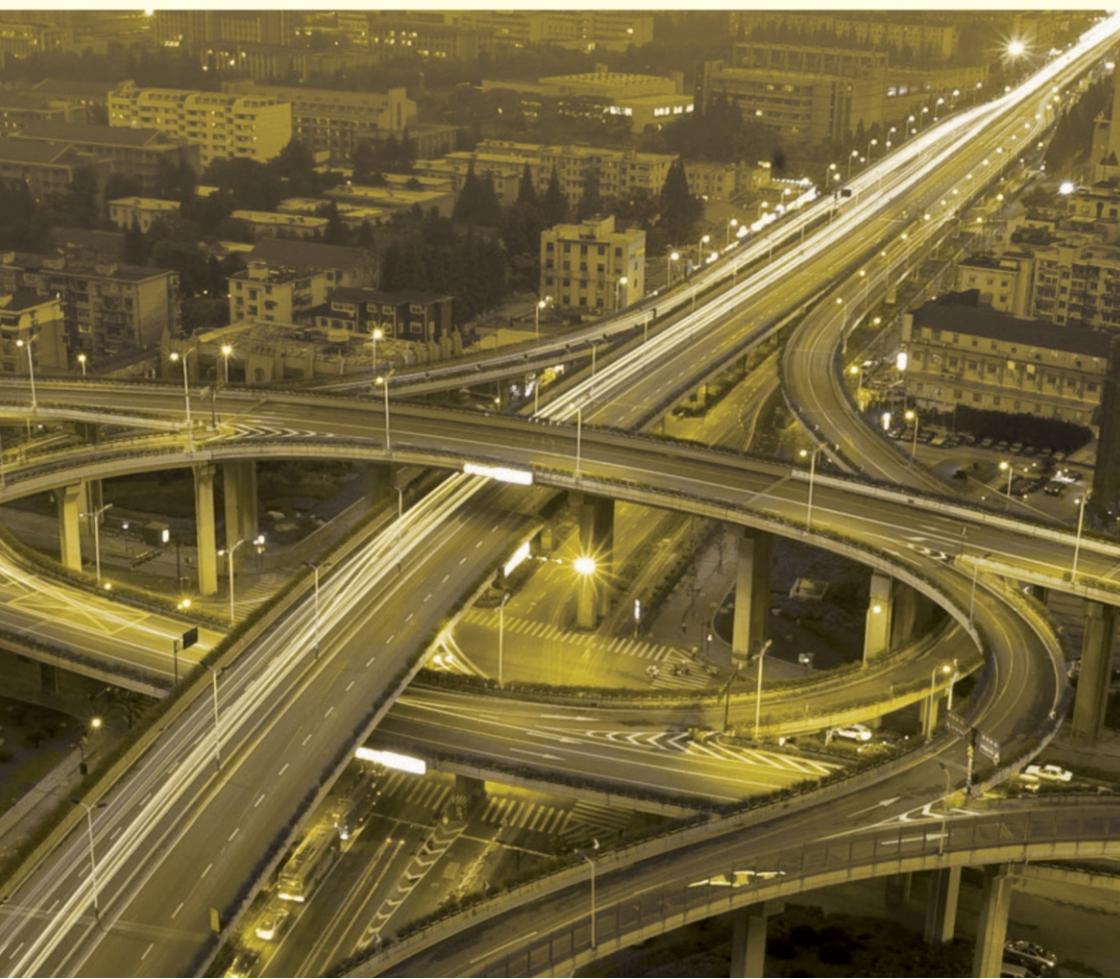


ISSN 2328-1391

International Journal of Advanced Studies

VOLUME 10, NUMBER 3,
2020



ISSN 2328-1391 (print)
ISSN 2227-930X (online)

International Journal of Advanced Studies

Founded in 2011
Volume 10, No 3, 2020

Editor-in-Chief – **Andrey V. Ostroukh**, Dr. Sci. (Tech.), Professor
Chief Editor – **Yan A. Maksimov**
Managing Editors – **Dmitry V. Dotsenko**, **Natalia A. Maksimova**
Language Editor – **Svetlana D. Zlivko**
Support Contact – **Yu.V. Byakov**
Layout Editor – **R.V. Orlov**

Международный журнал перспективных исследований

Журнал основан в 2011 г.
Том 10, № 3, 2020

Главный редактор – **А.В. Остроух**, д-р техн. наук, проф.
Шеф-редактор – **Я.А. Максимов**
Выпускающие редакторы – **Доценко Д.В.**, **Максимова Н.А.**
Корректор – **Зливко С.Д.**
Технический редактор – **Ю.В. Бяков**
Компьютерная верстка, дизайнер – **Р.В. Орлов**

Krasnoyarsk, 2020
Science and Innovation Center Publishing House

Красноярск, 2020
Научно-Инновационный Центр

12+

International Journal of Advanced Studies, Volume 10, No 3, 2020, 182 p.

The edition is registered (certificate of registry EL № FS 77 - 63681) by the Federal Service of Intercommunication and Mass Media Control and by the International center ISSN (ISSN 2328-1391 (print), ISSN 2227-930X (online)).

IJAS is published 4 times per year

All manuscripts submitted are subject to double-blind review.

IJAS was included in the list of leading peer-reviewed scientific journals and editions, approved by the State Commission for Academic Degrees and Titles (the VAK) of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

The journal is included in the Russian Scientific Citation Index (RSCI) and is presented in the Scientific Electronic Library. The journal has got a RSCI impact-factor (IF RSCI).

IF RSCI 2018 = 0.355

Address for correspondence:

9 Maya St., 5/192, Krasnoyarsk, 660127, Russian Federation

E-mail: ijas@ijournal-as.com

<http://ijournal-as.com>

Subscription index in the General catalog «SIB-Press» – 63681

Published by Science and Innovation Center Publishing House

Международный журнал перспективных исследований, Том 10, №3, 2020, 182 с.

Журнал зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации от 10.11.2015 ЭЛ № ФС 77 - 63681) и Международным центром ISSN (ISSN 2328-1391 (print), ISSN 2227-930X (online)).

Журнал выходит четыре раза в год

На основании заключения Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Журнал представлен в Научной Электронной Библиотеке в целях создания Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). ИФ РИНЦ 2018 = 0,355.

Адрес редакции, издателя и для корреспонденции:

660127, г. Красноярск, ул. 9 Мая, 5 к. 192

E-mail: ijas@ijournal-as.com

<http://ijournal-as.com>

Подписной индекс в каталоге «СИБ-Пресса» – 63681

Учредитель и издатель:

Издательство ООО «Научно-инновационный центр»

Editorial Board Members

Sunil Kumar Yadav, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

Yong Lee, Ph. D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology (HIT), China).

Tatiana V. Avdeenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automated Control Systems, Leading Researcher (Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation).

Vitaly N. Vasilenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Technology (Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation).

Alexey V. Voropay, Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor, Department «Machine Parts and Theory of Machines and Mechanisms» (Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine).

Vladimir A. Dresvyannikov, Doctor of Economics, Assistant Professor, Professor of the Department of Management and Marketing (Penza Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Penza, Russian Federation).

Elena V. Erokhina, Doctor of Economics, Professor of Economics and Organization of Production (Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation).

Sultan V. Zhankaziev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research (Moscow Automobile And Road Construction State Technical University, Moscow, Russian Federation).

Nikolay S. Zakharov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Technological Machines Service (Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation).

Olga V. Kalimullina, Candidate of Economics (PhD), Associate Professor, Department of Management and Modeling in Socio-Economic Systems (St. Petersburg State University of Telecommunications named after Prof. MA Bonch-Bruевич, St. Petersburg, Russian Federation).

Sergey V. Kosyakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Software for Computer Systems (Ivanovo State Energy University named after V.I. Lenin, Ivanovo, Russian Federation).

Andrey V. Kochetkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Expertise and Risk Assessment (Russian Road Research Institute, Moscow, Russian Federation).

Mikhail N. Krasnyanskiy, Doctor of Technical Sciences, Rector (Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation).

Aleksey L. Manakov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department "Technology of Transport Engineering and Machine Operation", Rector (Siberian Transport University, Novosibirsk, Russian Federation).

Boris Yu. Serbinovskiy, Doctor of Economics, Professor of the Department of Systems Analysis and Management of the Faculty of High Technologies (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation).

Boris S. Sergeev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Electric Machines" (Ural State Transport University, Yekaterinburg, Russian Federation).

Habibulla Turanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Stations, Knots and Cargo Work" (Ural State Transport University, Yekaterinburg, Russian Federation).

Daniil P. Frolov, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Marketing and Advertising (Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation).

Ilya A. Khodashinsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Complex Information Security of Electronic Computing Systems (Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation).

Vyacheslav P. Shuvalov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Discrete Communications and Metrology (Siberian State University of Telecommunications and Informatics, Novosibirsk, Russian Federation).

Nikolai N. Yakunin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Motor Transport (Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation).

Члены редакционной коллегии

Sunil Kumar Yadav, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

Yong Lee, Ph. D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology (HIT), China).

Авдеенко Татьяна Владимировна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры АСУ, вед. науч. сотрудник НОЦ ИИТБ (Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Российская Федерация).

Василенко Виталий Николаевич, доктор технических наук, профессор, декан Технологического факультета (Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Российская Федерация).

Воропай Алексей Валерьевич, кандидат технических наук (PhD), доцент, доцент кафедры Деталей машин и ТММ (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина).

Дресвянников Владимир Александрович, доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Менеджмент и маркетинг» (Пензенский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, Пенза, Российская Федерация).

Ерохина Елена Вячеславовна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства (Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Российская Федерация).

Жанказиев Султан Владимирович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Российская Федерация).

Захаров Николай Степанович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сервиса автомобилей и технологических машин (Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация).

Калимуллина Ольга Валерьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах (Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Российская Федерация).

Косяков Сергей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой программного обеспечения компьютерных систем (ФГБОУ ВО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина", Иваново, Российская Федерация).

Кочетков Андрей Викторович, доктор технических наук, профессор, начальник отдела экспертизы и оценки риска (ФАО «РОСДОРНИИ», г. Москва, Российская Федерация).

Краснянский Михаил Николаевич, доктор технических наук, ректор (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Российская Федерация).

Манаков Алексей Леонидович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», ректор (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения», г. Новосибирск, Российская Федерация).

Сербиновский Борис Юрьевич, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры системного анализа и управления факультета высоких технологий (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация).

Сергеев Борис Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Электрические машины" (ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Российская Федерация).

Туранов Хабибулла Туранович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Станции, узлы и грузовая работа" (ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Российская Федерация).

Фролов Даниил Петрович, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой маркетинга (Волгоградский государственный университет, Волгоград, Российская Федерация).

Ходашинский Илья Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Российская Федерация).

Шувалов Вячеслав Петрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Передачи дискретных сообщений и метрологии (Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, Российская Федерация).

Якунин Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта (Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация).

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-7-17

UDC 621.3.049.76 (063); 681.3.01 (063)

TEMPERATURE FIELD OF EXHAUST CARS GASES AND CALCULATIONS OF THE STATISTICAL INFORMATION

Nasr T., Voinov K.N., Hildayati A., Al-Raidi A.

There are too many problems from the gases which constantly fly out from the exhaust pipes of cars and lorries, especially if this process takes place in the closed apartment (garage, laboratory, class, station of diagnostic or repair for transport systems with diesel or petrol engine). Practically all gases poison air, bring essentially injury to the health of people and for the all nature. Hitherto, many scientists affirm that gases create the negative hotbed effect in the atmosphere and influence to the appearance of the ozone holes. Some important experiments and investigations at the present day didn't make.

In this article there are several technical decisions not only how to decrease the negative influence of gases but the special calculations using personal computer and statistical information to describe the process by a chart.

Keywords: *exhaust gases; protection; temperature; pollution; calculation; statistical information.*

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ И РАСЧЁТЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ

Наср Т., Войнов К.Н., Хилдаяти А., Аль Райди А.

Существует много проблем с газами, которые вылетают постоянно из выхлопных труб легковых автомобилей и грузовиков, особенно если имеет место этот процесс в закрытых помещениях (гараж, лаборатория, класс, станция диагностики или ремонта транспорт-

ных систем с дизельным или бензиновым двигателем). Практически все газы отравляют воздух, приносят существенный вред здоровью людей и всей природе. Поэтому многие учёные утверждают, что газы создают негативный парниковый эффект в атмосфере и влияют на появление озоновых дыр. Некоторые важные эксперименты и исследования в настоящее время сделаны.

В этой статье есть несколько технических решений не только как уменьшить негативное влияние газов, но и специальные расчёты, используя персональный компьютер и статистическую информацию, чтобы описать процесс графически.

Ключевые слова: выхлопные газы; защита; температура; загрязнение; расчёты; статистическая информация.

Introduction

It is common knowledge, that any exhaust gases from the cars/lorries have the very bad and even dangerous influence to the man health. Namely, at the present day any type of cancer (as the illness) is the most dangerous for people. Unfortunately, these harmful gases take practically the first or maybe the second place as gases from the works, factories and boiler-houses which make the same negative effect. Moreover, hot gases constantly increase the temperature around the Earth. That's why any even a small achievement which can diminish this harmful influence from these gases on the surrounding environment it plays the very important significance. In this paper one new and effective technical decision to defend our atmosphere against these dangerous exhaust gases is presented.

Text 1. It has suggested how to quickly delete the harmful exhaust gases which are fling constantly into the air from the cars and lorries. It is needed to direct these gases into the water reservoir. In this case the most injurious chemical elements and their combinations will be on the bottom of the water pool or they'll float in it [1-3]. Of course, periodically the water reservoir must be cleaned. At the same time the hot temperature from these gases will be diminished essentially (practically to the normal level).

The first step of our control was linked with the test of temperature which is changing behind the end of the exhaust pipe depending on many factors, namely: type engine, it's term of operation, fuel, regime of combustion (start, normal or forced regime), temperature around the place of measurement, velocity of wind, the distance from the end of exhaust pipe till the point where the temperature was fixed by thermometer.

In a capacity of auxiliary instruments were taken the next: ruler (length about 500 mm) and thermometer which can show not less than 200 oC. All fixed results were written down on the leaflet. Moreover, the measurements were written down on the middle line with the hole of the exhaust pipe, then 50 and 100 mm above and below of the end of the pipe and on the length till 300 mm. Well, the same measurements of temperature were made from the both sides of the exhaust pipe. This information connected with these points of the temperature control during our investigation is given in Fig. 1.

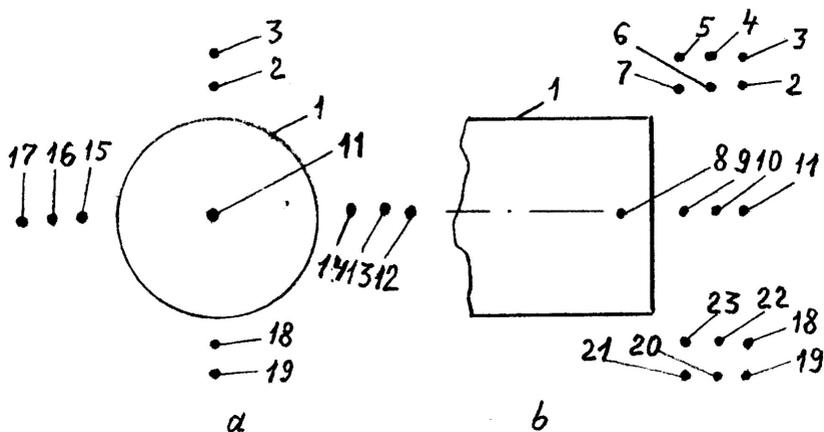


Fig. 1. Points where the end of thermometer was installed:
a – is the view from the face; *b* – from one side (lengthways)

In most cases the distances between places where the temperature is measured was 50 mm, for example: number 2-3; 18-19; 12-13; 13-14; 15-16; 16-17; 5-7; 4-6; 3-2; 23-21; 22-20; 18-19, but the lengthwise of

the pipe these distances were 100 mm between points 6-7; 2-6; 22-23; 22-18; 20-21 and 19-20. And the same distance in 100 mm was between the next points 8-9; 9-10 and 10-11.

Position number 1 is designated for the exhaust pipe. Position 8 is the point inside the pipe (the distance from the end of the pipe was about 15 mm).

The measured temperatures (oC, bold type) in these points were:

52, 43, 21, 2 (points 8, 9, 10, 11 for the line which is going through the centre of pipe); 14, 8, 3 (points 7, 6, 2); 5, 3, 1 (points 5, 4, 3); 3, 2, 1 (points 21, 20, 19);

6, 3, 1 (points 23, 22, 18); 22, 11, 1 (points 14, 13, 12); 11, 5, 1 (points 15, 16, 17).

The common field of temperatures is shown in Fig. 2. The investigation process was made 09.11.2019 quite near to the ITMO University (Saint-Petersburg) when the external air temperature was about + 1 oC only. The wind in the day of testing was not more than 1 metre per second. Using written computer programme MathCad let's get the equations which describe the distribution of temperature in all cases (Fig. 2 and Fig. 3) and at the same time to represent the appropriate curves [4, 5].

$$i := 1..4; \quad h := 50; \quad L_0 = \frac{L_1 + L_n}{2} = 75; \quad L_n := 150; \quad L_1 := 0;$$

$$H_1 := n \cdot \frac{n^2 - 1}{12} = 5 \quad H_2 := n \cdot (n^2 - 1) \cdot \frac{n^2 - 4}{180} = 4 \quad d_0 := \sum_i \frac{d_i}{n} = 29.5$$

$$a := \frac{1}{12 \cdot H_2} \cdot \left[3 \cdot \left[\sum_i \left[d_i \cdot (2 \cdot i - n - 1)^2 \right] \right] - (n^2 - 1) \cdot \left(\sum_i d_i \right) \right] = -2.5$$

$$b := \frac{1}{2 \cdot H_1} \cdot \left[\sum_i \left[d_i \cdot (2 \cdot i - n - 1) \right] \right] = -17.2 \quad c := d_0 - \frac{H_1 \cdot a}{n} = 32.625$$

$$W_i := a \cdot \frac{(L_i - L_0)^2}{h^2} + b \cdot \frac{L_i - L_0}{h} + c$$

Table 1.

d_i	L_i	W_i
52	0	52
43	50	40.6
21	100	23.4
2	150	1.2

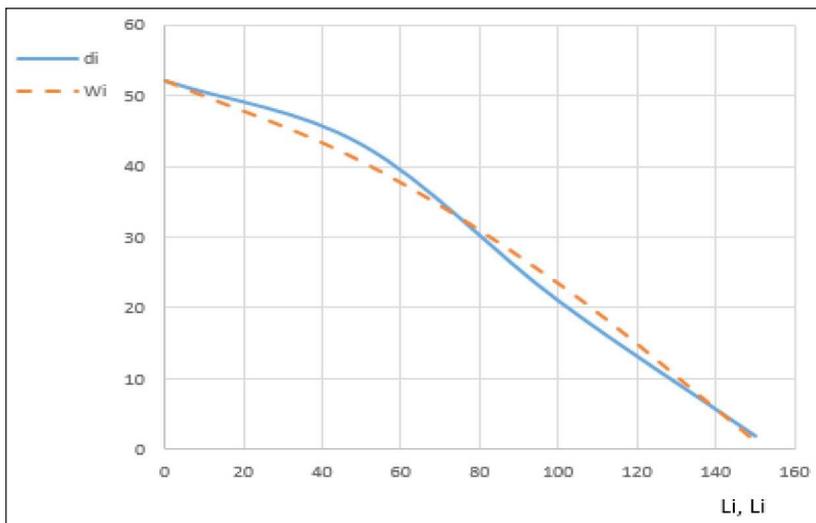


Fig. 2. Experimental and theoretical data connected with the temperature alteration along the center line of the pipe (from within to the outside)

The non-linear coincidence for this parabola approximation is very well.

Above we took into account the even points of observation ($n = 4$), but further there are information of temperature with $n = 3$ (odd amount of points for control). $t1_i$

Table 2.

$t1_i$	$t2_i$	$t3_i$	$t4_i$	$t5_i$	$t6_i$	L_i
14	5	3	6	22	11	100
8	3	2	3	11	5	200
3	1	1	1	1	1	300

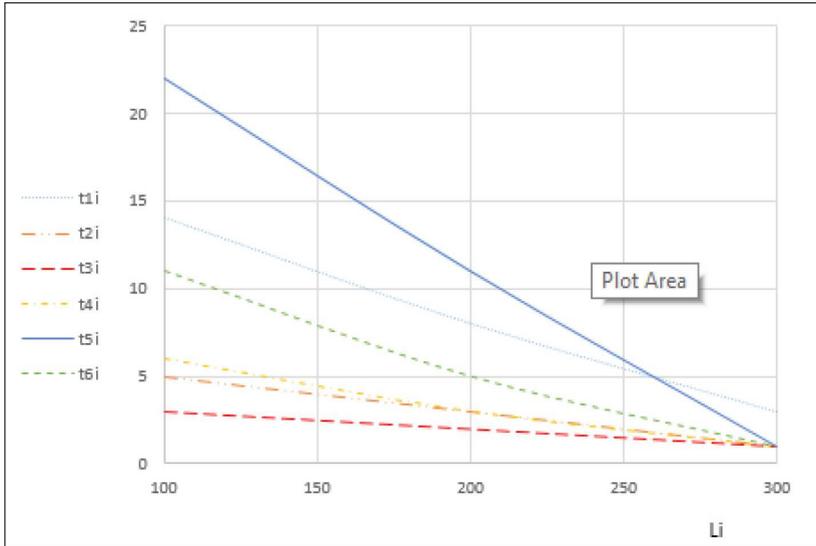


Fig. 3. Six lines which show how the temperature changes in different points of measurements dimensions and in accordance with their positions

Therefore, the water in reservoir will not become hot extremely and as an addition result the evaporations will not be too strong from the water surface. This programme of calculation and common analysis were made many times.

Text 2. Experimental investigation consisted of taking away gases from different motor vehicles which are working using petrol or diesel fuel [6, 7]. For this aim special technical parts (like an engine), measuring-glasses, thermometer and distillation water were bought.

Moreover, special devices Tensor-37 FT-IR (firm BRUKER OPTIK GmbH with standard detector DLaTGS) and spectrum-scan Max-GV were applied as well.

They help to make the chemical analyses of the originally clean water with exhaust gases. For this purpose, the first measurement was obtained using this device (Fig. 4) and with computer programme, chart and calculations (Fig. 5).

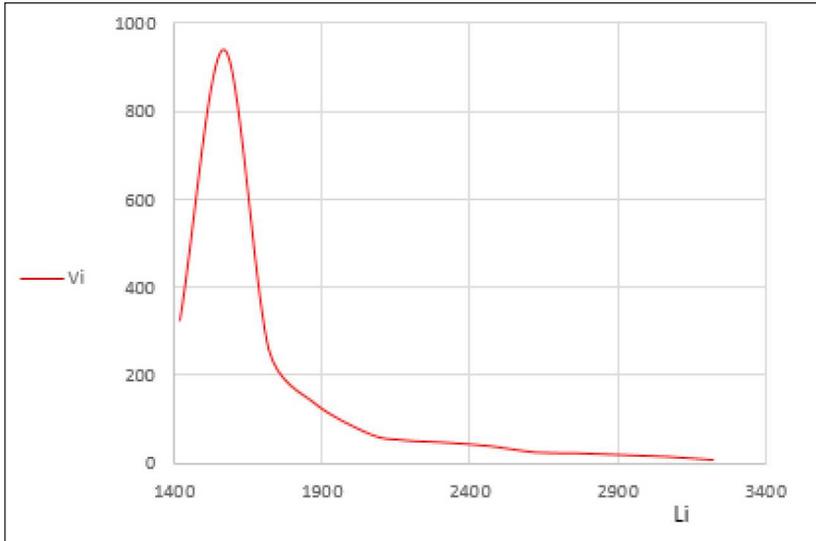


Fig. 5. Chart to approximate the description for the initial part of statistical data

Results and Conclusion

Thus, the description how people can essentially decrease the harmful influence of the motor vehicles gases on the media is given here. The temperature changes were investigated for the first time around the exhaust pipes. These experiments show that the temperature in the water (where gases will go) aren't too hot and any essential evaporation will be absent. This very simple method to neutralize the high hot temperature from the exhaust gases helps to defend the environment (ozone holes and hotbed effect cannot appear at all) and water in reservoir annihilates many carcinogenic chemical components/elements which take always place in the exhaust gases.

Discussions

Expanded new way to diminish negative influence from the automobile exhaust gases which is represented in detail in here is the simplest and the cheapest at the present day among the many others well-known ways in this plan. Moreover, it can be realized very easy in practice.

References

1. *Tribologiya: mezhdunarodnaya entsiklopediya. Tom XI. Komp'yuternye programmy i primery raschetov v tribologii i tribotekhnike* [Tribology: an international encyclopedia. Volume XI. Computer programs and examples of calculations in tribology and tribotechnics]. / Ed. Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician Voinov K.N., St. Petersburg, ITMO University, "Nestor-Istoriya", 2016. 240 p.
2. *Tribologiya: mezhdunarodnaya entsiklopediya. Tom X. Modelirovanie i raschety v tribologii i nadezhnosti* [Tribology: an international encyclopedia. Volume X. Modeling and Calculations in Tribology and Reliability]. / Ed. Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician Voinova K.N., St. Petersburg, ITMO University, "Nestor-Istoriya", 2015, 200 p.
3. Voinov K.N. *Problemy i resheniya v voprosakh treniya/iznashivaniya* [Problems and Solutions in Friction / Wear Issues]: monograph. SPb.: Nestor-History, 2015. 500 p.
4. Dyakonov V.P. *Mathcad 8/2000: Spetsial'nyy spravochnik* [Mathcad 8/2000: A Special Reference]. SPb.: PETER, 2001. 592 p.
5. Kiryanov D.V. *Samouchitel' Mathcad 2001* [Self-instruction manual Mathcad 2001]. SPb.: BHV-Petersburg, 2001. 544 p.
6. Voinov K.N., Gkhellab Ya. O zagryaznenii vozdukha avtomobil'nymi gazami [On air pollution by automobile gases]. *Tribologiya: Mezhdunarodnaya entsiklopediya* [Tribology: International encyclopedia]. 2017. Vol. XII. P. 127–129.
7. Voinov K.N., Vasil'ev V.A., Khildayati A., Gkhellab Ya. Novyy podkhod k umen'sheniyu zagryazneniya vozdušnogo prostranstva [A new approach to reducing air pollution]. *Tribologiya: Mezhdunarodnaya entsiklopediya* [Tribology: International encyclopedia]. 2017. Vol. XII. P. 130–133.

Список литературы

1. Трибология: международная энциклопедия. Том XI. Компьютерные программы и примеры расчётов в трибологии и триботехнике. /Под ред. д.т.н., профессора, академика Войнова К.Н., Санкт-Петербург, Университет ИТМО, «Нестор-История», 2016. 240 с.

2. Трибология: международная энциклопедия. Том X. Моделирование и расчёты в трибологии и надёжности. /Под ред. д.т.н., профессора, академика Войнова К.Н., Санкт-Петербург, Университет ИТМО, «Нестор-История», 2015. 200 с.
3. Войнов К.Н. Проблемы и решения в вопросах трения/изнашивания: моногр./ К.Н. Войнов. СПб.: Нестор-История, 2015. 500 с.
4. Дьяконов В.П. Mathcad 8/2000: Специальный справочник. СПб.: ПИТЕР, 2001. 592 с.
5. Кирьянов Д.В. Самоучитель Mathcad 2001. СПб.: БХВ-Петербург, 2001. 544 с.
6. Войнов К.Н., Гхеллаб Я. О загрязнении воздуха автомобильными газами // Трибология: Международная энциклопедия. 2017. Т. XII. С. 127–129.
7. Войнов К.Н., Васильев В.А., Хилдаяти А., Гхеллаб Я. Новый подход к уменьшению загрязнения воздушного пространства // Трибология: Международная энциклопедия. 2017. Т. XII. С. 130–133.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Nasr Tareq Mohammed Abduljabbar, post-graduate student

University ITMO

49A, Kronverkskiy pr., St. Petersburg, 197101, Russian Federation

tarek01021988@mail.ru

Voinov Кирилл Николаевич, Dr. of Tech. Sci., Professor

University ITMO

49A, Kronverkskiy pr., St. Petersburg, 197101, Russian Federation

forstar@mail.ru

Hildayati Annisa, post-graduate student

University ITMO

49A, Kronverkskiy pr., St. Petersburg, 197101, Russian Federation
annisa.hildayati@mail.ru

Al-Raidi Aiman Humadi Mohammed Hussein, master student
University ITMO
49A, Kronverkskiy pr., St. Petersburg, 197101, Russian Federation
aymanalraidy2017@mail.ru

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Наср Тарек Мохаммед Абдулджаббар, аспирант
Национальный исследовательский университет ИТМО
пр. Кронверкский, 49А, г. Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация
tarek01021988@mail.ru

Войнов Кирилл Николаевич, доктор технических наук, профессор,
Национальный исследовательский университет ИТМО
пр. Кронверкский, 49А, г. Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация
forstar@mail.ru

Хилдаяти Анниса, аспирант
Национальный исследовательский университет ИТМО
пр. Кронверкский, 49А, г. Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация
annisa.hildayati@mail.ru

Аль Райди Аиман Хумади Мохаммед Хуссейн, магистрант
Национальный исследовательский университет ИТМО
пр. Кронверкский, 49А, г. Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация
aymanalraidy2017@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-18-29

UDC 332+327+910

**THE ARCTIC REGIONAL SECURITY:
A SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF INFORMATION ARRAYS
IN DATABASES WEB OF SCIENCE AND SCHOLAR SIBIRICA**

Rykova V.V.

The article traces main trends of the scientific research development on security in the Arctic region using the international database Web of Science by Thomson Reuters Co and the regional database Scholar Sibirica generated by the State Public Scientific Technological Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Using a scientometric analysis and analytical tools of DBs, the author shows countries, institutions and organizations that study this problem, as well as funds financing them; names productive periodicals and authors with high publication activity; presents monographs and dissertation studies of recent years; reveals the main research areas. In conclusion, the author notes that the study of the safety at the Arctic territories is an urgent problem for the entire world society, not only for the northern countries; the above-mentioned DBs should be regarded as an information base for further study of the Arctic security.

Objective – to carry on a scientometric analysis of information arrays (IA) devoted to studying the Arctic region security.

Methods: scientometric analysis.

Results: countries, institutions and organizations that study this problem are represented, as well as funds financing them; productive periodicals and authors with high publication activity are designated; monographs and dissertation studies of recent years are shown; the main research fields are revealed.

Practical implications: the study should be used as an information base for further research of scientists and specialists on various aspects of the Arctic region security.

***Keywords:** security; Arctic; research information support; DB Web of Sciences; DB Scholar Sibirica; scientometric analysis.*

БЕЗОПАСНОСТЬ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА: НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ МАССИВОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ И РЕГИОНАЛЬНОЙ БАЗ ДАННЫХ

Рыкова В.В.

В статье прослежены тренды развития научных исследований по теме «Безопасность Арктического региона» с использованием баз данных – международной Web of Science (компании Thomson Reuters) и региональной Научная Сибирика (собственной генерации Государственной публичной научно-технической библиотеки Сибирского отделения Российской академии наук). В базах данных с использованием булевых операторов и ключевых слов выявлены документальные массивы по теме, проведен их сравнительный наукометрический анализ. Аналитические сервисы баз данных позволили назвать страны, учреждения и организации, занимающиеся изучением данной проблемы, а также финансирующие их фонды. Определены наиболее продуктивные периодические издания и авторы с высокой публикационной активностью. Представлены научные мероприятия, проводимые по теме, монографии и диссертационные исследования последних лет. Показана тематическая структура информационных массивов. Отмечено, что изучение безопасности арктических территорий является актуальной проблемой всего мирового сообщества, а не только северных стран. Вышеназванные базы данных могут служить информационной основой дальнейших исследований различных аспектов безопасности Арктического региона.

***Цель** – проведение наукометрического анализа информационных массивов, посвященных изучению безопасности Арктического региона.*

Методы: наукометрический анализ.

Результаты: представлены страны, учреждения и организации, которые изучают эту проблему, а также фонды, финансирующие их; обозначены продуктивные периодические издания и авторы с высокой публикационной активностью; показаны монографии и диссертационные исследования последних лет; выявлены основные направления исследований.

Область применения результатов: исследование могут служить информационной основой дальнейших исследований ученых и специалистов по различным аспектам безопасности Арктического региона.

Ключевые слова: безопасность; Арктика; БД Web of Sciences; БД Научная Сибирика; наукометрический анализ.

Introduction

The Arctic has recently attracted the close attention of politicians, scientists, and experts as an important geostrategic region with significant reserves of natural resources, as well as a transport corridor that provides trade links between Europe and Asia. The imperfection of the legal framework has led to aggravation of territorial disputes in the region. Russia has adopted the State Program “Socio-economic development of the Arctic zone of the Russian Federation” until 2025 according with the Intergovernmental Panel on Climate Change recommendations, which provides creation of supporting regions in the Arctic for the territory of complex development, technological investigations and the resource base efficient use in the Russian Arctic zone and the Arctic ocean continental shelf. Decree of the President of the Russian Federation on 05.03.2020 No. 164 “On the State Policy Bases of the Russian Federation in the Arctic for the Period until 2035” defines foundations of the state policy of the Russian Federation Arctic regions [1]. In this regard, security issues in the Arctic are highlighted.

The article objective is to carry on a scientometric analysis of information arrays (IA) devoted to studying the Arctic region security.

Materials and methods

To analyze researches on the security in the Arctic region two databases (DBs) were applied:

– Web of Science (WoS), the global scientific citation database of Thomson Reuters;

– Scientific Siberia, a regional database generated by the State Public Scientific and Technological Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (SPSL SB RAS), included a large thematic section “Problems of the North” that concentrates and systematizes bibliographic data on studying the complicated problems in the Arctic zone countries [2].

IAs have been selected of the mentioned above DBs using keywords and Boolean operators. The volume of IAs for the period 1990-2019 compiled over 900 documents in WoS, and more than 1,300 documents in Scholar Sibirica on February, 2020.

The specialists of the Department of Scientific Bibliography have long tradition of scientometric analysis of documents flow in different research fields [3,4].

A scientometric analysis of IAs of the international DB WoS by Thomson Reuters and a regional DB Scholar Sibirica of SPSL SB RAS’ own generation includes:

- 1) revealing trends of scientific research development on the Arctic safety,
- 2) representing the countries and institutions involved in the problem study, as well as organizations funding the researches,
- 3) nominating the productive periodicals on the issue,
- 4) identifying authors with high publication activity,
- 5) pointing out importance of monographs and dissertations for recent years,
- 6) designating research topics.

Study results

The dynamics of IAs over a 30-year period is shown in the diagram (Fig. 1), where the growth in the publications amount is clearly

visible, documents' number increase is especially noticeable the last decade. Editions of 2019 are still being transferred to the collections of the State Public Scientific Technological Library SB RAS, therefore the total number of documents in the DB Scholar Sibirica is expected to be significantly larger over the past few years. The interest of scientists and specialists to this problem is explained by the geopolitical competition of the polar states and the interest of non-Arctic states to develop the Arctic natural resources.

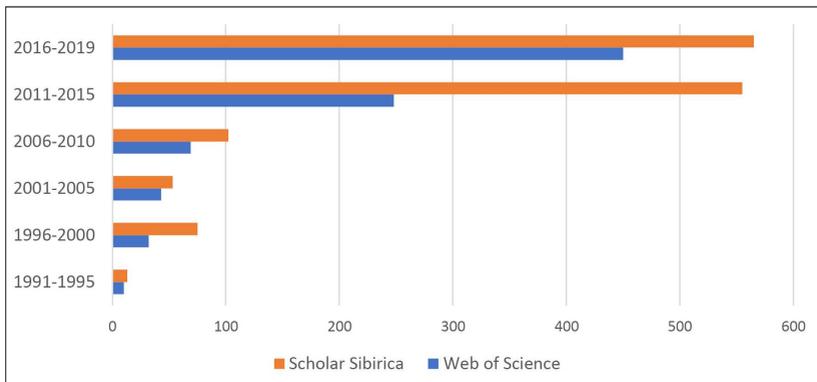


Fig. 1. IAs dynamics of DBs Web of Science and Scholar Sibirica

The documents distribution by language in DBs Web of Science and Scholar Sibirica is presented in Table. 1.

Table 1.

The linguistic structure of IAs in DB Web of Science and Scholar Sibirica

Language	Web of Science		Scholar Sibirica	
	Record number	%	Record number	%
English	856	93	47	3
Russian	45	5	1318	96
Chinese	5	0,5	-	-
German	4	0,5	-	-
Others	10	1	13	1

In the language structure of WoS, the main language of publications is English (93% of documents), works in Russian amounted to 5% (23

documents), articles in Chinese and German together did not exceed 1% of IA. Another picture is observed in DB Scholar Sibirica, where Russian-language materials prevail accounting for 96% of IA, while English-language publications are few, their share does not exceed 3%.

The analytical tools of DB WoS allow users to identify the participation of the scientific community representatives from different states, affiliations of scientists and specialists, funds financing research on a particular problem. In studying the Arctic security the first five positions are taken by “northern” countries: Canada, USA, Russia, Norway and Finland. As all these states have domains beyond the Arctic Circle, which resources development is a priority the last decade, they pay close attention to the aforementioned problem. A significant contribution to research the Arctic security issues is also made by scientists from Germany, Great Britain, China, Sweden and Denmark.

Among the organizations funding the Arctic safety investigations are the National Science Foundation of the USA, the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, ArcticNet (a Network of Centers of Excellence in Canada, which brings together scientists and specialists in the field of health, natural and social sciences), and scientific foundations of Russia and China.

The Arctic security researchers are affiliated with different organizations. A significant contribution to the Arctic security study is made by employees of the Russian Academy of Sciences institutions, as well as teachers and specialists from U.S. universities in Alaska (University of Alaska System, University of Alaska Fairbanks), Norway (University of Tromsø, Norwegian University of Science and Technology), Canada (McGill University, Memorial University of Newfoundland, Laval University, University of Ottawa), Finland (University of Lapland). Obviously, the publications share in WoS by Russian authors will increase, because, firstly, Russian journals are actively working to include scientific citation in the world’s largest databases, and secondly, Russian authors more often are published in leading world English-language publications.

The IA type-specific structure of DBs WoS and Scholar Sibirica is not the same, Table 2 presents quantitative indicators of publications’

typical composition, Fig. 2 demonstrates the ratio of different types of documents in DBs.

Table 2.

The distribution of document types in DBs

Document type	Web of Science		Scholar Sibirica	
	Record number	%	Record number	%
Papers in periodicals	710	77	462	34
Conference proceedings	226	24	691	51
Monographs	3	0	68	5
Works in scientific collections	71	8	103	7
Others	9	1	16	1

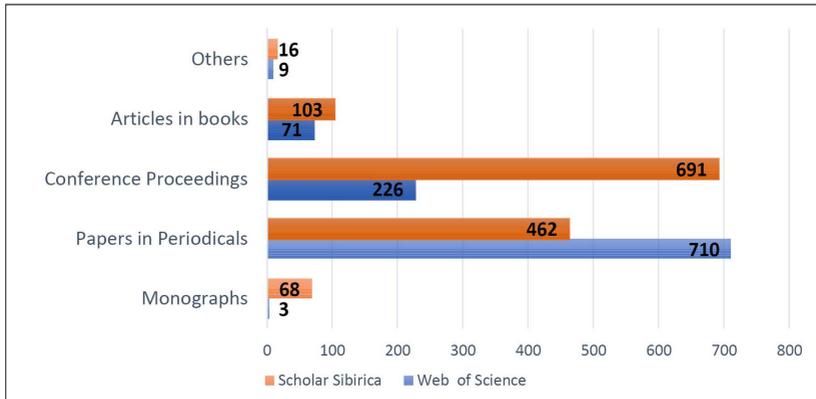


Fig. 2. The ratio of document types in DBs WoS and Scholar Sibirica

Articles in periodicals and conference proceedings dominate in the typical structure of documents (respectively 77% and 24% in WoS, 34% and 51% in Scholar Sibirica). Journals reflect the results of scientific research most quickly, Table 3 shows the Top-5 periodical titles on the number of articles devoted to studying the Far North region security problems.

Conference proceedings are no less important for the scholar community than periodicals, because there is an active exchange of information, discussion of topical issues, discussions on pressing issues during scientific meetings of various ranks. Most forums are held on an ongoing basis, together they form a half of IAs in DB Scholar Sibirica and a

quarter one – in WoS (Table 2), the following of them should be noted: *Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering; Ocean IEEE conference; Problems of emergency situations prevention and liquidation in the Arctic region; Ensuring security during the implementation of large economic and infrastructure projects in the Arctic. Problems and solutions; Theory and practice of integrated marine research in the interests of the economy and security of the Russian North; Arctic: international cooperation, ecology and safety, innovative technologies and logistics, legal regulation, history and modernity*, and others.

Table 3.

Top 5 productive periodicals on the subject in DBs WoS and Scholar Sibirica

БД	Web of Science		Scholar Sibirica	
№	Edition title, country	Paper amount	Edition title	Paper amount
1	International Journal of Circumpolar Health (USA)	31	Geopolitics and Security (Russia)	35
2	Polar Records (UK)	22	National interests: priorities and security (Russia)	30
3	Arctic (Canada)	21	Arctic: ecology and safety (Russia)	26
4	Marine Intellectual Technologies (Russia)	12	Arctic News (Russia)	21
5	Marine Policy (UK)	12	Arctic and the North (Russia)	11

A small group of monographic publications is the most important component of IAs, as they summarize the results of multiyear research by teams of scientists. The evidence of a significant amount of materials on the studied topic is editing over 20 monographs the last 4 years (2016–2019). As already noted, the books of the 2019 edition are not yet fully indexed in DBs, therefore their list included in the table is not complete. The monographs published in 2019 are devoted to the Arctic Council role at the northern affairs (Nord, 2019), the contested energy frontiers (Tynkkynen et al., 2019), security provision in the Russian Arctic zone (Ivchenko & Shamатов, 2019).

The dissertation theses on various aspects of Arctic safety, demonstrates the growing interest of scientists in the aforementioned problems. Table 5 includes only titles of dissertation works defended in Rus-

sia last years and entered DB Scholar Sibirica, since DB WoS doesn't represent such materials.

Table 5.

Dissertation works on the Arctic security defended in Russia for 2016–2019

Year	Author	Title
2016	Masloboev A.V.	Research and development of models and methods for information support of regional security management (a case of Murmansk Region)
2016	Timofeev P.A.	Scientific and methodological support to assess the hydrometeorological safety in the Arctic zone of the Russian Federation under the conditions of fuzzy information
2017	Kravchuk A.A	The main threats to the national security in the Arctic of the Russian Federation and forming the state policy to neutralize them
2018	Sboychakova A.V.	The Arctic Council role in shaping the environmental security policy in the Arctic
2018	Sergeeva V.V.	The system development of the population socio-economic security in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia)
2019	Sun Xuwen	Problems and prospects of Russian-Chinese cooperation in the Arctic development
2019	Volodin D.A.	Canadian policy in the field of defense and international security (1990s-2010s)

Among the authors with high publication activity (Scholar Sibirica), it is necessary to name employees of institutions of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, who are the authors of numerous monographs that address the security problems of the Arctic zone: A. V. Masloboev (Institute of Informatics and Mathematical modeling of technological), V. S. Selin, T. P. Skuf'ina, M. V. Ul'chenko (G.P. Luzin Institute of Economic Problems) and others.

The most productive authors of DB WoS are J.D. Ford (University of Leeds, UK) and A.A. Dudarev (Northwest Public Health Research Centre, Russia) engaged in studying save life of Arctic aboriginal communities and F. Khan (Memorial University of Newfoundland, Canada) dealing with safe navigation and drilling in the Arctic ocean).

Thematically, IAs of databases are structured identically, which indicates the general direction of research by scientists and specialists from different countries, which are aimed to solve the following problems:

- geopolitics, national security and international relations,
- safe navigation along the Northern Sea Route,
- geotechnical safety of activity on regional natural and mineral resources exploitation,
- life safety of the population in the Arctic zone including the indigenous people of the North,
- environmental safety of the Arctic and sub-Arctic territories.

Conclusion

Summarizing the analysis results, it should be noted that studying the Arctic territories security is an urgent problem for the entire world community, and not only for the northern countries. The amount of information on the topic is steadily growing. Using a scientometric analysis and analytical tools of DBs, the author shows countries, institutions and organizations that study this problem, as well as funds financing them; names productive periodicals and authors with high publication activity; presents monographs and dissertation studies of recent years; reveals the main research areas.

Search filters and the systematization of documents in both DCs makes it easy to find relevant documents on a topic that can form the basis for further research, as bibliographic materials can be obtained from any computer. Full texts of publications from WoS are possible either for a fee, or on a license agreement (except for Open Access publications). Regional Arctic safety materials from DB Scholar Sibirica of SPSL SB RAS are free, available on the library website www.spsl.nsc.ru (options “Catalogs and Databases” → “Bibliographic Databases” → “Scholar Sibirica”), where all e-documents are provided with hyperlinks from a bibliographic record to a paper full, publications with DOI provide a link to the publisher’s website or to the work itself. All printed documents are stored in the library, they can be obtained by the interlibrary loan or in the reading rooms of the library. Besides, a user can order a full-text cope of any document on the library homepage (option “On-line order of e-article”).

References

1. Ukaz Prezidenta RF ot 05.03.2020 № 164 “Ob Osnovakh gosudarstvennoy politiki Rossiyskoy Federatsii v Arktike na period do 2035 goda”

- [Decree of the President of the Russian Federation on 05.03.2020 No. 164 “On the State Policy Bases of the Russian Federation in the Arctic for the Period until 2035”]. *Garant.ru*. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526/> (accessed 10.05.2020).
2. Lavrik O.L., Busygina T.V., Rykova V.V. *Slavic & East European Information Resources*, 2015, vol. 16, no 1/2, pp. 13-21. DOI: 10.1080/15228886.2015.1016866
 3. Busygina T.V., Rykova V.V. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 2019, vol. 39, no 4, pp. 152-161. DOI: 10.14429/djlit.39.4.14454
 4. Busygina, T., Rykova, V. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, vol. 27, no 19, pp. 23490–23502. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08717-0>.
 5. Nord D. (ed.) *Leadership for the North: the influence and impact of Arctic Council chair*. Cham: Springer, 2019. 201 p.
 6. Tynkkynen V.-P., Tabata Sh., Gritsenko D., Goto V. (eds.) *Russia’s Far North: the contested energy frontiers*. London: Routledge, 2019. 252 p.
 7. *Ivchenko B.P., Shamakhov V.A. Obespecheniye natsional’noy bezopasnosti v Arkticheskoy zone Rossiyskoy Federatsii* [National security provision in the Arctic zone of the Russian Federation]. Saint Petersburg, 2019. 156 p.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 05.03.2020 № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» // Гарант.ru. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526/> (дата обращения: 10.05.2020).
2. Lavrik O.L., Busygina T.V., Rykova V.V. Information resources generated by the largest library in Siberia to support multidisciplinary research // *Slavic & East European Information Resources*. 2015. Vol. 16, № 1/2. P. 13-21. DOI: 10.1080/15228886.2015.1016866
3. Busygina T.V., Rykova V.V. Scientometric visualisation of the documentary array on Semipalatinsk nuclear test site // *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*. 2019. Vol. 39, № 4. P. 152–161. DOI: 10.14429/djlit.39.4.14454

4. Busygina T., Rykova V. Scientometric analysis and mapping of documentary array on the issue “Oil and petroleum products in soil and groundwater” // Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 27, № 19. P. 23490–23502. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08717-0>
5. Nord D. (ed.) Leadership for the North: the influence and impact of Arctic Council chair. Cham: Springer, 2019. 201 p.
6. Tynkkynen V.-P., Tabata Sh., Gritsenko D., Goto V. (eds.) Russia’s Far North: the contested energy frontiers. London: Routledge, 2019. 252 p.
7. Ивченко Б.П., Шамахов В.А. Обеспечение национальной безопасности в Арктической зоне Российской Федерации. Санкт-Петербург, 2019. 156 с.

DATA ABOUT THE AUTHOR

Rykova Valentina Viktorovna, Senior Researcher of the Department of Scientific Bibliography
State Public Scientific Technological Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
15, Voskhod Str., Novosibirsk, 630200, Russian Federation
rykova@gpntbsib.ru
SPIN-code: 4051-1041
ORCID: 0000-0002-3205-7461
Researcher ID: I-9710-2018
Scopus Author ID: 56682712200

ДАНИЕ ОБ АВТОРЕ

Рыкова Валентина Викторовна, старший научный сотрудник
Отдела научной библиографии
Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук (ГПНТБ СО РАН)
ул. Восход, 15, г. Новосибирск, 630200, Российская Федерация
rykova@gpntbsib.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-30-45

УДК 659.113/115:658.382.015.12:331.101.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕНАЖЕРНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Давыдовский А.Г., Линник А.М.

В статье рассмотрены основы математического моделирования и функциональной организации тренажерной образовательной информационной среды для обучения водителей автотранспортных средств и инженерно-технических специалистов по эксплуатации наземного беспилотного транспорта.

***Цель:** разработка и обоснование математической модели и функциональной организации тренажерной образовательной информационной среды для обучения водителей автотранспортных средств и инженерно-технических специалистов по эксплуатации наземного беспилотного транспорта.*

***Методология** работы включает подходы кортежного и формального моделирования.*

***Результаты:** разработана математическая модель и функциональная структура тренажерной образовательной информационной среды для обучения водителей автотранспортных средств, а в перспективе – пользователей и инженерно-технических специалистов по эксплуатации наземного беспилотного транспорта.*

***Область применения результатов:** полученные результаты могут быть использованы в области разработки, развития и применения тренажерных обучающих систем для подготовки водителей различных категорий и специалистов в сфере автомобильного транспорта.*

***Ключевые слова:** тренажерная образовательная информационная среда; математическое моделирование; водители; обучение; профессиональные компетенции; транспорт.*

THE SIMULATION EXERCISE EDUCATIONAL INFORMATION ENVIRONMENT FOR THE TRAINING OF DRIVERS OF VEHICLES

Davidovsky A.G., Linnik A.M.

The article is devoted to the aspects of mathematical modeling of the functional organization of the simulator educational information environment for training drivers of motor vehicles and engineering specialists in the operation of a ground-based unmanned transport.

The purpose: *the development and justification of mathematical models and functional organization of the simulator educational information environment for training drivers of motor vehicles and engineering specialists in the operation of ground-based unmanned transport.*

The methodology: *formal and mathematical simulation approaches.*

Results: *has been developed the mathematical model and functional structure of the simulator educational information environment for training drivers of motor vehicles, and users and technical specialists in operation of ground-based unmanned transport in the future.*

Area of the result application: *the results obtained can be used in the development, development and application of simulator training systems for training drivers of various categories and specialists in the field of road transport.*

Keywords: *simulator educational information system; mathematical modeling; drivers; training; professional competences; transport.*

Введение

Как следует из «Доклада о состоянии безопасности дорожного движения в мире за 2015 год», чтобы достигнуть основных целей «Десятилетия действия по обеспечению безопасности дорожного движения» (2011–2020 гг.) и ряда целей в области устойчивого развития к 2020 году необходимо вдвое сократить во всем мире число смертей и травм в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [6, 14]. По мнению Всемирной организации здравоохранения

(ВОЗ), ежегодно в ДТП погибает от 1,24 до 1,3 млн человек. При этом возрастает численность автотранспортных средств (АТС), прежде всего в крупных городах с численностью населения более 1 млн чел. ДТП занимают лидирующие позиции по смертности и высокому материальному ущербу по сравнению с другими авариями и происшествиями в мире. При этом гибель в ДТП является лидирующей причиной смертности людей в возрасте от 15 до 29 лет. Среди участников дорожного движения наиболее уязвимой группой были признаны мотоциклисты. На их долю приходится около 23% всех смертельных исходов ДТП во многих регионах планеты [4]. Вместе с тем, причиной более 70% ДТП является «человеческий фактор» [1].

В этой связи актуальной проблемой является обеспечение эффективного обучения водителей АТС, а в перспективе – пользователей и инженерно-технического персонала по обслуживанию наземных беспилотных транспортных средств (НБТС). Эффективное решение практических задач по организации и реализации подобного обучения возможно в условиях тренажерной образовательной информационной среды (ТОИС), позволяющей осваивать сложные навыки деятельности при управлении АТС или эксплуатации наземного беспилотного транспорта в условиях сложных дорожно-транспортных ситуаций.

В условиях четвертой промышленной революции построение ТОИС возможно лишь на основе принципов широкой доступности, максимизации развития социально-личностных и профессиональных компетенций будущих специалистов, непрерывности образовательного процесса и открытости «архитектуры» его организации, а также систематической рефлексивной оценки результатов и достижений [5, 10].

Цель – разработка и обоснование математической модели и функциональной организации тренажерной образовательной информационной среды для обучения водителей автотранспортных средств и инженерно-технических специалистов по эксплуатации наземного беспилотного транспорта.

Материалы и методы исследования

Для моделирования ТОИС предложена кортежная модель процесса образовательной подготовки обучающихся (1):

$$M = \{M, P, V\}, \quad (1)$$

где M – условное обозначение категории водителей АТС, пользователей или специалистов по обслуживанию и эксплуатации наземного беспилотного транспорта;

P – набор знаний, умений, навыков, профессиональных компетенций для оценки их различных групп компетенций, необходимых для водителей (пользователей, специалистов) данной категории;

V – индикаторы важности (весовые коэффициенты) показателей профессиональных компетенций, необходимых для водителей (пользователей, специалистов) данной категории.

Важное значение для развития ТОИС имеет удовлетворенность качеством образовательного процесса S на основе самооценки уровня овладения конкретной академической, социально-психологической, профессиональной компетенцией C , соответствующей требуемому минимально достаточному уровню Y . Для оценки степени удовлетворенности обучающегося результатами его взаимодействия с ТОИС предложен критерий S_{ij} , который характеризует удовлетворенность i -ого пользователя уровнем владения профессиональной компетенцией по j -й характеристике с помощью равенства (2):

$$S_{ij} = \begin{cases} 1, & C_{ij} \geq Y_{ij} \\ \frac{C_{ij}}{Y_{ij}}, & C_{ij} \leq Y_{ij} \end{cases} \quad (2)$$

где C_{ij} – самооценка i -ого обучающегося собственного уровня владения j -ой профессиональной компетенцией или навыком в пределах Y -го уровня,

Y_{ij} – требуемый минимально достаточный уровень развития j -й профессиональной компетенции или навыка i -ого водителя автотранспортного средства, пользователя или инженерно-технического специалиста в пределах Y -го уровня.

На основе значений S_{ij} можно рассчитывать различные интегральные показатели удовлетворенности, например, интегральная удовлет-

воренность обучающегося – будущего водителя АТС, пользователя или инженерно-технического специалиста по эксплуатации НБТС – процессом обучения с помощью ТОИС. При этом итоговым результатом расчета является интегральная удовлетворенность обучающихся уровнем обучения и овладения группой характеристик (4):

$$S = \sum_{j=1}^n S_{ij} B_{ij} \quad (3)$$

где S_{ij} – интегральная удовлетворенность i -ого водителя АТС, пользователя или процессом обучения по освоению j -й профессиональной компетенции с помощью ТОИС,

n – количество технических или функциональных характеристик ТОИС,

B_{ij} – нормированный уровень важности j -ой технической или функциональной характеристики ТОИС для i -ого обучающегося.

Интегральную оценку уровня удовлетворенности обучающегося при использовании ТОИС можно рассчитать по формуле (3):

$$S = \sqrt[4]{\frac{\sum_{i=1}^n A_i X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} * \frac{\sum_{j=1}^n A_j X_j}{\sum_{j=1}^n X_{ij}} * \frac{\sum_{h=1}^n A_h X_h}{\sum_{h=1}^n X_h} * \frac{\sum_{g=1}^n A_g X_g}{\sum_{g=1}^n X_g}}, \quad (4)$$

где S – показатель удовлетворённости пользователей сервисами ТОИС;

$A_{i,j,h,g}$ – совокупность знаний (навыков, умений) в рамках j -компетенций) обучающегося, причем каждый набор может быть охарактеризован j -м уровнем приоритетности для профессиональной деятельности, h -й степенью неопределенности эффективного развития в условиях реального образовательного процесса и g -м удельно-весовым показателем, характеризующим место рассматриваемой совокупности знаний (навыков, умений) среди в рамках формируемых профессиональных компетенций.

Функциональная организация тренажерной системы для обучения водителей АТС требует оценки ряда психофизиологических характеристик, включая состояние зрительного анализатора; профессионально важных и личностных качеств, включая предрасположенность к конфликтному поведению, уровень тревожности, социальной фрустрированности и т.д. Комплексная психодиагно-

стика этих психофизиологических характеристик возможна с помощью следующих методик: многофакторного исследования личности Р. Кеттелла, индикации копинг-стратегий по Д. Амирхану, диагностики предрасположенности личности к конфликтному поведению К. Томаса, выявления и анализ профессионально важных качеств водителей АТС, пользователей и инженерно-технических специалистов, эксплуатирующих наземный беспилотный транспорт; психологической диагностики уровня социальной фрустрированности Л.И. Вассермана, Б.В. Иовлева, М.А. Беребина; экспертной оценки степени надёжности водительской деятельности (авторская методика), а также тестов на сложную сенсомоторную реакцию на свет, пропускную способность зрительного анализатора, реакции на движущийся объект [7, 8].

Для моделирования ТОИС могут быть эффективно использованы пакеты прикладных программ «MatLab» и «Simulink». Будучи интерактивным инструментом для моделирования, имитации и анализа динамических систем, «Simulink» полностью интегрирован с «MatLab» и обеспечивает быстрый доступ к широкому спектру инструментов анализа и проектирования ТОИС.

Результаты исследования и их обсуждение

Математическое моделирование тренажерной образовательной информационной среды для обучения водителей. Для оптимизации образовательного процесса предложена математическая модель, рассматривающая комплекс таких параметров, как:

- количество сеансов обучения ($N(t)$);
- средняя продолжительность каждого сеанса обучения ($T(t)$);
- интервал времени между сеансами обучения ($\tau(t)$);
- количество операций (навыков, умений), осваиваемых в течение интервала одного сеанса обучения ($n(t)$);
- количество актов контроля эффективности обучения в течение одного сеанса ($K(t)$);
- количество ошибок, допускаемых обучающимся в течение одного сеанса ($m(t)$);

- уровень мотивации к обучению ($M(t)$);
- объем информации, предлагаемый обучающемуся в течение одного сеанса обучения ($I(t)$);
- индивидуальный параметр забывания информации (f).

На основе комплекса вышеназванных параметров разработана математическая модель образовательного процесса по подготовке водителей АТС, а также пользователей и инженерно-технических специалистов по эксплуатации наземного беспилотного транспорта с помощью ТОИС (5) – (10) [3]:

$$\frac{dE(t)}{dt} = -a_0 + a_1N(t) + a_2\bar{T}(t)_i + a_3\tau(t)_i + a_n n(t)_i + a_5C(t)_i + a_6K(t)_i - a_7\bar{m}(t) + a_8M(t) - a_9I(t) - f; \quad \left(\frac{dE(t)}{dt} \rightarrow \max\right); \quad (5)$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = (\lambda_1 - B_1N(t))(t_{opt} - t); \quad \left(\frac{dN(t)}{dt} \rightarrow \min\right); \quad (6)$$

$$-\frac{d(\lambda_1 - B_1N(t))}{\lambda_1 - B_1N(t)} = (t_{opt} - t)dt; \quad (7)$$

$$\frac{\ln}{\lambda_1} - B_1N(t) = -t_{opt}t + \frac{t^2}{2} - C; \quad (8)$$

$$B_1N(t) = -\exp\left(\frac{t^2}{2} - t_{opt}t + C^*\right) + \lambda_1; \quad (9)$$

$$N(t) = \frac{1}{B} \left(\lambda_1 - \exp\left(\frac{t^2}{2} - t_{opt}t + C^*\right) \right), \quad (10)$$

где C – постоянная интегрирования.

Предложенная математическая модель является вариативной по отношению в исследуемым факторам, а также условиям обучения и повышения квалификации водителей АТС, пользователей и инженерно-технического персонала по обслуживанию и эксплуатации НБТС.

На основе формальных выражений (1) – (4) и математической модели (5) – (10), а также оценки удовлетворенности обучающихся результатами обучения может быть осуществлено проектирование ТОИС.

Функциональная структура тренажерной образовательной информационной среды обучения лиц, эксплуатирующих транспортные средства. В области разработки и применения образовательных информационных сред, используемых для оптими-

зации образовательной подготовки водителей АТС, а в перспективе – пользователей и инженерно-технических специалистов по обслуживанию НБТС могут быть разработаны системные аспекты научно-методического, информационного и технологического обеспечения реализации образовательной информационной среды для дистанционной (удаленной) подготовки вышеназванных категорий обучающихся [11, 13].

Для оценки эффективности образовательной подготовки водителей АТС, пользователей и инженерно-технических специалистов по техническому обслуживанию и эксплуатации наземного беспилотного транспорта целесообразно предусмотреть в ТОИС решение следующих задач:

- 1) создание условий для освоения обучающимися особенностей профессиональной деятельности, обеспечения расширения индивидуальной базы знаний, умений, навыков и сложных профессиональных компетенций будущими водителями АТС, пользователями или инженерно-техническим персоналом по обслуживанию НБТС;
- 2) акцентирование внимания на развитии личностных качеств, необходимых для успешного овладения профессиональными знаниями, навыками и умениями;
- 3) определение уровня развития профессионально важных качеств, имеющихся у каждого обучающегося.

Решение данных задач позволит осуществить проектирование индивидуальных образовательных маршрутов наиболее оптимальным образом.

Для оценки эффективности обучения целесообразно использование двух вариантов контроля: текущего интегрально-рейтингового и итогового.

Интегрально-рейтинговый вариант контроля эффективности обучения учитывает:

- активность обучающихся в процессе обучения;
- результаты выполнения практических заданий по управлению транспортными средствами в условиях моделируемых дорожно-транспортных ситуаций;

- автоматизированное тестирование с помощью средств ТОИС и другие характеристики.

Итоговый контроль эффективности обучения осуществляется в форме обобщения результатов мониторинга усвоения обучающимися учебного материала теоретического и практического характера. Содержательная часть состоит из итоговых и промежуточных тестов для самопроверки и итогового контроля навыков управления наземными транспортными средствами. Для исключения возможности фальсификации обучения каждый пользователь имеет свой идентификационный код.

В техническом отношении ТОИС является информационно-технологической платформой, организованной на основе модульного принципа. При этом функциональная структура ТОИС включает пользовательский полифункциональный интерфейс, генератор ситуаций, осуществляющий моделирование как стандартных, так и аварийных дорожно-транспортных ситуаций, систему поддержки принятия решений обучающимся, подсистему блок оценки и прогнозирования эффективности действий обучающегося в моделируемых ситуациях управления АТС или использования наземного беспилотного транспорта, электронную медиатеку стандартных и аварийных учебных дорожно-транспортных ситуаций, базу данных о паттернах действий обучающегося, базу данных, содержащую индивидуальные психологические, психофизиологические и социально-психологические характеристики обучающегося, базу данных с наиболее типичными ошибками обучающегося, базу данных с индивидуальными результатами обучения, сервис «личный виртуальный кабинет» для обучающегося, коллективный веб-чат для образовательной и консультативной взаимной поддержки обучающихся, справочно-информационную консультативную веб-платформу [9, 15].

Пользовательский полифункциональный интерфейс представляет собой систему трех функционально различных, хотя и взаимосвязанных, интерфейсов:

- интерфейс моделирования ситуаций управления АТС;
- интерфейс саморегуляции функционального состояния обучающегося на основе биологической обратной связи;
- интерфейс взаимодействия обучающихся с техническими транспортными средствами (будущих водителей – с АТС, пользователей или инженерно-технических специалистов – с НБТС в процессе эксплуатации).

Необходимо отметить, что каждый из вышеназванных интерфейсов включает текстовый интерпретатор и графическую оболочку. Основу ТОИС составляет компьютерная программа, имеющая доступ к базам данных с элементами, предназначенными для усвоения обучающимся. Сам процесс обучения, находящийся под контролем ТОИС, включает ряд этапов, на каждом из которых обучающемуся предлагается последовательно освоить навыки деятельности постепенно возрастающей сложности в различных ситуациях управления АТС или эксплуатации наземного беспилотного транспорта.

Кроме того, функционал ТОИС предусматривает возможность формирования цифрового «индивидуального риск-паспорта водителя», позволяющего осуществлять прогнозирование рисков развития ДТП для конкретного субъекта в условиях стандартных и наиболее типичных аварийных дорожно-транспортных ситуаций. Подобный цифровой «индивидуальный риск-паспорт водителя» может быть использован в качестве идентификационного документа, наравне с водительскими правами или гражданским паспортом для каждого водителя АТС, а в перспективе – каждого пользователя НБТС.

Заключение

Разработка и внедрение ТОИС позволит обеспечить удаленную поддержку перманентного образовательного процесса по подготовке и переподготовке водителей автотранспортных средств различных категорий или пользователей и инженерно-технических специалистов по обслуживанию и эксплуатации наземного беспилотного транспорта.

лотного транспорта. При этом основой для аппаратно-программной реализации ТОИС могут быть искусственные нейронные сети, использующие комплекс взаимосвязанных стохастических моделей, моделей «сетей доверия» и байесовских алгоритмов [2].

Создание ТОИС возможно на основе реализации принципов доступности, максимизации личностного подхода к планированию и оптимизации профессионального роста будущего специалиста, а также непрерывности и открытости «архитектуры образовательного процесса». Благодаря открытой и модульной функциональной архитектуре ТОИС предоставляет обучающимся ряд возможностей, функций и сервисов, включая автоматическое моделирование аварийных дорожно-транспортных ситуаций при управлении автотранспортными средствами, моделирование учебных ситуаций непосредственно самими обучающимися в условиях как индивидуального, так и коллективного обучения, а также оценку качества выполнения учебных заданий, удаленное консультирование экспертов и взаимное консультирование обучающихся [12]. ТОИС, содержащая мобильные и стационарные элементы, облачные и аналитические сервисы, позволяет осуществлять анализ множества взаимосвязанных дорожно-транспортных ситуаций для обучения и подготовки водителей автомобильного транспорта, а в перспективе – пользователей и инженерно-технических специалистов по обслуживанию наземных систем беспилотного транспорта.

Список литературы

1. Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире 2015 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/GSRRS2015_Summary_RU.pdf?ua=1 (дата обращения: 12.04.2020).
2. Кочерга В.Г. Интеллектуальные транспортные системы в дорожном движении : учеб. пособие / В.Г. Кочерга, В.В. Зырянов, В.И. Коноплянко. Ростов н/Д : Изд-во ГСУ, 2001. 108 с.
3. Медведев О.С., Давыдовский А.Г., Новогран В.И., Коркин Л.Р., Яшин К.Д. Образовательная информационная среда для оптими-

- зации подготовки специалистов в области автоматизированного тестирования графического пользовательского интерфейса // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 20-21 мая 2020 года): в 3 ч. Ч. 3 / редкол. : В.А. Богущ [и др.]. Минск : Бестпринт, 2020. С. 102-116.
4. На дорогах гибнут молодые и бедные [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gazeta.ru/auto/2015/10/19_a_7830845.shtml (дата обращения: 12.04.2020).
 5. Пишова А.В., Давыдовский А.Г. Формирование ключевых профессиональных компетенций будущих специалистов: анализ, прогнозирование, математическое моделирование // Веснік Магілёўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.А. Куляшова. Серыя С. Псіхалага-педагагічныя навукі: педагогіка, псіхалогія, методыка. 2015. № 2 (46). С. 24-31.
 6. Повышение безопасности дорожного движения во всем мире. Записка Генерального секретаря [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/wp1/UNSG_Report_72-359_ru.pdf (дата обращения: 12.04.2020).
 7. Пугачёв, И. Н. Дорожная и психофизиологическая экспертизы дорожно-транспортных происшествий : учеб. пособие / И.Н. Пугачёв, П.А. Пегин. Хабаровск, 2008. 106 с.
 8. Романов, А. Н. Автотранспортная психология / А.Н. Романов. М.: Издательский центр «Академия», 2002. 224 с.
 9. Baulk S. D., Biggs S. N., Reid K. J., van den Heuvel C. J., Dawson, D. Chasing the silver bullet: Measuring driver fatigue using simple and complex tasks // Accident Analysis & Prevention. 2008. Vol. 40, N 1. P. 396–402.
 10. Davidovsky, A.G. The Problem of Preventive Management of Technological Risks in the Industry 4.0 / A.G. Davidovsky // European Sciences Review. 2019. № 11–12. P. 60–63.
 11. Hirsch P., Choukou M.-A., Bellavance F. Transfer of Training in Basic Control Skills from a Truck Simulator to a Real Truck // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2017. Vol. 2637. P. 67–73.

12. Hoffman L., McDowd J. M. Simulator driving performance predicts accident reports five years later // *Psychology and Aging*, 2010. Vol. 25, N3. P. 741–745.
13. Matthews R. W., Ferguson, S. A., Zhou, X., Sargent, C., Darwent, D., Kennaway, D. J., Roach, G. D. Time-of-Day Mediates the Influences of Extended Wake and Sleep. *Chronobiology International*. 2012. Vol. 29, N 5. P.572–579
14. New WHO report highlights insufficient progress to tackle lack of safety on the world's roads [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/news-room/detail/07-12-2018-new-who-report-highlights-insufficient-progress-to-tackle-lack-of-safety-on-the-world's-roads> (дата обращения: 12.04.2020).
15. Shechtman O., Classen S., Awadzi K., Mann W. Comparison of Driving Errors Between On-the-Road and Simulated Driving Assessment: A Validation Study // *Traffic Injury Prevention*. 2009. Vol. 10, N 4. P. 379–385.

References

1. World Traffic Safety Report 2015. https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/GSRRS2015_Summary_RU.pdf?ua=1 (accessed: 12.04.2020).
2. Kocherga V.G. *Intellectualnye transportnye sistemy v dorozhnom dvizhenii: ucheb. posobie* [Intelligent Transport Systems in the Road: a training manual] / V.G. Kocherga, V.V. Zyryanov, V.I. Konoplyanko. Rostov-on-Don : GSU Publishing House, 2001. 108 p.
3. Medvedev O.S., Davydovsky A.G., Novogran V.I., Korkin L.R., Yashin K.D. *Obrazovatel'naya informatsionnaya sreda dlya optimizatsii podgotovki spetsialistov v oblasti avtomatizirovannogo testirovaniya graficheskogo polzovatel'skogo interfeysa* [Educational information environment for optimizing the training of specialists in the field of automated testing of the graphical user interface]. *BIG DATA and Advanced Analytiss = BIG DATA i analiz vysokogo urovnya: sb. materialov VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Respublika Belarus', Minsk, 20-21 maya 2020 goda)* [BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA and High-Level Analysis: Proceedings of the VI International

- Scientific and Practical Conference. (Republic of Belarus, Minsk, 20-21 May 2020 Year): in the 3rd part. Part 3 / editorial boards : V.A. Bogush [etc.]. Minsk: Bestprint, 2020. P. 102-116.
4. *Na dorogah gibnut molodye i bednie* [On the roads young and poor perish]. https://www.gazeta.ru/auto/2015/10/19_a_7830845.shtml (accessed: 12.04.2020).
 5. Pishchova A.V., Davydovsky A.G. Formirovaniye kluchevykh professionalnih kompetency buduschih spetsialistov: analiz, prognozirovaniye, matematicheskoe modelirovaniye [The formation of key professional competencies of future specialists: analysis, forecasting, mathematical modeling]. *Vesnik Magileyskaga dzyarzhaynaga yunivertsiteta imya A.A. Kulyashova. Seryya S. Psikhologa-pedagogichnyya navuki: pedagogika, psikhologiya, metodyka* [Bulletin of Mogilev State University named after A.A. Kulyashova. Series C. Psychological and pedagogical sciences: pedagogy, psychology, methodology]. 2015. № 2 (46). P. 24-31.
 6. *Povysheniye bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya vo vsem mire. Zapiska Generalnogo sekretarya* [Improving road safety worldwide. Note by the Secretary-General]. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/wp1/UNSG_Report_72-359_ru.pdf (accessed: 12.04.2020).
 7. Pugachyov I.N. *Dorozhnaya i psihofiziologicheskaya ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy: ucheb. posobie* [Road and psychophysiological examination of road traffic accidents: a training manual] / I.N. Pugachyov, P.A. Pegin. Khabarovsk, 2008. 106 p.
 8. Romanov A.N. *Avtotransportnaya psihologiya* [Transport Psychology]. M.: Publishing Center «Akademiya», 2002. 224 p.
 9. Baulk S.D., Biggs S.N., Reid K.J., van den Heuvel C.J., Dawson, D. Chasing the silver bullet: Measuring driver fatigue using simple and complex tasks. *Accident Analysis & Prevention*. 2008. Vol. 40, N 1. P. 396–402.
 10. Davidovsky A.G. The Problem of Preventive Management of Technological Risks in the Industry 4.0. *European Sciences Review*. 2019. № 11–12. P. 60–63.

11. Hirsch P., Choukou M.-A., Bellavance F. Transfer of Training in Basic Control Skills from a Truck Simulator to a Real Truck. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2017. Vol. 2637. P. 67–73.
12. Hoffman L., McDowd J. M. Simulator driving performance predicts accident reports five years later. *Psychology and Aging*, 2010. Vol. 25, N3. P. 741–745.
13. Matthews R. W., Ferguson S. A., Zhou X., Sargent C., Darwent D., Kenaway D.J., Roach G.D. Time-of-Day Mediates the Influences of Extended Wake and Sleep. *Chronobiology International*. 2012. Vol. 29, N 5. P.572–579.
14. New WHO report highlights insufficient progress to tackle lack of safety on the world’s roads. <https://www.who.int/news-room/detail/07-12-2018-new-who-report-highlights-insufficient-progress-to-tackle-lack-of-safety-on-the-world’s-roads> (accessed: 12.04.2020).
15. Shechtman O., Classen S., Awadzi K., Mann W. Comparison of Driving Errors Between On-the-Road and Simulated Driving Assessment: A Validation Study. *Traffic Injury Prevention*. 2009. Vol. 10, N 4. P. 379–385.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Давыдовский Анатолий Григорьевич, доцент кафедры инженерной психологии и эргономики, кандидат биологических наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

*ул. Петруся Бровки 6, г. Минск, 220013, Республики Беларусь
agd2011@list.ru*

Линник Алексей Михайлович, аспирант кафедры инженерной психологии и эргономики

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

*ул. Петруся Бровки 6, г. Минск, 220013, Республики Беларусь
linnik93@gmail.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Davidovsky Anatoly Grigorevich, Associate Professor, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
6, Petrusya Brovki Str., Minsk, 220013, Republic of Belarus
agd2011@list.ru*

Linnik Aleksey Mikhaylovich, Postgraduate Student, Department of Engineering Psychology and Ergonomics
*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
6, Petrusya Brovki Str., Minsk, 220013, Republic of Belarus
linnik93@gmail.com*

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-46-63

УДК 656.73.021.5

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ДЛЯ ВОЖДЕНИЯ СОЕДИНЕННЫХ ПОЕЗДОВ НА ПОЛИГОНЕ ДВЖД

Кузьмина Н.А.

В настоящее время ОАО «РЖД» работает в условиях интенсивного роста грузопотоков в направлении портов, пограничных переходов, крупных промышленных предприятий Дальнего Востока. Обусловлено это целым рядом внешнеэкономических факторов и конъюнктурных особенностей. Сырьевой характер экономики России и последствия мирового кризиса вынудили промышленников начать поиск новых рынков сбыта, путь к которым пролегает по международному транспортному коридору Восток – Запад и обеспечивается железной дорогой и Тихоокеанскими портами.

За последние пять лет отрасль так и не дождалась масштабных инвестиций, которые ей так необходимы для развития сети железных дорог России. Из глобальных мероприятий состоялось только обновление грузового вагонного парка и строительство инфраструктуры путей общего пользования.

Недостаток инвестиций привел к увеличению дефицита пропускных и провозных способностей сети и, как следствие, к неудовлетворенному спросу на перевозки. Динамичному росту объемов перевозок всегда соответствовало развитие сети железных дорог.

Повышение весовых норм грузовых поездов является одним из приоритетных направлений, позволяющим увеличить резерв пропускной способности и провозную способность, а также повысить эффективность работы железных дорог в рыночных условиях.

Цель – На полигоне ДВЖД на всех направлениях к портам существует дефицит пропускной способности. В целях ускорения продвижения поездопотока к ним возникает необходимость рассмотрения всех возможных вариантов. В статье рассматрива-

ются вопросы, связанные с возможностью пропуска соединенных поездов на двухпутных участках Дальневосточной железной дороги, как при постоянном их вождении, так и в условиях производства летних путевых работ.

Метод или методология проведения работы: для решения задачи движения соединенных поездов используются графические и аналитические методы математического моделирования, научные методы сбора и обработки статистических данных, современные достижения в части общих принципов и методов управления рисками.

Результаты: выявлены необходимые условия для обеспечения движения соединенных поездов.

Область применения результатов: заключается в сравнении количества соединенных поездов своего формирования для участка и транзитных, которые поступают с Забайкальской железной дороги и участка Архара – Хабаровск II, выявлении преимущественных направлений следования таких поездов, а также положительных и отрицательных воздействий на такие показатели как средняя масса поезда и участковая скорость движения.

Ключевые слова: соединенный поезд; пропускная способность; поездопоток; провозная способность; масса поезда; длина состава поезда в условных вагонах.

STUDY OF CONDITIONS FOR DRIVING CONNECTED TRAINS ON THE FIRST RANGE

Kuzmina N.A.

At present, Russian Railways is operating under conditions of intensive growth in freight traffic to ports, border crossings, and large industrial enterprises in the Far East. This is due to a number of external economic factors and market specifics. The raw-material nature of the Russian economy and the consequences of the global crisis forced industrialists to start looking for new sales markets, the way to which

runs along the East-West international transport corridor and is provided by the railway and Pacific ports.

Over the past five years, the industry has not seen the large-scale investments that it so much needs to develop the Russian railway network. Of the global events, only the renewal of the freight car fleet and the construction of infrastructure for non-public tracks took place.

The lack of investment has led to an increase in the network's capacity and capacity deficit and, as a result, to an unmet demand for transportation. The dynamic growth of traffic volumes has always been matched by the development of the railway network.

Increasing the weight norms of freight trains is one of the priority directions, allowing to increase the reserve carrying capacity and carrying capacity, as well as to improve the efficiency of railways in market conditions.

Purpose. *At the DVZhd landfill, there is a lack of capacity in all directions to the ports. In order to accelerate the movement of train traffic to them, it becomes necessary to consider all possible options. The article discusses issues related to the possibility of passing connected trains on double-track sections of the Far Eastern Railway, both with their constant driving and under conditions of summer track work.*

Methodology. *To solve the problem of the movement of connected trains, graphic and analytical methods of mathematical modeling, scientific methods of collecting and processing statistical data, modern achievements in terms of general principles and methods of risk management are used.*

Results. *The necessary conditions for ensuring the movement of connected trains have been identified.*

Practical implications *consists in comparing the number of connected trains of its formation for the section and transit ones that come from the Transbaikal railway and the Arkhara - Khabarovsk II section, identifying the preferred directions of such trains, as well as positive and negative impacts on such indicators as the average train weight and section speed.*

Keywords: *connected train; capacity; train traffic; carrying capacity; train weight; length of the train in conventional wagons.*

Дальневосточная железная дорога последние несколько лет работает в условиях возрастающего объема перевозок. Грузооборот дороги относительно 2013 года вырос на 44% и превысил отметку в 300 млн. ткм. Почти на четверть выросла среднесуточная погрузка в адрес дороги и на треть прием по основному междорожному стыку Архара. Среднесуточная выгрузка достигла рекордных показателей и вплотную приблизилась к показателю 6000 вагонов. Полигонные технологии управления перевозочным процессом, повышение уровня взаимодействия со стивидорами позволили дорогам сети значительно нарастить объемы погрузки, а портам Хабаровского и Приморского краев обеспечить загрузку новых производственных мощностей. ДВЖД удалось при максимальной загрузке железнодорожной инфраструктуры обеспечить транспортировку возросшего экспортного грузопотока в адрес потребителей азиатского рынка, обеспечить работу новых транспортно-логистических направлений. Наибольший прирост перевалки отмечен в портах Владивостокского, Находкинского и Ванино-Совгаванского транспортных узлов и без того самых грузонапряженных направлениях магистрали. В текущем году перед коллективом дороги стоят еще более амбициозные задачи. Необходимо обеспечить пропуск возрастающего грузопотока, достичь новых показателей собственной погрузки и все это в условиях ввода в эксплуатацию новых портовых мощностей при рекордной (более 125 млрд. рублей) инвестиционной программе и значительных объемах ремонта пути. Однако при расширении возможностей припортовых станций основным барьером на пути вагонопотока в перспективе останется магистральная инфраструктура. Обеспечение пропуска перспективных объемов грузов возможно при реализации ключевых проектов повышения пропускных и провозных способностей. В связи со значительным ростом объемов перевозок предполагается дефицит пропускной способности на участках Транссибирской магистрали (Восточно-Сибирской и Дальневосточной железных дорог). [6] Такое увеличение объемов перевозок приведет к существенному изменению загрузки всех участков рассматриваемого полигона. Проведенный анализ работы

направления Хабаровск II – Находка-Восточная по формированию и пропуску соединенных грузовых поездов по данным за 2018 и 2019 гг. заключался в сравнении количества соединенных поездов своего формирования для участка и транзитных, которые поступают с Забайкальской железной дороги и участка Архара – Хабаровск II. Целью исследования было выявление преимущественных направлений следования таких поездов, а также положительных и отрицательных воздействий на такие показатели как средняя масса поезда и участковая скорость движения.

За 12 месяцев 2019 года по участку Хабаровск II – Шкотово (до станции Находка-Восточная соединенные поезда не следуют из-за сложного профиля пути) было пропущено:

- 1281 соединенный поезд в четном направлении, в том числе 26 поездов, принятых по стыку Архара с Забайкальской железной дороги и 39 поездов с участка Архара – Хабаровск II;
- 857 соединенных поездов в нечетном направлении, которые для данного участка являются поездами своего формирования.

Четные соединенные поезда продвигаются по участку Хабаровск II – Находка-Восточная преимущественно до станций Артем-Приморский III – 562 поезда, Сибирцево – 212 поездов, Лесозаводск I – 100 поездов и Угловая – 65 поездов. Нечетные соединенные поезда следуют в основном до станций Хор – 516 поездов, Вяземская – 158 поездов и Дормидонтовка – 54 поезда.

На рисунке 1 и 2 представлены гистограммы, представленные, показывающие процентное соотношение числа сформированных соединенных поездов на станции от общего числа формируемых поездов данной категории на участке Хабаровск II – Находка-Восточная за 2018 и 2019 года.

Таким образом, в 2018 году объем работы по формированию четных соединенных поездов был уменьшен на станции Хабаровск II на 40% и передан в основном на станцию Хор. На станции Артем-Приморский I было исключено соединение нечетных поездов, а выполнение данной операции перенесено на станцию Артем-Приморский III.

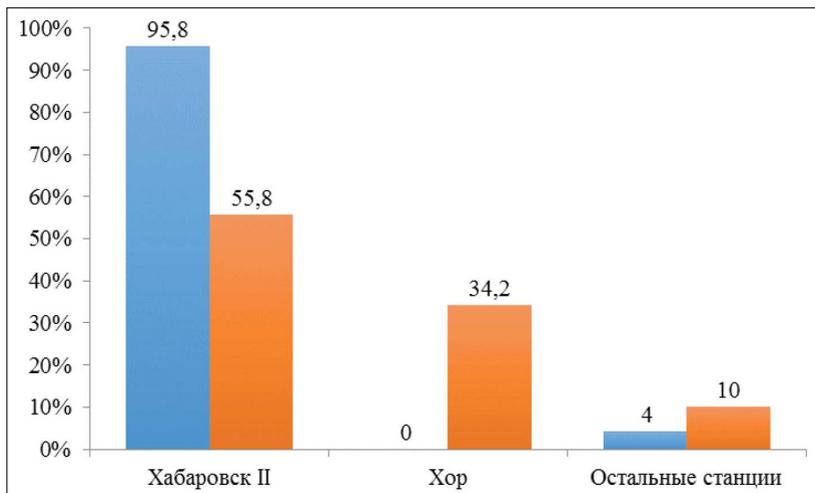


Рис. 1. Процентное соотношение числа четных соединенных поездов в зависимости от станции формирования

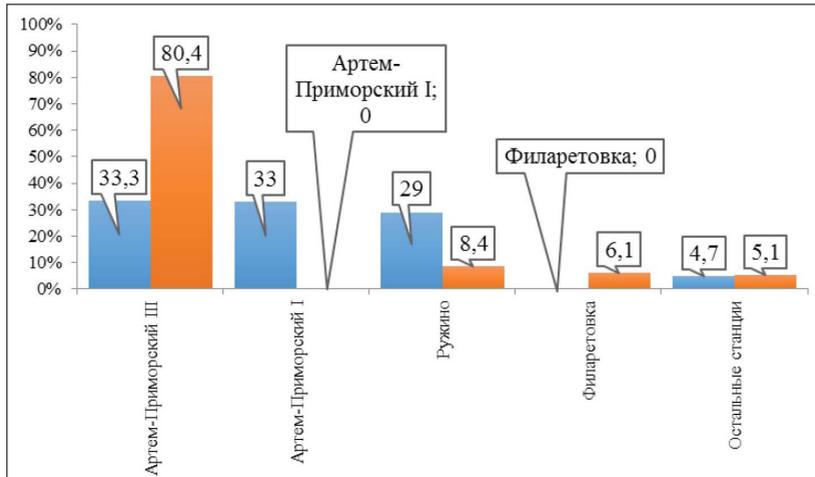


Рис. 2. Процентное соотношение числа нечетных соединенных поездов в зависимости от станции формирования

Количество соединенных поездов, проведенных по участку Хабаровск II – Находка-Восточная в 2019 году, увеличено на 76 поез-

дов в четном направлении и на 317 поездов в нечетном направлении. В направлении от станции Хабаровск II до станции Шкотово было пропущено 1216 соединенных поездов, что привело к повышению средней массы поезда на 33,2 тонны, но к уменьшению участковой скорости на 1,09 км/ч, в нечетном направлении – 857 поездов, что вызвало увеличение средней массы на 22,5 тонны и уменьшение участковой скорости на 0,53 км/ч.

По главному ходу всего было проведено 3522 соединенных поезда, что увеличило среднюю массу поезда на Дальневосточной железной дороге на 77,4 тонны (в электротяге на 125,6 тонн), а также способствовало снижению участковой скорости на 2,53 км/ч (в электротяге на 0,58 км/ч). Экономический эффект от пропуска соединенных поездов по главному ходу составил 18,41 миллиона рублей.

Пропуск соединенных поездов применяется для повышения пропускной способности отдельных участков, а также улучшения технико-экономических показателей их работы и может рассматриваться в качестве временного и постоянного мероприятия.

Кроме того, для обеспечения движения соединенных поездов требуется наличие необходимых условий:

1. длинные приемо-отправочные пути (двойная норма) на части промежуточных отдельных пунктов;
2. специальные вставки дополнительного главного пути на перегонах, примыкающих к участковым и сортировочным станциям (наличие вставок позволяет осуществлять соединение и разъединение составов без задержек других поездов).
3. обеспечение необходимого межпоездного интервала контактной сетью.

Выполненный анализ путевого развития станций на участках их вождения показывает, что только на некоторых из них имеются длинные приемоотправочные пути, что позволяет их использовать для пропуска соединенных поездов. Но при этом на всех станциях соединение поездов будет происходить с выходом за границу станции (таблица 2)

Таблица 2.

Число станций для соединения поездов

Число станций	Количество приемоотправочных путей	Вместимость самого длинного пути в условных вагонах
1	6 - 2	63
1	7 - 4	66
1	6 - 2	99
1	8 - 3	95
1	5 - 3	61
1	8 - 3	108
2	1 - 1	69
1	5 - 2	66

Как видно из таблицы 2 на станциях отсутствуют приемоотправочные пути с длиной равной двойной норме состава поезда. В связи с этим их соединение будет выполняться с частичным выходом состава на другие пути или за границу станции.

Анализируя подходы к станциям, можно видеть, что специальные вставки дополнительного главного пути на перегонах отсутствуют.

Что касается третьего условия, то для обоснования его выполнения необходимо выполнить расчет межпоездного интервала. Для того, чтобы обеспечивать нормальное функционирование контактной сети рассчитываются межпоездные интервалы при движении соединенных поездов путем деления расчетного расстояния на ходовую скорость, мин.:

Что касается третьего условия, то для обоснования его выполнения необходимо выполнить расчет межпоездного интервала. Для того, чтобы обеспечивать нормальное функционирование контактной сети рассчитываются межпоездные интервалы при движении соединенных поездов путем деления расчетного расстояния на ходовую скорость, мин.:

$$I = 0,06 \cdot \frac{l'_{\text{бл}} + l''_{\text{бл}} + l'''_{\text{бл}} + l_n}{v_x}$$

В связи с тем, что при пропуске соединенных поездов возникает большая нагрузка на сеть необходимо учитывать межпоездной

интервал на пути питаемом фидером, расчет которого ведется в зависимости от состояния системы тягового электроснабжения для установленных весовых норм грузовых поездов.

Так, для двухпутного участка межпоездной интервал i_f на пути, питаемом фидером f , мин. определится делением полное время хода поезда установленной массы по пути межподстанционной зоны, питаемому фидером f на число поездов, получающих одно-временное питание от этого фидера.

$$i_f = t_{xf} / n_{of},$$

От каждого фидера f одновременно может получать питание n_{of} поездов:

$$n_{of} = n_o \cdot c_f$$

Число поездов, которое может одновременно находиться в зоне питания подстанции исходя из мощности каждого из расчетных элементов силового оборудования для системы переменного тока 25кВ:

$$n_0 = \frac{1,1 \cdot I_{\text{энтт}}}{2 \cdot I_{nl}^{нб} + 0,65 \cdot I_{nl}^{нм}}$$

где $I_{nl}^{нб}, I_{nl}^{нм}$ – ток плеча подстанции соответственно с наибольшей и наименьшей нагрузкой, A ; F_{nl} – число фидеров, питающих рассматриваемое плечо; $I_{\text{энтт}}$ – эффективный ток тяговой подстанции, A ; a_{nf} – коэффициент, зависящий от числа путей: $a_{nf} = 0,9$ для двухпутного участка; c_f – коэффициент, учитывающий размеры движения по путям, питаемым фидерами подстанции; N_f – число поездов в сутки на пути, питаемом фидером f .

При расчете интервала рассматриваются варианты пропуска поездов по участку, приведенные на рисунке 5. На нем показан пропуск одиночных поездов установленной массы, пропуск четырех одиночных поездов до станции их объединения и далее пакетом, и соединение двух поездов и пропуск их перед одиночным. Такое разное расположение оказывает влияние на расчетный межпоездной интервал.

Значения межпоездных интервалов при нормальном режиме работы и в зависимости от состояния контактной сети и массы состава поезда (вынужденный) приведены в таблице 3.

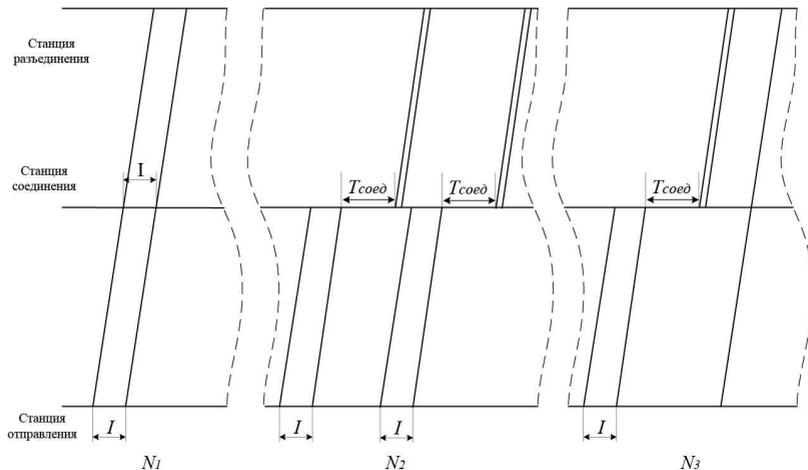


Рис. 5. Возможные варианты пропуска поездов по железнодорожному участку

Таблица 3.

Минимальный расчетный межпоездной интервал (минут)

Сочетание поездов по весу	Режим расчета интервала	
	нормальный	вынужденный
6000-6300-6000 т	10	14
3200 – 3200 т	12	15
6300-7100-6300 т	10	15
6300-8300-6300т	11	16
6300-12600-6300т	18	20
6300-9100-6300 т	18	20
12600-6300-12600 т	20	25

Как следует из таблицы 3 состояние контактной сети и повыше-ние массы состава поездов увеличивают межпоездной интервал.

Итак, анализ условий показывает, что на полигоне ДВЖД формирование и пропуск соединенных поездов связано с рядом трудностей. Все три необходимых условия не выполняются в полном объеме.

Объединение и пропуск соединенных поездов, согласно нормативным документам, разрешается при наличии исправно действующей поездной радиосвязи между ДНЦ, ДСП и машинистом головного локомотива, а также между ним и другими машинистами

соединенного поезда. При соединении груженого и порожнего поездов первым располагается груженный. Пропуск таких поездов выполняется, как правило, по главным путям промежуточных станций.

Для проверки технических возможностей станций рассчитывается пропускная способность приемо-отправочных парков и путей.

Общее время занятия путей предусмотренными технологическим процессом операциями с грузовыми поездами, зависящими от размеров движения и специализации путей, определяется по формуле, мин.:

$$T = n'_{mp} t'_{зан}{}^{mp} + n'_p t'_{зан}{}^p + n'_\phi t'_{зан}{}^\phi + n'_j t'_{зан}{}^j)(1 + \rho),$$

где n'_{mp} – число транзитных поездов, пропускаемых через парк с подхода, поезда; n'_p – число разборных поездов всех категорий (кроме сборных и вывозных с работой на участке), поступающих в парк, поезда; n'_ϕ – число поездов своего формирования всех категорий (кроме сборных и вывозных с работой на участке), отправляемые из парка; $t'_{зан}{}^{mp}, t'_{зан}{}^p, t'_{зан}{}^\phi$ – время занятия пути выполнением технологических операций с поездами соответствующих категорий и различных подходов (выходов), мин; n'_j – число передач углового потока или местных вагонов и состава поездов, выставляемых в приемный парк для расформирования, поезда; $t'_{зан}{}^j$ – время занятия пути одной передачей (составом) по технологическому процессу, мин; ρ – потребный коэффициент, для приемо-отправочных путей неузловых станций двухпутных линий $\rho = 0,2$.

Коэффициент использования имеющейся мощности парка путей определяется:

$$K = \frac{T}{\alpha \cdot \beta \cdot 1440 \cdot m \cdot \sum T'_{ном}{}^{np}},$$

где α – коэффициент, учитывающий влияние на использование путей движения пассажирских и сборных поездов, $\alpha = 0,6$ β – коэффициент, показывающий влияние пассажирских и сборных поездов на использование путей парка приема (отправления), $\beta = 1$ m – наличное число путей; $\sum T'_{ном}{}^{np}$ – время занятия путей, используемых для грузовых поездов, выполнением в течение суток прочих

постоянных операций, не изменяющихся пропорционально размерам движения, и работам по текущему обслуживанию, плановым видам ремонта и снегоуборке.

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.

Таблица 4.

Расчет общего времени занятия путей станций

Станции	Направление	Число ПОП	$t_{зан}^{пр}$	$t_{зан}^{соед}$	$\sum (n_i \cdot t_i)$	T , мин	K
Арх	четное	6	15	40	1175	1410	0,28
Обл	четное	6	15	40	1175	1410	0,28
	нечетное	8	15	40	1120	1344	0,20
Бр	четное	7	15	40	1175	1410	0,24
	нечетное	5	15	40	1120	1344	0,32
Брб	нечетное	5	15	40	1120	1344	0,32
Ин	нечетное	1	15	40	1120	1344	1,70
Х2	нечетное	8	82	100	5292	6350,4	0,93

Из таблицы 4 следует, что на станциях где происходит соединение и разъединение достаточно путей приемо-отправочного парка.

Практика показывает, что внедрение прогрессивной технологии вождения соединенных поездов обеспечивает интенсификацию использования пропускной и провозной способности железных дорог, но в каждом конкретном случае организация движения таких поездов должна быть технико-экономически обоснована.

На участках, исчерпавших пропускную способность, целесообразна организация вождения соединенных поездов, иначе для освоения возрастающих размеров движения требуется усиление технического оснащения или строительство новой линии. При максимальной интенсивности движения поездов на участке вождение соединенных поездов несколько снижает наличную пропускную способность, но значительно увеличивает провозную. Степень изменения пропускной и провозной способности зависит от числа объединяемых составов и доли соединенных поездов от общих размеров движения. В условиях оптимального использования пропускной способности целесообразность регулярно-

го вождения соединенных поездов должна обосновываться технико-экономическими расчетами. В случаях недоиспользования пропускной способности организация движения соединенных поездов может быть рекомендована только как временная мера в период «окон» или временного увеличения размеров движения.

Применение пропуска соединенных поездов проблему, как правило, не решает и съём поездов присутствует. Поэтому поиск оптимального способа организации движения поездов и использования передовых достижений научно-технического прогресса остается актуальным.

Список литературы

1. О развитии тяжеловесного движения. Статья РЖД партнер [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://souzovs.com/>
2. Растущий профицит не дает железнодорожным операторам зарабатывать // Ведомости [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2015/07/08/599655-profitsit-na-seti-rzhd-stabilizirovalsya>
3. Бондаренко О.А. Вопросы развития тяжеловесного движения грузовых поездов // Наука и образование транспорту. 2016. № 1. С. 91–93.
4. Задачи развития тяжеловесного движения на сети железных дорог РФ [Электронный ресурс]. <http://www.rostransport.com>.
5. Курбасов А.С. Увеличение скоростей на железных дорогах России: возможности и преимущества // Транспорт РФ. 2011. № 6. С. 20–23.
6. Лесун А.Ф. Программа увеличения веса поезда – в действии // Железнодорожный транспорт. 2011. № 10. С. 16–24.
7. Миронов А.Ю. Реализация сетевых задач при обеспечении пропуска тяжеловесных поездов по твердым «ниткам» графика // Железнодорожный транспорт. 2011. № 8. С. 39–43.
8. О совершенствовании организации обращения грузовых поездов повышенной массы и длины на инфраструктуре ОАО «РЖД» № 1704р от 28 августа 2012 г.

9. Стратегия развития Российских железных дорог на период до 2030 г. Режим доступа: <http://ar2016.rzd.ru/ru/strategy/development-strategy-2030> (дата обращения 08.04.2018).
10. Стратегия развития холдинга ОАО «РЖД» на период до 2030 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://doc.rzd.ru>
11. Харрис У. Дж. Обобщение передового опыта тяжеловесного движения : вопросы взаимодействия колеса и рельса / У. Дж. Харрис, С.М. Захаров, Дж. Ландгрэн и др. ; пер. с англ. М. : Интекст, 2002. 408 с.
12. Широкова В.В., Кузьмина Н.А. Исследование влияния профиля пути на резерв пропускной способности при реализации проекта «Восточный полигон» // Успехи современной науки. 2016. № 4, том 3. С. 15–20.
13. Abhyuday DR. Cost reduction policies and driving behaviour. Ir train drivers influencing diesel traction energy consumption // Новые тенденции развития в управлении процессами перевозок, автоматике и инфокоммуникациях: тр. Всерос. науч.-практ. конф. ученых трансп. вузов, инженерных работников и представителей академической науки с международным участием (Хабаровск, 29 сентября 2017 г.) / под. ред. А.И. Годяева. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2017. С. 19–35.
14. Захаров С.М. Об управлении трением в системе колесо-рельс в условиях тяжеловесного движения // Вестник ВНИИЖТ. 2012. № 3. С. 12–16.
15. Ромен Ю. С. Факторы, обуславливающие процессы взаимодействия в системе колесо – рельс при движении поезда в кривых // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2015. №1. С. 17–26.
16. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учеб. для техн. вузов / [А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, Н.А. Буше и др.]; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001. 663 с.
17. Влияние трибологического состояния «колесная пара – рельсы» на взаимодействие колес локомотива с рельсами и износ / В.С. Коссов и др. // Проблемы механики железнодорожного транспорта: Динамика, надежность и безопасность подвижного состава.

Тезисы докладов X Международ. конференции. Днепропетровск: Арт-Пресс, 2000. С. 83–84.

18. Обобщение мирового опыта тяжеловесного движения. Конструкция и содержание железнодорожной инфраструктуры [сборник статей] / М. Роуни и др. ; пер. с англ.: ООО «Интекст» и С. М. Захаров; Международный. ассоц. тяжеловесного движения. М.: Интекст, 2012. 568 с.
19. Система оперативной оценки состояния пути по показателям динамического взаимодействия пути и подвижного состава / Ю.С. Ромен [и др.]. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010613677. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 4 июня 2010 г.

References

1. *O razvitiy tyazhelovesnogo dvizheniya. Stat'ya RZhd partner* [About the development of heavy traffic. Article Russian Railways partner]. Access mode: <http://souzovs.com/>
2. *Rastushchiy profitsit ne daet zheleznodorozhnym operatoram zarabotat'* [The growing surplus does not allow railway operators to earn]. *Vedomosti*. Access mode: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2015/07/08/599655-profitsit-na-seti-rzhd-stabilizirovalsya>
3. Bondarenko O.A. *Voprosy razvitiya tyazhelovesnogo dvizheniya gruzovykh poezdov* [Issues of development of heavy traffic of freight trains]. *Nauka i obrazovanie transport* [Science and education for transport]. 2016. No. 1. P. 91-93.
4. *Zadachi razvitiya tyazhelovesnogo dvizheniya na seti zheleznykh dorog RF* [Tasks of development of heavy traffic on the network of railways of the Russian Federation]. <http://www.rotransport.com>.
5. Kurbasov A.S. *Uvelichenie skorostey na zheleznykh dorogakh Rossii: vozmozhnosti i preimushchestva* [Increase of speeds on the railways of Russia: opportunities and advantages]. *Transport RF* [Transport of the Russian Federation]. 2011. No. 6. P. 20-23.
6. Lesun A.F. *Programma uvelicheniya vesa poezda - v deystvii* [The program of increasing the weight of the train - in action]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Railway transport]. 2011. No. 10. P. 16-24.

7. Mironov A. Yu. Realizatsiya setevykh zadach pri obespechenii propuska tyazhelovesnykh poezdov po tverdyim «nitkam» grafika [Implementation of network tasks while ensuring the passage of heavy trains on hard “strings” of the schedule]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Railway transport]. 2011. No. 8. P. 39-43.
8. *O sovershenstvovanii organizatsii obrashcheniya gruzovykh poezdov povyshennoy massy i dliny na infrastrukture OAO «RZhD№ 1704r ot 28 avgusta 2012* [On improving the organization of the circulation of freight trains of increased weight and length on the infrastructure of JSC Russian Railways No. 1704r dated August 28, 2012].
9. *Strategiya razvitiya Rossiyskikh zheleznnykh dorog na period do 2030* [Development strategy of Russian railways for the period up to 2030]. Access mode: <http://ar2016.rzd.ru/ru/strategy/development-strategy-2030> (date of access 08.04.2018).
10. *Strategiya razvitiya kholdinga OAO «RZhD» na period do 2030 goda* [Development strategy of the Russian Railways holding company for the period up to 2030]. Access mode <http://doc.rzd.ru>
11. Harris W. J. *Obobshchenie peredovogo opyta tyazhelovesnogo dvizheniya : voprosy vzaimodeystviya koleasa i rel'sa* [Generalization of advanced experience in heavy-weight traffic: issues of interaction of a wheel and a rail] / W. J. Harris, S. M. Zakharov, J. Landgren and others; per. from English. M.: Intekst, 2002.408 p.
12. Shirokova V.V., Kuzmina N.A. Issledovanie vliyaniya profilya puti na rezerv propusknoy sposobnosti pri realizatsii proekta «Vostochnyy poligon» [Investigation of the influence of the track profile on the reserve of carrying capacity during the implementation of the project “Eastern polygon”]. *Uspekhi sovremennoy nauki* [Successes of modern science]. 2016. No. 4, volume 3 P.15-20.
13. Abhyuday DR. Cost reduction policies and driving behavior. Ir train drivers influencing diesel traction energy consumption. *Novye tendentsii razvitiya v upravlenii protsessami perevozok, avtomatike i infokommunikatsiyakh : tr. Vseros. nauch.-prakt. konf. uchenykh transp. vuzov, inzhenernykh rabotnikov i predstaviteley akademicheskoy nauki s mezhdunarodnym uchastiem (Khabarovsk, 29 sentyabrya 2017 g.)* [New

- development trends in the management of transportation processes, automation and infocommunications: Tr. Vseros. scientific-practical conf. transport scientists universities, engineers and representatives of academic science with international participation (Khabarovsk, September 29, 2017)] / under. ed. A.I. Godyaeva. Khabarovsk: Far East State University of Economics Publishing house, 2017. P. 19-35.
14. Zakharov S.M. Ob upravlenii treniem v sisteme koleso-rel's v usloviyakh tyazhelovesnogo dvizheniya [On friction control in the wheel-rail system under heavy traffic conditions]. *Vestnik VNIIZhT*. 2012. No. 3. P. 12-16.
 15. Romen Yu. S. Factors conditioning the processes of interaction in the wheel-rail system when the train moves in curves [Faktery, obuslavli-vayushchie protsessy vzaimodeystviya v sisteme koleso - rel's pri dvizhenii poezda v krivykh]. *Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta* [Bulletin of the Scientific Research Institute of Railway Transport]. 2015. No. 1. S. 17-26.
 16. *Osnovy tribologii (trenie, iznos, smazka)* [Fundamentals of tribology (friction, wear, lubrication)]: Textbook. for tech. universities / [A.V. Chichinadze, E.D. Brown, N.A. Bushe and others]; Under total. ed. A.V. Chichinadze. M.: Mashinostroenie, 2001. 663 p.
 17. Vliyanie tribologicheskogo sostoyaniya «kolesnaya para - rel'sy» na vzaimodeystvie koles lokomotiva s rel'sami i iznos [The influence of the tribological state “wheelset - rails” on the interaction of locomotive wheels with rails and wear] / V.S. Kossov et al. *Problemy mekhaniki zheleznodorozhnogo transporta: Dinamika, nadezhnost' i bezopasnost' podvizhnogo sostava. Tezisy dokladov X Mezhdunarod. konferentsii* [Problems of railway transport mechanics: Dynamics, reliability and safety of rolling stock. Abstracts of the X International. Conferences]. Dnepropetrovsk: Art-Press, 2000. P. 83-84.
 18. *Obobshchenie mirovogo opyta tyazhelovesnogo dvizheniya. Konstruktsiya i sodержanie zheleznodorozhnoy infrastruktury [sbornik statey]* [Generalization of the world experience of heavy traffic. Construction and maintenance of railway infrastructure [collection of articles]] / M. Roney et al.; per. from English: OOO Intekst and S. M. Zakharov; Int. assoc. heavy traffic. Moscow: Intekst, 2012. 568 p.

19. *Sistema operativnoy otsenki sostoyaniya puti po pokazatelyam dinamicheskogo vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava* [The system of operational assessment of the state of the track according to the indicators of dynamic interaction of the track and rolling stock] / Yu.S. Romain [et al.]. Certificate of state registration of the computer program No. 2010613677. Registered in the Register of Computer Programs on June 4, 2010.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Кузьмина Наталья Александровна, доцент кафедры «Организация перевозок и безопасность на транспорте», кандидат педагогических наук

Дальневосточный государственный университет путей сообщений

*ул. Серышева, 47, г. Хабаровск, 280021, Российская Федерация
kuzminaprepodavatel@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHOR

Kuzmina Natalya Aleksandrovna, Associate Professor of the Department “Organization of Transportation and Transport Safety”, Candidate of Pedagogical Sciences

Far Eastern State Transport University

47, Serysheva st., Khabarovsk, 280021, Russian Federation

kuzminaprepodavatel@mail.ru

ORCID: 0000-0002-0598-5422

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-64-82

УДК 656

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ УРОВНЕМ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ И ДОЛЕЙ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ НА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЯХ В ГОРОДАХ

Литвинов А.В., Донченко В.В.

Для планирования и прогнозирования развития транспортных систем городов необходимо понимание взаимосвязей показателей владения и использования автомобилей для различных вариантов проводимой транспортной политики.

***Целью исследования** – определение взаимосвязи между уровнем автомобилизации населения и долей передвижений на легковых автомобилях в городах в рамках инерционного подхода к развитию городских транспортных систем и подхода, основанного на концепции устойчивого развития.*

***Материалы и методы исследования:** для построения зависимостей между уровнем автомобилизации населения и долей передвижений на легковых автомобилях в городах использовались методы регрессионного анализа. Зависимости построены на основе данных, полученных в результате синтеза результатов исследований подвижности населения в ряде городов России, Восточной и Западной Европы за последние пятьдесят лет.*

***Результаты:** при инерционном подходе к развитию городских транспортных систем доля передвижений на легковых автомобилях увеличивается с ростом уровня автомобилизации. Зависимость хорошо описывается логистической функцией. Подход, основанный на концепции устойчивого развития, направлен на снижение доли передвижений на легковых автомобилях. Проведенный анализ показывает, что вместе со снижением доли передвижений на легковых автомобилях снижается уровень ав-*

томобилизации населения, но такое снижение происходит с задержкой. Имеет место явление гистерезиса.

Применение результатов исследования: результаты исследования помогают лучше понимать происходящие изменения в транспортном поведении людей, связанные с автомобилизацией населения и использованием легковых автомобилей для осуществления передвижений в зависимости от проводимой транспортной политики.

Ключевые слова: уровень автомобилизации; транспортный спрос; способ передвижения; использование автомобилей; устойчивое развитие; подвижность населения; гистерезис.

THE RELATIONSHIP BETWEEN CAR OWNERSHIP AND SHARE OF TRIPS ON PASSENGER CARS IN CITIES

Litvinov A.V., Donchenko V.V.

In order to plan and predict the development of urban transport systems, it is necessary to understand the relationships between car ownership and car usage indicators for various options of urban transport policy.

The purpose of the study was to examine the relationship between car ownership and share of trips on passenger cars within the framework of the conventional approach to transport systems development and the approach based on the concept of sustainable development.

Materials and methods. The methods of regression analysis were used to build the dependencies between car ownership and share of trips on passenger cars in cities. The dependencies were built on the basis of synthesis the urban mobility studies results in some cities of Russia, Eastern and Western Europe over the past fifty years.

Results. The share of trips on passenger cars increases with the increase of car ownership. The dependence is well described by the logistic curve. The approach based on the concept of sustainable development is associated with a targeted reduction in the share of trips on

passenger cars. The analysis shows that car ownership decreases with a decrease in the share of trips on passenger cars, but such decrease occurs with a delay. There is a hysteresis phenomenon.

Practical implications. *The results of the study help to better understand the changes in the travel behavior associated with car ownership and using a car, depending on the transport policy being pursued.*

Keywords: *car ownership; modal split; travel demand; travel mode; car usage; sustainable development; mobility; hysteresis.*

Введение

По мере роста благосостояния населения люди активно приобретают в собственность автомобили, представляющие их владельцам высокий уровень мобильности и комфорта при осуществлении передвижений. Владение автомобилем постепенно меняет образ жизни людей, их привычки и поведение.

Рост уровня автомобилизации и использование автомобилей для передвижений вызывает образование транспортных заторов, рост загрязнения окружающей среды, снижение безопасности движения и т.п. Для преодоления таких негативных последствий во многих странах мира в последние годы проводится транспортная политика, основанная на принципах устойчивого развития. Формируется городская среда, не требующая обязательного владения и использования автомобилей для обеспечения мобильности людей и высокого качества их жизни.

Характеристики владения и использования автомобилей являются также важными показателями, определяющими потребность в транспортной инфраструктуре и сервисах. Уровень автомобилизации населения рассматривается в качестве меры владения автомобилями, а доля передвижений на легковых автомобилях в общем объеме передвижений (включая передвижения пешком и на велосипеде) – в качестве меры использования автомобилей.

Для планирования и прогнозирования развития транспортных систем городов необходимо понимание взаимосвязей показателей владения и использования автомобилей для различных вариантов

проводимой транспортной политики. Исследованию данного вопроса посвящена данная работа.

Состояние вопроса

Процесс массовой автомобилизации населения в городах Северной Америки начался в 20–30 годы XX века, в Западной Европе – в 50–60-е годы XX века. В некоторых городах уровень автомобилизации уже достиг уровня насыщения (600–700 легковых автомобилей на 1000 жителей). Под уровнем автомобилизации (car ownership rate) понимается количество легковых автомобилей во владении у населения, приходящихся на 1000 жителей.

Уровень автомобилизации обычно связывают с уровнем благосостояния населения [6, 9, 12]. Результаты исследований в Великобритании показывают, что уровень автомобилизации сильнее изменяется с ростом уровня доходов, чем при их снижении. При этом эластичность уровня автомобилизации по доходам не является постоянной, – она снижается с ростом уровня автомобилизации [7]. Эластичность уровня автомобилизации населения по уровню доходов, полученные на основе анализа данных по 26 странам мира, изменяется примерно от 2,0 для низкого уровня доходов до нуля при высоком уровне дохода, когда автомобилизация населения достигает насыщения [8]. В крупных городах на уровень автомобилизации населения оказывает влияние доступность и качество общественного транспорта [11, 16].

В России и во многих странах Восточной Европы уровень автомобилизации населения вплоть до начала 90-х XX века находился на достаточно низком уровне (ниже 100–150 легковых автомобилей на 1000 жителей), несмотря на достаточно высокий уровень жизни. Сдерживание автомобилизации обеспечивалось за счет квотирования объема выпускаемых автомобилей для продажи населению в рамках централизованного управления экономикой. С переходом к рыночной экономике в 90-е годы XX века в России и странах Восточной Европы наблюдается значительный рост уровня автомобилизации населения, несмотря на падение доходов населения, за счет отложенного спроса. Уровень автомобилизации

в России к 2016 году превысил отметку в 300 легковых автомобилей на 1000 жителей и продолжает расти.

В всем мире в городах по мере роста автомобилизации первоначально применялся инерционный подход к развитию транспортных систем, то есть делались попытки адаптировать транспортную инфраструктуру под постоянно увеличивающийся спрос на передвижения на легковых автомобилях за счет экстенсивного наращивания пропускной способности улично-дорожной сети, количества и вместимости парковок. Индивидуальный автомобильный транспорт по сравнению с альтернативными способами передвижения требует намного больше пространства, которое в городах с плотной застройкой является одним из самых ценных ресурсов. Выделение этих ресурсов без ущерба для других видов городских активностей становится невозможным. В результате по мере роста уровня автомобилизации на улично-дорожных сетях городов растут потери времени на передвижения людей и доставку товаров, ухудшается экологическая ситуация, повышается аварийность, снижается качество городской среды.

Концептуальной основой для решения вышеуказанных проблем является концепция устойчивого развития транспортных систем. Под устойчивым развитием понимается такое развитие, которое обеспечивает удовлетворение потребностей нынешнего поколения без ущерба для возможностей будущих поколений удовлетворять их собственные потребности [15]. Концепция устойчивого развития направлена на экономическое развитие, социальный прогресс и защиту окружающей среды в долгосрочном контексте.

В 2015 году Генеральной Ассамблеей Организации Объединенных Наций была принята Повестка в области устойчивого развития до 2030 года, в которой определены 17 целей устойчивого развития [5]. Цель 11 предполагает обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов. Устойчивая мобильность в городах должна обеспечиваться за счет расширения использования общественного транспорта и немоторизированных способов передвижения.

Управление мобильностью включает комплекс различных мероприятий (таблица 1) не только инфраструктурного, но и экономического, организационного, административного характера [18]. Для сдерживания передвижений на легковых автомобилях может ограничиваться количество парковок, вводиться плата за парковку, платный въезд, создаваться пешеходные зоны, зоны успокоения движения и т.п.

Концепция устойчивого развития направлена на повышение качества жизни людей. В ряде городов Западной Европы (такие как Вена и Цюрих) принципы устойчивого развития в сфере транспорта начали внедряться еще в 80–90 годы XX века. В последние годы Вена и Цюрих являются лидерами рейтинга качества жизни Mercer Quality of Living Ranking 2018 [20].

Одной из главных задач Транспортной стратегии Вены до 2025 года является обеспечение мобильности населения без владения автомобилем [17]. В качестве ключевого целевого показателя транспортных стратегий Вены и Цюриха выступает доля передвижений на легковых автомобилях в общем объеме передвижений, включая передвижения пешком и на велосипеде [17, 19].

Таблица 1.

Набор мероприятий по управлению мобильностью [18]

Мероприятия	Толкающие («Кнут»)	Тянущие («Пряник»)
Политико-экономические меры	Ограничение доступа автомобилей: - платные парковки; - платный въезд в центр города; - налоги с транспортных средств и т.п.	Совершенствование обслуживания транспортом общего пользования: - интегрированные системы, в том числе оплаты проезда; - приоритет проезда для транспорта общего пользования и т.п.
Технические мероприятия	Снижение количества поездок на автомобиле: - уменьшение количества парковок; - создание зон успокоения движения; - создание пешеходных зон и т.п.	Совершенствование обслуживания транспортом общего пользования: - системы скоростного транспорта; - удобный подвижной состав, удобные остановочные пункты и подходы к ним; - информационное обслуживание; - совершенствование пешеходной и велосипедной инфраструктуры и т.п.

Окончание табл. 1.

Планировочные мероприятия	Интегрированное планирование транспорта и землепользования: - развитие территорий, ориентированных на использование общественного транспорта; - ограничение парковочного пространства и т.п.	Планирование немоторизированных способов передвижений: - планирование инфраструктуры для движения пешеходов и велосипедистов; - обеспечение связности улиц; - развитие системы маршрутного ориентирования и т.п.
Поддерживающие мероприятия	Контроль: - штрафы, эвакуация транспортных средств и т.п.	Общественная вовлеченность: - объяснение принимаемых мер; - проведение мероприятий таких как «День без автомобилей» и т.п.

Проводимая транспортная политика в Вене и Цюрихе позволила снизить долю передвижений на легковых автомобилях с 2000 по 2010 год с 36% до 31% и с 40% до 30% соответственно (таблица 2).

Таблица 2.

Фактические и целевые значения доли передвижений на легковых автомобилях в Вене и Цюрихе [17, 19]

Город	Доля передвижений на легковых автомобилях, %					
	Фактические показатели по годам			Целевые показатели по годам		
	2000	2005	2010	2020	2025	2030
Вена (Австрия)	36	34	31	25	20	15
Цюрих (Швейцария)	40	36	30	-	20	-

Снижение доли передвижений на легковых автомобилях в Вене и Цюрихе сопровождается снижением уровня автомобилизации населения [17, 19].

Таким образом, в рамках инерционного подхода к развитию городских транспортных систем рост уровня автомобилизации населения вызывает рост доли передвижений на легковых автомобилях. В рамках подхода, основанного на реализации концепции устойчивого развития, применяемые мероприятия по снижению доли передвижений на легковых автомобилях вызывают также снижение уровня автомобилизации населения.

Показатели владения и использования легковых автомобилей, как правило, определяются в результате исследований подвижности населения в городах. Таких исследований в России проводилось крайне мало, поэтому статистических данных недостаточно для анализа динамики изменения этих показателей. Исследования подвижности населения на регулярной основе проводились и проводятся во многих странах мира, в том числе в странах Восточной и Западной Европы.

Целью данного исследования является определение зависимостей между уровнем автомобилизации населения и долей передвижения на легковых автомобилях как для инерционного подхода к развитию транспортных систем, так и для подхода, основанного на концепции устойчивого развития.

Задачи исследования:

- синтез результатов исследований подвижности населения в городах России, Восточной и Западной Европы за последние 50 лет;
- построение зависимостей между долей передвижения на легковых автомобилях и уровнем автомобилизации населения на основе полученных данных и теоретическое обобщение полученных результатов.

Материалы и методы исследования

Для получения необходимой информации по уровню автомобилизации населения и доле передвижений на легковых автомобилях по результатам ранее проведенных исследований и обеспечения их сопоставимости между собой применены следующие критерии отбора исследований:

- исследования подвижности населения осуществлялись путем опроса жителей города, проведенных в формате личного интервью, по телефону или по почте;
- опрос обеспечивал сбор информации об индивидуальных и семейных характеристиках респондентов, а также информацию о передвижениях, совершенных в будний день (как правило, в день, предшествующий проведению опроса);

- информация собиралась обо всех передвижениях вне зависимости от цели передвижения, времени начала осуществления передвижения, начального и конечного пункта осуществления передвижений;
- период проведения опроса не выпадал на праздники и летние месяцы (июль или август);
- объем выборки составлял не менее 500 человек. Репрезентативность выборки обеспечена по полу, возрасту и географическому положению;
- способы передвижения, учитываемые в исследовании, включали автомобиль, общественный транспорт, велосипед и пешком;
- короткие передвижения пешком (на расстояние менее 200-400 метров) не учитывались.

В соответствии с данными критериями отобраны 187 исследований подвижности населения в 60 городах из 5 стран:

- 8 исследований в 5 городах России (до 1991 года – СССР) за период с 1965 по 2018 год; [1, 2, 3, 4]
- 64 исследования в 21 городе Восточной Германии (до 1990 года – ГДР) за период с 1972 по 2008 год (программа SrV, Технический университет г. Дрездена) [14];
- 99 исследований в 32 городах Франции за период с 1975 по 2017 год (в соответствии со стандартом CERTU) [10];
- 16 исследований в г. Вене (Австрия) и г. Цюрихе (Швейцария) с 1990 по 2018 год [17, 19].

В подавляющем большинстве исследований уровень автомобилизации населения определяется по результатам опроса населения на основе данных о размере домохозяйства и количестве автомобилей в домохозяйстве. Для ряда городов России (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург) доступные данные исследований подвижности населения не включали данную информацию. Определение уровня автомобилизации осуществлялось на основе статистических данных о численности населения города и количестве зарегистрированных легковых автомобилей, находящихся в собственности жителей.

Уровни автомобилизации населения в городах России (таблица 3) для рассматриваемого набора исследований находятся в диапазоне от 5 до 350 легковых автомобилей на 1000 жителей, в городах Восточной Германии – от 60 до 460, в городах Франции – от 250 до 620. Совместное использование массивов данных позволяет построить закономерности в широком диапазоне значений уровня автомобилизации населения городов.

Таблица 3.

Показатели подвижности населения в ряде городов России

Город	Год	Уровень автомобилизации, авт. / 1000 жит.	Подвижность, передви. / чел. / сутки	Доля передвижений, %			
				Легковой автомобиль	Общественный транспорт	Велосипед	Пешком
Екатеринбург (до 1991 года Свердловск) [1, 2]	1965	8	н/д	3	47	0	50
	1985	48	н/д	4	45	0	51
	2000	126	2,3	9	50	0	41
	2007	240	2,3	21	41	0	38
Красноярск	2018	331	2,5	51	28	0	21
Москва [4]	2015	291	3,2	32	47	0	21
Санкт-Петербург[3]	2004	205	2,0	18	67	0	15
Южно-Сахалинск	2016	345	3,1	58	20	0	22

Примечание: данные по Красноярску и Южно-Сахалинску – результаты исследований подвижности населения, проведенные ОАО «НИИАТ».

Для исследования взаимосвязи уровня автомобилизации населения и доли передвижений на легковых автомобилях в данной работе использовался регрессионный анализ.

Результаты исследования и обсуждение

В ряде городов исследования подвижности населения проводились достаточно регулярно, что позволяет проследить динамику изменения уровня автомобилизации населения и доли передвижений на легковых автомобилях во времени (рисунок 1). Для рассмотренных городов (Дрезден, Лион, Тулуза и других) можно выделить три фазы:

- фаза 1: уровень автомобилизации населения растет, доля передвижений на легковых автомобилях также растет;
- фаза 2: уровень автомобилизации населения растет, доля передвижений на легковых автомобилях стабилизируется или снижается;
- фаза 3: доля передвижений на легковых автомобилях снижается, уровень автомобилизации населения также снижается.

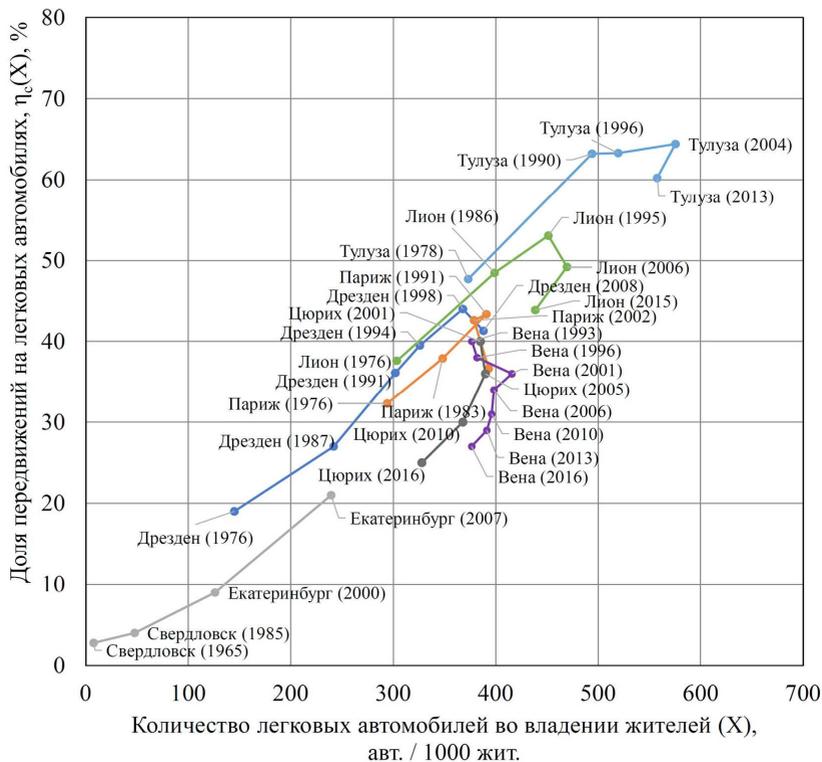


Рис. 1. Изменение уровня автомобилизации населения и доли передвижений на легковых автомобилях во времени

Фаза 1 характеризуется инерционным подходом к развитию транспортной системы. По мере реализации подхода, основанного на концепции устойчивого развития, люди начинают мень-

ше использовать автомобиль для осуществления передвижений, но автомобилизация пока продолжает расти по инерции (фаза 2). Люди, в виду имеющихся транспортных привычек, далеко не сразу адаптируются к новым условиям функционирования транспортной системы. Постепенно начинает снижаться и уровень автомобилизации населения (фаза 3).

Точка перехода с фазы 1 на фазу 2 для городов Восточной Германии и Франции приходится на период с 1990 по 2000 год, а фаза 3 начинается примерно с 2005 года. В Вене и Цюрихе данные процессы начались примерно на 10 лет раньше. В российских городах в целом продолжает реализовываться инерционный подход к развитию транспортных систем. Имеющиеся данные по российским городам соответствуют фазе 1.

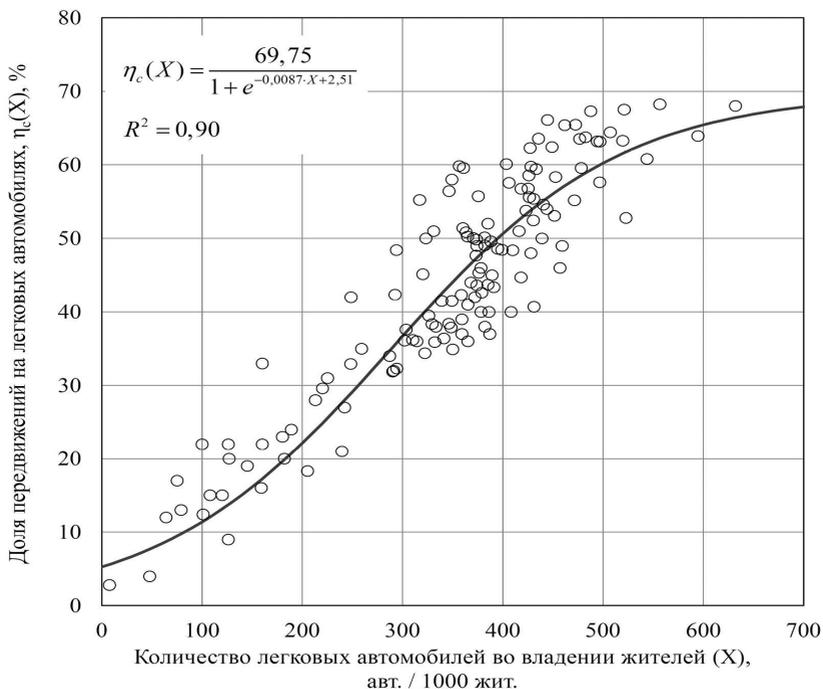


Рис. 2. Зависимость доли передвижений на легковых автомобилях от уровня автомобилизации населения (фаза 1)

Около 70% всех данных исследований подвижности населения соответствуют периоду реализации инерционного подхода к развитию транспортных систем городов (фаза 1). Если принять результаты каждого исследования в виде независимого наблюдения, можно построить регрессионную зависимость между уровнем автомобилизации населения и долей передвижений на легковых автомобилях. Зависимость хорошо описывается логистической кривой (рисунок 2). Пороговое значение доли передвижений на легковых автомобилях составляет около 70%.

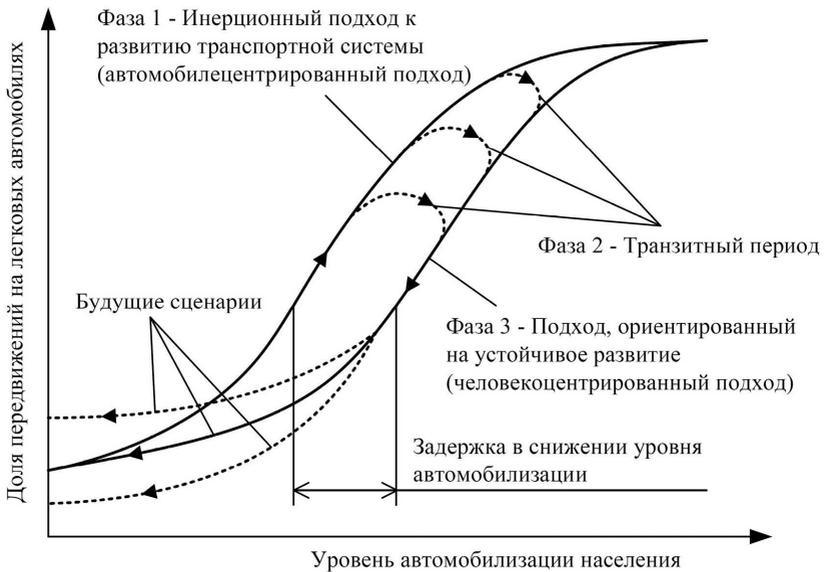


Рис. 3. Теоретическое обобщение результатов исследования

Для ряда городов (Дрезден, Лион, Тулуза и др.) одному и тому же значению доли передвижений на легковом автомобиле на фазах 1 и 3 соответствуют два разных значения уровня автомобилизации населения (см. рисунок 1). Можно предположить, что при переходе от инерционного подхода к развитию транспортных систем к подходу, основанному на концепции устойчивого развития, имеет место явление гистерезиса – задержки в снижении уровня

автомобилизации (рисунок 3). У людей сохраняются автомобили во владении, но используются автомобили существенно меньше. Молодые люди при этом всё меньше стремятся к приобретению собственного автомобиля.

Достижения в области беспилотного транспорта, цифровизации различных сфер жизнедеятельности, развития экономики совместного потребления будут оказывать существенное влияние на транспортное поведение людей. Ожидается, что сервисы беспилотного такси со временем заменят сервисы традиционного такси и каршеринга и удовлетворят большую часть имеющихся потребностей в использовании личных автомобилей. Можно предположить, что по мере развития беспилотного транспорта потребность во владении автомобилями будет радикально снижаться.

Выводы

В данном исследовании определены взаимосвязи между долей передвижения на легковых автомобилях и уровнем автомобилизации населения в зависимости от проводимой транспортной политики на основе синтеза результатов исследований подвижности населения в городах России, Восточной и Западной Европы за последние 50 лет.

В рамках инерционного подхода к развитию транспортных систем рост уровня автомобилизации населения вызывает рост доли передвижений на легковых автомобилях. Зависимость хорошо описывается логистической функцией. Пороговое значение доли передвижений на легковых автомобилях составляет около 70%.

В рамках подхода, основанного на концепции устойчивого развития, применяемые мероприятия по снижению доли передвижений на легковых автомобилях вызывают снижение уровня автомобилизации населения. Такое снижение происходит с задержкой, связанной с инерцией изменения транспортного поведения людей.

Теоретическое обобщение полученных результатов позволяет сделать вывод, что по мере внедрения подходов, основанных на концепции устойчивого развития, доля передвижений на лег-

ковых автомобилях и уровень автомобилизации населения будут снижаться. Дальнейшему снижению уровня автомобилизации населения будут способствовать также достижения в области беспилотного транспорта, цифровизации различных сфер жизнедеятельности, развития экономики совместного потребления.

Список литературы

1. Булавина, Л.В. Передвижения жителей Екатеринбурга в 2007 году / Л.В. Булавина // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2008. Режим доступа: <http://www.waksman.ru/Russian/2008/V.htm> (дата обращения: 20.03.2019).
2. Долгосрочная динамика показателей использования легкового индивидуального автотранспорта в крупном городе / С.А. Ваксман, К.А. Зонов, Г.В. Ушакова, Ю.В. Сыпина // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния / Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 1999. С. 75-79.
3. Истомина Л.Ю. Исследование спроса населения на передвижения при планировании развития транспортного комплекса / Л.Ю. Истомина // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XX Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург. 2014. С. 154-166.
4. Транспортная модель Московского региона / А.Э. Воробьев, А.Ю. Титов, В.А. Гаврилин, А.Ю. Меньшутин, И.А. Бахирев // Вычислительные технологии в естественных науках. Методы суперкомпьютерного моделирования: Сборник трудов. Сер. «Механика, управление и информатика». Москва. 2015. С. 49-62.
5. Цели в области устойчивого развития. 17 целей преобразования нашего мира [Электронный ресурс] / Сайт Организации Объединенных Наций. Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/> (дата обращения: 09.08.2020).

6. Bastian A. Explaining “peak car” with economic variables / A. Bastian, M. Börjesson, J. Eliasson // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2016. No. 88. P. 236-250.
7. Dargay, J. The effect of income on car ownership: evidence of asymmetry / J. Dargay // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2001. No. 35(9). P. 807-821.
8. Dargay, J. Income’s effect on car and vehicle ownership, worldwide: 1960–2015 / J. Dargay, D. Gately // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 1999. No. 33(2). P. 101-138.
9. Klein, N. Millennials and car ownership: Less money, fewer cars / N. Klein, M. Smart // *Transport Policy*. 2017. No. 53. P. 20-29.
10. L’enquête ménages déplacements, méthode standard CERTU. Режим доступа: <https://www.cerema.fr> (дата обращения: 20.03.2019).
11. Matas, A., Raymond, J. Changes in the structure of car ownership in Spain / A. Matas, J. Raymond // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2008. No. 42(1). P. 187-202.
12. Nolan, A. A dynamic analysis of household car ownership / A. Nolan // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2010. No. 44(6). P. 446-455.
13. Ortúzar, J. de L. *Modelling Transport* / J. de L. Ortúzar, L.G. Willumsen. John Wiley & Sons Ltd. 2011. 586 p.
14. Projekt Mobilität in Städten – SrV. Режим доступа: <https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/> (дата обращения: 20.03.2019).
15. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1987. Режим доступа: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата обращения: 20.03.2019).
16. Ritter, N. Do fewer people mean fewer cars? Population decline and car ownership in Germany / N. Ritter, C. Vance // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2013. No. 50, P. 74-85. (дата обращения: 20.03.2019).
17. STEP 2025 Thematic concept. Urban mobility plan. Режим доступа: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008443.pdf> (дата обращения: 20.03.2019).

18. Transportation Demand Management. Training Document. - Режим доступа: <https://www.sutp.org/publications/transportation-demand-management/> (дата обращения: 20.03.2019).
19. Urban traffic program “Stadtverkehr 2025”. Zurich. 2012. 40 p. Режим доступа: <https://www.stadt-zue-rich.ch/> (дата обращения: 20.03.2019).
20. Vienna tops Mercer’s 20th Quality of Living ranking. Режим доступа: <https://www.mercer.com/newsroom/2018-quality-of-living-survey.html> (дата обращения: 20.03.2019).

References

1. Bulavina L.V. Peredvizhenija zhitelej Ekaterinburga v 2007 godu [Mobility within Ekaterinburg in 2007]. *Social’no-jekonomicheskie problemy razvitija transportnyh sistem gorodov i zon ih vlijaniya: materialy XIV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Socio-economic problems of the development of transport systems of cities and zones of their influence: materials of the XIV Intern. scientific-practical conf. Yekaterinburg, 2008]. URL: <http://www.waksman.ru/Russian/2008/V.htm>
2. Vaksman S.A., Zonov K.A., Ushakova G.V., Sypina Ju.V. Dolgosrochnaja dinamika pokazatelej ispol’zovanija legkovogo individual’nogo avtotransporta v krupnom gorode [Long term changes of car use indicators in large cities]. *Social’no-jekonomicheskie problemy razvitija transportnyh sistem gorodov i zon ih vlijaniya. Materialy V mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Socio-economic problems of the development of transport systems of cities and zones of their influence. Proceedings of the V International. scientific-practical conf.]. Ekaterinburg, 1999, pp. 75-79.
3. Vorob’jov A.Je., Titov A.Ju., Gavrilin V.A., Men’shutina A.Ju., Bahirev I.A. Transportnaja model’ Moskovskogo regiona [Moscow region transport model]. *Vychislitel’nye tehnologii v estestvennyh naukah. Metody superkomp’juternogo modelirovanija: Sbornik trudov. Ser. «Mehanika, upravlenie i informatika»* [Socio-economic problems of development and functioning of transport systems of cities and zones of their influence: materials of the XX Intern. scientific-practical conf.]. Moskva, 2015, pp. 49-62.
4. Istomina L.Ju. Issledovanie sprosа naselenija na peredvizhenija pri planirovanii razvitija transportnogo kompleksa [Travel demand stud-

- ies for transport development]. *Social'no-jekonomicheskie problemy razvitiya i funkcionirovaniya transportnyh sistem gorodov i zon ih vlijanija: materialy XX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Computational technologies in natural sciences. Supercomputer modeling methods: Proceedings. Ser. "Mechanics, Management and Informatics"]. Ekaterinburg, 2014, pp. 154-166.
5. *Tseli v oblasti ustoychivogo razvitiya. 17 tseley preobrazovaniya nashego mira* [Sustainable development goals. The 17 goals]. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/>
 6. Bastian, A., Börjesson, M., Eliasson, J. Explaining "peak car" with economic variables. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2016, no. 88, pp. 236-250.
 7. Dargay, J. The effect of income on car ownership: evidence of asymmetry. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2001, no. 35(9), pp. 807-821.
 8. Dargay, J., Gatley, D. Income's effect on car and vehicle ownership, worldwide: 1960–2015. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 1999, no. 33(2), pp. 101-138.
 9. Klein, N., Smart, M., Millennials and car ownership: Less money, fewer cars. *Transport Policy*, 2017, no. 53, pp. 20-29.
 10. L'enquête ménages déplacements, méthode standard CERTU. <https://www.cerema.fr>
 11. Matas, A., Raymond, J. Changes in the structure of car ownership in Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2008, no. 42(1), pp. 187-202.
 12. Nolan, A. A dynamic analysis of household car ownership. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2010, no. 44(6), pp. 446-455.
 13. Ortúzar, J. de L., Willumsen, L.G. *Modelling Transport*. John Wiley & Sons Ltd., 2011. 586 p.
 14. Projekt Mobilität in Städten – SrV. <https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/>
 15. Ritter, N., Vance, C. Do fewer people mean fewer cars? Population decline and car ownership in Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2013, no. 50, pp. 74-85.
 16. STEP 2025 Thematic concept. Urban mobility plan. <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008443.pdf>.

17. Transportation Demand Management. Training Document. <https://www.sutp.org/publications/transportation-demand-management/>
18. UN World Commission on Environment and Development, ed., Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1987. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
19. Urban traffic program “Stadtverkehr 2025”. Zurich City, 2012. 40 p. <https://www.stadt-zue-rich.ch/>
20. Vienna tops Mercer’s 20th Quality of Living ranking. <https://www.mercer.com/newsroom/2018-quality-of-living-survey.html>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Литвинов Александр Владимирович, аспирант

ОАО «НИИАТ»

125480, Россия, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24

alitvinov85@gmail.com

Донченко Вадим Валерианович, научный руководитель института, кандидат технических наук

ОАО «НИИАТ»

125480, Россия, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24

donchenko@niiat.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Litvinov Alexander Vladimirovich, PhD student

JSC NIIAT

24, Geroyev Panfilovtsev Str., Moscow, 125480, Russian Federation

alitvinov85@gmail.com

Donchenko Vadim Valerianovich, Research Director, PhD in Technical Sciences

JSC NIIAT

24, Geroyev Panfilovtsev Str., Moscow, 125480, Russian Federation

donchenko@niiat.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-83-98

УДК 629.331

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПО ПОПЕРЕЧНОМУ УКЛОНУ

Тихов-Тинников Д.А., Федотов А.И., Алексеев А.В.

В статье представлено аналитическое исследование влияния технического состояния системы поддрессоривания на параметры устойчивости автомобиля. Исследуется процесс движения по поперечному уклону при возмущенном состоянии подвески. В качестве оценочных параметров устойчивости движения предложено использовать величины бокового смещения, угла поворота и времени переходного процесса угловой скорости.

Цель – Теоретическое обоснование метода диагностирования подвески по кинематическим параметрам автомобиля.

Методы проведения работы: использованы методы математического моделирования и численные методы решения дифференциальных уравнений.

Результаты: разработан математический аппарат для аналитического исследования процесса движения автомобиля при изменении параметров технического состояния амортизаторов.

Область применения результатов: результаты могут быть использованы организациями и учреждениями, занимающихся разработкой методов диагностирования автотранспортных средств.

Ключевые слова: автомобиль; амортизатор; подвеска; математическая модель.

MATHEMATICAL MODEL OF THE VEHICLE MOVEMENT PROCESS ON A LATERAL INCLINE

Tikhov-Tinnikov D.A., Fedotov A.I., Alekseev A.V.

The article presents an analytical study of the influence of the technical state of the suspension system on the stability parameters of the vehicle.

The process of movement along the transverse slope with the disturbed state of the suspension is investigated. It is proposed to use the values of the lateral displacement, the angle of rotation and the time of the transient process of the angular velocity as the estimated parameters of motion stability.

Purpose – *Theoretical substantiation of the method for diagnosing the suspension by the kinematic parameters of the vehicle.*

Methodology *includes methods of mathematical modeling and numerical methods for solving differential equations.*

Results: *a mathematical apparatus was developed for the analytical study of the process of vehicle movement when changing the parameters of the technical state of shock absorbers.*

Practical implications: *the results can be used by organizations and institutions involved in the development of diagnostic methods for vehicles.*

Keywords: *car; shock absorber; suspension; mathematical model.*

Введение

В настоящее время исследование влияния технического состояния подвески на устойчивость автотранспортных средств (АТС) в условиях эксплуатации является актуальной научно-технической задачей [1-3], для решения которой используются теоретические [4-6] и экспериментальные методы научных исследований [7-12]. Для условий эксплуатации предлагается использовать дорожный метод контроля технического состояния подвески по критериям устойчивости при движении автомобиля по поперечному уклону и возмущённому состоянию подвески [13]. Проведение дорожного эксперимента требует тщательного планирования и подготовки. В связи с этим на текущем этапе работы исследование проводится аналитически с использованием методов математического моделирования. Для выполнения теоретических исследований необходимо разработать математическое описание исследуемых процессов в соответствии с нижеследующей постановкой задачи. АТС движется по ровному участку дороги с поперечным уклоном ε . На поверхности дороги расположена выступающая единичная неровность прямоугольной формы высотой h_{ir} и длиной l_{ir} . До момента наезда передни-

ми колесами на неровность за счёт рулевого управления обеспечивается траектория движения параллельная продольной оси дороги. Далее углы поворота управляемых колёс Θ_{11} и Θ_{12} остаются неизменными. В начальный момент времени скорость АТС равна нулю, затем скорость увеличивается до заданного уровня, который сохраняется до конца испытания. Требуется определить влияние технического состояния амортизаторов на траекторию движения АТС после взаимодействия колёс с единичной неровностью. Результатом аналитической работы должно стать теоретическое обоснование возможности выполнения оценки влияния технического состояния подвески на устойчивость движения АТС в условиях эксплуатации.

Методы и материалы

Для решения поставленной задачи разработана расчётная схема (рис.1). Движение автомобиля рассматривается в двух системах координат – подвижной и неподвижной.

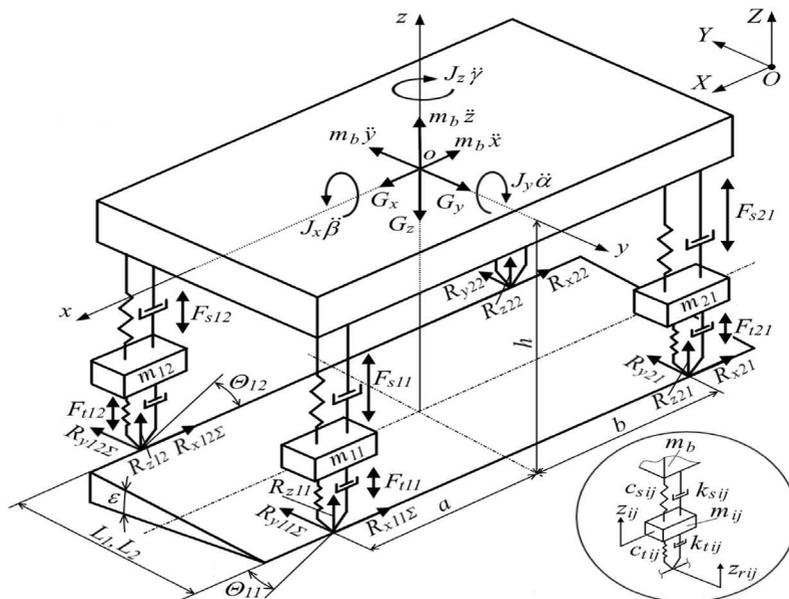


Рис. 1. Расчетная схема процесса движения АТС по поперечному уклону

Центр подвижной системы xuz постоянно связан с центром масс автомобиля. Ось ox совпадает с продольной осью автомобиля, ось ou с поперечной. Оси неподвижной системы координат XYZ параллельны горизонтальным и вертикальной осям пространства. Нулевые значения неподвижных координат определяются начальным положением центра масс автомобиля в момент времени $t=0$.

Для описания движения автомобиля рассмотрим систему, состоящую из четырёх неподрессоренных масс, взаимодействующих с опорной поверхностью и неподрессоренной массой посредством упругих и демпфирующих связей. В модели динамика поддрессоренной массы рассчитывается по принципу Даламбера по шести степеням свободы (1), а динамика неподрессоренных масс – только по вертикальной оси (2). Системы уравнений (1) и (2) являются нелинейными и для решения используем метод численного интегрирования Эйлера:

$$\begin{cases} m_b(\ddot{x} + \dot{\alpha}\dot{z} - \dot{\gamma}\dot{y}) = \Sigma F_x \\ m_b(\ddot{y} + \dot{\gamma}\dot{x} - \dot{\beta}\dot{z}) = \Sigma F_y \\ m_b(\ddot{z} + \dot{\beta}\dot{y} - \dot{\alpha}\dot{x}) = \Sigma F_z \\ J_x\ddot{\beta} + (J_z - J_y)\dot{\gamma}\dot{\alpha} = \Sigma M_x \\ J_y\ddot{\alpha} + (J_x - J_z)\dot{\beta}\dot{\gamma} = \Sigma M_y \\ J_z\ddot{\gamma} + (J_y - J_x)\dot{\alpha}\dot{\beta} = \Sigma M_z \end{cases} \quad (1)$$

$$\{m_{ij}\ddot{z}_{ij} = -m_{ij}g + F_{sij} + F_{tij}. \quad (2)$$

где: m_b – масса поддрессоренной части; \dot{x} , \dot{y} , \dot{z} и \ddot{x} , \ddot{y} , \ddot{z} – проекции векторов скорости и ускорения поддрессоренной массы на подвижную систему координат; $\dot{\alpha}$, $\dot{\beta}$, $\dot{\gamma}$ и $\ddot{\alpha}$, $\ddot{\beta}$, $\ddot{\gamma}$ – угловые скорости и ускорения поддрессоренной массы; J_x , J_y , J_z – осевые моменты инерции кузова АТС; ΣF_x , ΣF_y , ΣF_z – суммы проекций сил и реакций на оси подвижной системы координат, определяемые по выражениям (3-5); ΣM_x , ΣM_y , ΣM_z – суммы крутящих моментов от сил и реакций относительно осей подвижной системы координат (6-8); m_{ij} – масса неподрессоренной части (здесь и далее $i=1$ – передняя ось, $i=2$ – задняя ось, $j=1$ – левое колесо, $j=2$ – правое колесо); g – ускорение свободного падения; F_{sij} – усилия взаимодействия поддрессоренной

и неподдресоренной массы (9); F_{ij} – усилия взаимодействия неподдресоренной массы с опорной поверхностью дороги (10).

$$\Sigma F_x = G_x - R_{x11\Sigma} - R_{x12\Sigma} - R_{x21} - R_{x22}, \quad (3)$$

$$\Sigma F_y = -G_y - R_{y11\Sigma} + R_{y12\Sigma} + R_{y21} + R_{y22}, \quad (4)$$

$$\Sigma F_z = -G_z + F_{s11} + F_{s12} + F_{s21} + F_{s22}, \quad (5)$$

$$\Sigma M_x = 0.5((F_{s12} - F_{s11})L_1 + (F_{s22} - F_{s21})L_2) - (R_{y11\Sigma}(h - z_{r11}) + R_{y12\Sigma}(h - z_{r12}) + R_{y21}(h - z_{r21}) + R_{y22}(h - z_{r22})), \quad (6)$$

$$\Sigma M_y = (F_{s11} + F_{s12})a - (F_{s21} - F_{s22})b - R_{x11\Sigma}(h - z_{r11}) - R_{x12\Sigma}(h - z_{r12}) - R_{x21}(h - z_{r21}) - R_{x22}(h - z_{r22}), \quad (7)$$

$$\Sigma M_z = (R_{y11\Sigma} + R_{y12\Sigma})a - (R_{y21} + R_{y22})b + 0.5((R_{x11\Sigma} - R_{x12\Sigma})L_1 + (R_{x21} - R_{x22})L_2), \quad (8)$$

$$F_{sij} = c_{sij}(z_{ij} - z_{sij}) + k_{sij}(\dot{z}_{ij} - \dot{z}_{sij}), \quad (9)$$

$$F_{tij} = c_{tij}(z_{rij} - z_{ij}) + k_{tij}(\dot{z}_{rij} - \dot{z}_{ij}). \quad (10)$$

В уравнениях (3-10): G_x , G_y и G_z – проекции веса поддресоренной части на оси подвижной системы координат (11 - 13); $R_{x1\Sigma}$ и $R_{y1\Sigma}$ – суммы проекций продольных и поперечных реакций передних колес на оси ox и oy соответственно (14, 15); R_{xij} и R_{yij} – продольные и поперечные реакции колес; L_1 и L_2 – колеи передних и задних колес; h – вертикальная координата центра масс (17); z_{ij} и \dot{z}_{ij} – вертикальная координата и вертикальная скорость неподдресоренных масс; z_{sij} и \dot{z}_{sij} – вертикальные координаты (17) и скорости поддресоренной массы над точками контакта колес с опорной поверхностью (18); z_{rij} и \dot{z}_{rij} – вертикальная координата и условная вертикальная скорость опорной поверхности по колесам автомобиля; a и b – расстояние от передней и задней осей до центра масс; c_{sij} – жесткость подвески; k_{sij} – коэффициент демпфирования амортизатора; c_{tij} – жесткость шины; k_{tij} – коэффициент демпфирования шины.

$$G_x = m_b g \sin(\varepsilon) \sin(\gamma) , \quad (11)$$

$$G_y = m_b g \sin(\varepsilon) \cos(\gamma) , \quad (12)$$

$$G_z = m_b g \cos(\varepsilon) , \quad (13)$$

$$R_{x1jz} = R_{x1j} \cos \theta_{1j} + R_{y1j} \sin \theta_{1j} , \quad (14)$$

$$R_{y1jz} = R_{y1j} \cos \theta_{1j} - R_{x1j} \sin \theta_{1j} , \quad (15)$$

$$h = (h_d - z_{st} + z) , \quad (16)$$

$$z_{sij} = z + (3 - 2i)(a(2 - i) + b(i - 1)) \sin \alpha - (1.5 - j) L_j \sin \beta \quad (17)$$

В уравнениях (11-17): γ – накопленный угол поворота автомобиля; θ_1 – угол поворота переднего левого колеса; θ_2 – угол поворота переднего правого колеса; α и β – углы поворота поддрессоренной массы относительно осей ox и oy соответственно; h_d – высота центра масс; h_{st} – вертикальная координата центра масс при статическом прогибе подвески; z – текущая вертикальная координата центра масс.

Продольные и поперечные реакции R_{xij} и R_{yij} в пятне контакта рассчитываются на основе нормированной функции проскальзывания по методике [14] .

Единичная неровность задается в виде функции, описывающей сглаживающую способность шины [15].

Скорость бокового смещения V_y относительно неподвижной системы координат определяется уравнением

$$V_y = \dot{x}_b \sin \gamma + \dot{y}_b \cos \gamma . \quad (18)$$

Прямолинейное движение АТС до момента наезда на неровность определяется обеспечивается изменениям углов поворота колес передней оси θ_1 и θ_2 . В зависимости от текущего положения АТС каждый из углов может являться как внутренним θ_{int} так и наружным θ_{out} по отношению траектории движения. Коррекция расчетной траектории производится по углу поворота внутреннего колеса

$$\theta_{int} = \theta_{int}^* - k_\theta V_y . \quad (19)$$

где: θ_{int}^* – значение угла поворота внутреннего колеса на предыдущем шаге интегрирования, k_θ – параметр, определяющий зависимость приращения угла поворота внутреннего колеса от скорости бокового смещения V_y , имеющий размерность сек/м.

Из известного соотношения углов поворота управляемых колес определяется значение угла поворота внешнего колеса

$$\theta_{out} = \text{arccctg}(\text{ctg } \theta_{int} + L_1/(a + b)). \quad (20)$$

Определение принадлежности углов θ_1 и θ_2 к внутреннему и внешнему колесу осуществляется с использованием системы логических выражений

$$\begin{cases} V_Y = 0 \Rightarrow \theta_1 = 0 \Rightarrow \theta_2 = 0 \\ V_Y \neq 0 \wedge \theta_1 \geq 0 \Rightarrow \theta_1 = \theta_{int} \Rightarrow \theta_2 = \theta_{out} \\ V_Y \neq 0 \wedge \theta_1 < 0 \Rightarrow \theta_1 = \theta_{out} \Rightarrow \theta_2 = \theta_{int} \end{cases} \quad (21)$$

Выражения (1-21) составляют основу разработанной компьютерной программы [16] для расчета параметров движения АТС по уклону с переездом единичной неровности. При выполнении расчетов использовался пакет прикладных математических программ Scilab [17].

Результаты

Используя разработанное математическое описание моделировалось движение механического транспортного средства категории М1, параметры которого аналогичными, описанным в источнике [18]. Высота единичной неровности $h_{ir} = 0,05$ м, длина $l_{ir} = 0,05$ м. Разгон АТС осуществлялся до скорости 10 м/с. В результате получены траектории движения АТС при различных углах поперечного уклона ε от 5^0 до 35^0 с шагом 5^0 (рис. 1).

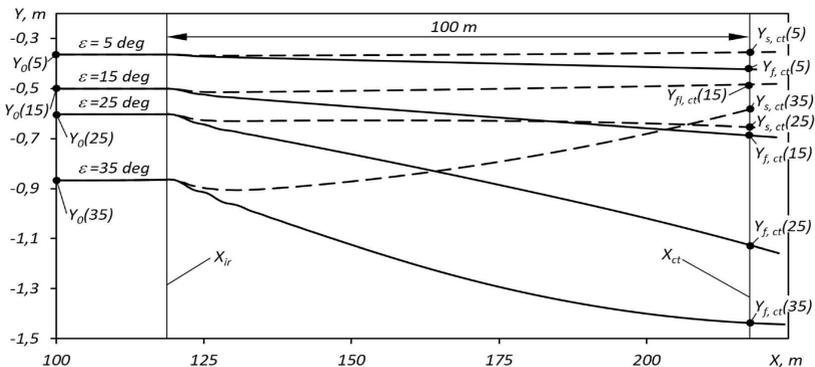


Рис. 1. Расчетные траектории движения АТС при различных углах поперечного уклона ε

Пунктирными линиями на рис. 1 показаны траектории движения автомобиля с исправной подвеской, сплошными – с четырьмя неисправными амортизаторами. Усилия, развиваемые неисправными амортизаторами, составляли 20% от нормативного значения. Линия X_{ir} обозначает абсциссу расположения в системе неподвижных координат продольной оси единичной неровности. Линия X_{ct} соответствует прохождению АТС контрольного участка длиной 100 м.

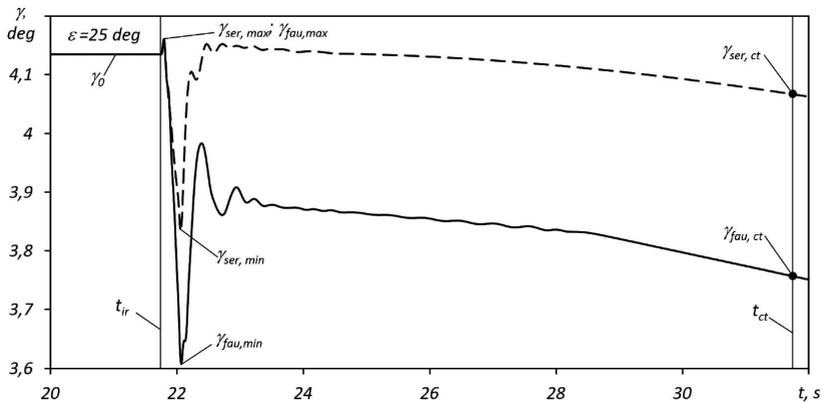


Рис. 2. Расчетная характеристика изменения угла поворота γ от времени при движении АТС по опорной поверхности с поперечным уклоном

Для каждой траектории также были рассчитаны зависимости изменения угла поворота γ от времени. На рис. 2 представлены характеристики, полученные при моделировании движения АТС по поперечному уклону при $\varepsilon = 25^\circ$. Пунктирная линия соответствует исправной подвеске, сплошная – неисправной.

По аналогии с графиками траекторий движения, здесь t_{ir} обозначает время наезда передних колес на единичную неровность, t_{ct} – время проезда контрольного участка.

Обсуждение и заключение

Анализ расчетных траекторий движения (рис. 1) позволяет охарактеризовать некоторые свойства разработанной математической

модели. В частности, при движении по поперечному уклону до наезда на единичную неровность прямолинейная траектория находится на некотором смещении от нулевой ординаты горизонтальной плоскости. Чем больше ε тем сильнее смещение. Указанную особенность необходимо учитывать при выполнении совместного анализа траекторий движения АТС, полученных при разных значениях величины бокового уклона ε . Потребуется дополнительная математическая обработка результатов расчета в целях приведения ординат траекторий $Y_0(\varepsilon)$ к одному уровню в момент наезда АТС на единичную неровность.

Моделирование движения на контрольном участке показывает, что при возрастании величины поперечного уклона повышается чувствительность модели к изменению технического состояния подвески, т.е. наблюдается увеличение расстояния между контрольными точками $Y_{s,ct}(\varepsilon)$ и $Y_{f,ct}(\varepsilon)$ для исправного и неисправного состояний подвески соответственно. Однако, при $\varepsilon > 25^\circ$ расчетная траектория АТС с исправной подвеской претерпевает качественные изменения по сравнению с траекториями меньших уклонов. Направление движения меняется на обратное и АТС двигается вверх по уклону. Данное явление объясняется применением в модели упрощенного математического аппарата (21) для регулирования прямолинейного движения, который не обеспечивает стабилизацию углов поворота управляемых колес на одном уровне до момента наезда на неровность. В связи с этим область определения модели по углу поперечного уклона ограничивается диапазоном от 0° до 25° .

Модель также показывает наличие чувствительности угла поворота γ к изменению технического состояния подвески (рис. 2). При этом о состоянии подвески можно судить как по разности накопленных значений углов $\gamma_{ser, ct} - \gamma_{fau, ct}$, рассчитанных в конце проезда контрольного участка, так и по разности минимальных значений $\gamma_{ser, min} - \gamma_{fau, min}$, определяемых после проезда АТС единичной неровности.

В классической теории автомобиля [19] оценку устойчивости движения АТС дают по характеру изменения первой производной

угла поворота $\omega = d\gamma/dt$. На рис. 3 представлены зависимости изменения угловой скорости от времени для АТС с исправной и с неисправной подвеской.

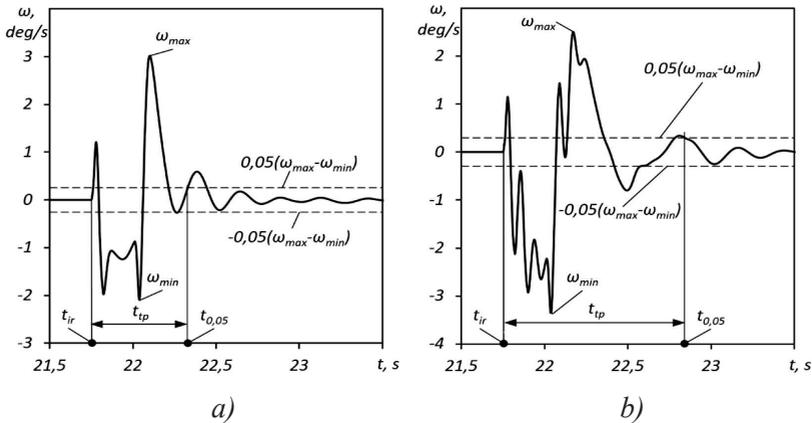


Рис. 3. Изменение угловой скорости АТС ω (расчет на модели) после переезда единичной неровности при движении по поперечному уклону $\epsilon = 25^\circ$. Подвеска: а) – исправная, б) – неисправная.

Оценочным параметром в этом случае является время протекания переходного процесса, определяемое моментом стабилизации угловой скорости в диапазоне $\pm 5\%$ от величины максимальной амплитуды колебания $\omega_{max} - \omega_{min}$. Расчеты показывают наличие влияния параметров технического состояния подвески на время переходного процесса. Снижение усилия демпфирования амортизаторов до 20% от номинального значения увеличивает время переходного процесса t_{ip} на 56,5 %.

Таким образом, разработанная математическая модель процесса движения автомобиля по поперечному уклону с переездом единичной неровности свидетельствует о теоретической возможности выполнения в условиях эксплуатации оценки влияния технического состояния подвески на устойчивость движения АТС. Критериями оценки могут быть параметры, измеряемые при движении автомобиля после проезда единичной неровности: боковое смещение, угол поворота и время переходного процесса угловой скорости.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Федотов А.И., Лысенко А.В., Тихов-Тинников Д.А. Контроль технического состояния подвески автомобилей в условиях эксплуатации методом движения по окружности // Автомобиль для Сибири и Крайнего Севера. Конструкция, эксплуатация, экономика: материалы 90-й Международной научно-технической конференции. Иркутск: ИРНТУ, 2015. С. 232-237.
2. Кузнецов Н.Ю. Контроль технического состояния автомобильных амортизаторов на основе характеристик сцепления шин с опорной поверхностью: дис. ... канд. тех. наук. Иркутск, 2019. 221 с.
3. Лысенко А.В. Дорожный метод контроля технического состояния амортизаторов в условиях эксплуатации: дис. ... канд. тех. наук. Иркутск, 2019. 293 с.
4. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / Хачатуров А.А., Афанасьев В.Л., Васильев В.С., Гольдин Г.В., Додонов Б.М., Жигарев В.П., Кольцов В.И., Юрик В.С., Яковлев Е.И. Под ред. Хачатурова А.А. М: Машиностроение, 1976. 535 с.
5. Малюгин П.Н., Немчинов Д.В. Торможение колеса на косогоре // Сборник материалов II Национальной научно-практической конференции «Образование. Транспорт. Инновации. Строительство». Омск: СибАДИ, 2019. С. 290-293.
6. Simniceanu L. The Study of the Car's Stability Using a Simplified Model // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. №568(1). doi:10.1088/1757-899x/568/1/012053
7. Кузнецов Н.Ю., Лысенко А.В., Зедгенизов В.Г. Экспериментальное исследование процесса переезда автомобилем единичной неровности // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 11 (130). С. 191-198.
8. Кичигин Д.В., Зарщиков А.М. Стенд для испытания автомобильных шин в тормозном режиме // Сборник материалов II Наци-

- ональной научно-практической конференции «Образование. Транспорт. Инновации. Строительство». Омск: СибАДИ, 2019. С. 111-114.
9. Назарько О.А. Экспериментальное исследование устойчивости легкового автомобиля в тяговом режиме движения с помощью датчиков линейного ускорения // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2012. № 36. С. 26-29.
 10. Prochowski L., Pusty T., Gidlewski M., Jemioł L. Experimental studies of the car-trailer system when passing by a suddenly appearing obstacle in the aspect of active safety of autonomous vehicles // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. №421(3). doi:10.1088/1757-899x/421/3/032024
 11. Heerwan P.M., Asyraf S.M., Efistein A.N., Seah C.H., Zikri J.M., Syawahieda, J.N. Experimental study of the vehicle dynamics behavior during lane changing in different speeds // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. №257(1). doi:10.1088/1757-899x/257/1/012078.
 12. Abdullah M.A., Jamil J.F., Salim M.A. Dynamic performances analysis of a real vehicle driving // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. №100(1). doi: 10.1088/1757-899X/100/1/012017
 13. Федотов А.И., Лысенко А.В., Тихов-Тинников Д.А., Контроль технического состояния подвески автомобилей в условиях эксплуатации методом движения по поперечному уклону // Журнал автомобильных инженеров. 2015. № 6. С. 51-53.
 14. Дик А.Б. Расчет стационарных и нестационарных характеристик тормозящего колеса при движении с уводом: дис. ... канд. тех. наук. Омск, 1988. 228 с.
 15. Неволин Д.Г., Новосёлов Л.И. Математическое моделирование динамического процесса в подвески полуприцепа // Транспорт Урала. 2014. №4. С. 119-122
 16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020660484. Расчет параметров процесса движения автомобиля по уклону с переездом единичной неровности / Тихов-Тинников Д.А., Федотов А.И. – Заявка №2020619758. Дата

поступления 02 сентября 2020 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 04 сентября 2020 г.

17. Scilab URL: <https://www.scilab.org/> (дата обращения: 13.10.2020).
18. Fedotov A.I., Tikhov-Tinnikov D.A., Ovchinnikova N.I., Lysenko A.V. Simulation of car movement along circular path // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. №87(8). doi:10.1088/1755-1315/87/8/082018
19. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». М.: Машиностроение, 1989. 240 с.

References

1. Fedotov A.I., Lysenko A.V., Tikhov-Tinnikov D.A. *Materialy 90-j Mezhduнародnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Avtomobil' dlja Sibiri i Krajnego Severa. Konstrukcija, jekspluatacija, jekonomika»* [Materials of the 90th International Scientific and Technical Conference “Car for Siberia and the Far North. Design, operation, economy”]. Irkutsk, 2015. pp. 232-237.
2. Kuznecov N.Ju. *Kontrol' tehničeskogo sostojanija avtomobil'nyh amortizatorov na osnove harakteristik sčeplenija шин s opornoj poverhnost'ju* [Monitoring the technical condition of automobile shock absorbers based on tire grip characteristics]. Irkutsk: dis. ... cand. tech. sci., 2019. 221 p.
3. Lysenko A.V. *Dorozhnyj metod kontrolja tehničeskogo sostojanija amortizatorov v uslovijah jekspluatacii* [Road method for monitoring the technical condition of shock absorbers under operating conditions]. Irkutsk: dis. ... cand. tech. sci., 2019. 293 p.
4. Hachaturov A.A., Afanas'ev V.L., Vasil'ev V.S., Gol'din G.V., Dodonov B.M., Zhigarev V.P., Kol'cov V.I., Jurik V.S., Jakovlev E.I. *Dinamika sistemy doroga – shina – avtomobil' – voditel'* [Dynamics of a system road - tyre - car – driver]. Moscow: Mashinostroenie, 1976. 535 p.
5. Maljugin P.N., Nemchinov D.V. *Sbornik materialov II Nacional'noj nauchno-praktičeskoy konferencii “Obrazovanie. Transport. Innovacii. Stroitel'stvo”* [Compilation of materials of the II National Sci-

- entific and Practical Conference “Education. Transport. Innovations. Construction”]. Omsk, 2019. pp. 290-293.
6. Simniceanu L. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 568 (2019). doi:10.1088/1757-899x/568/1/012053
 7. Kuznecov N.Ju., Lysenko A.V., Zedgenizov V.G. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, no.11 (2017): 191-198.
 8. Kichigin D.V., Zarshhikov A.M. “*Obrazovanie. Transport. Innovacii. Stroitel'stvo*” [Compilation of materials of the II National Scientific and Practical Conference “Education. Transport. Innovations. Construction”]. Omsk, 2019. pp. 111-114.
 9. Nazar'ko O. A. *Uchenye zapiski Krymskogo inženerno-pedagogičeskogo universiteta*, no.36 (2012): 26-29.
 10. Prochowski L., Pusty T., Gidlewski M., Jemioł L. Experimental studies of the car-trailer system when passing by a suddenly appearing obstacle in the aspect of active safety of autonomous vehicles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. №421(3). doi:10.1088/1757-899x/421/3/032024
 11. Heerwan P.M., Asyraf S.M., Efistein A.N., Seah C.H., Zikri J.M., Syawahida, J.N. Experimental study of the vehicle dynamics behavior during lane changing in different speeds. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. №257(1). doi:10.1088/1757-899x/257/1/012078.
 12. Abdullah M.A., Jamil J.F., Salim M.A. Dynamic performances analysis of a real vehicle driving. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2015. №100(1). doi: 10.1088/1757-899X/100/1/012017
 13. Fedotov A.I., Lysenko A.V., Tikhov-Tinnikov D.A. *Zhurnal avtomobil'nyh inženerov*, no.6 (2015): 51-53.
 14. Dik A.B. *Raschet stacionarnyh i nestacionarnyh karakteristik tormozjashhego koleasa pri dvizhenii s uvodom* [Calculation of Stationary and Non-Stationary Characteristics of the Brake Wheel when Driving with a Slip Angle]. Omsk dis. ... cand. tech. sci., 1988. 228 p.
 15. Nevolin D.G., Novoselov L.I. *Transport Urala*, no.4 (2014): 119-122.
 16. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM №2020660484. Raschet parametrov processa dvizhenija avtomobilja po uklonu s perezdom edinichnoj nerovnosti / Tikhov-Tinnikov D.A., Fedo-*

- tov A.I. – *Zajavka №2020619758. Data postuplenija 02 sentjabrja 2020 g. Zaregistrirano v Reestre programm dlja JeVM 04 sentjabrja 2020 g.* [Certificate of state registration of the computer program No. 2020660484. Calculation of the parameters of the process of movement of the car along the slope with the crossing of a single unevenness / Tikhov-Tinnikov D.A., Fedotov A.I. - Application No. 2020619758. Date of receipt September 2, 2020. Registered in the Register of computer programs September 4, 2020.]
17. *Scilab*. URL: <https://www.scilab.org/> (accessed October 10, 2020)
18. Fedotov A.I., Tikhov-Tinnikov D.A., Ovchinnikova N.I., Lysenko A.V. Simulation of car movement along circular path. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. №87(8). doi:10.1088/1755-1315/87/8/082018
19. Litvinov A.S., Farobin Ya.E. *Avtomobil': Teorija jekspluatacionnyh svojstv: Uchebnik dlja vuzov po special'nosti «Avtomobili i avtomobil'noe hozjajstvo»* [Automobile: Theory of operational properties: A textbook for universities in the specialty “Automobiles and Automotive Industry”]. M.: Mashinostroenie, 1989. 240 p.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Тихов-Тинников Дмитрий Анатольевич, старший научный сотрудник управления научных исследований, кандидат технических наук, доцент
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
ул. Ключевская, 40В, строение 1, г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, 670013, Российская Федерация
dm_tt@mail.ru

Федотов Александр Иванович, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, доктор технических наук, профессор
Иркутский национальный исследовательский технический университет
ул. Лермонтова, 83, г. Иркутск, Иркутская область, 664074, Российская Федерация
fai.abs@yandex.ru

Алексеев Алексей Васильевич, доцент кафедры «Автомобили»,
кандидат технических наук
*Восточно-Сибирский государственный университет тех-
нологий и управления*
ул. Ключевская, 40В, строение 1, г. Улан-Удэ, Республика
Бурятия, 670013, Российская Федерация
kafautoalexey@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Tikhov-Tinnikov Dmitry Anatolyevich, Senior Researcher at the Re-
search Department, Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor
East Siberian State University of Technology and Management
40B/1, Klyuchevskaya St., Ulan-Ude, Republic of Buryatia,
670013, Russian Federation
dm_tt@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0912-4109

Fedotov Alexander Ivanovich, Head of the Department of Road
Transport, *Doctor of Technical Sciences, Professor*
Irkutsk National Research Technical University
83, Lermontov St., Irkutsk, Irkutsk region, 664074, Russian Fe-
deration
fai.abs@yandex.ru
Scopus Author ID: 56341065000

Alekseev Alexey Vasilyevich, Associate Professor of the Department
of Cars, Candidate of Technical Sciences
East Siberian State University of Technology and Manage-
ment
40B/1, Klyuchevskaya St., Ulan-Ude, Republic of Buryatia,
670013, Russian Federation
kafautoalexey@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4279-0683

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-99-113

УДК 629.01

КОМПЕТЕНТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВЩИКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ДЛЯ СУДОВЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Хоанг К.К., Авксентьева Е.Ю., Нгуен К.К.

В статье рассмотрен жизненный цикл печатных плат судовых интегрированных систем управления (СИСУ), в котором описаны особенности проектирования и изготовления печатных плат СИСУ. Представлены обобщенный маршрут проектирования печатных плат СИСУ и схема принятия проектных решений в процессе проектирования печатных плат СИСУ, которые позволяют уменьшать затраты на конструкторские работы и повышать качество инженерных работ.

Исследование носит обзорный характер и подойдет для подготовки методического обеспечения обучения автоматизированному проектированию (АПР) печатных плат СИСУ. Описанные в статье компетенции проектировщика позволяют сформулировать требования к квалификации проектировщиков на судовых предприятиях и выпускникам морских технических вузов.

Разработанная компетентностная модель проектировщика позволяет определить содержание обучения и может использоваться для разработки адаптивной системы обучения проектированию печатных плат СИСУ.

Ключевые слова: *профиль проектировщика; компетенция проектировщика; печатная плата; судовые интегрированные системы управления; проектно-производственная среда; проектная деятельность персонала; автоматизированное проектирование.*

ANALYSIS OF THE DESIGN AND PRODUCTION ENVIRONMENT AND DESIGN ACTIVITIES OF THE PERSONNEL OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS ARE TO DETERMINE THE CONTENT OF THE FIELD OF TRAINING IN COMPUTER-AIDED DESIGN OF PCB INTEGRATED SHIP MANAGEMENT SYSTEM

Hoang C.K., Avksentieva E.Y., Nguyen Q.C.

The article discusses the life cycle of printed circuit boards of ship Integrated Ship Management System (PCB ISMS), which describes the design and manufacturing features of PCB ISMS. A general design route and a design decision making schemes in the design process of the PCB ISMS presented which allow to reduce the cost of design work and increase engineering work are considered. The research is interested as an overview and is suitable for the preparation of methodological provision for teaching computer-aided design (CAD) PCB ISMS. The competencies of the designer described in the article will make possible to specialty the requirements for the designers' qualifications at ship-building enterprises and graduates of maritime technical universities. The developed competence model of the designer allows to determine the content of training and can be used to develop an adaptive learning system for designing printed circuit boards.

Keywords: *designer's profile; designer's competence; printed circuit board; ship integrated management systems; design and production environment; personnel design activities; computer-aided design.*

Введение

Задача исследования состоит в том, что проанализировать проектно-производственную среду и проектную деятельность персонала систем автоматизированного проектирования (САПР) в комплексных автоматизированных системах с целью определения содержания области обучения АПР ПП СИСУ. Жизненный цикл печатных плат (ПП) СИСУ представляет собой непрерыв-

ный процесс из определенных этапов, который начинается с момента принятия решения о необходимости создания ПП СИСУ до прекращения ее использования. Особенности проектирования и изготовления ПП СИСУ определяют состав и функциональные подсистемы [2, 5], в которые входят:

- ПП СИСУ – отличаются сложностью и разнообразием формы, которые зависят от назначения и основных характеристик судов. Так, в процессе проектирования широко применяются технологии двумерных и трехмерных моделей, чтобы реализовать САД-технологий и конструкции СИСУ;
- необходимость автоматизации решения инженерных задач: расчетов и анализов физических процессов, проверки их работоспособности, являющихся функцией специализированных САЕ-технологий;
- особенность обеспечения автоматизации программирования и управления оборудованием с числовым программным управлением в САМ-технологиях и подсистемах;
- специфика используемых электронных технических документов и моделей в проектировании, обеспечивающая управление всей информации об СИСУ, реализуемых средствами PDM-технологий и систем.

1. Обобщенный маршрут проектирования ПП СИСУ

В настоящее время существует достаточно большое количество пакетов АПР ПП, в том числе ПП СИСУ. Проектирование в этой области является автоматизированным и непосредственно осуществляется поддержкой и контролем проектировщика, основным из которых является человеко-машинной диалог. К наиболее популярным САПР ПП относятся: Altium Designer, Mentor Graphics, Dip Trace, KiCAD, Delta Design, OrCAD, Система проектирования ПП представляет собой сложный комплекс программ, обеспечивающий сквозной цикл, включающий себя создание библиотеки электронных компонентов и разработку электрической принципиальной схемы, редактор печатных плат и экспорт

стандартных форматов и конструкторской документации [4, 12]. На рисунке 1 представлен обобщенный маршрут проектирования ПП СИСУ Altium Designer.



Рис. 1. Обобщенный маршрут проектирования ПП СИСУ Altium Designer



Рис. 2. Схема принятия проектных решений

В процессе проектирования ПП СИСУ затраты на конструкторские работы значительно меньше затрат на инженерные работы, поэтому решение задачи по проектированию является важным элементом. Принятие решения характерно для проектирования ПП СИСУ и

в прочих инженерных задачах. Возможность количественной оценки последствий принятия решения превращает искусство в науку, называемой теорией принятия решений. В рамках теории принятия решений проектированием является непрерывная последовательность актов принятия решений, чтобы построить описание проектируемого объекта с заданной степенью детализации [1,3]. Схема проектных процедур задач проектирования представлена на рисунке 2.

2. Особенность обучения АПР ПП СИСУ

Особенность обучения автоматизированному проектированию состоит в том, чтобы обучать будущих инженеров разрабатывать и анализировать материальные изделия с помощью применения теории принятия решений, подходов и инструментальных средств САПР. Основными особенностями этих подходов к проектированию сложных систем являются [7, 10]:

- структуризация процесса проектирования, выражаемая декомпозицией проектных задач и документации, выделением стадий, этапов, проектных процедур. Эта структуризация является сущностью блочно-иерархического подхода к проектированию;
- итерационный характер проектирования;
- типизация и унификация проектных решений и средств проектирования.

Главными задачами обучения проектированию объектов являются теоретическое и экспериментальное обоснование внедрения проектного метода и синтеза структуры проектируемых объектов и обучение использованию приобретенными знаниями и навыками для решения познавательных и практических задач. Задача структурного синтеза основывается на теории принятия решения и состоит из определения цели, множества возможных решений и технико-экономических условий.

Действуют стандарты, которые нужно соблюдать на стадии создания автоматизированных систем – российский ГОСТ 34.601-90 и международный стандарт ISO 12207:2017.

При проектировании сложных систем используются следующие стили проектирования [13]:

- нисходящий – четкая реализация проектирования сверху вниз к спиральной модели разработки программного обеспечения; используются обратные связи. Чаще всего применяются нисходящий стиль блочно-иерархического проектирования;
- восходящий – это проектирование, при котором выполнение процедур низких уровней переходит к процедурам более высоких иерархических уровней.

Верхний уровень проектирования автоматизированных систем выполняются в процессе предпроектных исследований, формулировки технических заданий, разработки эскизного проекта и прототипирования [6]:

- предпроектные исследования – это анализ деятельности предприятия, на котором будут создаваться или моделироваться автоматизированные системы, и, после этого, оформление исходной концепции автоматизированных систем, включающей в себя предложения по изменению структуры предприятия, взаимодействию подразделений и информационным потокам;
- технические задания – должны содержать потоки входной информации, типы выходных документов и предоставляемых услуг, уровень защиты информации, требования к производительности;
- Эскизный проект – описывается архитектура системы, структура ее подсистема и состав модулей, а также предложения по выбору базовых программно-аппаратных средств, которые должны учитывать прогноз развития предприятия;
- Прототип автоматизированных систем – набор программ, которые имитируют работу готовой системы. С помощью этого этапа разработчик и заказчик увидят контуры и особенности системы, и можно корректировать проект до совершенствования.

3. Компетенции проектировщика в области АПР ПП СИСУ

Практика обучения АПР и опыт использования САПР в учебном процессе широко обсуждаются на научно-методических конференциях. В технических вузах для того, чтобы готовить студентов для судостроения, предусматривается использование методического обеспечения и технологии САПР. Актуальность задач подготовки будущего инженера, готового к эффективной работе с современными автоматизированными системами, отмечаются не только вузами, но и судостроительными заводами. Проверка уровня обучаемого проектировщика выполняется по параметрическим критериям: знаниям, умениям, навыкам и адаптивности [8, 9]. Определим основные термины: знание, умение, навыки и адаптивность проектировщика.

Знания – результат формализованных сведений, представлений об объекте проектирования на определенном уровне, который можно логически или фактически обосновать, и эмпирически или практически проверить.

Умения – способность выполнить действия на основе полученных знаний автоматизированного проектирования и проектной практики, формирующаяся путем упражнений в привычных, но и в изменившихся условиях.



Рис. 3. Структура компетенции проектировщика ПП СИСУ

Навыки – это автоматизированные компоненты сознательного действия обучающихся в проектной деятельности, достигшего наивысшего уровня сформированности.

Адаптивность проектировщика – способность приспосабливаться к внедрению знаний, умений и навыков в области структурно-параметрического синтеза промышленных объектов САПР.

Компетентность проектировщика – совокупность знаний, умений, навыков и адаптивности в области проектирования промышленных объектов.

На рисунке 3 показана структура компетенции проектировщика ПП СИСУ.

Рассмотрим начальные условия задачи проектирования печатных плат судовых интегрированных систем управления и концептуальные подходы к её решению. В качестве исходного условия будем учитывать, что инструментальное средство, обладает ограниченным диапазоном функциональных возможностей независимо от его характера. При этом комбинация двух и более средств может дать не только положительный, но и отрицательный эффект, который усугубляется отсутствием соответствующей организации и элементов управления системой. В результате рассмотрения профессиональных стандартов были выделены следующие компетенции проектировщика АПР ПП СИСУ [11]:

- способность проводить теоретические и экспериментальные исследования при помощи моделирования и математического анализа, применять законы и базовые методы в профессиональной деятельности АПР ПП СИСУ;
- способность обладать достаточным уровнем самостоятельности новых знаний и навыков с применением современных технологий в области АПР ПП СИСУ;
- приобретение навыков для профессиональной деятельности с персональным компьютером;
- способность обладания знаниями методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации для решения коммуникативных задач;
- способность использовать программные средства АПР ПП при осуществлении профессиональной деятельности;

- способность к систематическому изучению научно-технической информации и опытов для повышения квалификации проектировщика АПР ПП СИСУ;
- умение моделировать ПП СИСУ и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств АПР ПП;
- способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности с применением информационных технологий АПР ПП;
- способность проектировать компоненты, принципиальные схемы и печатные платы СИСУ с применением программных средств АПР ПП;
- способность принимать участие в работах по проектированию компонентов, принципиальной схемы и печатных плат конструкций СИСУ в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- способность использовать различные виды технической документации и соблюдать требования информационной безопасности;
- способность обладать умениями применения методов контроля качества в профессиональной деятельности АПР ПП СИСУ.

Важнейшей составляющей компетентности специалиста является умение применять теоретические знания в практической работе. Несмотря на то, что современные производства накопили большой опыт решения определённых задач, большинство обучающихся систем не используют реальные задачи при подготовке специалистов, а также не интегрируются с базой проектных решений предприятия [14].

Таким образом, первой особенностью будущих инженеров в области автоматизированного проектирования является устойчивое освоение знаний и навыков, объединяющих информационные технологии со следующими дисциплинами, которые должны освоить до изучения дисциплины «Проектирование судовых инфор-

мационно-управляющих систем: психология и педагогика, информатика, информационные технологии, теория информационных процессов и систем, управление данными, моделирование систем, технология программирования, компьютерная геометрия и графика, интеллектуальные информационные системы.

Вторая особенность обучения проектированию ПП СИСУ в том, чтобы соблюсти требования к созданию комплекса учебно-методического обеспечения дидактического процесса и параллельно учесть уровень знаний, умений и навыков каждого студента, чтобы обеспечить системность и вариативность представления информации, предусмотреть возможность проработки материала в свойственном каждому обучаемому темпе. Это обеспечит адекватность обучающей системы проектирования ПП СИСУ процессу овладения знаниями.

Основной задачей автоматизированных обучающих систем САПР является обучение принятию инженерных решений, обучение умениям и навыкам технического творчества [15]. Актуальной является задача обучения проектировщика пониманию связи между параметрами конкретных стратегий проектирования и качеством разрабатываемого изделия в САПР, обучения пониманию взаимосвязи схемотехнических, конструктивных, алгоритмических и структурных параметров. Решение этой задачи позволит не только повысить качество подготовки пользователей в САПР, но и оптимизировать весь процесс проектирования модулей, осуществлять обоснованный выбор параметров, проследить связь между действиями проектировщика через взаимовлияние конструктивных и технологических параметров, осуществлять оценку конструктивного решения с учетом особенностей реализации всего комплекса коммутационно-монтажных процедур.

Вывод

Выполнен анализ проектно-производственной среды и проектной деятельности персонала САПР в комплексных автоматизированных системах. Разработана компетентностная модель проектировщика, позволяющая определить содержание, методическое

и программное обеспечение обучения автоматизированному проектированию печатных плат СИСУ, которые могут использоваться для реализации системы адаптивного обучения персонала САПР судостроительных заводов и студентов морских вузов.

Список литературы

1. Гайкович А.И. Основы теории проектирования сложных технических систем. Санкт Петербург: Моринтех, 2001, 216 с.
2. Князков В.В. Основы автоматизированного проектирования. Нижний Новгород, 2004, 177 с.
3. Иванов В.П. Оптимизационное проектирование рыболовных судов. Издательство КГТУ, Калининград, 2005, 191 с.
4. Горячев Н.В., Юрков Н.К. Типовой маршрут проектирования печатной платы и структура проекта в САПР электроники Altium Design // Труды международного симпозиума «Надежность и качество», Том 2, Пенза, 2011. С. 120-122.
5. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. Москва, 2002, 325 с.
6. Коцюба И.Ю., Чунаев А.В., Шиков А.Н. Основы проектирования информационных систем. Санкт Петербург, 2015, 206 с.
7. Кузнецова О.В. Модели и алгоритмы автоматизированного проектирования печатных узлов на основе трехмерного моделирования: Диссертация кандидата тех. наук. Санкт Петербург, 2016, 153 с.
8. Ленский Ф.В. Проектирование печатных плат в системах автоматизированного проектирования // Сборник трудов Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск, 2016, С. 297-298.
9. Шана М.А. Автоматизированная информационная система адаптивного обучения на основе компетентного : Диссертация кандидата тех. наук. Нальчик, 2014, 182 с.
10. Design and implementation of three-axis cost efficient CNC PCB milling machine / Fathima K., Shilpa V. J., Mahmood. S. H., Lahari M. // Recent trends in electrical, control and communication, 2019, P. 106-109.

11. Li Y., Sun D., Zhou H., Wu Q. Design of automatic test equipment for control PCB of micro flywheel // Chinese automation congress, 2019, P. 853-857.
12. Luo X. Research on communication technology of ship integrated monitoring system based on OPC // 2020 International conference in intelligent transportation, big data and smart city, 2020, P. 538 -531.
13. Mao W. L., Xie M. X., Hung C. W. Design of PCB alignment using vision servo control system // ICIC Express letters, part B: Applications, Volume 8, 2017, P. 177-184.
14. Thermal analysis of high power LEDs using different PCB materials / Kyatam S., Camacho P., Rodrigues L., Alves L.N., Mendes J.C., Figueiredo M. C. // 2017 European conference on circuit theory and design, 2017, P. 4.
15. Wang Q. Design and realization of integrated service access gateway (ISAG) for integrated fusion shipboard network // Communications in computer and information science, Volume 1146, 2019, P. 151-159.

References

1. Gaikovich A.I. *Osnovy teorii proektirovaniya slozhnykh tekhnicheskikh sistem* [Foundations of the theory of design of complex technical systems]. Saint Petersburg: Morintekh, 2001, 216 p.
2. Knyazkov V.V. *Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya* [Fundamentals of computer-aided design]. Nizhny Novgorod, 2004, 177 p.
3. Ivanov V. P. *Optimizatsionnoe proektirovanie rybolovnykh sudov* [Optimization design of fishing vessels]. KSTU Publishing house, Kaliningrad, 2005, 191 p.
4. Goryachev N.V., Yurkov N.K., Tipovoy marshrut proektirovaniya pechatnoy platy i struktura proekta v SAPR elektroniki Altium Design [Typical route for PCB design and project structure in CAD electronics Altium Design]. *Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo»* [Proceedings of the International Symposium "Reliability and Quality"], Volume 2, Penza, 2011. pp. 120-122.
5. Norenkov I.P. *Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya* [Basics of computer-aided design]. Moscow, 2002, 325 p.

6. Kotsyuba I.Yu., Chunaev A.V., Shikov A.N. *Osnovy proektirovaniya informatsionnykh sistem* [Fundamentals of information systems design]. Saint Petersburg, 2015, 206 p.
7. Kuznetsova O.V., *Modeli i algoritmy avtomatizirovannogo proektirovaniya pechatnykh uzlov na osnove trekhmernogo modelirovaniya* [Models and algorithms for computer-aided design of printed circuit boards on the basis of three-dimensional modeling]: Thesis of the candidate teh. sciences. Saint Petersburg, 2016, 153 p.
8. Lenskiy F.V. Proektirovanie pechatnykh plat v sistemakh avtomatizirovannogo proektirovaniya [Design of printed circuit boards in computer-aided design systems]. *Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchennykh* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists]. National Research Tomsk Polytechnic University. Tomsk, 2016, pp. 297-298.
9. Shana M.A. *Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema adaptivnogo obucheniya na osnove kompetentnogo* [Automated information system of adaptive training on the basis of a competence]: the Dissertation of the candidate teh. sciences. Nalchik, 2014, 182 p.
10. Fathima K., Shilpa V.J., Mahmood. S.H., Lahari M. Design and implementation of three-axis cost efficient CNC PCB milling machine. *Recent trends in electrical, control and communication*, 2019. P. 106-109.
11. Li Y., Sun D., Zhou H., Wu Q. Design of automatic test equipment for control PCB of micro flywheel. *Chinese automation congress*, 2019, P. 853-857.
12. Luo X. Research on communication technology of ship integrated monitoring system based on OPC. *2020 International conference in intelligent transportation, big data and smart city*, 2020, P. 538-531.
13. Mao W.L., Xie M.X., Hung C.W. Design of PCB alignment using vision servo control system. *ICIC Express letters, part B: Applications*, Volume 8, 2017, P. 177-184.

14. Kyatam S., Camacho P., Rodrigues L., Alves L.N., Mendes J.C., Figueiredo M. C. Thermal analysis of high power LEDs using different PCB materials. *2017 European conference on circuit theory and design*, 2017. P. 4.
15. Wang Q. Design and realization of integrated service access gateway (ISAG) for integrated fusion shipboard network. *Communications in computer and information science*, Volume 1146, 2019, P. 151-159.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Хоанг Конг Кинь, аспирант факультета программной инженерии и компьютерной техники

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

пр. Кронверкский, 49, г. Санкт Петербург, 197101, Российская Федерация

hoangkinh@yandex.ru

Авксентьева Елена Юрьевна, доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники, к.п.н., доцент

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

пр. Кронверкский, 49, г. Санкт Петербург, 197101, Российская Федерация

eavksenteva@itmo.ru

Нгуен Куанг Кыонг, аспирант факультета систем управления и робототехники

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

пр. Кронверкский, 49, г. Санкт Петербург, 197101, Российская Федерация

quangcuonghvhq.cd@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Hoang Cong Kinh, Faculty of Software Engineering and Computer Engineering, Ph.D.

ITMO University

*49, Kronverkskiy pr., St. Petersburg, 197101, Russian Federation
hoangkinh@yandex.ru*

Avksentieva Elena Yurievna, Associate Professor of the Faculty of Software Engineering and Computer Engineering, Ph.D.

ITMO University

*49, Kronverkskiy pr., St. Petersburg, 197101, Russian Federation
eavksenteva@itmo.ru*

ORCID: 0000-0001-5000-4868

Scopus Author ID: 57190830859

Nguyen Quang Cuong, Faculty of Control Systems and Robotics, Ph.D.

ITMO University

*49, Kronverkskiy pr., St. Petersburg, 197101, Russian Federation
quangcuonghvhq.cd@gmail.com*

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-114-122

УДК 656.2-027.45

МЕТОД ЗАЩИТЫ ВОЗДУШНОГО КОРИДОРА ВЫДЕЛЕННОГО ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Швецов А.В.

Беспилотные летательные аппараты, получают все большее практическое применение в современном обществе, в различных приложениях. При этом распространение возможностей предоставляемых технологиями и методами, связанными с беспилотными летательными аппаратами, сдерживается из-за нерешенной проблемы обеспечения безопасности их движения, ограничивающей область их применения.

Цель: разработать метод защиты выделенного воздушного коридора и реализующее его техническое решение, совместно позволяющих повысить безопасность движения беспилотных летательных аппаратов.

Методы: используются системный анализ, синтез, индукция и дедукция, сравнение, обобщение и другие научные методы исследования.

Результаты: разработан воздушный тоннель, позволяющий беспилотным летательным аппаратам, защищено передвигаться на опасных участках выделенного воздушного коридора. Воздушный тоннель является техническим решением, реализующим на практике предложенный в работе метод защиты выделенного воздушного коридора.

Область применения результатов: разработанный метод и реализующее его техническое решение совместно позволяют повысить безопасность движения гражданских беспилотных летательных аппаратов вертикального взлета и посадки, и применимы для обеспечения безопасности полетов БПЛА на наземных объектах, например,

таких как промышленные объекты и крупные складские комплексы, он также может быть применен при проектировании систем движения беспилотных летательных аппаратов в городах.

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат; БПЛА; метод; обеспечение безопасности.*

METHOD OF PROTECTING THE AIR CORRIDOR DEDICATED FOR TRAFFIC UNMANNED AIRCRAFT

Shvetsov A. V.

Unmanned aerial vehicles are getting more and more practical application in modern society, in various applications. At the same time, the spread of the possibilities provided by technologies and methods associated with unmanned aerial vehicles is constrained due to the unresolved problem of ensuring the safety of their movement, which limits the scope of their application.

Purpose: *to develop a method for protecting a dedicated air corridor and a technical solution that implements it, jointly improving the safety of unmanned aerial vehicles.*

Methodology: *systems analysis, synthesis, induction and deduction, comparison, generalization and other scientific research methods are used.*

Results: *An air tunnel was developed that allows unmanned aerial vehicles to move securely in dangerous sections of the designated air corridor. An air tunnel is a technical solution that implements in practice the method of protecting a dedicated air corridor proposed in the work.*

Practical implications: *the developed method and the technical solution that implements it together make it possible to increase the traffic safety of civil unmanned aerial vehicles with vertical take-off and landing, and are applicable to ensure the safety of UAV flights at ground-based facilities, for example, such as industrial facilities and large warehouse complexes, it can also be applied in the design of systems for the movement of unmanned aerial vehicles in cities.*

Keywords: *unmanned aerial vehicle; UAV; method; safety.*

Введение

Безопасная и эффективная интеграция беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в воздушное движение является одной из основных задач в авиации в первой половине 21-го века [1-6]. БПЛА, включая дистанционно управляемые человеком летательные аппараты и автоматизированные летательные аппараты, управляемые программой, находят применение не только в уже существующих приложениях, таких как картография, безопасность, транспортировка [7-10], но и позволяют создавать принципиально новые, в том числе основанные на использовании искусственного интеллекта.

Но, в настоящий момент, распространение возможностей, предоставляемых технологиями и методами, связанными с беспилотными летательными аппаратами, сдерживается существующими ограничениями по применению БПЛА на определенных объектах [11], в первую очередь, аэропортах (рис. 1). Рассматриваемые ограничения вызваны угрозами безопасности, возникающими при полете БПЛА [12-16].

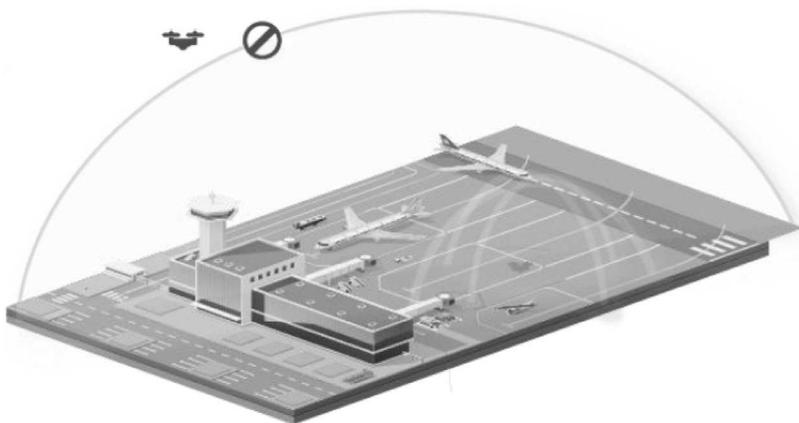


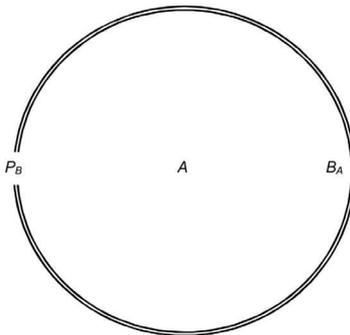
Рис. 1. Геозона над аэропортом, закрытая для движения БПЛА [17]

Метод защиты выделенного воздушного коридора

Повысить безопасность движения беспилотных летательных аппаратов, возможно за счет обеспечения защищенности границ

выделенного воздушного коридора, предназначенного для полетов беспилотных летательных аппаратов, на участках, где существует угроза столкновения БПЛА с другими участниками движения (далее – опасные участки), к опасным участкам также необходимо отнести такие, где для беспилотного летательного аппарата существует угроза прямого несанкционированного вмешательства и воздействий со стороны нарушителя, имеющего цель захватить либо повредить БПЛА.

Обеспечение такой защищенности возможно на основе создания сплошного физического барьера между ВВК и внешней средой (рис. 2) на протяжении опасного участка.



- А* – ВВК (в разрезе)
- В_А* – границы ВВК;
- P_В* – физический барьер.

Рис. 2. Физический барьер между ВВК и внешней средой

Предложенный метод реализуется техническим решением – воздушным тоннелем (ВТ), предназначенным для защищенного прохождения БПЛА опасных участков ВВК.

Разработанный воздушный тоннель позволит БПЛА проходить опасные участки ВВК без угрозы столкновения с другими УД, а также обеспечить защиту беспилотного летательного аппарата от внешнего несанкционированного вмешательства и воздействий.

Детально конструкция воздушного тоннеля показана на рисунке 2.

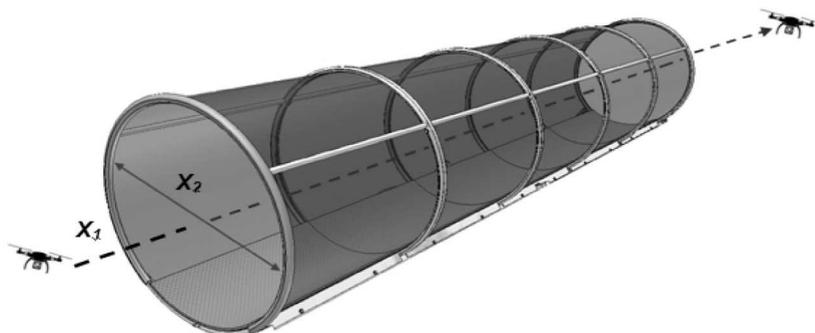


Рис. 2. Воздушный тоннель (X_1 – траектория полета БПЛА; X_2 – диаметр ВТ (определяется на основании информации о размерах применяемых БПЛА и имеющимся свободном пространстве)

Установка тоннеля в воздушном пространстве ОТИ выполняется с применением дополнительных монтажных металлоконструкций (далее опоры-кронштейны) форма которых зависит от условий монтажа ВТ.

Опоры-кронштейны могут крепиться к специально установленным в грунт винтовым сваям либо к зданиям или сооружениям, расположенным по маршруту движения БПЛА.

При одновременном движении группы БПЛА в воздушном тоннеле их движение может осуществляться только в одном выбранном направлении с безопасным интервалом между ними, это необходимо для предотвращения столкновений БПЛА.

Безопасный интервал (S_{int}) определяется по формуле:

$$S_{int} = T_{res} + B_{dis}, \quad (1)$$

где T_{res} – дистанция проходимая БПЛА с момента обнаружения оператором препятствия на пути движения БПЛА и до момента применения оператором экстренного торможения;

B_{dis} – тормозной путь проходимый БПЛА при экстренном торможении.

Формула 1 позволяет рассчитать безопасный интервал для заданной скорости движения БПЛА, для этого в показатели T_{res} и B_{dis} подставляются их значения при рассматриваемой скорости.

Формула 1 позволяет рассчитать безопасный интервал для заданной скорости движения БПЛА, для этого в показатели T_{res} и B_{dis} подставляются их значения при рассматриваемой скорости.

Ограничения в применении

ВТ применим в приложениях предусматривающих движение БПЛА по определенному маршруту.

ВТ применим на наземных объектах.

ВТ предназначен для движения БПЛА «вертолетного» типа, вертикального взлета и посадки.

Обсуждение

В настоящей работе авторами предложены метод защиты выделенного воздушного коридора и реализующее его техническое решение. Анализ известных российских и зарубежных источников показывает, что публикации, описывающие аналогичные решения в настоящий момент отсутствуют. Можно сделать вывод, что результаты, представленные в настоящей работе, являются инновационным решением, направленным на повышение безопасности полетов БПЛА, и могут представлять интерес для международного экспертного сообщества при обсуждении путей интеграции беспилотных летательных аппаратов в существующую транспортную систему.

Выводы

В статье разработаны – метод защиты выделенного воздушного коридора и реализующее его техническое решение – воздушный тоннель.

Воздушный тоннель применим для обеспечения безопасности движения БПЛА на наземных объектах, например, таких как промышленные объекты и крупные складские комплексы и др.

Информация о конфликте интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы / References

1. Alsamhi SH, Ma O, Ansari MS. Convergence of Machine Learning and Robotics Communication in Collaborative Assembly: Mobility, Connectivity and Future Perspectives. *Journal of Intelligent & Robotic Systems* [Internet]. Springer Science and Business Media LLC; 2019 Oct 16; Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10846-019-01079-x>
2. Minucci F, Vinogradov E, Sallouha H, Pollin S. UAV Location Broadcasting with Wi-Fi SSID. 2019 Wireless Days (WD) [Internet]. IEEE; 2019 Apr; Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/wd.2019.8734208>
3. Kanzaki A, Akagi H. A UAV-Collaborative Sensing Method for Efficient Monitoring of Disaster Sites. *Advances in Intelligent Systems and Computing* [Internet]. Springer International Publishing; 2019 Mar 15;775–86. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-15032-7_65
4. Jun-yan L, Zhuo-ning D, Meng-yue Z. A fuzzy virtual force based approach to multiple UAVs collaborative path planning. *Proceedings of 2014 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference* [Internet]. IEEE; 2014 Aug; Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/cgnc.2014.7007381>
5. Saleem Y, Rehmani MH, Zeadally S. Integration of Cognitive Radio Technology with unmanned aerial vehicles: Issues, opportunities, and future research challenges. *Journal of Network and Computer Applications* [Internet]. Elsevier BV; 2015 Apr;50:15–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2014.12.002>
6. Popescu D, Dragana C, Stoican F, Ichim L, Stamatescu G. A Collaborative UAV-WSN Network for Monitoring Large Areas. *Sensors* [Internet]. MDPI AG; 2018 Nov 30;18(12):4202. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/s18124202>
7. Popescu, Stoican, Stamatescu, Chenaru, Ichim. A Survey of Collaborative UAV-WSN Systems for Efficient Monitoring. *Sensors* [Internet]. MDPI AG; 2019 Oct 28;19(21):4690. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/s19214690>
8. Schroeder K, Song Y, Horton B, Bayandor J. Investigation of UAS Ingestion into High-Bypass Engines, Part 2: Parametric Drone Study. 58th

- AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference [Internet]. American Institute of Aeronautics and Astronautics; 2017 Jan 5; Available from: <http://dx.doi.org/10.2514/6.2017-0187>
9. Shvetsova SV, Shvetsov AV. Safety Analysis of Goods Transportation by Unmanned Aerial Vehicles. World of Transport and Transportation [Internet]. FSBEU HPE Moscow State University of Railway Engineering (MIIT); 2020; 17(5):286–97. Available from: <http://dx.doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-5-286-297>
 10. Alsamhi S, Ma O, Ansari M, Gupta S. Collaboration of Drone and Internet of Public Safety Things in Smart Cities: An Overview of QoS and Network Performance Optimization. Drones [Internet]. MDPI AG; 2019 Jan 27;3(1):13. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/drones3010013>
 11. Huttunen M. Civil unmanned aircraft systems and security: The European approach. Journal of Transportation Security [Internet]. Springer Science and Business Media LLC; 2019 Sep 23;12(3-4):83–101. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s12198-019-00203-0>
 12. Sciancalepore S, Ibrahim OA, Oligeri G, Di Pietro R. Detecting Drones Status via Encrypted Traffic Analysis. Proceedings of the ACM Workshop on Wireless Security and Machine Learning - WiseML 2019 [Internet]. ACM Press; 2019; Available from: <http://dx.doi.org/10.1145/3324921.3328791>
 13. Amukele TK, Hernandez J, Snozek CL, Wyatt RG, Douglas M, Amini R, et al. Drone Transport of Chemistry and Hematology Samples Over Long Distances. American Journal of Clinical Pathology [Internet]. Oxford University Press (OUP); 2017 Sep 5;148(5):427–35. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/ajcp/axq090>
 15. Goodchild A, Toy J. Delivery by drone: An evaluation of unmanned aerial vehicle technology in reducing CO 2 emissions in the delivery service industry. Transportation Research Part D: Transport and Environment [Internet]. Elsevier BV; 2018 Jun;61:58–67. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2017.02.017>
 16. Kirschstein T. Comparison of energy demands of drone-based and ground-based parcel delivery services. Transportation Re-

search Part D: Transport and Environment [Internet]. Elsevier BV; 2020 Jan;78:102209. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2019.102209>

17. Airbus' Advanced Inspection Drone. [Internet]. Available from: <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2018/04/airbus-launches-advanced-indoor-inspection-drone-to-reduce-aircr.html>

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Швецов Алексей Владиславович, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных процессов и технологий ВГУЭС; доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» СВФУ

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса; Северо-Восточный Федеральный Университет ул. Гоголя, 44, г. Владивосток, 690000, Российская Федерация; ул. Белинского, 58, г. Якутск, 677000, Российская Федерация

transport-safety@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Shvetsov Alexey Vladislavovich, candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Transport Processes and Technologies (VSUES); Associate Professor of the Department of Operation of Automobile Transport and Car Service (NEFU) *Vladivostok State University of Economics and Service (VSUES); North-Eastern Federal University (NEFU)*

44, Gogol Str., Vladivostok, 690000, Russian Federation; 58, Belinsky Str., Yakutsk, 677000, Russian Federation

transport-safety@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5165-2816

**НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ
И СООБЩЕНИЯ**

**SCIENTIFIC REVIEWS
AND REPORTS**

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-123-131

UDC 338

TRENDS IN URBAN PUBLIC TRANSPORT

Rakhmatullina A.R., Korobeynikova E.V.

The development of the urban public transport system in the world is carried out in such areas as strategic and operational management, the management of boarding and disembarking passengers, the planning and design of stopping points of the public transport route, the organization and planning of public transport on the route, the operational regulation of public transport based on traffic signals, and the organization of indirect measures to support public transport.

Many municipalities are conducting research aimed at identifying reserves for improvements in public transport systems and developing measures to improve route speed and efficiency. Having analysed the experience of developed countries, we can talk about the levels of development programmes, common problems and trends.

***The purpose** is to determine the trends in the development of the urban public transport system, the direction of development.*

***Methodology** in article statistical methods of the analysis were used.*

***Results:** The functions of urban public transport management are considered. The level of implementation of urban transport development programs was systematized.*

***Practical implications** it is advisable to apply the results the economic subjects carrying passengers, direct management of urban transport systems, as well as to the municipality.*

Keywords: *urban transport; strategic management; development programs; passenger transportation.*

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Рахматуллина А.Р., Коробейникова Е.В.

Развитие системы городского общественного транспорта в мире осуществляется по таким направлениям, как стратегическое и оперативное управление, управление посадкой и высадкой пассажиров, планирование и проектирование остановочных пунктов маршрута общественного транспорта, организация и планирование движения общественного транспорта на маршруте, оперативное регулирование движения общественного транспорта на основе сигналов светофоров, организация косвенных мероприятий по поддержке общественного транспорта.

Многие муниципалитеты проводят исследования, направленные на выявление резервов улучшений систем общественного транспорта и разработку мероприятий по повышению скорости обслуживания на маршрутах и эффективности. Проанализировав опыт развитых стран, можно говорить об уровнях программ развития, общих проблемах и тенденциях.

Цель – *определение тенденций развития системы городского общественного транспорта, направления развития.*

Метод или методология проведения работы: *в статье использовались статистические методы анализа.*

Результаты: *рассмотрены функции управления городским общественным транспортом. Проведена систематизация уровней реализации программ развития системы городского транспорта.*

Область применения результатов: *полученные результаты целесообразно применять экономическими субъектами, осуществляющими перевозку пассажиров, непосредственное управление*

городскими транспортными системами, а так же муниципальному управлению.

Ключевые слова: *городской транспорт; стратегическое управление; программы развития; перевозка пассажиров.*

Strategic and operational management of services of urban public transport represents planning of strategy and operations which can be used for improvement of quality and efficiency of transport service. Planning of public transport is multilevel process which begins with policy of strategic decisions and comes to an end with development of detailed schedules of public transport on concrete routes. Process of planning depends on the specific transport operator in each type of public transport, a route of the movement and transport infrastructure [4].

The strategic planning of urban public transport includes the planning of its resource potential, the network of urban transport routes and virtually every traffic route of all types of public transport. So, planning of a route consists in definition of some most essential services connected with a priority of public transport and ensuring balance of many contradicting purposes for creation of a successful product. For example, introduction of an additional stopping point on a route of the movement of the bus does a route of public transport more attractive, but slows down its movement and increases operating costs. Two key moments are taken into account when planning process of transportation of passengers: speed of the movement of the vehicle on a route and reliability of the provided services of transportation [2].

Priority development programs of public transport can be implemented individually or as a part of the agreed programs. Many cities of the world used one of the following approaches in development of public transport: high-speed routes of public transport; city programs of priority development of public transport on all routes of its movement; priority programs of modernization of vehicles, road and transport infrastructure on concrete routes.

Program implementation levels. The author's studies of urban public transport programmes in developed countries have established five

different levels of implementation, ranging from limited application of individual improvements to the integrated use of their full spectrum throughout the public transport network. It should be emphasized that there are no strict rules for classifying these levels, which illustrate the activities of priority public transport programmes in different situations (see table).

Table.

Levels of implementation of urban public transport programmes

Realization level	Content of actions of development programs
Limited	Modernization of separate elements of vehicles, reforming of transport infrastructure and routes of transportation
On a separate route	Development of the general actions for improvement of transportations of passengers in segments of a route or along all route
In the certain territory	Introduction of improvements in a specific urban area
In the separate system	Introduction of All Types of Improvements in the Separate System of Public Transport
Complex	Introduction of complex improvements in all system of public transport

The complex level of implementation of public transport development programs has the following aspects: implementation of such priority improvements as, for example, allocated lanes for public transport and modernization of vehicles, optimization and coordination of the transport network and transportation management system, which contributes to a significant improvement in the quality of transportation and service, as well as their socio-economic efficiency [3].

Problems of implementation of urban public transport development programs. In many cities of the world, there are priority programmes for partial reform of the public transport system, but there are examples of neglect in solving such problems as the lack of central route management departments, the poor state of road transport infrastructure, and the unsustainable use of urban space. The implementation of many improvements is a problem for municipalities and transport operators. So, for example, most urban roads have a fixed amount of space available

for their diversion to public transport. These roads cannot be expanded to provide space for designated public transport lanes. In this regard, it is important to educate the public about the advantages of public transport as more efficient in modern urban conditions.

Strategic thinking and rational management of passenger traffic are ways to solve public transport problems on the basis of targeting and coordinating the activities of various departments with different goals. For example, the goal of many technical services of motor transport enterprises is to develop schedules of vehicles on the route, and the goal of municipalities is to reduce traffic jams on the roads. Both groups must learn to work together to achieve the common goal of the most rational and optimal use of street space. The problem of contradictory goals becomes even more acute when complemented by the goals of other interested organizations, for example, urban improvement services. Thus, there are the following problems in the implementation of urban public transport programs, which include difficulties in coordination between institutions and departments, pressure from users of personal vehicles, a poor understanding by the population of the benefits of public transport, resistance to changes by motor transport enterprises and the urban population.

Formation of operation centers of public transport. Operation centers perform public transport management functions such as monitoring of vehicle traffic on routes and feedback to the driver and passengers. Operation centres play an important role in assisting in the observance of public transport schedules and intervals. In case of violations of traffic schedules, center employees make decisions on a possible partial change in the route, speed and direction of transportation.

There are communication systems, information and instructions for drivers and passengers of public transport, such as vehicle tracking systems, information on the location of all vehicles in the system, registration and control of violations, spare vehicles for replacement on routes.

There are communication systems, information and instructions for drivers and passengers of public transport, such as vehicle tracking systems, information on the location of all vehicles in the system, registration and control of violations, spare vehicles for replacement on routes.

The activity of operation centers is aimed at improving the quality of public transport services in real time and rational changes in its routing. This activity is most effective when the transport system is generally stable. Difficulties in improving transport services for passengers occur in cases of disruption of traffic schedules due to traffic jams on roads and incidents on routes. However, these difficulties can be overcome when traffic management is carried out on the logistics principles of coordination of activities, integration of management and optimization of routes.

The control of boarding and disembarking of public transport passengers is the preparatory and final technological operations for the inclusion of customers in the transportation process and their exclusion from it.

The management of boarding of passengers has a great influence on the efficiency of the transport system and the satisfaction of public transport customers. The biggest difference between the use of personal and public transport is that public transport cannot deliver a passenger to the destination, while private cars deliver a passenger without stopping from the point of departure to the destination. A key factor in increasing the attractiveness of public transport is reducing the time for passengers to board and disembark. The total amount of time spent boarding depends on the number of passengers and factors such as the existing fare system, the number of doors in the vehicle, the parameters of its cabin and the design of the interior. In addition, two additional factors, such as the number and convenience of stopping points, affect transport efficiency and customer satisfaction.

References

1. Kalashnikov S.A., Yudakova O.V., Rakhmatullina A.R., Sivaks A.N., Permyakova A.A. Logisticheskiy podkhod k kachestvu realizatsii transportnykh uslug// Ekonomicheskie nauki. M.: izd-vo OOO "Ekonomicheskie nauki", № 164, 2018. S. 46-51.
2. Ponachugin V.A. Otsenka nadezhnosti perevozhnogo protsesa gorodskogo passazhirskogo transporta: monografiya / V.A. Pona-

- chugin; Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. N. Novgorod: NNGA-SU, 2011. 96 p.
3. Sosunova L.A., Rakhmatullina A.R. Vliyanie uslug obshchestvennogo transporta na gorodskuyu sredu // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2014. № 4 (114). S. 126-129.
 4. Toymentseva I.A. Opredelenie integral'nogo pokazatelya razvitiya uslug passazhirskogo transporta na osnove ekonomiko-matematicheskogo modelirovaniya // Vestn. Samar. gos. ekon. un-ta. Samara, 2010. №2 (64). S. 115-119.
 5. Chekhovskikh Yu.A., Rakhmatullina A.R. Kachestvo uslug i ikh effektivnost' // Rossiyskaya nauka: aktual'nye issledovaniya i razrabotki: Sbornik nauchnykh statey VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2019. S. 215-218.
 6. Chishchuk Yu. N. Spetsifika konkurentosposobnosti predpriyatij transportnoy infrastruktury // Ekonomicheskie nauki. M., 2013. № 4 (101). S. 103-106.
 7. Rakhmatullina A.R., Sivaks A.N., Pecherskaya E.P. Assessment of Quality of Services of Public Transport in Digital Economy // Digital Age: Chances, Challenges and Future. ISCDTE 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 84. 2020. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27015-5_33
 8. Sosunova L.A., Sivaks N.A., Rakhmatullina A.R., Starun N.V., Iskoskov M.O. The use of adaptive management to improve the quality of logistics services // International Scientific Conference "Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development". The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences, 57, 2019. pp. 291-298.

Список литературы

1. Калашников С.А., Юдакова О.В., Рахматуллина А.Р., Сивакс А.Н., Пермьякова А.А. Логистический подход к качеству реализации транспортных услуг // Экономические науки. М.: изд-во ООО "Экономические науки", № 164, 2018. С. 46-51.
2. Поначугин В.А. Оценка надежности перевозочного процесса городского пассажирского транспорта: монография / В.А. Поначу-

- гин; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. Н. Новгород: ННГА-СУ, 2011. 96 с.
3. Сосунова Л.А., Рахматуллина А.Р. Влияние услуг общественного транспорта на городскую среду // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2014. № 4 (114). С. 126-129.
 4. Тойменцева И.А. Определение интегрального показателя развития услуг пассажирского транспорта на основе экономико-математического моделирования // Вестн. Самар. гос. экон. ун-та. Самара, 2010. №2 (64). С. 115-119.
 5. Чеховских Ю.А., Рахматуллина А.Р. Качество услуг и их эффективность // Российская наука: актуальные исследования и разработки: Сборник научных статей VII Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 215-218.
 6. Чишук Ю.Н. Специфика конкурентоспособности предприятий транспортной инфраструктуры // Экономические науки. М., 2013. № 4 (101). С. 103-106.
 7. Rakhmatullina A.R., Sivaks A.N., Pecherskaya E.P. Assessment of Quality of Services of Public Transport in Digital Economy // Digital Age: Chances, Challenges and Future. ISCDTE 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 84. 2020. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27015-5_33
 8. Sosunova L.A., Sivaks N.A., Rakhmatullina A.R., Starun N.V., Iskoskov M.O. The use of adaptive management to improve the quality of logistics services // International Scientific Conference “Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development”. The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences, 57, 2019, pp. 291-298.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Rakhmatullina Albina Rustamovna, associate professor «Marketing, logistic and advertising», Candidate of Economic Sciences
Samara State University of Economics
141, Soviet Army Str., 443090, Samara, Russian Federation
sseu_ar@mail.ru
SPIN: 5453-4913

Scopus Author ID: 57207194879

ORCID: 0000-0003-1176-8982

Korobeynikova Elena Vladimirovna, associate professor of the Department of «National and world economy», candidate of economic sciences

Samara State Technical University

244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443001, Russian Federation

korob-lena-79@mail.ru

SPIN: 9361-8823

Scopus Author ID: 56669807100

ORCID: 0000-0003-0325-4180

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Рахматуллина Альбина Рустамовна, доцент кафедры «Маркетинг, логистика и реклама», кандидат экономических наук

Самарский государственный экономический университет

ул. Советской Армии, 141, г. Самара, 443090, Российская

Федерация

sseu_ar@mail.ru

Коробейникова Елена Владимировна, доцент кафедры «Национальная и мировая экономика», кандидат экономических наук

Самарский государственный технический университет

ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443001, Российская

Федерация

korob-lena-79@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-132-136

УДК 65.011

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АВТОСЕРВИСА

Алемасов Е.П., Зарипова Р.С.

В статье рассматривается возможность использования цифровых технологий в управлении автосервисом, созданию и применению программы, которая будет служить наглядным примером работы автосервиса и определять оптимальное соотношение числа рабочих в цехах автосервиса и выявление нехватки мастеров или слишком большого числа рабочих.

Ключевые слова: управление автосервисом; компьютерное моделирование; автоматизированная информационная система.

INFORMATION TECHNOLOGIES AS A FACTOR OF SERVICE STATION EFFICIENCY

Alemasov E.P., Zaripova R.S.

The article considers the possibility of using digital technologies in the management of the car service, the creation and use of a program that will serve as a clear example of the work of the car service center and determine the optimal ratio of the number of workers in the workshops of the service center and identify the lack of masters or too many workers.

Keywords: car service management; computer modeling; automated information system.

Введение

Мы живем в то время, когда число автомобилей в городах увеличивается. Согласно данным Международной ассоциации производителей автомобилей ежедневно в мире производится около 165 тысяч транспортных средств. Каждое транспортное средство время от времени нуждается в диагностике и ремонте. На сегодняшний день есть множество автосервисов, предлагающих свои

услуги для того или иного вида автомобилей. И правильная организация рабочего процесса автосервиса позволяет увеличить производительность, тем самым повысить и доход компании.

В настоящее время компьютерные технологии широко применяются во многих сферах деятельности человека [1-3]. Компьютеры, базы данных, информационные сети – это результат деятельности человека, облегчающий его труд [4, 5]. Возникает вопрос: возможно ли с помощью компьютерных технологий и электронно-вычислительных машин облегчить процесс обслуживания автосервиса? Для решения данного вопроса разработана цифровая модель работы автосервиса – программное средство, написанное на языке Delphi.

Актуальность разработки заключается в том, что созданная программа может служить в качестве способа рекламы автосалона и отслеживания работы сервиса. Данная цифровая модель может: увеличить количество клиентов путем демонстрации текущей ситуации в автосалоне; контролировать как весь автосалон в целом, так и каждый цех, и каждого сотрудника в отдельности.

Цель работы: с помощью программной модели определить оптимальное соотношение числа рабочих в цехах рассматриваемого автосервиса и выявить нехватку мастеров или слишком большое число рабочих.

Результаты

Разработанная программа предусматривает авторизацию двумя способами: как администратор и как пользователь. Администратор имеет доступ ко всем функциям программы, пользователь же не может изменять начальные параметры, но лишь может запускать модель для работы и отображения информации о работе автосервиса.

Автосервис предлагает различные виды услуг: технический осмотр транспорта, кузовной ремонт, шиномонтаж и ремонт двигателя.

В цифровую модель заданы входные данные, такие как: время работы автосервиса, число рабочих в каждом цехе, среднее время выполнения услуги, минимальная зарплата рабочих за сутки и шаг моделирования. Модель демонстрирует поступление заявок в

случайном порядке. Каждая поступающая заявка может иметь как одну, так и несколько запросов на услуги автосервиса. Программа распределяет поступающие заявки по необходимым цехам в зависимости от загруженности цеха, наличия свободных сотрудников. Потенциальные клиенты могут заранее видеть среднее время выполнения работы в каждом цеху, примерную стоимость ремонта, число свободных работников [6]. Реальный срок ремонта может отличаться от среднего по причине разной сложности работ на некоторую величину. Если срок выполнения заявки превышает максимальный, то автосервис теряет своих клиентов.

Данная программа может быть актуальной как для руководителя автомобильным сервисом, так и для его посетителей.

Руководитель сервиса имеет права администратора, что позволяет ему с большей эффективностью наблюдать за деятельностью центра: отслеживать занятость рабочих, количество выполняемых задач персонально каждым работником цеха, надежность и ответственность выполняемой работы. Также программа представляет отчет об общем количестве обслуженных автомобилей за выбранный промежуток времени с детальной информацией по каждому цеху отдельно, среднее время обслуживания одного автомобиля. Данная информация учитывается при вычислении занятости рабочих и подсчете их заработной платы, что помогает отслеживать общую прибыль автосервиса за период работы модели.

Так как одна из главных задач программы – презентация автосервиса, то в цифровой модели реализована возможность отображения всей необходимой информации для посетителей, такой как: демонстрация текущей очереди в сервисе, примерное время и стоимость выполнения заявки. Данная модель позволяет наглядно продемонстрировать работу автосервиса по заданным начальным параметрам.

Для работника автосервиса программа может быть полезной для наблюдения динамики прогресса и эффективности своей работы.

Заключение

Программа дает возможность увидеть занятость каждого работника по отдельности, отследить работу определенного цеха

или всего автосервиса в целом, подсчитывая число обслуженных и не обслуженных машин, общий доход, расход и прибыль за указанный пользователем период. Таким образом, программа может быть рекомендована менеджерам автосалонов и автосервисов для моделирования реальных ситуаций.

Список литературы

1. Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Управление деятельностью организаций в условиях цифровой экономики/ Ученые записки ИСГЗ. 2018. Т.16. №2. С. 70-75.
2. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Трансформация систем учета и контроля в условиях цифровой экономики/ Наука Красноярья.2019. Т.8. №3-2. С. 112-115.
3. Зарипова Р.С., Галямов Р.Р., Шарифуллина А.Ю. Организация производства в условиях цифровой экономики / Наука Красноярья. 2019. Т.8. № 1-2. С. 20-23.
4. Зарипова Р.С., Залялова Г.Р. Современные тенденции подготовки инженеров / Нефтегазовый комплекс: проблемы и инновации: Тезисы II научно-практич. конф. Самарский гос. технический университет. 2017. С. 42.
5. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Проблема разработки и реализации стратегии в российских компаниях при переходе к цифровой экономике / Инновационное развитие экономики. Будущее России: материалы и доклады VI Всеросс. (национальной) научной-практической конференции. 2019. С. 395-398.
6. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Инновационные подходы к мотивации персонала / Наука Красноярья. 2019. Т. 8. № 4-2. С. 127-130.

References

1. Zaripova R.S., Pynova O.A. Upravlenie deyatel'nost'yu organizacij v usloviyah cifrovoj ekonomiki //Uchenye zapiski ISGZ. 2018.T. 16. № 2. S. 70-75.
2. Shakirov A.A., Zaripova R.S. Transformatsiya sistem ucheta i kontrolya v usloviyah tsifrovoy ekonomiki // Nauka Krasnoyarya. 2019. T. 8. №3-2. P. 112-115.

3. Zaripova R.S., Galyamov R.R., Sharifullina A.Yu. Organizatsiya proizvodstva v usloviyah tsifrovoy ekonomiki / Nauka Krasnoyarya. 2019. T.8. № 1-2. S. 20-23.
4. Zaripova R.S., Zalyalova G.R. Sovremennyye tendentsii podgotovki inzhenerov // Neftegazovyy kompleks: problemy i innovatsii: Tezisy II nauchno-praktich. konf. s mezhdunarodnyim uchastiem. Samarskiy gos. tehnichestkiy universitet. 2017. S. 42.
5. Shakirov A.A., Zaripova R.S. Problema razrabotki i realizatsii strategii v rossiyskikh kompaniyah pri perehode k tsifrovoy ekonomike / Innovatsionnoe razvitiye ekonomiki. Budushee Rossii: materialy i doklady VI Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2019. S. 395-398.
6. Shakirov A.A., Zaripova R.S. Innovatsionnyye podhody k motivatsii personala / Nauka Krasnoyarya. 2019. T. 8. № 4-2. S. 127-130.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Алемасов Евгений Павлович, студент

*Казанский государственный энергетический университет
ул. Красносельская, д. 51, г. Казань, 420066, Россия*

Зарипова Римма Солтановна, доцент, канд. техн. наук

*Казанский государственный энергетический университет
ул. Красносельская, д. 51, г. Казань, 420066, Россия
zarim@rambler.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Alemasov Evgeny Pavlovich, student

*Kazan state power engineering University
51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia*

Zaripova Rimma Soltanovna, associate Professor, candidate of technical Sciences

*Kazan state power engineering University
51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia
zarim@rambler.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-137-144

УДК 004.94

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ ПЕРЕВОЗОК

Львович Я.Е., Преображенский А.П., Чопоров О.Н.

В статье рассматривается задача, связанная с созданием алгоритма для рационального использования ресурсов в системе перевозок. Приведена математическая модель многошагового процесса принятия решения по планированию перевозок. Дан частный случай алгоритма.

Ключевые слова: *система перевозок; алгоритм; ресурс; управление.*

ALGORITHMIZATION OF RATIONAL USE OF RESOURCES IN THE TRANSPORTATION SYSTEM

Lvovich Ya.E., Preobrazhenskiy A.P., Choporov O.N.

The paper considers the problem associated with the creation of an algorithm for the rational use of resources in the transportation system. A mathematical model of a multi-step decision-making process for transportation planning is presented. A special case of the algorithm is given.

Keywords: *transportation system; algorithm; resource; control.*

Введение

При управлении компаниями, связанными с перевозками могут быть использованы разные методы [1, 2]. Они нацелены на то, чтобы было принято оптимальное решение. В общем виде математическая модель принятия оптимального решения может быть сформулиро-

вана как задача нелинейного программирования. Эффективность численного решения подобной задачи оптимизации во многом определяется ее размерностью [3]. При одношаговом процессе принятия оптимального решения выбор численных значений для всех компонент вектора оптимизируемых переменных осуществляется одновременно, что при большой размерности анализируемой задачи может существенно затруднить поиск оптимального решения [4]. Одним из подходов к преодолению отмеченной трудности является организация процесса принятия решения в виде процесса, имеющего конечное число шагов [5]. В данной работе рассматривается алгоритм, позволяющий оптимальным образом использовать мощности компании, связанной с перевозками.

Алгоритм рационального использования производственных мощностей компании, связанной с перевозками. Предположим, что для некоторого участка компании, связанной с перевозками группу однотипных объектов задана соответствующая программа для каждого фиксированного периода времени (дня, недели, месяца), которая сильно меняется во времени (рис. 1). Обозначим через $m_j, j = \overline{1, N}$ плановое задание по перевозке объектов [6, 7] для j -го периода времени, а через $q_j = x_j, j = \overline{1, N}$ количество объектов практически перевозимых для j -го периода времени, что требует определенных затрат соответствующих ресурсов (техники, обслуживающего персонала, и т. д.). Потребуем, чтобы плановые задания m_j всегда выполнялись:

$$x_j \geq m_j, j = \overline{1, N}. \quad (1)$$

Очевидно, что $x_{N+1} = x_0$ характеризует переходящий с предыдущего периода планирования объем перевозимых объектов. В том случае, когда производственные мощности можно использовать без всяких затрат оптимальный график перевозки объектов совпадает с плановыми заданиями:

$$x_i^* \geq m_j^*, j = \overline{1, N}. \quad (2)$$

Однако, если затраты по увеличению и сокращению производственных мощностей в каждый период времени значительны, то график перевозки объектов (рис. 1) может оказаться невыгодным

с точки зрения общих затрат, связанных с рассматриваемыми процессами перевозок. В случае перевозки объектов больше планового задания ($x_j - m_j$) приходится учитывать затраты, связанные с хранением этих объектов. Будем считать, что функция затрат, связанная с отклонением фактической перевозки объектов от плановых заданий имеет следующий вид:

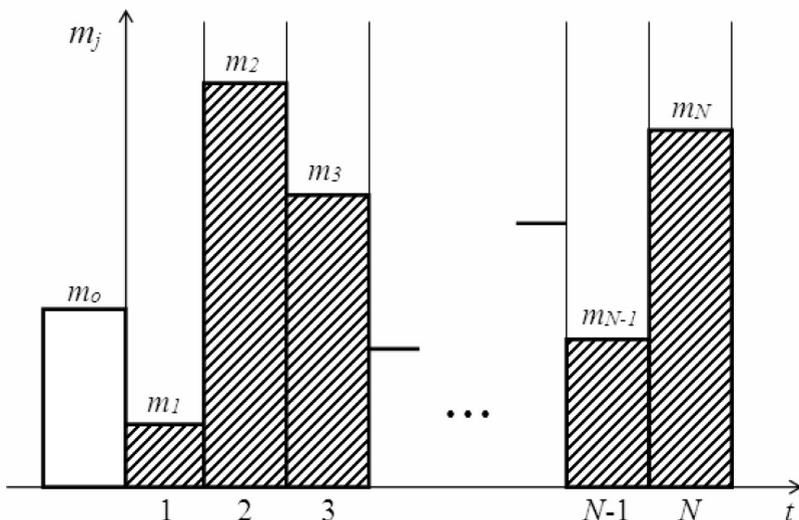


Рис. 1. Плановые задания m_j по перевозке объектов в j -й период времени

$$g_j(x_j - m_j) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_j = m_j; \\ b_j(x_j - m_j)^2, & \text{если } x_j > m_j \end{cases} \quad (3)$$

где $b_j > 0, j = \overline{1, N}$ – стоимость хранения единицы объекта.

Кроме затрат, связанных с хранением объектов (3), необходимо учитывать затраты на изменение мощностей предприятия [8, 9], которые вызваны тем, что $x_j \neq x_{j+1}$ при переходе от $(j + 1)$ -го периода планирования к j -му периоду. Введем функцию $\varphi_j(x_j - x_{j+1})$ называемую функцией издержек сглаживания, которая характеризует затраты дополнительных средств [10] по введению в процессы перевозок новых мощностей:

$$\varphi_j(x_j - x_{j+1}) = \begin{cases} 0, \text{ если } x_j = x_{j+1} \text{ (мощности предприятия} \\ \text{не меняются),} \\ 0, \text{ если } x_j < x_{j+1} \text{ (затраты на уменьшение} \\ \text{мощностей предприятия равны нулю),} \\ a_j(x_j - x_{j+1})^2, \text{ если } x_j > x_{j+1} \text{ (затраты, связанные с} \\ \text{увеличением мощностей предприятия),} \end{cases} \quad (4)$$

где $a_j > 0, j = \overline{1, N}$ – стоимость ввода единицы новых мощностей предприятия.

Математическая модель многошагового процесса принятия решения по количеству объектов, перевозимых в каждый период планирования $x_j^*, j = \overline{1, N}$, которые минимизируют суммарные затраты всего процесса перевозок, имеет следующий вид:

$$F_N(x_0) = \min_{\substack{(x_1, \dots, x_N) \\ x_j \geq m_j \\ j=1, N}} \left\{ \sum_{i=1}^N q_i(x_j - m_j) + \varphi_j(x_j - x_{j+1}) \right\} = \\ = \max_{\substack{(x_1, \dots, x_N) \\ x_j \geq m_j \\ j=1, N}} \left\{ \sum_{i=1}^N q_i(x_j - x_{j+1})^2 + B_j(x_j - m_j)^2 \right\}, \quad (5)$$

где $x_j = 0, 1, 2, \dots$ – целые числа.

Решение сформулированной задачи может быть сведены к следующей системе одномерных задач оптимизации:

$$f_1(p_2) = \min_{x_1 \geq m_1} \{a_1(x_1 - p_2)^2 + B_1(x_1 - m_1)^2\}; \quad (6)$$

x_1 – целое число

$$f_k(p_k + 1) = \min_{x_k \geq m_k} \{a_k(x_k - p_{k+1})^2 + B_k(x_k - m_k)^2 + f_{k-1}(p_k)\}, \quad (7)$$

$$k = \overline{2, N}$$

Частный случай алгоритма. В частном случае, когда все $m_j = 0, j = \overline{1, N}$ (плановые задания на перевозку объектов отсутствуют), решение системы функциональных уравнений (6) – (7) сводится к следующей последовательности действий:

1. Определяется параметр:

$$w_1 = a_1 b_1 / (a_1 + b_1). \quad (8)$$

2. По рекуррентному выражению вычисляется совокупность параметров:

$$w_k = (a_k b_k + a_k w_{k-1}) / (a_1 + b_1 + w_{k-1}), k = \overline{2, N}. \quad (9)$$

3. Вычисляется минимальное значение полных издержек процесса перевозок:

$$f_N(x_0) = f_N(p_{N+1}) = w_N x_0^2. \quad (10)$$

4. Определяется значение фактических перевозок объектов в N -й планируемый период:

$$x_N^* = \frac{a_N p_{N+1}}{a_N + b_N + w_{N-1}}. \quad (11)$$

5. По рекуррентному выражению вычисляются значения фактической перевозки объектов в каждом из планируемых периодов:

$$x_k^* = \frac{a_k x_{k+1}^*}{a_k + b_k + w_{k-1}}, k = \overline{N-1, 2}. \quad (12)$$

6. Определяется перевозка объектов на шаге с номером «1»:

$$x_1^* = a_1 x_2^* / (a_1 + b_1). \quad (13)$$

Решая последовательность одномерных задач оптимизации (6) – (7), получаем оптимальный план перевозки объектов (x_1^*, \dots, x_N^*) , компоненты которого «близки» к плановым заданиям (m_1, \dots, m_N) и «мало» отличаются друг от друга с точки зрения полных затрат, связанных с организацией процесса перевозок.

Выводы

При рационализации ресурсов в системе перевозок можно использовать функцию затрат, а также математическую модель принятия решений. Кроме того, может потребоваться функция сглаживания. Если нет информации по плановым заданиям, может быть использован частный случай алгоритма.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Паневин Р.Ю., Преображенский Ю.П. Задачи оптимального управления многостадийными технологическими процессами // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 77-80.
2. Преображенский Ю.П. Информационные технологии, используемые в сфере менеджмента // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 2 (25). С. 43-46.
3. Ермолова В.В., Преображенский Ю.П. Методика построения семантической объектной модели // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 87-90.
4. Преображенский Ю.П., Коновалов В.М. Анализ подходов к формированию рекомендательных систем // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 88-90.
5. Преображенский Ю.П., Коновалов В.М. О методах создания рекомендательных систем // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 75-79.
6. Берман Н.Д., Белов А.М. Общественный транспорт и инновации // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 2. С. 7-13.
7. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Особенности моделирования логистических систем // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. С. 27-31.
8. Сапожникова С.М. Корпоративное управление в железнодорожном транспорте // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. С. 19-42.
9. Лысанов Д.М., Бикмухаметова Л.Т. Анализ показателей качества и конкурентоспособности оборудования // International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8. № 4-2. С. 50-55.
10. Преображенский Ю.П. Построение складской структуры предприятия // Молодежь и системная модернизация страны Сборник научных статей 3-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 4-х томах. Отв-й ред. А.А. Горохов. 2018. С. 286-290.

References

1. Panevin R. Yu., Preobrazhenskij Yu. P. Zadachi optimal'nogo upravleniya mnogostadijnymi tekhnologicheskimi processami // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2010. № 6. S. 77-80.

2. Preobrazhenskij Yu.P. Informacionnye tekhnologii, ispol'zuemye v sfere menedzhmenta // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2018. № 2 (25). S. 43-46.
3. Ermolova V.V., Preobrazhenskij Yu.P. Metodika postroeniya semanticheskoy ob'ektnoj modeli // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2012. № 9. S. 87-90.
4. Preobrazhenskij Yu.P., Konovalov V.M. Analiz podhodov k formirovaniyu rekomendatel'nyh sistem // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2019. № 4 (31). S. 88-90.
5. Preobrazhenskij YU.P., Konovalov V.M. O metodah sozdaniya rekomendatel'nyh sistem // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2019. № 4 (31). S. 75-79.
6. Berman N.D., Belov A.M. Obshchestvennyj transport i innovacii // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 2. S. 7-13.
7. Shakirov A.A., Zaripova R.S. Osobennosti modelirovaniya logisticheskikh sistem // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. S. 27-31.
8. Sapozhnikova S.M. Korporativnoe upravlenie v zheleznodorozhnom transporte // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. S. 19-42.
9. Lysanov D.M., Bikmuhametova L.T. Analiz pokazatelej kachestva i konkurentosposobnosti oborudovaniya // International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8. № 4-2. S. 50-55.
10. Preobrazhenskij Yu.P. Postroenie skladskoj struktury predpriyatiya // Molodezh' i sistemnaya modernizaciya strany Sbornik nauchnyh statej 3-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov i molodyh uchenyh. V 4-h tomah. Otvetstvennyj redaktor A.A. Gorohov. 2018. S. 286-290.

ДАнные об авторах

Львович Яков Евсеевич, профессор, доктор технических наук, профессор

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный технический университет

ул. 20 лет Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия

Komkovvvt@yandex.ru

Преображенский Андрей Петрович, профессор, доктор технических наук, доцент

*Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий
ул. Ленина, 73а, Воронеж, 394043, Россия
Komkovvivi@yandex.ru*

Чопоров Олег Николаевич, профессор, доктор технических наук, профессор

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный технический университет
ул. 20 лет Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия
Komkovvivi@yandex.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Lvovich Yakov Yevseevich, Professor, doctor of technical Sciences, Professor

*Voronezh State Technical University
84, 20 years of October Str., Voronezh, 394006, Russia
Komkovvivi@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7051-3763*

Preobrazhenskiy Andrey Petrovich, professor, doctor of technical sciences, associate professor

*Voronezh Institute of High Technologies
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russia
Komkovvivi@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-6911-8053*

Choporov Oleg Nikolaevich, Professor, doctor of technical Sciences, Professor

*Voronezh state technical University
84, 20 years of October Str., Voronezh, 394006, Russia
Komkovvivi@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-3176-499X*

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-145-156

УДК 004.94

**ПРИМЕНЕНИЕ
МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
ТРАНСПОРТНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ**

Львович Я.Е., Преображенский А.П., Чопоров О.Н.

В данной работе рассматривается подход, связанный с управлением в компаниях, связанных с перевозками, при помощи разных видов программного обеспечения. При решении данной задачи мы рассматривали возможности использования компьютерных технологий, методик моделирования и оптимизации.

***Ключевые слова:** система перевозок; алгоритм; программа; управление.*

**APPLICATION OF METHODS OF MODELING
AND OPTIMIZATION OF INFORMATION STRUCTURES
FOR MANAGEMENT OF TRANSPORT ENTERPRISES**

Lvovich Ya.E., Preobrazhenskiy A.P., Choporov O.N.

In this paper, we consider an approach related to the management of transportation-related companies using various types of software. In solving this problem, we considered the possibility of using computer technology, modeling and optimization techniques.

***Keywords:** transportation system; algorithm; program; control.*

Введение

Чтобы обеспечивать управление крупными компаниями, связанными с перевозками, в том числе и теми, которые будут территориально распределены, важно осуществлять разработку и

использование программно-ситуационных структур. С их применением будут происходить процессы группировки по самым разным ситуациям [1]. Можно провести их объединение в множества. Ситуации будут соответствовать разным типам состояний внутри организаций. Помимо этого, для них следует, чтобы были предусмотрены соответствующие программно-целевые мероприятия. Они будут соответствовать разным направлениям функционирования транспортной компании. Важно обеспечить соответствующую поддержку по процессам, относящимся к моделированию программно-ситуационных структур.

Алгоритм моделирования использования программного обеспечения. Необходимо формировать элементы, которые будут относиться к множеству ситуаций $r = \bar{1}, R$. При этом мы применяли следующие обозначения: R – будет соответствовать общему количеству таких ситуаций, которые могут наблюдаться внутри анализируемой компании, а также множеству применяемых программных типов обеспечения $v = \bar{1}, V$. Здесь мы рассматриваем обозначение V . Оно будет соответствовать общему числу типов программного обеспечения. В ходе моделирования такие компоненты программного обеспечения будут рассматриваться как управляющие воздействия. После того, как проведено обозначение по соответствующим множествам, необходимо, чтобы по элементам r и v была проведена оценка, насколько они будут соответствовать друг другу. Мы должны решать задачи управления. В этой связи в множествах элементы необходимо упорядочить. Процесс упорядочения основывается на том, что в элементах мы будем учитывать значимость в ходе принятия управленческих решений [2, 3]. При этом необходимо ориентироваться на показатели эффективности работы транспортной компании. Отметим, как можно проводить процесс упорядочения относительно элементов, которые будут включаться в множества R и V . Необходимо, чтобы был применен метод экспертных оценок. Вычисление экспертных оценок должно быть по нескольким направлениям. Первое связано с тем, каким образом идет контроль качества в ходе ре-

ализации транспортных процессов. Второе связано со степенью экологичности используемых видов техники. Третье базируется на рассмотрении того, насколько эффективным образом будут использоваться разные типы ресурсов [4]. Чтобы осуществлять ход решения таких задач следует использовать метод априорного ранжирования. Затем рассмотрим особенности того, как будет применен такой метод в рассматриваемой задаче. Необходимо получать оценки по рангам Q_r и Q_v , которые получаются при анализе множеств R и V . В дальнейшем используется вероятностное представление для таких оценок:

$$p_r = Q_r / \sum_{r=1}^R Q_r, \quad r = \overline{1, R}, \quad \sum_{r=1}^R p_r = 1;$$

$$p_v = Q_v / \sum_{v=1}^V Q_v, \quad v = \overline{1, V}, \quad \sum_{v=1}^V p_v = 1. \quad (1)$$

Для указанных выражений мы применяем следующие обозначения: P_r – рассматривается в виде вероятностной оценки, которая демонстрирует значимость компонента r ; P_v – рассматривается в виде вероятностной оценки, которая демонстрирует значимость компонента v . Для реальных ситуаций мы можем встретить разные комбинации по компонентам r и v . Это определяется типом решаемых в компании задач, насколько они сложные [5]. В таких случаях компоненты r и v будут характеризоваться разной степенью неоднородности. То есть, когда происходит формирование эффективных управленческих решений, они будут иметь различную степень значимости. Проводить ее оценку можно на основе того, что рассматриваются величины энтропии

$$H(R) = -\sum_{r=1}^R p_r \cdot \lg p_r, \quad H(V) = -\sum_{v=1}^V p_v \cdot \lg p_v. \quad (2)$$

По величинам энтропии существуют соответствующие свойства, которые относятся к ее величине. Если вероятности p_r, p_v будут связаны с равномерным распределением, тогда величина энтропии будет расти. Чем распределение будет характеризоваться большей неравномерностью, тем по энтропии мы будем наблюдать меньшее значение. В случае максимальных значений энтропии мы можем применять такие формулы

$$H(R) = \lg R, H(V) = \lg V. \quad (3)$$

Когда анализируются такие величины можно сделать количественное описание того, какие будут изменения в характеристиках транспортного предприятия, какие могут быть возможности его развития.

Требуется в ходе анализа проводить рассмотрение всех возможных распределений, которые характеризуют компоненты. В противном случае есть риски, связанные с тем, что для определенных комбинаций компонентов r и v будут учтены не все возможные варианты, относящиеся к их сочетанию. Это может быть причиной того, что управление будет совсем не эффективным. Работа системы управления должна быть одинаково, когда мы будем наблюдать разные комбинации в компонентах [6]. Поэтому уровень неоднородности будет определен рациональным способом на основе применения коэффициента неравномерности δ ($0,4 \leq \delta \leq 0,7$). В формуле показано, каким образом будет проведена оценка по уровню неоднородности

$$H^{ran}(R) = \delta \cdot \lg R, H^{ran}(V) = \delta \cdot \lg V. \quad (4)$$

Разные ситуации в ходе процессов перевозок описываются на базе того, что используются соответствующие элементы информационно-телекоммуникационного оборудования. Эти элементы будут оказывать разное влияние на то, как будут меняться компоненты в множестве ситуаций.

Пусть мы анализируем влияние со стороны элемента v на компоненты, которые будут давать описание по множеству $r = 1, R$. Влияние может быть различным. Предлагается проводить разбиение его по диапазонам, которые будут соответствовать экспертным оценкам $Q_{r,v}$, указанным в выражении

$$Q = \begin{cases} \text{существенно (10 баллов),} \\ \text{сильно (8 баллов),} \\ \text{несколько (6 баллов),} \\ \text{немного (4 балла),} \\ \text{мало (2 балла).} \end{cases} \quad (5)$$

Процесс, связанный с вычислением условных вероятностей, основывается на том, что применяются значения экспертных оценок

$$P(r/v) = Q_{rv} / \sum_{v=1}^V Q_{rv}. \quad (6)$$

С тем, чтобы управление на транспортном предприятии было эффективным, важно принимать соответствующие решения. Условную энтропию мы можем анализировать в виде некоторой характеристики в ходе принятия решений. Выражения показывают, как будет вычисляться условная энтропия:

$$H_v(R) = \sum_{r=1}^R p_r H_v(r), \quad H_v(r) = - \sum_{v=1}^V p(r/v) \cdot \lg p(r/v). \quad (7)$$

Необходимо осуществлять совместным образом контроль качества, а также степень эффективности функционирования по всем подразделениям на предприятии, связанном с перевозками. Это показывает выражение, описывающее программно-ситуационную структуру

$$H(R, V) = H(V) + H_v(R). \quad (8)$$

Как мы отмечали выше, приоритеты будут разные. Поэтому важно осуществить оценку [7] относительно адекватности модели приоритетов. Это связано с выбранным вариантом структуры

$$H(R, V) \leq H^{\text{max}}(R, V). \quad (9)$$

Обеспечение оптимизации процессов на транспортном предприятии. Процесс оптимизации относительно программно-ситуационной структур осуществляется на основе применения соответствующей модели. В ней дается описание приоритетов, связанных с компонентами r и v , а также взаимодействия между ними. Поэтому требуется провести задание по альтернативным переменным [8]:

$$x_v = \begin{cases} 1, & \text{если } v - \text{е воздействие, будет включено в} \\ & \text{программу работы транспортного предприятия, } v = \overline{1, V} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (10)$$

По каждому из типов программного обеспечения необходимо предусмотреть финансовые затраты. Важно учитывать, что, так как по ресурсам существуют ограничения, поэтому следует осуществлять минимизацию относительно числа элементов v . Важно принимать во внимание, что необходима поддержка по каждой

ситуации r со стороны мероприятий, которые будут в целевых программных компонентах. Поддержка может осуществляться не полная, но хотя бы частичным способом. Эти ограничения необходимо учитывать. При этом используем правило большинства [9]. Для этого осуществляется рассмотрение дискретной величины C_{rv} , которая будет характеризоваться тремя уровнями. В таких случаях вероятностные оценки $p(r/v)$ будут соотнесены с наборами значений

$$C_{rv} = \begin{cases} 1, & \text{если } 0,7 \leq p(r/v) \leq 1, \\ 0,5, & \text{если } 0,3 < p(r/v) < 0,7, \\ 0, & \text{если } 0 \leq p(r/v) < 0,3. \end{cases} \quad (11)$$

$$r = \overline{1, R}, \quad v = \overline{1, V}.$$

В указанной задаче следует учитывать две составляющих. С одной стороны, будет ограничение в ресурсах. С другой стороны, средства должны применяться целевым способом. В итоге будет управление ситуациями в процессах перевозок. Требуется при этом использовать следующую оптимизационную модель:

$$\sum_{v=1}^V z_v x_v \rightarrow \min, \quad \sum_{v=1}^V c_{rv} x_v \geq 0,5, \quad r = \overline{1, R}, \quad x_v = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}, \quad v = \overline{1, V}. \quad (12)$$

Введены такие обозначения: z_v являются прогнозируемыми затратами, которые будут связаны с тем, что реализуется v -й вид программного обеспечения. Происходит учет минимизации ресурсов в критерии оптимизации. При этом будут рассмотрены затраты, которые связаны с тем, что происходит реализуется программное обеспечение. Ограничения будут соответствовать не менее 50% уровню, которые будут связаны с управленческими решениями. При этом происходит учет каждой из возможных ситуаций. Осуществлялось имитационное моделирование. В нем была применена созданная оптимизационная модель. В ходе его выполнения было рассмотрено несколько вариантов программных продуктов. Их число находится между 5 и 10. Следует использовать разные

затраты, для того, чтобы их реализовать. При этом будет обеспечен разный уровень, на который будет происходить рост эффективности процессов, связанных с перевозками. Чтобы эксперимент был реализован, необходимо осуществить такую операцию. Альтернативные переменных x_v будут заменены на случайные дискретные переменные \tilde{X}_v . При этом по ним распределение будет описываться такими параметрами:

$$p(\tilde{X}_v = 1) = p(x_v), \quad p(\tilde{X}_v = 0) = g_{xv} = 1 - p_{xv}. \quad (13)$$

Была осуществлена генерация последовательности псевдослучайных чисел $v = \overline{1, V}$. Для них характерно то, что они будут иметь равномерное распределение. Такое распределение будет соответствовать интервалу $(0,1)$. Те переменные, которые будут подвергаться варьированию, должны задаваться соответствующим образом. Закономерность будет описываться при помощи такого выражения:

$$\tilde{X}_v = \begin{cases} 1, & \text{если } v \leq p_{xv} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (14)$$

Мы проводим рассмотрение описания имитационного эксперимента при учете следующих условий. 1. Используется вероятностный подход. 2. В оптимизационной модели происходит учет ограничений.

Анализ случайных процессов рассматривается как случайное блуждание. Описание его происходит при помощи соответствующей марковской цепи. Следует корректным образом описать состояния этой цепи. Они будут относиться к различным сочетаниям, которые будут соответствовать альтернативным переменным x_v , $v = \overline{1, V}$. Если мы делаем выбор сочетаний перспективных компонентов программного обеспечения, тогда их можно соотнести с поглощающими состояниями. При имитационном моделировании любой из циклов будет предоставлять возможности для того, чтобы получать перспективный вариант. Это можно объяснить особенностью марковской цепи. Вероятность перехода к поглощающему состоянию в течение определенного числа шагов будет равна единице. Переход при этом будет происходить от произвольного

начального состояния. Для Марковской цепи есть свойство неприводимости. После осуществления имитационного моделирования, мы приходим к совокупности перспективных вариантов [10]. Такие варианты рассматриваются с точки зрения экспертного анализа. Анализ проводится руководством транспортного предприятия. Тогда образуется оптимизированная совокупность программных модулей. Они будут соответствовать обозначенным целям функционирования и развития транспортного предприятия.

На рис. 1 дана схема, связанная с моделированием и оптимизацией программных средств. Она базируется на том, что применяются компьютерные технологии управления.



Рис. 1. Схема, показывающая процессы моделирования и оптимизации программных средств в транспортном предприятии.

Выводы

В современных транспортных компаниях используется большое число информационно-телекоммуникационных структур. Предложен алгоритм моделирования использования программного обеспечения. Показано, как осуществляется процесс оптимизации относительно программно-ситуационной структур в транспортной компании.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Преображенский Ю.П. Информационные технологии, используемые в сфере менеджмента // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 2 (25). С. 43-46.
2. Паневин Р.Ю., Преображенский Ю.П. Задачи оптимального управления многостадийными технологическими процессами // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 77-80.
3. Ермолова В.В., Преображенский Ю.П. Методика построения семантической объектной модели // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 87-90.
4. Преображенский Ю.П., Коновалов В.М. Анализ подходов к формированию рекомендательных систем // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 88-90.
5. Преображенский Ю.П., Коновалов В.М. О методах создания рекомендательных систем // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 75-79.
6. Берман Н.Д., Белов А.М. Общественный транспорт и инновации // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 2. С. 7-13.
7. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Особенности моделирования логистических систем // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. С. 27-31.

8. Сапожникова С.М. Корпоративное управление в железнодорожном транспорте // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. С. 19-42.
9. Лысанов Д.М., Бикмухаметова Л.Т. Анализ показателей качества и конкурентоспособности оборудования // International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8. № 4-2. С. 50-55.
10. Преображенский Ю.П. Построение складской структуры предприятия // Молодежь и системная модернизация страны Сборник научных статей 3-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 4-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 286-290.

References

1. Panevin R. Yu., Preobrazhenskij Yu.P. Zadachi optimal'nogo upravleniya mnogostadijnymi tekhnologicheskimi processami // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2010. № 6. S. 77-80.
2. Preobrazhenskij Yu.P. Informacionnye tekhnologii, ispol'zuemye v sfere menedzhmenta // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2018. № 2 (25). S. 43-46.
3. Ermolova V.V., Preobrazhenskij Yu.P. Metodika postroeniya semanticheskoy ob»ektnoj modeli // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2012. № 9. S. 87-90.
4. Preobrazhenskij Yu.P., Konovalov V.M. Analiz podhodov k formirovaniyu rekomendatel'nyh sistem // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2019. № 4 (31). S. 88-90.
5. Preobrazhenskij YU.P., Konovalov V.M. O metodah sozdaniya rekomendatel'nyh sistem // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2019. № 4 (31). S. 75-79.
6. Berman N.D., Belov A.M. Obshchestvennyj transport i innovacii // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 2. S. 7-13.
7. Shakirov A.A., Zaripova R.S. Osobennosti modelirovaniya logisticheskikh sistem // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. S. 27-31.

8. Sapozhnikova S.M. Korporativnoe upravlenie v zheleznodorozhnom transporte // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. S. 19-42.
9. Lysanov D.M., Bikmuhametova L.T. Analiz pokazatelej kachestva i konkurentosposobnosti oborudovaniya // International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8. № 4-2. S. 50-55.
10. Preobrazhenskij Yu.P. Postroenie skladskoj struktury predpriyatiya // Molodezh' i sistemnaya modernizaciya strany Sbornik nauchnyh statej 3-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov i molodyh uchenyh. V 4-h tomah. Otvetstvennyj redaktor A.A. Gorohov. 2018. S. 286-290.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Львович Яков Евсеевич, профессор, доктор технических наук
*Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования Воронежский государственный
технический университет*
ул. 20 лет Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия
Komkovvivi@yandex.ru

Преображенский Андрей Петрович, профессор, доктор технических наук, доцент
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий
ул. Ленина, 73а, Воронеж, 394043, Россия
Komkovvivi@yandex.ru

Чопоров Олег Николаевич, профессор, доктор технических наук, профессор
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный технический университет
ул. 20 лет Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия
Komkovvivi@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Lvovich Yakov Yevseevich, Professor, doctor of technical Sciences,
Professor
Voronezh State Technical University
84, 20 years of October Str., Voronezh, 394006, Russia
Komkovvvt@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7051-3763

Preobrazhenskiy Andrey Petrovich, professor, doctor of technical sciences, associate professor
Voronezh Institute of High Technologies
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russia
Komkovvvt@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-6911-8053

Choporov Oleg Nikolaevich, Professor, doctor of technical Sciences,
Professor
Voronezh state technical University
84, 20 years of October Str., Voronezh, 394006, Russia
Komkovvvt@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-3176-499X

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-157-164

УДК 656

О ПРАВОВЫХ НОРМАХ РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПЕРЕВОЗЧИКА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗА

*Мельников А.Р., Мельникова М.А.,
Мельникова И.П., Костюченко А.А.*

В статье проанализированы основные этапы развития законодательно-правовой базы, касающейся ответственности перевозчика за вверенный ему грузовладельцем груз. Рассмотрен перечень конвенциональных документов, регламентирующих ограничение ответственности перевозчика за находящийся в его ведении груз.

***Ключевые слова:** конвенция; перевозчик; грузовладелец; ответственность перевозчика; коносамент; смешанная перевозка; Гаагские правила; Гамбургские правила; Гаагско-Висбийские правила; Роттердамские правила.*

ON THE LEGAL NORMS GOVERNING LIABILITY OF THE CARRIER IN THE CARRIAGE OF GOODS

*Melnikov A.R., Melnikova M.A.,
Melnikova I.P., Kostyuchenko A.A.*

The article analyses the main stages of the development of the legislative and legal framework concerning the liability of the carrier for the cargo entrusted to him by the owner. The list of conventional documents regulating the limitation of liability of the carrier for the goods under his control has been considered.

***Keywords:** convention; carrier; cargo owner; carrier liability; bill of lading; mixed carriage; Hague Rules; Hamburg Rules; Hague-Visby Rules; Rotterdam Rules.*

Введение

Отношения между участниками транспортного процесса и, главным образом, вопрос ответственности (и ее ограничения) перевозчика при организации международных морских перевозок грузов и перевозок грузов в смешанном сообщении регулируются правовыми нормами отдельных видов транспорта и Конвенцией ООН «О международных смешанных перевозках грузов» (заключена в г. Женеве 24.05.1980), (далее – Конвенция). Однако, в России, да и в целом в мире, Конвенция так и не вступила в силу (хотя на практике используется в качестве «факультативной нормы – не обязательной к исполнению»), что не лучшим образом отражается на взаимодействии в подсистеме «перевозчик – грузовладелец». Поэтому будет целесообразным рассмотреть вопросы ответственности морских перевозчиков за принятый к перевозке груз, как при морской перевозке, так и при участии морского транспорта, участвующего в смешанных перевозках.

Материалы и методы исследования

Методами исследования являлись общенаучные методы, в том числе изучение литературы, документов и результатов деятельности, экспертные оценки, анализ и синтез, обобщение, что позволило обеспечить достоверность исследования и обосновать его выводы.

Результаты исследования и обсуждение

Фундаментальный принцип, существовавший в течение нескольких веков в морских перевозках, заключался в том, что перевозчик нес абсолютную ответственность за утрату или порчу груза вне зависимости от причины утраты и независимо от того, проявлял ли он небрежность при перевозке или нет. Но к концу XX века морским перевозчикам удалось добиться снижения размера своей ответственности за перевозку грузов морем до такой степени, что это в конечном итоге стало неприемлемым для грузовладельцев. В августе 1924 г. в Брюсселе была принята «Меж-

дународная Конвенция об унификации некоторых правил о коносаменте», так называемые Гаагские правила.

Гаагские правила стали определенным прогрессом в плане обеспечения единообразного толкования условий коносаментов и внесения ясности в режим ответственности перевозчика, распространяющейся на морские коносаменты. Это был важный шаг на пути к достижению всеобщего согласия в вопросе ответственности перевозчика за наносимый перевозимому морем грузу ущерб.

Гаагские правила были приняты большинством грузоотправителей и грузополучателей, однако судовладельцы выступили против расширения своей ответственности и правила были приняты вопреки их желанию. К примеру, против введения Гаагских правил приводился такой довод, что возросшая ответственность перевозчика приведет к увеличению страховых премий.

Более сорока лет Гаагские правила применялись в мировых морских перевозках, но развитие и рост объема контейнерных перевозок, увеличение размеров и, соответственно, стоимости судов, повышение доли перевозок, организуемых перевозчиком, который оформляет на перевозку сквозной транспортный документ, привело к необходимости внесения поправок в правила.

В 1967–1968 гг. на Брюссельской конференции был принят так называемый Висбийский протокол (вступил в силу в июне 1977 г. с уточнениями), содержащий «контейнерную оговорку». Эта оговорка дает возможность грузоотправителям требовать денежную компенсацию за каждое грузовое место, находящееся внутри контейнера или поддона, которое (отдельное грузовое место) фигурирует (выделено в тексте) в коносаменте.

Висбийский протокол совместно с Гаагскими правилами создали систему ответственности, которая общеизвестна как Гаагско-Висбийские правила. Россия присоединилась к Гаагско-Висбийским правилам в 1998 году.

В уточненном варианте Гаагско-Висбийские правила вошли в Гамбургские правила («Конвенция ООН о морской перевозке грузов»), принятые на Гамбургской конференции в 1978 г. [1, 2].

Согласно правилам:

- ответственность перевозчика определяется на основе принципа «презумпированной вины»;
- какое-либо исключение не действует в случае вины перевозчика в части судовождения или управления судном;
- применяются сравнительно низкий предел ответственности (например, в отличие от Варшавской конвенции на авиатранспорте) в случае утраты груза или причинения ему ущерба;
- трудно выйти за низкий предел ответственности, исключения составляют те случаи, при которых «перевозчик сам совершает безответственные действия, зная, что они, возможно, повлекут за собой ущерб грузу, или действия с намерением причинить такой ущерб»;
- за палубный груз несет ответственность перевозчик;
- за задержку в сдаче груза несет ответственность перевозчик.
- возможное использование не только коносаментов, а и иных транспортных документов, например, морских накладных;
- с момента принятия груза в порту погрузки до момента его сдачи в порту выгрузки перевозчик несет ответственность за груз, т.е. ограничение «от поручня до поручня» расширено, а в настоящее время охватывается также портовая площадь;
- ответственность лежит и на фактическом перевозчике, а не только на перевозчике по договору.

Все отмеченное выше послужило более эффективному развитию перевозок грузов морем и взаимоотношений сторон транспортного процесса.

Гамбургские правила вступили в силу с 1 ноября 1992 г.

В тоже время основной объем перевозок в мире в настоящее время осуществляется в смешанном сообщении, когда в перевозке последовательно участвуют различные виды транспорта, доставляющие груз в рамках единой транспортной цепи, по единому транспортному документу, единой ставке и при единой ответственности организатора перевозки за доставку груза. Соответственно, вопрос организации процесса перевозки груза в смешанном сообщении по-

требовал и соответствующего нормативного обеспечения. Вопрос сложный, требующий согласования правовых норм действующих на автомобильном, железнодорожном транспорте, таких как:

1. Конвенция о договоре международной дорожной перевозки грузов (КДПГ), Женева, 1956 г.
2. Конвенция о международных железнодорожных перевозках (СІМ). (Добавление «В» к Конвенции о международных железнодорожных перевозках (СОТІF) от 9 мая 1980 г.) [СОТІF – Convention relative aux Transport international ferrowires.] [3, 4].

Заключение

В заключение следует отметить, что в результате длительной работы морских юристов, специалистов-практиков, ученых, многочисленных согласований все-таки появилась правовая норма, позволяющая регулировать перевозку груза в смешанном сообщении: Конвенция ООН о договорах полностью или частично морской международной перевозки грузов (Нью-Йорк, 2008 год) (Роттердамские правила) [2].

Конвенция, где доминируют нормы принятые на морском транспорте, устанавливает единообразный правовой режим, регулирующий права и обязанности грузовладельцев и перевозчиков в соответствии с договором смешанной перевозки груза на условиях перевозки груза «от двери грузоотправителя до двери грузополучателя», которая включает этап международной морской перевозки. Конвенция основана на принятых ранее нормах, касающихся международной морской перевозки грузов, в частности на Гаагских правилах и протоколах к ним (Гаагско-Висбийские правила), а также на нормах Гамбургских правил, упомянутых нами выше.

Роттердамские правила обеспечивают правовую основу, которая учитывает технические и коммерческие изменения, произошедшие в секторе морских перевозок после принятия более ранних конвенций, включая расширение контейнерных перевозок, стремление к организации перевозок на условиях «от двери грузо-

отправителя до двери грузополучателя» в рамках единого договора и развитие практики использования электронных транспортных документов. Конвенция предусматривает для грузоотправителей и перевозчиков имеющий обязательную силу сбалансированный универсальный режим, способствующий исполнению договоров морской перевозки грузов, которая может быть связана с использованием других видов транспорта. Нормы, заключенные в Роттердамских правилах, носят «факультативный характер», так как Конвенция до настоящего времени не ратифицирована требуемым числом государств.

Список литературы

1. Коммерческая работа на водном транспорте: конспект лекций / сост. А.Р. Мельников, Е.П. Сивак, Е.Ю. Юрченко, Е.А. Маркова. Владивосток: Мор. Гос. ун-т, 2010. 186 с.
2. Ответственность перевозчика при доставке груза одним видом транспорта и в смешанном сообщении / Мельников А.Р., Баранова Е.Ю., Новикова К.А. // Вестник Морского Государственного университета. 2011. № 49. С. 25-34.
3. Плужников К.И., Чунтомова Ю.А. Транспортное экспедирование. М.: ТРАНСЛИТ, 2006. 528 с.
4. The Economic and Commercial implications of the entry into force of the multimodal transport Convention. Report by the UNCTAD Secretariat. November 10. 1989. part 2. p. 8.

References

1. Commercial Work in Water Transport: Lecture Project/Stock. A.R. Melnikov, E.P. Siwak, E. Yu Yurchenko, E.A. Markova. Vladivostok: More. State. un-t, 2010. 186 p.
2. Liability of the carrier when delivering cargo by one mode of transport and in mixed communication / Melnikov A.R., Baranov E.Y., Novikova K.A. // Journal of the Maritime State University. 2011. № 49. P. 25-34.
3. Pluzhnikov K.I., Chuntomova Yu.A. Transport forwarding. M.: TRANSLIT, 2006. 528 p.

4. The Economic and Commercial implications of the entry into force of the multimodal transport Convention. Report by the UNCTAD Secretariat. November 10. 1989. part 2. p. 8.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Мельников Александр Радиевич, к.т.н., профессор

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

ул. Верхнепортовая 50-а, г. Владивосток, 690003, Россия

melnikovar@msun.ru

Мельникова Марина Александровна, к.п.с.н., доцент

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

ул. Верхнепортовая 50-а, г. Владивосток, 690003, Россия

ta_melnikova@mail.ru

Мельникова Ирина Петровна, д.м.н., профессор

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

ул. Верхнепортовая 50-а, г. Владивосток, 690003, Россия

melira_6@mail.ru

Костюченко Алина Алексеевна, студентка

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

ул. Верхнепортовая 50-а, г. Владивосток, 690003, Россия

k_alina00@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Melnikova Irina Petrovna, Doctor of Medical Sciences, Professor

Maritime state university of adm. G.I. Nevelskoy

50-a, Verkhneportovaya Str, Vladivostok, 690003, Russia

melira_6@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9071-6261

Melnikov Alexander Radiyevich, candidate of Engineering Sciences, professor

Maritime state university of adm. G.I. Nevelskoy
50-a, Verkhneportovaya Str, Vladivostok, 690003, Russia
melnikovar@msun.ru
ORCID: 0000-0002-9066-7188

Melnikova Marina Aleksandrovna, candidate of Psychological Sciences, associate professor

Maritime state university of adm. G.I. Nevelskoy
50-a, Verkhneportovaya Str, Vladivostok, 690003, Russia
ma_melnikova@mail.ru
ORCID: 0000-0001-7546-3964

Kostyuchenko Alina Alekseevna, student

Maritime state university of adm. G.I. Nevelskoy
50-a, Verkhneportovaya Str, Vladivostok, 690003, Russia
k_alina00@mail.ru
ORCID: 0000-0002-4497-5745

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-165-172

УДК 004.94

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕВОЗКАМИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Преображенский Ю.П., Кострова В.Н.,
Плотников А.А.*

В статье рассматривается задача, связанная с поставками запасных частей транспортных средств. Решение ее базируется на имитационном подходе. Приведены результаты проведенного моделирования.

***Ключевые слова:** система перевозок; система поставок; управление; моделирование.*

CONTROL OF TRANSPORTATION OF SPARE PARTS OF VEHICLES

Preobrazhenskiy Yu.P., Kostrova V.N., Plotnikov A.A.

The paper discusses the problem associated with the supply of spare parts of vehicles. Its solution is based on a simulation approach. The results of the simulation are presented.

***Keywords:** transportation system; supply system; management; modeling.*

Введение

В настоящее время идет развитие организаций, связанных с производством и распространением запасных частей транспортных средств. При этом для решения задач на практике могут быть использованы разные методы, в том числе – имитационные. В данной работе рассматриваются возможности построения соответствующих моделей и получения на их основе результатов.

Особенности имитационной модели для эффективно-го управления перевозками запасных частей транспортных средств. Разработка данной модели производится учетом различных специфических ситуаций, таких как: случайные временные распределения объемов перевозок для реализации работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств.

Запасные части в данной работе, если говорить об общих случаях мы будем определять на базе рекуррентных соотношений, как описано с следующим выражении (1):

$$Z_{n+1} = Z_n + \eta_{n+1} - f(Z_{n+1} + \eta_{n+1} + \xi_{n+1}) \quad (1)$$

В данном выражении введены такие обозначения:

ξ_{n+1} – данное выражение определяет необходимое для перевозок количество запасных частей в соответствии со следующим временным интервалом $-(n, n+1]$; η_{n+1} – данное выражение определяет количество запасных деталей, которые были перевезены в соответствии со следующим временным интервалом $-n+1$; $f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1})$ – данное выражение определяет функционал оценки задействованного количества запасных частей на $n+1$ данный момент времени.

Если рассматривать наиболее простую имитационную модель, то предполагается, что количество запасных частей, которые были перевезены, представляет из себя совокупность независимых случайных величин, которые при этом имеют одинаковое распределение. Что касается перевозок, то здесь подразумевается использование заранее разработанной политики по управлению поставками и для функции f , которая в свою очередь формирует ту самую политику управления при помощи следующего выражения (2):

$$f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1}) \leq \xi_{n+1} \quad (2)$$

На этапе 1-го разделения моделей по управлению запасами на складе запасных частей транспортных средств возможно выполнение и не выполнение неравенства

$$f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1}) > Z_n + \eta_{n+1} \quad (3)$$

В случае если наблюдается задолженность, то в этом случае, мы имеем следующую функцию: $f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1}) = \xi_{n+1}$, и неравенство, рассмотренное выше (3), принимает иной вид (4):

$$Z_{n+1} = Z_n + \eta_{n+1} - \xi_{n+1}, \quad (4)$$

здесь отрицательное значение количества запасных деталей на складе означает что, в данное время мы можем наблюдать задолженность, которая соответствует противоположному значению. Для определения задолженности с учетом $n+1$ используется следующее выражение (5):

$$B_{n+1} = \max(0, -Z_{n+1}) = -\min(0, Z_n + \eta_{n+1} - \xi_{n+1}) \quad (5)$$

В случаи не допустимости задолженности, поступившие заявки могут быть выполнены, только в случае если на складе имеется детали, которые были запрошены для перевозки, и тогда мы используем следующее равенство (6):

$$f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1}) = -\min(Z_n + \eta_{n+1}, \xi_{n+1}) \quad (6)$$

Тогда, приведенное выше неравенство (3), преобразуется в следующий вид:

$$Z_{n+1} = -\max(0, Z_n + \eta_{n+1}, \xi_{n+1}) \quad (7)$$

Приведенная выше стратегия управления запасами на складе при помощи соответствующих перевозок, дает возможность к появлению дефицита, соотношение которого можно задать (на $n+1$ данный момент времени), при помощи следующего выражения (8):

$$D_{n+1} = \xi_{n+1} - f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1}) = -\min(0, Z_n + \eta_{n+1} - \xi_{n+1}) \quad (8)$$

Так же предлагается ввести в процесс моделирования процессами перевозок стратегию по управлению запасами на складе в виде: (Z_{min}, Z_{max}) , данный тип стратегии, как видно из приведенного обозначения всего два действительных числа: Z_{min} и Z_{max} имеющие следующее неравенство: $0 \leq Z_{min} \leq Z_{max} < \infty$. Данная стратегия предполагает, что заявка на перевозки запасных частей для транспортных средств должна быть выполнена полностью, т.е. в момент превышения уровня запаса над уровнем объема заказа указанного в заявке для осуществления перевозок. Однако, если количество запасных частей транспортных средств на складе становится меньше заданной отметки Z_{min} , то на данный промежуток времени заказ тут же проходит стадию реализации, объем которого приводит уровень запаса до значения Z_{max} .

Таким образом, провести расчет объема заказа можно на основе следующего выражения (9):

$$\eta_{n+1} = \begin{cases} 0, & Z_{\min} \leq Z_n \leq Z_{\max} \\ S - Z_n, & Z_n < Z_{\min} \end{cases} \quad (9)$$

В итоге, приведенное ранее неравенство (3), преобразовывается в следующее равенство (10), это равенство справедливо лишь для данной стратегии:

$$Z_{n+1} = \begin{cases} Z_n - \xi_{n+1}, & Z_{\min} \leq Z_n \leq Z_{\max} \\ Z_{\max} - Z_n - \xi_{n+1}, & Z_n < Z_{\min} \end{cases} \quad (10)$$

Следует отметить, что при использовании данной стратегии, заказанный объем запасных деталей для отопительного оборудования, проходит стадию реализации с небольшой задержкой.

Для формирования монотонной стратегии по управлению перевозками к складу, следует использовать задания попарного значения x^* .

Но, при этом осуществление заказа на перевозку не производится при наличии данного количества запасных частей. В случае $Z_n < x^*$ то заявка на перевозку производится в тот же момент, однако, пополнение происходит на случайный объем запасных частей X_{n+1} .

Таким образом, мы получаем следующую рекуррентную схему:

$$Z_{n+1} = \begin{cases} Z_n + X_{n+1} - \xi_{n+1}, & Z_n < x^* \\ Z_n - \xi_{n+1}, & Z_n \geq x^* \end{cases} \quad (11)$$

При данной схеме пополняемое при перевозках количество запасных деталей, как и заявка на них ξ_{n+1} , являются случайными величинами.

Разработанная имитационная модель для управления процессами перевозок запасных частей транспортных средств дает нам возможность различным образом манипулировать приведенными стратегиями по управлению запасами на складе. То есть мы можем проводить манипуляции с объемами перевозок, где времена поставок в общем случае являются случайными величинами, в отношении которых проводится подборка распределений с указанной заранее дисперсией и характеристиками математического ожидания.

Параметры имитационной модели. Представленные ранее рекуррентные схемы являются базовыми, и имеют однородную па-

раметрическую форму, таким образом они создают некую однопараметрическую модель, целью которой является эффективное управление перевозками к складу запчастей транспортных средств.

Рассмотрим параметры, которые были включены в разработанную модель:

1. минимальное количество запасов запчастей транспортных средств на складе для формирования заявки на их поставку (Z_{min});
2. максимальное количество запасов на складе запчастей транспортных средств для формирования заявки на их поставку (Z_{max});
3. переменная, при помощи которой задается ранее не определенное время для реализации поставки запчастей транспортных средств, т.е. случайное время, при котором изначальное распределение имеет равные промежутки времени (T_{zak});
4. полигон планирования системы управления запчастей транспортных средств на складе отопительного оборудования (T);
5. определение интенсивности запасов на отдельную запасную часть транспортных средств (μ);
6. стоимость хранения одной запчасти транспортных средств на складе, относительно единицы времени (s);
7. стоимость за поставку одной партии (g);
8. размер штрафа за нехватку запасных частей и др. (h).

Результаты проведенного моделирования. При анализе работоспособности предложенного алгоритма минимальное и максимальное количество запасов запчастей отличалось в 5 раз. Количество итераций при работе алгоритма не превышало 18. Не определенное время для реализации поставки запчастей транспортных средств было равно 1 часу. В результате проведенного имитационного моделирования в результате перевозок неравномерность распределения запчастей по складам не превышало 10 %.

Вывод

Таким образом, в результате проведенного анализа показана возможность построения алгоритма для имитационного модели-

рования перевок запчастей транспортных средств. Приведены некоторые результаты работы алгоритма.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Берман Н.Д., Белов А.М. Общественный транспорт и инновации // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 2. С. 7-13.
2. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Особенности моделирования логистических систем // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. С. 27-31.
3. Сапожникова С.М. Корпоративное управление в железнодорожном транспорте // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. С. 19-42.
4. Преображенский Ю.П. Информационные технологии, используемые в сфере менеджмента // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 2 (25). С. 43-46.
5. Преображенский А.П. Возможности обеспечения развития предприятий // В мире научных открытий. 2015. № 10 (70). С. 196-201.
6. Гостева Н.Н., Гусев А.В. О возможности увеличения эффективности производства // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 76-78.
7. Львович И.Я., Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Использование информационных систем в управлении производством // Научный взгляд в будущее. 2018. Т. 3. № 9. С. 94-98.
8. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Построение многокритериальной модели работы предприятия // Наука Красноярья. 2017. Т. 6. № 3-4. С. 183-188.

References

1. Berman N.D., Belov A.M. Obshchestvennyj transport i innovacii // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 2. S. 7-13.

2. Shakirov A.A., Zaripova R.S. Osobennosti modelirovaniya logisticheskikh sistem // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. S. 27-31.
3. Sapozhnikova S.M. Korporativnoe upravlenie v zheleznodorozhnom transporte // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. S. 19-42.
4. Preobrazhenskij Yu.P. Informacionnye tekhnologii, ispol'zuemye v sfere menedzhmenta // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2018. № 2 (25). S. 43-46.
5. Preobrazhenskij A.P. Vozможности obespecheniya razvitiya predpriyatij // V mire nauchnyh otkrytij. 2015. № 10 (70). S. 196-201.
6. Gosteva N.N., Gusev A.V. O vozможности uvelicheniya effektivnosti proizvodstva // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2017. № 1 (20). S. 76-78.
7. L'vovich I.Ya., Preobrazhenskij A.P., Choporov O.N. Ispol'zovanie informacionnyh sistem v upravlenii proizvodstvom // Nauchnyj vzglyad v budushchee. 2018. Т. 3. № 9. S. 94-98.
8. Preobrazhenskij A.P., Choporov O.N. Postroenie mnogokriterial'noj modeli raboty predpriyatiya // Nauka Krasnoyars'ya. 2017. Т. 6. № 3-4. S. 183-188.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Преображенский Юрий Петрович, доцент, кандидат технических наук, доцент

*Автономная некоммерческая образовательная организация
высшего образования Воронежский институт высоких технологий*

ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Россия

gorbenkoon@yandex.ru

Кострова Вера Николаевна, профессор, доктор технических наук, профессор

*Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования Воронежский государственный
технический университет*

*ул. 20 лет Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия
gorbenkoon@yandex.ru*

Плотников Александр Алексеевич, доцент, кандидат технических наук, доцент

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий

*ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Россия
gorbenkoon@yandex.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Preobrazhenskiy Yuriy Petrovich, associate professor, doctor of technical sciences, associate professor

*Voronezh Institute of high technologies
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russia
gorbenkoon@yandex.ru*

Kostrova Vera Nikolaevna, Professor, doctor of technical Sciences, Professor

*Federal state educational institution of higher professional education Voronezh state technical University
84, 20 years of October Str., Voronezh, 394006, Russia
gorbenkoon@yandex.ru*

Plotnikov Alexander Alexeevich, associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*Voronezh Institute of high technologies
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russia
gorbenkoon@yandex.ru*

AUTHOR GUIDELINES

<http://ijournal-as.com/en/>

Volume of the manuscript: 7-24 pages A4 format, including tables, figures, references; for post-graduates pursuing degrees of candidate and doctor of sciences – 7-10.

Margins all margins – 20 mm each

Main text font Times New Roman

Main text size 14 pt

Line spacing 1.5 interval

First line indent 1,25 cm

Text align justify

Automatic hyphenation turned on

Page numbering turned off

Formulas in formula processor MS Equation 3.0

Figures in the text

References to a formula (1)

Article structure requirements

TITLE (in English)

Author(s): surname and initials (in English)

Abstract (in English)

Keywords: separated with semicolon (in English)

Text of the article (in English)

1. Introduction.

2. Objective.

3. Materials and methods.

4. Results of the research and Discussion.

5. Conclusion.

6. Conflict of interest information.

7. Sponsorship information.

8. Acknowledgments.

References

References text type should be Chicago Manual of Style

DATA ABOUT THE AUTHORS

Surname, first name (and patronymic) in full, job title, academic degree, academic title

Full name of the organization – place of employment (or study) without compound parts of the organizations' names, full registered address of the organization in the following sequence: street, building, city, postcode, country

E-mail address

SPIN-code in SCIENCE INDEX:

ORCID:

ResearcherID:

Scopus Author ID:

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

<http://ijournal-as.com/>

Объем статей: 7-12 страницы формата А4, включая таблицы, иллюстрации, список литературы; для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук – 7-9. Рукописи большего объема принимаются по специальному решению Редколлегии.

Поля все поля – по 20 мм.

Шрифт основного текста Times New Roman

Размер шрифта основного текста 14 пт

Межстрочный интервал полуторный

Отступ первой строки абзаца 1,25 см

Выравнивание текста по ширине

Автоматическая расстановка переносов включена

Нумерация страниц не ведется

Формулы в редакторе формул MS Equation 3.0

Рисунки по тексту

Ссылки на формулу (1)

Обязательная структура статьи

УДК

ЗАГЛАВИЕ (на русском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на русском языке)

Аннотация (на русском языке)

Ключевые слова: отделяются друг от друга точкой с запятой (на русском языке)

ЗАГЛАВИЕ (на английском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на английском языке)

Аннотация (на английском языке)

Ключевые слова: отделяются другот друга точкой с запятой (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

1. Введение.
2. Цель работы.
3. Материалы и методы исследования.
4. Результаты исследования и их обсуждение.
5. Заключение.
6. Информация о конфликте интересов.
7. Информация о спонсорстве.
8. Благодарности.

Список литературы

Библиографический список по ГОСТ Р 7.05-2008

References

Библиографическое описание согласно требованиям журнала

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: улица, дом, город, индекс, страна (на русском языке)

Электронный адрес

SPIN-код в SCIENCE INDEX:

DATA ABOUT THE AUTHORS

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: дом, улица, город, индекс, страна (на английском языке)

Электронный адрес

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ И РАСЧЁТЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ <i>Наср Т., Войнов К.Н., Хилдаяти А., Аль Райди А.</i>	7
БЕЗОПАСНОСТЬ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА: НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ МАССИВОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ И РЕГИОНАЛЬНОЙ БАЗ ДААННЫХ <i>Рыкова В.В.</i>	18
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕНАЖЕРНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ <i>Давыдовский А.Г., Линник А.М.</i>	30
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ДЛЯ ВОЖДЕНИЯ СОЕДИНЕННЫХ ПОЕЗДОВ НА ПОЛИГОНЕ ДВЖД <i>Кузьмина Н.А.</i>	46
ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ УРОВНЕМ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ И ДОЛЕЙ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ НА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЯХ В ГОРОДАХ <i>Литвинов А.В., Донченко В.В.</i>	64
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПО ПОПЕРЕЧНОМУ УКЛОНУ <i>Тихов-Тинников Д.А., Федотов А.И., Алексеев А.В.</i>	83
КОМПЕТЕНТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВЩИКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ДЛЯ СУДОВЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ <i>Хоанг К.К., Авксентьева Е.Ю., Нгуен К.К.</i>	99
МЕТОД ЗАЩИТЫ ВОЗДУШНОГО КОРИДОРА ВЫДЕЛЕННОГО ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ <i>Швецов А.В.</i>	114

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ И СООБЩЕНИЯ

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА <i>Рахматуллина А.Р., Коробейникова Е.В.</i>	123
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АВТОСЕРВИСА <i>Алемасов Е.П., Зарипова Р.С.</i>	132
АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ ПЕРЕВОЗОК <i>Львович Я.Е., Преображенский А.П., Чопоров О.Н.</i>	137
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ <i>Львович Я.Е., Преображенский А.П., Чопоров О.Н.</i>	145
О ПРАВОВЫХ НОРМАХ РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПЕРЕВОЗЧИКА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗА <i>Мельников А.Р., Мельникова М.А., Мельникова И.П., Костюченко А.А.</i>	157
УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕВОЗКАМИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ <i>Преображенский Ю.П., Кострова В.Н., Плотников А.А.</i>	165
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	173

CONTENTS

TEMPERATURE FIELD OF EXHAUST CARS GASES AND CALCULATIONS OF THE STATISTICAL INFORMATION <i>Nasr T., Voinov K.N., Hildayati A., Al-Raidi A.</i>	7
THE ARCTIC REGIONAL SECURITY: A SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF INFORMATION ARRAYS IN DATABASES WEB OF SCIENCE AND SCHOLAR SIBIRICA <i>Rykova V.V.</i>	18
THE SIMULATION EXERCISE EDUCATIONAL INFORMATION ENVIRONMENT FOR THE TRAINING OF DRIVERS OF VEHICLES <i>Davidovsky A.G., Linnik A.M.</i>	30
STUDY OF CONDITIONS FOR DRIVING CONNECTED TRAINS ON THE FIRST RANGE <i>Kuzmina N.A.</i>	46
THE RELATIONSHIP BETWEEN CAR OWNERSHIP AND SHARE OF TRIPS ON PASSENGER CARS IN CITIES <i>Litvinov A.V., Donchenko V.V.</i>	64
MATHEMATICAL MODEL OF THE VEHICLE MOVEMENT PROCESS ON A LATERAL INCLINE <i>Tikhov-Tinnikov D.A., Fedotov A.I., Alekseev A.V.</i>	83
ANALYSIS OF THE DESIGN AND PRODUCTION ENVIRONMENT AND DESIGN ACTIVITIES OF THE PERSONNEL OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS ARE TO DETERMINE THE CONTENT OF THE FIELD OF TRAINING IN COMPUTER-AIDED DESIGN OF PCB INTEGRATED SHIP MANAGEMENT SYSTEM <i>Hoang C.K., Avksentieva E.Y., Nguyen Q.C.</i>	99
METHOD OF PROTECTING THE AIR CORRIDOR DEDICATED FOR TRAFFIC UNMANNED AIRCRAFT <i>Shvetsov A.V.</i>	114

SCIENTIFIC REVIEWS AND REPORTS

TRENDS IN URBAN PUBLIC TRANSPORT <i>Rakhmatullina A.R., Korobeynikova E.V.</i>	123
INFORMATION TECHNOLOGIES AS A FACTOR OF SERVICE STATION EFFICIENCY <i>Alemasov E.P., Zaripova R.S.</i>	132
ALGORITHMIZATION OF RATIONAL USE OF RESOURCES IN THE TRANSPORTATION SYSTEM <i>Lvovich Ya.E., Preobrazhenskiy A.P., Choporov O.N.</i>	137
APPLICATION OF METHODS OF MODELING AND OPTIMIZATION OF INFORMATION STRUCTURES FOR MANAGEMENT OF TRANSPORT ENTERPRISES <i>Lvovich Ya.E., Preobrazhenskiy A.P., Choporov O.N.</i>	145
ON THE LEGAL NORMS GOVERNING LIABILITY OF THE CARRIER IN THE CARRIAGE OF GOODS <i>Melnikov A.R., Melnikova M.A., Melnikova I.P., Kostyuchenko A.A.</i>	157
CONTROL OF TRANSPORTATION OF SPARE PARTS OF VEHICLES <i>Preobrazhenskiy Yu.P., Kostrova V.N., Plotnikov A.A.</i>	165
RULES FOR AUTHORS	173

Доступ к журналу

Доступ ко всем номерам журнала –
постоянный, свободный и бесплатный.
Каждый номер содержится в едином файле PDF.

Open Access Policy

All issues of the ‘International Journal
of Advanced Studies’ are always open and free access.
Each entire issue is downloadable as a single PDF file.

<http://ijournal-as.com/>

Подписано в печать 30.10.2020. Дата выхода в свет 30.10.2020.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 12,96. Тираж 999 экз. Свободная цена.
Заказ 103/020. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии
«Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии:
ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.