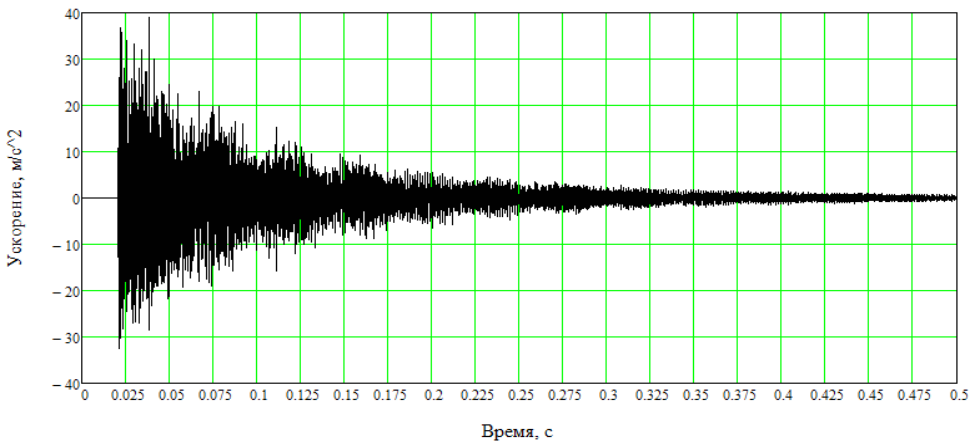


Рис. 2. График ускорения в зависимости от времени

Для удобства расчетов выполнено преобразование логарифмического декремента затухания в коэффициент конструкционного демпфирования:

$$G = \frac{\lambda}{\pi},$$

$$G = \frac{0,003}{3,1415} = 0,000955.$$

Была создана конечно-элементная модель колесной пары, аналогичная по геометрическим размерам колесной пары, показанной на рис. 1. Выбран элемент tet10 с максимальным размером 0,03 м. Цапфы колесной пары зафиксированы по всем координатам. В точке на ободе приложено единичное воздействие, зависящее от частоты. Коэффициент конструкционного демпфирования выбран равным 0,000955. Расчет выполнялся в диапазоне частот от 0 до 7 кГц.

Сила ударного воздействия не измерялась, поэтому нельзя было провести КЭ расчет с аналогичным воздействием. Это значит, что величины ускорений совпадать не будут, но все же можно сопоставить результаты в области частот, то есть выявить совпадения по

собственным частотам. Для удобства спектр ускорений, полученный из КЭ расчета, масштабирован до АЧХ из натурных испытаний. На рис. 3 приведены спектры ускорений, один из которых получен из натурных испытаний, другой – из КЭ расчета. Спектры ускорений получены при помощи быстрого преобразования Фурье (MathCAD).

Спектр, полученный из КЭ расчета, имеет хорошее совпадение с результатами эксперимента в области частот.

Для уменьшения размерности задачи модель упрощена, оставлено только одно колесо, без оси. Ось со вторым колесом может оказывать значительное влияние на собственные частоты первого колеса. Поэтому проделан расчет на частотный отклик одного колеса. Спектр ускорений показан на рис. 4 (оранжевая линия).

Из графиков (рис. 4) видно, что отличия прослеживаются в области низких частот – 100–1400 Гц, но данный диапазон оказывает малое влияние на виброактивность. Также имеются отличия в области высоких частот – 6500–8000 Гц, где происходит смещение собственных частот и увеличивается амплитуда ускорений примерно в два раза.

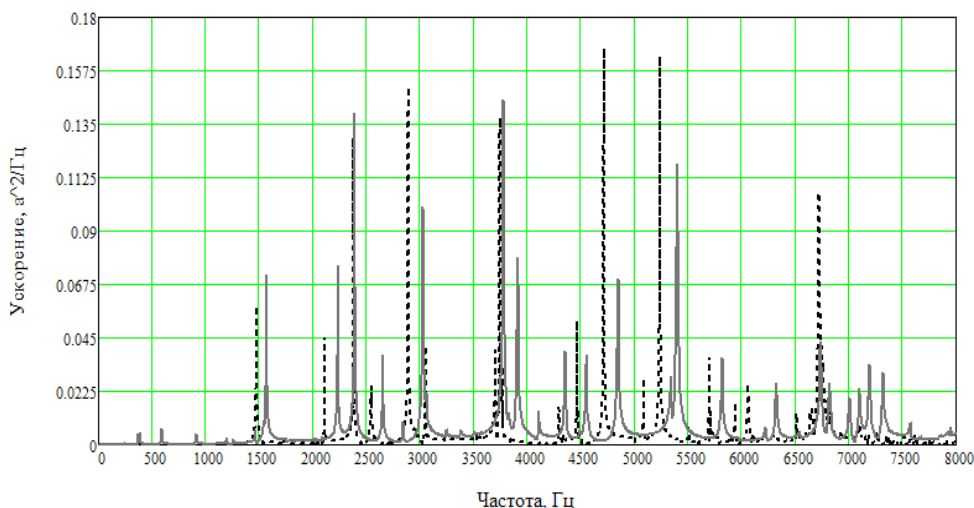


Рис. 3

————— – спектр ускорений, полученный в ходе испытания;
 - - - - - спектр ускорений, полученный из КЭ расчета

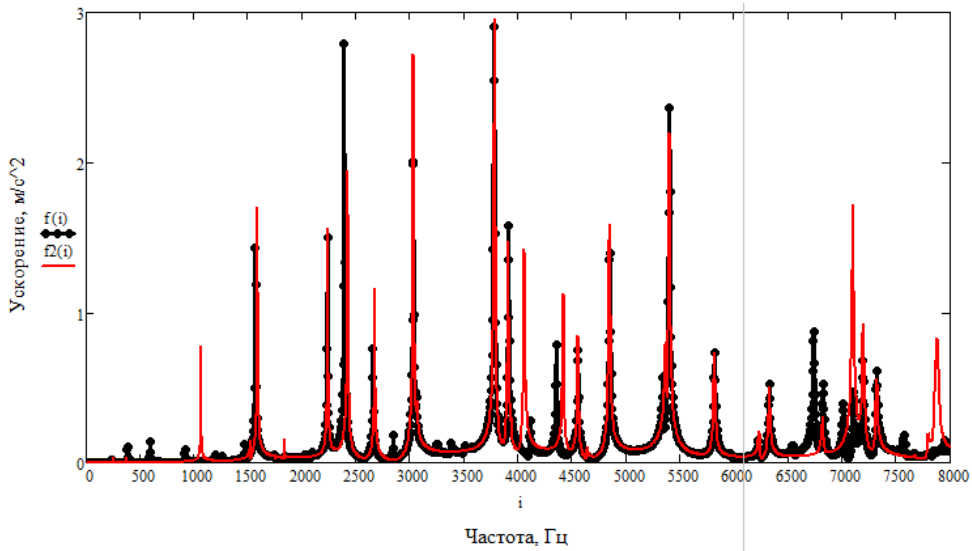


Рис. 4

- — спектр ускорений, полученный из расчета КЭ модели колесной пары;
- — спектр ускорений, полученный из расчета КЭ модели одного колеса

Остальная область частот имеет хорошее совпадение. Модель с одним колесом может быть использована для замены колесной пары. Приведенный способ исследования виброактивности колес хорошо совпадает с результатами натурных испытаний и может быть использован для расчета других конструкций.

Далее исследована конструкция колес, применяемая в настоящее время на немоторных вагонах железных дорог колеи 1520 мм. Диаметр бандажа по кругу катания – 957 мм.

Исследовалось введение демпфирующих элементов в конструкцию колеса в качестве способа снижения виброактивности.

На основе геометрической модели, созданной в CAD-пакете SolidWorks в среде Patran-Nastran, получена КЭ модель колеса с резино-металлическим кольцом. Использовался конечный элемент Hex8. Модель состоит из 14160 элементов.

В модели резиновые элементы имеют коэффициент структурного демпфирования 0,06, для металла принят коэффициент, полученный при натурном

испытании. Расчет проводился для диапазона частот от 0 до 5000 Гц. Для замеров уровня звука выбран узел, находящийся на диске колеса.

В модели колеса геометрические размеры диска и бандажа колеса остались исходной формы. На внутренней части бандажа прикреплено металлическое кольцо через слой резины (рис. 5).

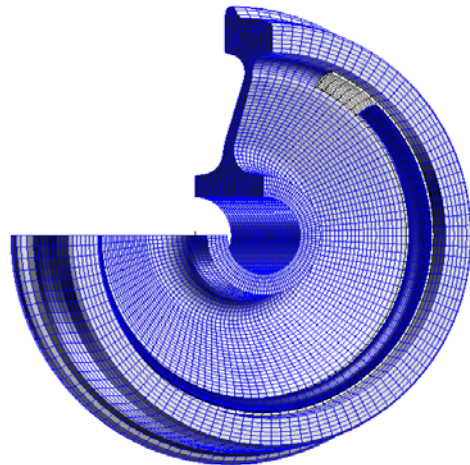


Рис. 5. КЭ модель колеса с резино-металлическим кольцом

Массы и жесткости колец будут влиять на частотные характеристики колеса. Для определения наиболее удачного сочетания масс и жесткостей необходимо провести ряд экспериментов. Существуют два пути проведения экспериментов: а) менять геометрические размеры резинового и металлического колец; модуль продольной упругости и плотность остаются неизменными и б) геометрические размеры колец неизменны, меняются параметры материала.

Первый вариант требует многократного перестроения геометрической и КЭ моделей. Второй вариант требует лишь изменить свойства материалов колец. Выбран второй вариант, так как он менее трудоемкий.

Для эксперимента выбраны следующие диапазоны значений плотности и модуля продольной упругости материалов колец.

Металлическое кольцо:

$$E_{\text{нач}}^{\text{мет}} = 5 \cdot 10^{10}, \text{ Па},$$

$$E_{\text{кон}}^{\text{мет}} = 2 \cdot 10^{11}, \text{ Па},$$

$$\Delta E^{\text{мет}} = 5 \cdot 10^{10}, \text{ Па},$$

$$n^{\text{мет}} = 4,$$

$$\rho_{\text{нач}}^{\text{мет}} = 1000, \text{ кг / м}^3,$$

$$\rho_{\text{кон}}^{\text{мет}} = 10000, \text{ кг / м}^3,$$

$$\Delta \rho^{\text{мет}} = 1000, \text{ кг / м}^3,$$

$$m^{\text{мет}} = 10.$$

Резиновое кольцо:

$$E_{\text{нач}}^{\text{рез}} = 1 \cdot 10^6, \text{ Па},$$

$$E_{\text{кон}}^{\text{рез}} = 1 \cdot 10^7, \text{ Па},$$

$$\Delta E^{\text{рез}} = 1 \cdot 10^6, \text{ Па},$$

$$n^{\text{рез}} = 10,$$

$$\rho_{\text{нач}}^{\text{рез}} = \rho_{\text{кон}}^{\text{рез}} = 1200, \text{ кг/м}^3,$$

$$m^{\text{рез}} = 1.$$

Используя правило произведения, получим количество экспериментальных расчетов:

$$\begin{aligned} R &= n^{\text{мет}} \cdot m^{\text{мет}} \cdot n^{\text{рез}} \cdot m^{\text{рез}} = \\ &= 4 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 1 = 400. \end{aligned}$$

Для автоматизации расчетов разработано приложение на языке PHP. Алгоритм работы следующий. Приложение обращается к базе данных MySQL, где хранятся исходные значения для материалов колец. Далее формируется файл *.ses. В него включаются следующие блоки: открытие базы данных Patran, переопределение свойств материалов, запуск анализа, подключение результатов, вывод результата в файл, закрытие базы данных Patran.

Как только файл *.ses сформирован, он запускается. По завершении работы Patran файлы с результатами обрабатываются и записываются в базу данных MySQL. После чего цикл работы повторяется.

Было обработано 400 результатов расчета. По каждой третьей октавной полосе определялся максимум звукового давления. Если он превышал исходное значение на 5%, то такое сочетание свойств материалов являлось неподходящим. Среди оставшихся результатов выявлено несколько удовлетворительных. Один из таких результатов показан на рис. 6 толстой пунктирной кривой. Результат получен при следующих свойствах материалов:

$$\rho^{\text{мет}} = 6000, \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho^{\text{рез}} = 1200, \text{ кг/м}^3,$$

$$E^{\text{мет}} = 150, \text{ ГПа},$$

$$E^{\text{рез}} = 10, \text{ МПа}.$$

Итак, АЧХ, полученная из модели с одним колесом, отличается от АЧХ модели колесной пары в области низких частот 100–1400 Гц и в области высоких частот 6500–8000 Гц. В остальном наиболее важном частотном диапазоне имеется хорошее совпадение. Модель

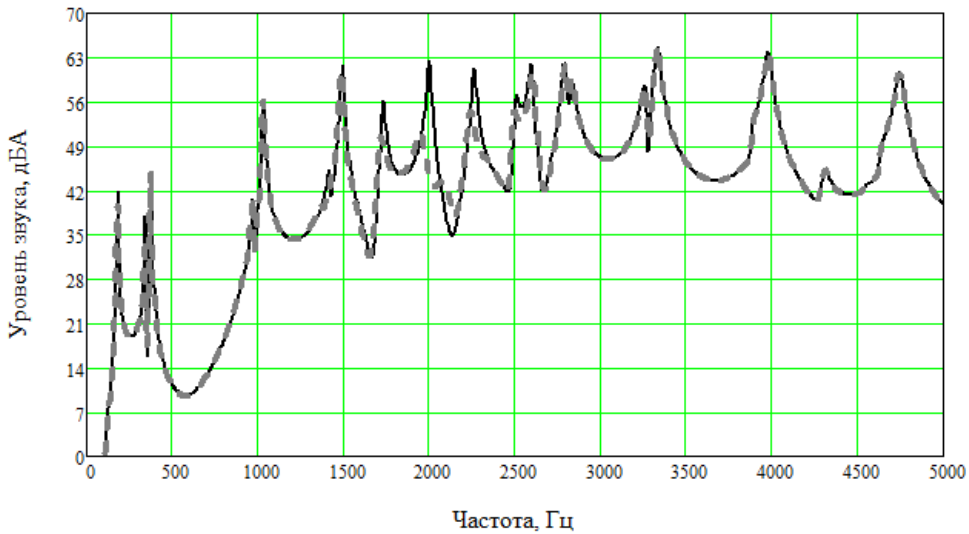


Рис. 6. Графики уровней звука

— колесо без изменений; - - - - - колесо с резино-металлическим кольцом

с одним колесом (без оси и второго колеса) можно использовать для снижения размерности задачи.

Колесо с резино-металлическим кольцом снижает уровень звука в диапазоне 1600–2400 Гц в сравнении с серийным колесом. Максимальное снижение уровня шума равно 11 дБА на

частоте 2000 Гц. Для снижения виброактивности в заданном диапазоне частот можно применять рассмотренное демпфирующее устройство. Причем диапазон подавляемых частот зависит от свойств и геометрии демпфирующего устройства. ■

Литература

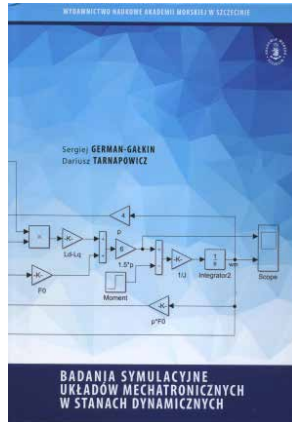
1. Lakušić S. Rail traffic noise and vibration mitigation measures in urban areas/ S. Lakušić, M. Ahac // Tehnički vjesnik 19. – 2012. – Vol. 2. – ISSN 1330-3651.
2. Toshiki K. The influence of wheel and track parameters on rolling noise/ K. Toshiki // QR of RTRI. 2009. Vol.50. №. 1. 38 P. ISSN 0033-9008.
3. Инженерные расчеты механических конструкций в системе MSC.PATRAN-NASTRAN : учеб. пособие к курсовому и дипломному проектированию : для студентов и слушателей спец. «Электрический транспорт железных дорог» / Е.К. Рыбников. Ч. 1. М. : МИИТ, 2003. 130 с.
4. Инженерные расчеты механических конструкций в системе MSC.PATRAN-NASTRAN : учеб. пособие к курсовому и дипломному проектированию : для студентов и слушателей спец. «Электрический транспорт железных дорог» / Е.К. Рыбников, С.В. Володин, Р.Ю. Соболев. Ч. 2. М. : МИИТ, 2003. 174 с.
5. Руководство для учащихся по изучению программного обеспечения SolidWorks : учеб. пособие / Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. 2010. 156 с.
6. ГОСТ ИСО 7626-5-99 Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Ч. 5. Измерения, использующие ударное возбуждение возбудителем, не прикрепляемым к конструкции. М. : Из-во стандартов, 2000. 16 с.

Bibliography

1. Lakušić S. Rail traffic noise and vibration mitigation measures in urban areas/ S. Lakušić, M. Ahac // Tehnički vjesnik 19. 2012. – Vol. 2. ISSN 1330-3651.

2. Toshiki K. The influence of wheel and track parameters on rolling noise/ K. Toshiki // QR of RTRI. 2009. Vol.50. №. 1. 38 P. ISSN 0033-9008.
3. Engineering calculations of mechanical structures in the MSC.PATRAN-NASTRAN: manual for course and diploma design: for students speciality «Electric transport of Railways» [Inzhenernye raschety mekhanicheskikh konstrukcij v sisteme MSC.PATRAN-NASTRAN : ucheb. posobie k kursovomu i diplomnomu proektirovaniyu : dlya studentov i slushatelej spec. «EHlektricheskij transport zheleznih dorog»] / E. K. Rybnikov. Part 1. M., Engineering, 2003. 130 pp.
4. Engineering calculations of mechanical structures in the MSC.PATRAN-NASTRAN: manual for course and diploma design: for students speciality «Electric transport of Railways» [Inzhenernye raschety mekhanicheskikh konstrukcij v sisteme MSC.PATRAN-NASTRAN : ucheb. posobie k kursovomu i diplomnomu proektirovaniyu : dlya studentov i slushatelej spec. «EHlektricheskij transport zheleznih dorog»] / E.K. Rybnikov and S.V. Volodin, R.Y. Sobolev. Part 2. M., Engineering, 2003. 174 p. 174.
5. Guide for students for learning SolidWorks software : manual [Rukovodstvo dlya uchashchihsya po izucheniyu programmnoho obespecheniya SolidWorks : ucheb. posobie] / Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. 2010. 156 p.
6. GOST ISO 7626-5-99 Vibration and shock. Experimental determination of mechanical mobility. Part 5. Measurements using shock excitation by an exciter not attached to the structure [GOST ISO 7626-5-99 Vibraciya i udar. EHksperimental'noe opredelenie mekhanicheskoi podvizhnosti. CH. 5. Izmereniya, ispol'zuyushchie udarnoe voz-buzhdenie vzbuditelem, ne prikreplyaemym k konstrukcii]. M.: Published standards, 2000. 16 pp.

Статья сдана в редакцию 6 ноября 2018 года



Вышла в свет монография Сергея Германовича Германа-Галкина, д-ра техн. наук, профессора Института судовой электроники и электротехники Морской академии (Польша, г. Щецин)

***«Модельное исследование мехатронных систем
в динамических режимах работы»***

ISBN 978-83-64434-20-4

Целью монографии является изучение основ проектирования мехатронных систем на базе использования современных компьютерных технологий. Для достижения поставленной цели в монографии в области модельного исследования и проектирования решены следующие задачи.

1. Решение общих задач анализа и синтеза динамики мехатронных устройств в среде MatLAB-Simulink применительно к транспортным системам.
2. Исследование устройств транспортной силовой электроники и электрических машин в пакете Sim Power System.
3. Проектирование мехатронных систем постоянного тока, синхронных и асинхронных мехатронных систем.

В монография содержится вся необходимая информация по изучению тех разделов последней версии среды (R 2017 а), которая необходима для практического применения курса исследования и моделирования.

Материал предназначен преподавателей вузов, аспирантов, слушателей курсов повышения квалификации и инженеров-разработчиков систем мехатроники различного назначения и применения.

Б. С. Сергеев, д-р техн. наук,
профессор

Уважаемые коллеги!

Информирую вас о требованиях, предъявляемых к оформлению статей.

При наборе используйте Word-2003 или Word-2007; шрифт (по всему тексту, в том числе в рисунках и таблицах) — тип Times, размер шрифта — 14, межстрочное расстояние — 1,5, абзацный отступ — 1,25 (1,27) см, поля — 2 см; расстановка переносов по всему тексту — автоматическая.

Набор формул: простые формулы и сочетания символов ($x^2 < y^2$; $E = mc^2$; $a^2 + b^2 = c^2$; Q_{i-1} ; ψ_j) — только в текстовом режиме, сложные

$$(s^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{j=1}^e x_j^2 n_j - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^e x_j n_j \right)^2 \right]; \left(\frac{\sigma_a}{[n]} \right)$$

или S_i^m) — только в редакторе формул

Equation или в MathType.

Написание букв: русские (а, б, в, А, Б, В), греческие (Θ, Σ, Ω, Ψ, α, β, δ, ε, λ, π), а также цифры и функции (1, 2, 3; I, II, III; max, lg, sin и т.п.) пишутся только прямо; латинские (a, b, n, A, B, N и т.д.) — только курсивом. Исключение — курсив во вспомогательном тексте (слова «Таблица» и «Рис.», примечания в рисунках и ссылки в тексте на эти примечания).

Оформление текста: левый верхний край — инициалы, фамилия; заголовков — все буквы ПРОПИСНЫЕ, жирные, расположение — по центру набора; таблиц и рисунков: в таблицах размер шрифта — на полтора-два размера меньше, чем в основном тексте (11,5–12), расположение текста в «шапке» таблицы — по центру, в столбцах — по ширине; межстрочное расстояние — 1; слово «Таблица» — курсивное начертание, в правый край таблицы; название таблицы — начертание нормальное (прямое), расположение — по центру таблицы. В рисунках (графиках, диаграммах): размер подрисуноч-

ной подписи — 14, расположение — по центру набора, слово «Рис.» — курсив, название рисунка — нормальное начертание, описание рисунка (экспликация) — нормальное начертание, условные обозначения — курсивное начертание, их расшифровка — нормальное. Расположение таблиц и рисунков — строго после ссылки на них.

Кроме того, рисунки обязательно прилагаются к материалу (один рисунок — один файл; формат — *.jpg).

Ссылки на литературу в тексте пишутся в квадратных скобках ([1], [1, 2] или [3–5]); нумерация сквозная. Список литературы/источников оформляется по ГОСТ 7.0.5–2008.

В конце статьи обязательно ставится дата отсыла материала в редакцию.

Объем статьи — не более 14-ти страниц.

Название файла: Фамилия. Первое слово заголовка. Подчеркивание. Последнее слово заголовка (Сидоров. Синтез_электроприводом).

К материалу (статье) обязательно прилагаются (отдельным файлом): УДК, сведения об авторе, аннотация, ключевые слова (название файла: УДК 000. Сидоров. Синтез_электроприводом).

Материалы для очередного номера журнала «Вестник УрГУПС» принимаются до 30 числа первого месяца квартала (до 30-го января, 30-го апреля, до 30-го июля, до 30-го октября). Материалы, поступившие в редакцию после 30-го числа, будут опубликованы только в следующем номере.

Успешной работы!

*Л. Барышникова,
литературный и выпускающий
редактор журнала «Вестник УрГУПС»*

Уважаемые читатели и авторы журнала «Вестник УрГУПС»!

Если вам нравится наш журнал, вы можете оказать содействие в его развитии, перечислив денежные средства по реквизитам:

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС

ИНН-КПП 6670317893/667001001

ОГРН 1156600001470

620075, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Шевченко, д. 20, помещение 1

Р/с 40703810863010000192

в ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ

к/с 30101810900000000795

БИК 046577795

Назначение платежа: «Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС».

Ваша финансовая поддержка позволит нам увеличить число публикаций, повысить индексы цитирования журнала и наших авторов.

Уважаемые руководители инновационных компаний и предприятий!

Предлагаем вам услуги по продвижению вашей продукции через сеть Ассоциации выпускников УЭМИИТ-УрГУПС.

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС – это кооперация большого числа неравнодушных людей различных сфер деятельности, окончивших наш университет.

Кроме того, предлагаем услуги по подбору молодых специалистов, по организации поиска решений прикладных и научных задач в рамках диссертационных работ, выполняемых в УрГУПС.

Всю необходимую информацию вы можете получить по тел. (343) 221-25-60

или на сайте <http://www.usurt.ru/vypusnikam/assotsiatsiya-vypusnikov-urgups>

Извещение	Получатель: Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС КПП: 667001001 ИНН: 6670317893 ОКТМО: 65701000 Р/сч.: 40703810863010000192 в: ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ БИК: 046577795 К/сч.: 30101810900000000795 Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. _____ коп. Подпись: _____ Дата: «____» _____ 2019 г.
Квитанция	Получатель: Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС КПП: 667001001 ИНН: 6670317893 ОКТМО: 65701000 Р/сч.: 40703810863010000192 в: ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ БИК: 046577795 К/сч.: 30101810900000000795 Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. _____ коп. Подпись: _____ Дата: «____» _____ 2019 г.

ф. СП-1



АБОНЕМЕНТ

на ~~газету~~
журнал

70070

(индекс издания)

Вестник УрГУПС

(наименование издания)	Количество комплектов:	
------------------------	------------------------	--

на 2019 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

ПВ	место	литер

на ~~газету~~
журнал

70070

(индекс издания)

Вестник УрГУПС

(наименование издания)

Стои- мость	подписки	руб. ____ коп.	Количество комплектов:	
	переадресовки	руб. ____ коп.		

на 2019 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)